MEDENCEFEJLŐDÉS ÉS GEOLÓGIAI ERŐFORRÁSOK

Szerkesztette
Pál-Molnár Elemér

Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

GeoLitera

MEDENCEFEJLŐDÉS ÉS GEOLÓGIAI ERŐFORRÁSOK

GeoLitera

MEDENCEFEJLŐDÉS ÉS GEOLÓGIAI ERŐFORRÁSOK

GeoLitera KIADÓ
SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

Sorozatszerkesztő

Pál-Molnár Elemér

A sorozat szerkesztőbizottsága

Geiger János
Hetényi Magdolna
Keveiné Bárány Ilona
Kovács Zoltán
M. Tóth Tivadar
Mezősi Gábor
Mészáros Rezső
Rakonczai János
Sümegi Pál
Unger János

Címlapfotó: 2-es számú visszasajtoló kút, Hódmezővásárhely (kútfej, felszíni szűrőrendszer, nyomásfokozó szivattyúk)

MEDENCEFEJLŐDÉS ÉS GEOLÓGIAI ERŐFORRÁSOK

Víz, szénhidrogén, geotermikus energia

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT VÁNDORGYŰLÉSE
SZEGED

GeoLitera
SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport
Szeged, 2010

Kötetszerkesztő
Pál-Molnár Elemér

© SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, 2010.
Minden jog fenntartva

HU ISSN 2060-7067
ISBN 978-963-306-016-2

Nyomda
Páskum Nyomda Kft., Szekszárd
Felelős vezető: Farkas János
7100 Szekszárd, Páskum u. 4.

GeoLitera
SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport
6722 Szeged, Egyetem u. 2–6.

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT VÁNDORGYŰLÉSE

Szeged,
2010. május 20–22.

Rendezők

Magyarhoni Földtani Társulat
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

Társrendezők

Magyarhoni Földtani Társulat Alföldi Területi Szervezet
Magyar Geofizikusok Egyesülete
Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

A Vándorgyűlés helyszíne

Szegedi Tudományegyetem, H-6722 Szeged, Egyetem u. 2.

A Vándorgyűlés szervező bizottsága

Unger Zoltán
Pál-Molnár Elemér
Krivánné Horváth Ágnes
M. Tóth Tivadar

Támogatók

MOL Nyrt.
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport
EAGE PACE Support
GEOCHEM Földtani és Környezetvédelmi Kutató, Szolgáltató és Tanácsadó Kft.
Geo-Log Környezetvédelmi és Geofizikai Kft.
RAG-Hungary Ltd.
Aquaplus Kútfúró, Kútjavító és Vízépítő Kft.
Vikuv Vízkutató és Fúró Zrt.

A kiadvány a MOL főszponzori támogatásával készült

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó 9

Plenáris előadások

Bérczi István: Mi, mennyi, meddig? A világ kőolaj- és földgáz készletei 11

Donald L. Gautier: USGS assessment of global unconventional oil and gas resources 12

Haas János, Budai Tamás, Tullner Tibor: Magyarország új medencealjzat térképe. Szerkesztési elvek, alkalmazási lehetőségek 13

Horváth Ferenc Nem konvencionális szénhidrogén erőforrások 17

Magyari Árpád, Nádor Annamária, Tóthné Makk Ágnes, Babinszki Edit, Jámbor Áron, Juhász Györgyi, Kercsmár Zsolt, Marsi István, Muráti Judit, Thamóné Bozsó Edit, Unger Zoltán, Tullner Tibor: Az Alföld negyedidőszaki medencefejlődése – eredmények, megoldandó feladatok és kérdések 18

Szanyi János, Kovács Balázs, Kóbor Balázs: Geotermikus energia hasznosítás vízkészlet-gazdálkodási kérdései a Délalföldi régióban 20

Szabó Zoltán, Bodoky Tamás: A medencekutatás fejlődése Eötvös Lorándtól napjainkig 24

Timothy R. Klett, Ronald R. Charpentier, Troy A.: Cook Overview of Assessment Methodologies - Continuous Natural Gas Accumulations 27

Előadások

Balázs Badics, Csanád Sajgó, István Vető, András Uhrin, Attila Bartha: Makó Trough basin-centered gas accumulation: Myth or reality? Investigated by a 3D basin modelling study 28

Bálint András, Szongoth Gábor: Porózus közegbe történő tartós visszasajtolás hatásának szimulációja teszt mérések alapján 31

Barcza Márton, Kiss Sándor, Nagygál János, Szongoth Gábor: Termálkutak állapotának változásai Szentes térségében geofizikai vizsgálatok alapján 35

Csernóczki Zsuzsa, Mádlné Szőnyi Judit, Zsemle Ferenc, Kovács József, Galsa Attila: Hőszivattyúk fenntarthatósága, egy talajszondás rendszer tapasztalatai 39

Deák József: Az Alföld rétegvíz áramlási rendszereinek izotóphidrológiai és vízkémiai vizsgálata 41

Dormán József: A szénhidrogént tároló rétegek védelme: a tárolókőzet jellemzők és a fúrási/kútmunkálati-folyadék technológia elemeinek összehangolása 43

Anita Erőss, Judit Mádl-Szőnyi, Anita É. Csoma: Characterization of mixing of fluids in the Buda Thermal Karst discharge zone by using radionuclides as natural tracers (Budapest, Hungary) 45

Fedor Ferenc, Somodi Gábor: A Bodai Aleurolit Formáció komplex vizsgálata a laboratóriumi és terepi mérések összevethetősége céljából – előzetes eredmények 47

Fekete József, Sajgó Csanád: Érett kőolaj frakciók stabilizotópos összetétele és a deutérium típusgörbék bevezetése 50

Fekete József, Sajgó Csanád, Horváth István, Kárpáti Zoltán: Hévizeink szerves és szervetlen fáciese 54

Fórizs István, Deák József, Lorberer Árpád, Tóth György, Szabó Viktória, Stanisław Hałas: A víz és a széndioxid eredete a Budapest környéki termális karsztvizekben 57

Kónya Bence, Regős Ferenc, Sebe István, Wittmann Géza: Az Algyő mezőn – Szeged városában és közvetlen környékén – végzett 3D szeizmikus mérés és feldolgozás tapasztalatai 59

Kovács Balázs, Szanyi János, Makó Ágnes, Mikita Viktória, Kun Éva: A geotermikus hatásidom meghatározásának lehetőségei 60

Kovács Balázs, Mikita Viktória, Németh Ágnes, Szegediné Darabos Enikő, Szanyi János, Makó Ágnes, Vass István: Felszín alatti vizekkel kapcsolatos hőhasznosítás hidraulikus és termikus hatásai 64

Lendvay Pál, Boda Erika, Zilahi-Sebess László: Adatbázis építés geotermikus kutatások tervezéséhez 69

Loboda Zoltán, Séllei Csaba: Szőreg-1 Biztonsági Földalatti Gáztároló kivitelezésének kihívásai geológus szemszögből. Új „eszközök" a terepi információ szerzés területén a CH kutatásban 73

Lorberer Árpád, Lorberer Árpád Ferenc: Hazai karsztos tárolókra alapozott geotermális erőmű-telepítési lehetőségek 74

Madarasi András: Kéregbeli elektromos vezetőképesség-anomáliák és geotermikus vonatkozásaik 79
Magyar Imre: A Pannon-tó üledékeinek puhatestű-biosztratigráfiája 81
Magyar Imre, Radivojevic Dejan, Annamaria Rabagia: Mapping the Late Miocene – Pliocene shelf-edge clinoforms across the Pannonian Basin 82
Nádor Annamária, Andrej Lapanje, Uhrin András, Palotás Klára, Selmeczi Ildikó, Fodor László, Tóthné Makk Ágnes, Muráti Judit, Szőcs Teodóra, Bogomir Jelen, Koroknai Balázs, Nagy Szabolcs, Spela Kumelj, Babinszki Edit, Ádámné Incze Szilvia, Szabadosné Sallay Enikő, Rotárné Szalkai Ágnes, Maros Gyula: Határon átnyúló hévízföldtani értékelés és közös termálvíz-gazdálkodási terv megalapozása a Mura-Zala medencében 84
Papp Márton: Áramlási rendszerekben megmutatkozó antropogén hatások egy alföldi vízadó példáján 86
Pogácsás György, Juhász Györgyi, Mádl-Szőnyi Judit, Simon Szilvia, Csizmeg János, Dudás Árpád, Lukács Szilveszter: A Paks-Kisújszállás pannon-kvarter oldaleltolódás hatása az üledék felhalmozódásra és a mélységi vizek áramlására 89
Sajgó Csanád, Kárpáti Zoltán, Horváth István, Fekete József, Kovács Krisztina, Tombácz Etelka, Brukner-Wein Alice, Vető István: Hévizeink oldott szerves alkotói: eredetük és jelentőségük 94
Scott Schulz, Pudleiner Éva, Horváth Gabriella, Velledits Felicitász: Egy nem konvencionális olajmező kutatás története 97
Szilvia Simon, Judit Mádl-Szőnyi, Imre Müller, György Pogácsás: Examination of depth sourced surface salinization in the Danube Valley 101
Tari Csilla, Tóth László: Hőtranszport modellek alkalmazási lehetőségei hőszivattyús rendszerek hatásainak vizsgálatára 103
Tóth Sándor: Turbidit tárolók 3D geológiai modellezése 107
Unger Zoltán, Gál Andrea: Morfológiai sajátosságok és az iszapvulkánok szerkezetföldtani jelentősége Nagyenyed város térségében 108
István Vető, Katalin Báldi, Stjepan Coric, Magdolna Hetényi: Olaj anyakőzet képződés az oxigénben gazdag, mérsékelt planktoni produktivitású bádeni tengerben. 110
István Viczián: Quantitative mineralogy of pliocene and quaternary alluvial sediments of the Pannonian Basin 112

Poszter bemutatók

Hatalyák Péter, Zahuczki Péter: Sekély gázkutatás korábbi 2D szeizmikus szelvények újraértékelése AVO vizsgálatok alapján 113
Horváth Janina: Üledékes környezetek meghatározása neurális hálók alkalmazásával 114
Jobbik Anita: HDR rendszer lehűlésének vizsgálata 116
Kiss Balázs, Németh András, Kiss Károly, Berecz Ferenc: Nem konvencionális (tight) tárolókőzet típusok magvizsgálati eredményei és összevetésük Észak-amerikai nem konvencionális tárolók tulajdonságaival 117
Kiss Károly, Németh András, Koncz István: Nem konvencionális gázkutatás és geokémiai megfontolásai a Dunántúlon 118
Koncz István, Lukács Tamás, Horváth Zsolt, Gellért Balázs, Kajári Mónika, Lilit Cota, Marica Balen, Dijana Bigunac: Az alsópannon és középsőmiocén anyakőzetek organikus áciese a Dráva medence északi szárnyán 119
Náfrádi Katalin, Persaits Gergő, Páll Dávid Gergely, Sümegi Pál, Törőcsik Tünde: Az Alpokalja negyedidőszaki környezettörténete 121
Persaits Gergő, Páll Dávid Gergely, Sümegi Pál, Takács Károly: Fitolitelemzéssel kiegészített régészeti geológiai vizsgálatok
egy középkori csatornarendszerben (Tóköz, Magyarország) 122
Szebényi Géza, Máthé Zoltán, Molnár Péter, Rálisch Erzsébet: A Mórágyi Gránit szerkezetkitöltései és azok gyakorlati jelentősé 124
Felicitász Velledits, Csaba Péró, Joachim Blau, Baba Senowbari-Daryan, Sándor Kovács, Olga Piros, Tamás Pocsai, Hajnalka Szügyi-Simon, Paulian Dumitrică, József Pálfy Evolution of the Aggtelek reef (NE Hungary, Middle Triassic) and its role in the Early-Middle Triassic reef recovery 125
Felicitasz Velledits Differences in the Triassic evolution of the two opposite shelves of the Neotethys Ocean 129

Utószó 133

A kötet szerzőinek jegyzéke 134

ELŐSZÓ

A kedves Olvasó/Vándorgyűlés résztvevő egy újabb GeoLitera kötetet tarthat kezében. Ennek aktualitását az idei Földtudományi Vándorgyűlés adja. A Magyarhoni Földtani Társulat és a Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani Tanszékcsoportja főszervezésében, valamint a Magyar Geofizikusok Egyesülete és Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület társszervezésében újabb Vándorgyűlésre gyűlhetünk össze Társulatunk Alföldi Szervezeténél, ahol a házigazda az egyetem két, patinásan felújított tanszéke, az Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, valamint a Földtani és Őslénytani Tanszék.

A Vándorgyűlés témája, a térség helyzetéből adódóan és az energiaválsággal terhelt időszakban egyértelmű: földtani erőforrások. Ez a téma a nem klasszikus értelemben vett, új bányászati- és technológiai kihívásokat jelentő alkalmazott földtani kutatásokat helyezi előtérbe. Ilyen kihívás a nem konvencionális (mélymedencebeli) szénhidrogének eredményes kutatása és felhasználása, valamint a geotermikus energia gazdaságos, környezetbarát, tudatos és felelős kiaknázása. Ezekre a kutatásokra anyagi forrásokat is áldoztak és áldoznak a befektetők. A geotermikus erőforrások kutatását némileg támogatták a mindenkori fejlesztésekért felelős központi és regionális kormányzati szervek. Ezek a törekvések – a megújuló energia felhasználási arányának növelése – az Európai Uniós-s irányelvekkel is összhangban vannak, tehát ez némi EU-s forrást is jelenthet. Sajnos az országosan és regionálisan működő, egyébként sikeres projektek, nincsenek sem országos sem európai koncepcióba foglalva és ezért az országhatárok egyik-másik oldalán más-más jogszabályok szerint működnek, rontva az EU-n belül a versenyképességet, esetenként jelentős környezeti károkat okozva.

Az utóbbi időben e földtani erőforrások

alkalmazott kutatásfejlesztése mintha megtorpant volna; valószínűleg a gazdasági válság az oka bizonyos források elapadásának. A megoldás azonban véleményem szerint az alapkutatás fejlesztése, ugyanis az alkalmazásról csakis a jól megalapozott alapkutatási eredmények megszületése után lehet és érdemes gondolkozni. Így elkerülhetőek azok a csalódások, amelyeket az alkalmazott földtani kutatásokkal szemben támasztott túlzott elvárások okoznak, ugyanis a hiányos alapkutatási eredményeket sem a befektetők, sem az olyan apró, izolált, túléléssel küzdő műhelyek, mint egy-egy tanszék vagy kutatóintézet, nem tudják pótolni.

Ez az oka annak, hogy Vándorgyűlésünk másik kiemelt tematikája a medencefejlődés, az alapkutatást képviseli, azzal a szándékkal, hogy beszámoljunk a Makói-árok és a Békési-medence korántsem letisztázott feltöltődési modelljéről.

Hazai rangos kutatók tartanak érdekfeszítő, közérdeklődésre számot tartó előadásokat ebben a témában, és megtiszteli összejövetelünket két tengerentúli előadó, akik nemcsak rendezvényünk rangját emelik, hanem a nem hagyományos szénhidrogénmezők kutatásainak szakértői is. Terepbejárásunk célzottan az erdélyi Zarándi-hegység néhány feltárásához vezet.

A térségben végzett földtudományi kutatások történetében lapozva megállapítható, hogy itt nagyon jól összeforrott az alapkutatás az alkalmazott kutatással. Példa erre, hogy a több mint 100 éve, éppen itt, a Zarándi–Aradi térségben mutatta be ingáját Eötvös Loránd egy nemzetközi grémium előtt, és ennek eredményeként jöhetett létre a Geofizikai Intézet is.

Jelen tanulmánykötet/kivonat kötet, az Eötvösi kísérlet óta a térségben végzett jelentős földtani kutatások e Vándorgyűlésen előadások és poszterek formájában bemutatott eredményeinek kivonatait/rövid cikkeit gyűjtötte össze.

Köszönet illeti a szerzőket és előadókat, hogy időre elkészítették a kéziratokat és így ma mindenki a tanulmánykötettel térhet haza. Köszönet illeti a Vándorgyűlés támogatóit, szponzorait, akiknek emblémáival, logóival találkoznak a résztvevők.

Köszönet házigazdáinknak az SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoportnak a rendezvény helyszínének biztosításáért. A 10 éves integrációs jubileum évében, a kívülálló szemével úgy tűnik, mintha a válság elkerülte volna e vidéket, felújított geo-tanszékeket látunk teli diákokkal és laboratóriumot is avatunk. Ha kilépünk az épületből, akkor a József Attila Tanulmányi és Információs Központ modern épülete fogad, jelenleg a Dugonics téren a központi épületet újítják fel és épül az új mérnöki képzésnek helyet adó épület is. A sajtó arról tájékoztat, hogy több tíz milliárd forintnyi fejlesztésbe fogott az SZTE. Úgy hiszem, a tudományos szellem valódi központjában, Klebelsberg emlékéhez méltó, egyetemi városban köszönthetjük Önöket Vándorgyűlésünkön.

Jó szerencsét!

Unger Zoltán
A Magyarhoni Földtani Társulat főtitkára az SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék vendég oktatója

MI, MENNYI, MEDDIG? A VILÁG KŐOLAJ- ÉS FÖLDGÁZ KÉSZLETEI

Bérczi István

MOL Nyrt., Budapest, e-mail: iberczi@mol.hu

A világ kőolaj és földgáziparát számos aszimmetria jellemzi. Aszimmetrikus a:

- Készletek geográfiai eloszlása (Közel – Kelet dominanciája);
- A fajlagos fogyasztás Az egy főre jutó energia-fogyasztás országonként igen eltérő: kiemelkedően magas (az átlag nyolctízszerese) a nagy termelőknél (mint Qatar) és mini államokban (mint Belgium), magas Észak-Amerikában, Japánban (négy-hatszoros), átlag feletti az EU vezető országaiban és Oroszországban (két-háromszoros), míg Kínában a világátlag fele, Indiában pedig az ötöde a fogyasztás.
- A kutatási/termelési lehetőségekhez való hozzáférés;
- A korszerű technológiához, vállalati irányítási rendszerekhez való hozzáférés.

Az alternatív energiaforrások még messze vannak attól, hogy jelentősen hozzájáruljanak a fosszilis energiahordozók „leváltásához", miközben a világ energiaigénye 2007 és 2030 között 40%-kal fog nőni. Ma úgy látjuk, hogy:

- Hosszú lesz átmeneti időszak a posztkarbon korba;
- Az átmenet tőke- munka- és időigényes;
- Alapvető technológiai áttörés szükséges az elektromos energia tárolás és távvezetékes továbbítás területén;
- Az átmenet időszakában a fosszilis energiahordozók maradnak uralkodó energiaforrások;
- Ez az időszak a régi és új szénhidrogén mezők feltárásának reneszánszát jelenti;
- Nem nélkülözhető a (tiszta) szén és a (biztonságos) nukleáris energia.

A ma ismert és bizonyított kőolaj készletek 40, a földgáz készletek 70 évre elegendőek (összevetésképpen: a kőszén készletek 2-300 év) a ma ismert fogyasztási tendenciák szerint. Nyilvánvaló, hogy az átmeneti időszak igényeinek kielégítésére. Az új frontier területek feltárása, kitermelése igen költséges a szélsőséges klimatikus és földrajzi adottságok, a nagy szállítási távolságok, a fejletlen infrastruktúra, valamint a magas munka- és szervizköltségek miatt. Így nem a jövőbeli termelést megalapozó kőolaj és földgáz vagyonok megléte, kitermelhetősége sokkal inkább szükséges pénzügyi és logisztikai és humán források megléte és hatékony felhasználása a jövő nagy kihívása.

USGS ASSESSMENT OF GLOBAL UNCONVENTIONAL OIL AND GAS RESOURCES

Donald L. **Gautier**

U.S. Geological Survey, e-mail: gautier@usgs.gov

In recent years, additions to reserves (the economic portion of the resource endowment) from unconventional sources have greatly expanded the energy supply of Canada and the United States. An important question for the global resource outlook concerns the degree to which such resources will contribute to reserves outside North America.

To address this issue, the USGS is planning a worldwide assessment of technically recoverable oil and gas in continuous-type hydrocarbon accumulations. In contrast to conventional accumulations, continuous accumulations have extensive reservoirs that are: (1) not necessarily related to conventional structural and stratigraphic traps, (2) lack well defined down-dip petroleum/water contacts, and (3) are not necessarily localized by buoyancy forces. Examples of continuous-type accumulations include coal-bed methane, oil and gas in shale, oil and gas in chalk, basin-centered gas, shallow biogenic gas, and some heavy oil and bitumen deposits.

The assessment, which is part of the USGS World Petroleum Project, will use methodology modified from our domestic assessments and geological analogs developed in North America and elsewhere.

European expertise is needed for definition of assessment units in Europe and for evaluation of geological controls on resources and reservoir performance. Initial discussions with several European organizations have already begun.

MAGYARORSZÁG ÚJ MEDENCEALJZAT TÉRKÉPE. SZERKESZTÉSI ELVEK, ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

Haas János[1], **Budai** Tamás[2], **Tullner** Tibor[2]

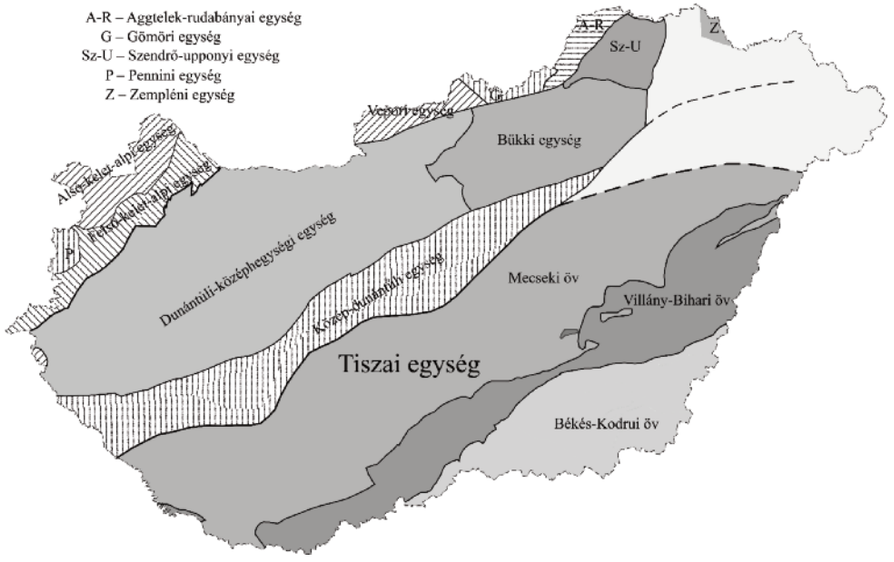
[1] MTA-ELTE Geológiai, Geofizikia, és Űrtudományi Kutatócsoport, Budapest, e-mail: haas@ludens.elte.hu

[2] Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

A Magyarország Földtani Atlasza térképsorozat keretében 1987-ben jelent meg Magyarország 1: 500000-es medencealjzat térképe (Fülöp et al., 1987), majd 1990-ban szerkezetföldtani térképe (Dank et al., 1990). Azóta ezeket a térképeket széleskörűen használják a legkülönbözőbb gyakorlati célú kutatások tervezésénél, ásványi nyersanyag-prognózisok készítésénél, kutatási koncessziós területek kijelölésénél, továbbá az egyetemi oktatásban és a geológiai ismeretterjesztés területén is.

A térképek megjelenése óta eltelt két évtizedben tovább folytatódtak a medencék aljzatát feltáró földtani kutatások. Egyre korszerűbb módszerekkel folytak a geofizikai mérések, a fejlett számítástechnikai módszerek lehetővé tették a korábbi és az újabb mérések új minőséget eredményező feldolgozását. Az újabb földtani térképezési programok pontosították a korábbi ismereteket, új országos áttekintő földtani térképek készültek, a kutatások számottevően módosították egyes geológiai képződmények rétegtani besorolását, metamorfózisuk jellegének és idejének meghatározását és nagyban változtak a szerkezetföldtani értékelésre vonatkozó ismeretek. A korábbi térképek szerkesztése hagyományos módon folyt, nem volt még lehetőség a számítástechnikai eszközök érdemi használatára. Ma már rendelkezésre áll a számítógépes szerkesztést lehetővé tevő informatikai háttér, és ez a korábbinál jóval nagyobb lehetőséget kínál a térképbe épített információk széleskörű felhasználására, megjelenítésére.

Az elméleti és gyakorlati kutatási feladatok megoldása tehát sürgető igényként vetette fel egy új, a mai ismereti szintet tükröző és egyben az országos geológiai térmodell egyik döntő fontosságú elemét képező medencealjzat térkép szerkesztését. Ennek az igénynek a kielégítését a korábbihoz képest jelentősen bővült ismeretek és a korszerű informatikai eszközök ugyanakkor lehetővé is tették. Ez volt a kiindulási alapja annak a projektnek, amelyet hosszú elméleti előkészítő és előzetes szervező munkát követően, 2005-ben kezdtünk el. Az nyilvánvaló volt, hogy ezt a feladatot csak számos intézmény és a szakemberek széles körének összefogásával lehet megoldani. Az előkészítés az Eötvös



1. ábra Magyarország medencealjzatát felépítő szerkezeti egységek

Loránd Egyetemen indult, de a tényleges szerkesztőmunka feltételei a Magyar Állami Földtani Intézet és a MOL Nyrt. között létrejött elvi megállapodással teremtődtek meg.

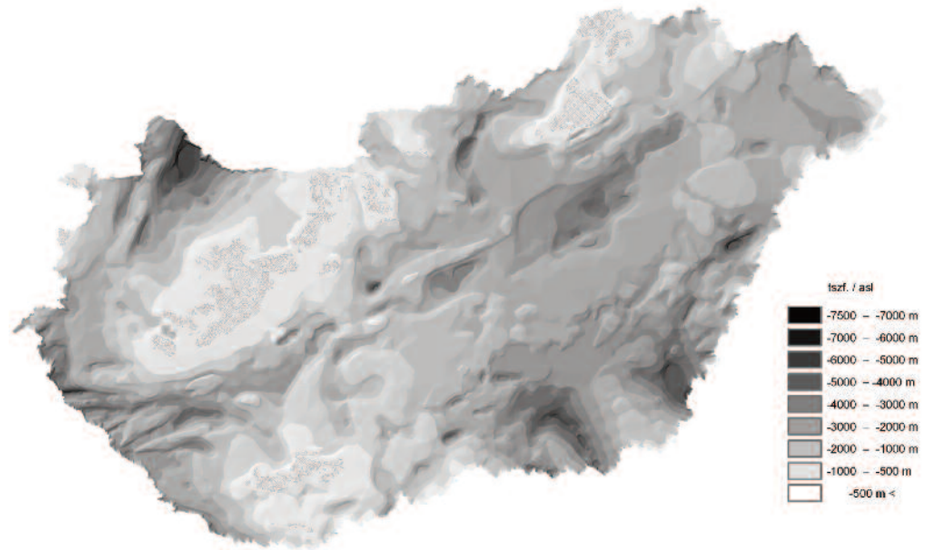
A projekt célja olyan prekainozoos aljzattérkép szerkesztése volt, amely az aljzat geológiai felépítése és minősített tektonikai elemekkel bemutatott szerkezete mellett annak mélységét is ábrázolja. A jelenlegi ismereteket és a szakértők álláspontját tükröző térkép szerkesztéséhez felhasznált adatok digitális adatbázisba kerültek és a jogosult felhasználók rendelkezésére állnak a térkép későbbi aktualizálása, valamint további elméleti és gyakorlati célú földtani feladatok megoldásának érdekében.

A térképszerkesztési munkák szakmai összefogását Haas János vezetésével szerkesztő bizottság végezte, melynek munkájában Budai Tamás, Csontos László, Fodor László és Konrád Gyula vett részt. A szerkesztést az egyes területrészekért felelős kutatócsoportok végezték 1:250000-es méretarányban, a szerkesztő bizottság egy-egy tagjának koordinálásával. A területek beosztása részint szerkezeti, részint gyakorlati szempontok alapján történt. A határövezetben a szomszédos országok területéről rendelkezésre álló adatokat is igyekeztünk a felhasználni.

Kiindulási alapadatnak tekintettük a MÁFI korábbi prekainozoos alaphegység, valamint szerkezetföldtani térképeit, a MOL Rt által a közelmúltban szerkesztett „prognózis térképet", a Mecsekérc Rt-nek a BAF projekt keretében közelmúltban készített anyagait, valamint a MÁFI-nak a MOL Rt számára az ezredforduló környékén készített aljzattérképeit. A térkép szerkesztéséhez felhasznált valamennyi fúrás adatait ellenőriztük, szükség esetén átértékeltük, így kerültek a térkép alapját képező adatbázisba.

A térkép a kainozoikumnál idősebb képződményeket ábrázolja, azaz a prekainozoos felszín földtani felépítését jeleníti meg. Az egyetlen kivételt ez alól a Tiszai egység Szolnoki alegységében ismert felső-kréta–paleogén flis-típusú összlet jelentette, amelyet tagolás nélkül ábrázoltunk. Tekintettel arra, hogy a Pannon-medence aljzatát képező szerkezeti egységek a kainozoikum előtt még nem kapcsolódtak egymáshoz (esetenként egymástól távol helyezkedtek el), a térképen az egyes nagyszerkezeti egységek képződmény-együtteseit el kellett különíteni. A medencealjzat nagyszerkezeti egységeit az egyik melléktérkép mutatja (1. ábra). A szerkezeti egységeken belül a genetikailag egymással rokon földtani képződményeket ábrázoltuk, ezek általában formációcsoportok (pl.: felső-triász és alsójura platform mészkövek, variszkuszi granitoidok, stb.) illetve komplexumok. Az uralkodóan üledékes kőzetekből álló összleteket korukra utaló színekkel tüntettük fel. Hasonlóan jártunk el a nagyon kisfokú és kisfokú metamorf kőzeteknél is, ezek esetében azonban kék sraffozással jeleztük a metamorfózist. A magmás kőzeteket vöröses-, a közepes és nagyfokú metamorfitokat rózsaszín árnyalatokkal ábrázoltuk, az utóbbiak esetében a metamorfózis fokára utaló sraffozással. Külön színnel jelöltük azokat a területeket, ahol a medence aljzatának felépítése ismeretlen. A prekainozoos képződmények kibúvásait sötétebb árnyalat jelzi.

A tektonikai elemek esetében szín különíti el a kainozoikumnál idősebb és a kainozoos elemeket. A vonalak vastagsága a szerkezeti elemek jelentőségére (első-, másod-, harmadrendű), a vonalstílus pedig a mozgás jellegére utal. A medencealjzat domborzatát a tengerszint felett szintvonalak ábrázolják, 500 m-es szintvonalközzel (2. ábra).



2. ábra Magyarország medencealjzatának domborzata

A térkép ábrázolja a medencealjzatot feltárt legfontosabb mélyfúrásokat (kb. 1200 db). Az ábrázolhatóság miatt a fúrásokat erősen szelektálnunk kellett, a szerkesztésnél jóval több fúrási adatot használtunk fel és ezek az adatbázisban megtalálhatók. Kivételes esetekben aljzatot nem ért fúrásokat is feltüntettünk, ha ezek az aljzat mélységének megítélésénél lényegesek voltak.

Az új medencealjzat térkép a későbbi geodinamikai, szerkezetfejlődési munkák alapját képezheti. Kiindulása lehet egy, az egész Kárpát-medencerendszer aljzatát ábrázoló térképnek, amely természetesen csak nemzetközi együttműködéssel valósítható meg.

A térkép gyakorlati jelentősége is kiemelkedő úgy a hazai szénhidrogének további felkutatása, mint a felszín alatti vizek kutatása szempontjából. A geotermikus energia-lehetőségek prognosztizálása és a megfelelő kutatási területek kijelölése szempontjából is fontos eszköz kerül a felhasználók kezébe.

A térképszerkesztés geoinformatikai háttere és a szerkesztés során létrehozott adatbázis a felhasználást nagyban segítő megjelenítéseket, informatikai műveleteket is lehetővé tesz. Külön is ábrázolható a térkép minden tartalmi eleme: a képződmények, a tektonikai elemek, a szintvonalak. Kiválogathatók és külön ábrázolhatók egyes képződménycsoportok (pl. a karbonátos kőzetek, a granitoid kőzetek, stb.), akár mélységi kritériumok szerint is. A geoinformatikai háttér lehetővé teszi a térkép adatbázisának korrigálását, bővítését, bizonyos részek pontosítását. Természetesen, ennek szabályait, eljárási módját rögzíteni kell.

IRODALOMJEGYZÉK

Fülöp, J., Dank, V., Ádám, O., Balla, Z., Barabás, A., Bardócz, B., Brezsnyánszky, K., Császár, G., Haas, J., Hámor, G., Jámbor, Á., Sz. Kilényi, É., Nagy, E., Rumpler, J., Szederkényi, T., Völgyi, L. (1987): Magyarország földtani térképe a kainozóikum elhagyásával. MÁFI, Budapest.

Dank, V., Fülöp, J., Ádám, O., Balla, Z., Barabás, A., Bardócz, B., Bérczi, I., Brezsnyánszky, K., Császár, G., Haas, J., Hámor, G., Horváth, F., Jámbor, Á., Kassai, M., Nagy, E., Pogácsás, Gy., Ráner, G., Rumpler, J., Síkhegyi, F., Szederkényi, T., Völgyi, L.,, Zelenka, T. (1990): Magyarország szerkezetföldtani térképe. MÁFI, Budapest.

NEM KONVENCIONÁLIS SZÉNHIDROGÉN ERŐFORRÁSOK

Horváth Ferenc

ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, e-mail: frank@ludens.elte.hu

A 21. század a globális energiaválság korszaka lesz. Ennek fő oka az, hogy minden jó szándék és erőfeszítés ellenére az alternatív erőforrások nem tudják kiváltani a fosszilis energiahordozókat, amik a világ energia felhasználásának döntő hányadát (80–90%) biztosítják. A Föld különböző üledékes medencéiben lévő, jól definiálható geometriájú és kőzetfizikájú csapdákban felhalmozódott szénhidrogének telepeit nagyrészt megtaláltuk és kitermeltük. A szakértők egyetértenek abban, hogy néhány évtizeden belül a konvencionális készletekből már nem elégíthető ki a kereslet, aminek következtében gazdaságilag és politikailag instabil világhelyzet alakulhat ki. Egy globális krízis csak akkor kerülhető el, ha a nem konvencionális szénhidrogénkutatás területén világméretekben sikereket érünk el.

A szénhidrogéneket generáló anyakőzet, vagy azzal közeli kapcsolatban lévő kőzettartomány pórusaiban folyamatosan meglévő szilárd-, folyékony- vagy gázfázisú, illetve vízben oldott szénhidrogének előfordulását nevezzük nem konvencionális készletnek. Főbb típusai az alábbiak:

- nehéz olajak és bitumenek,
- márgaolajak,
- márgagázok,
- széntelep metán,
- medenceközpontú gázakkumuláció.

A fenti készletek közül komoly hazai kutatásokat és költséges fúrásokat csak a medenceközpontú gázakkumuláció feltárása céljából végeztek a Makói-árokban és a Békési-medencében.

Ezek során nagytömegű új ismeretre tettünk szert, de folyamatos gázbeáramlást nem sikerült egyik fúrásban sem létrehozni.

Alapvető jelentőségű megérteni ennek okát, hogy reális képet kapjunk a siker esélyéről és áráról, s ezúton kijelölhessük a jövő feladatait.

Véleményem szerint a makói-békési kutatás fő problémái az alábbiak:

- A gyenge-közepes minőségű anyakőzet. Az Endrődi Márga átlagos szervesanyag tartalma ~1%, csak néhány vékonypados kifejlődésben éri el a 2%-ot;
- A magas hőmérséklet és nyomás miatt a relatíve kismennyiségű generált gáz nem képezhet nagy térfogati részarányt a pórusban, sőt nagymértékben vízben oldva van jelen;
- Rutinszerű repesztés alkalmával rétegvíz beáramlás jön létre, s ebből szabadul fel kismennyiségű gáz.

A fenti diagnózisból az következik, hogy a siker esélyét csak horizontális fúrásban végrehajtott masszív rétegrepesztés és megfelelő kútképzés teremtheti meg.

AZ ALFÖLD NEGYEDIDŐSZAKI MEDENCEFEJLŐDÉSE – EREDMÉNYEK, MEGOLDANDÓ FELADATOK ÉS KÉRDÉSEK

Magyari Árpád[1], **Nádor** Annamária[1], **Tóthné Makk** Ágnes[1], **Babinszki** Edit[1], **Jámbor** Áron[1], **Juhász** Györgyi[1,2], **Kercsmár** Zsolt[1], **Marsi** István[1], **Muráti** Judit[1], **Thamóné Bozsó** Edit[1], **Unger** Zoltán[1,3], **Tullner** Tibor[1]

[1] Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, e-mail: magyari@mafi.hu
[2] MOL Nyrt., Budapest
[3] FŐMTERV Zrt., Budapest

A Magyar Állami Földtani Intézet korábbi Alapkutatási és Térképezési Főosztályain (2007-től összevonva, mint Földtani Kutatási Osztály) az utóbbi tíz-tizenöt év során – a növekvő társadalmi, környezetvédelmi és tudományos igényekhez igazodva – a kutatások iránya egyre inkább a negyedidőszaki képződmények vizsgálata felé fordultak. A jelenleg is folyó munkák mind az Alföld negyedidőszaki kitöltő üledékeire, illetve azok pannon feküjére, mind a medenceperemi területek kutatására irányulnak.

A kitűzött kutatómunkák célja az Alföld belső és peremterületeinek - földtani egységként, mint negyedidőszaki medence - posztpannon fejlődéstörténetének, az üledékképződés vertikális és regionális törvényszerűségeinek részletes, komplex vizsgálata. Ez a részmedencék szerkezeti, neotektonikai fejlődésmenetének rekonstrukcióját, illetve az üledékképződés és a szerkezeti fejlődés kapcsolatának nyomozását is jelenti. Az üledékképződési törvényszerűségek tekintetében a korábbi ismeretekhez képest pontosítjuk a medence belseji és a peremterületek posztpannon rétegsorai közötti kapcsolatokat. Ez feltételezi az egyes kifejlődési területek legteljesebb terresztrikus rétegsorainak feltárását, földtani genetikai, szedimentológiai minősítését, ezek egymással történő párhuzamosítását és a globális skálákkal való korrelációját.

A neotektonikai vizsgálatok keretében részletesebben igyekszünk meghatározni az üledékhiányok időszakait, válfajait. A lehetőségekhez képest elkülönítjük és vizsgáljuk a kiemelkedésekhez kötött eróziós diszkordancia területeit, a kiegyenlített térszínek üledékképződéstől mentes epigenetikus anyagátalakulásait, mállási, talajosodási folyamatait továbbá ezek denudálódott anyagainak a medencebelsők üledékeibe történt beépülését. Az előzőekből következően nemcsak az Alföld belső peremvidéke és a medencebelső, hanem az azt határoló peremi dombvidék (Szlavónia, Baranya-, Tolnai-, Somogyi-dombság keleti pereme, Gödöllői-dombság, Cserhát, Északi-középhegység és Nyírség déli pereme, Erdélyi -Középhegység nyugati lába) is a kutatás tárgyát képezi.

A munkák várható végső eredménye az Alföldet övező, dombsági- és hegységperemeken kibukkanó posztpannon – pliocén és pleisztocén – üledékek szedimentológiai és rétegtani vizsgálata alapján a negyedidőszaki képződmények pontosabb megismerése és korrelációja. További remélt eredménye a peremi képződményeknek az üledékgyűjtő részmedencékben kimutatható plio-pleisztocén üledékföldtani ciklusokkal és neotektonikai eseményekkel való párhuzamosítása, azok egységes kronológiai és szerkezeti fejlődéstörténetbe való foglalása is.

A fentiekhez szorosan kapcsolódik, hogy az utóbbi években kezdtük meg az EU Víz Keretirányelv témájához kapcsolódóan a medenceterületek porózus termál- és hideg víztestjei földtani felépítésének értékelését is, amely a mélységi vízadó és vízzáró rétegek elkülönítésén alapul. Ez az egyes vízföldtanilag elkülönülő képződmények, képződménycsoportok lehatárolását, azok litológiai jellemzését, a fáciesek vertikális és horizontális kapcsolatait tükröző mélyföldtani térképezését jelenti. Az elkülönítés vízkutató fúrások, olajipari kutatófúrások és intézeti alapfúrások rétegsorainak vizsgálatán, elsősorban azok karotázsgörbéinek elemzésén és újraértékelésén alapul. E munka folytatásaként jelenleg az Alföld negyedidőszaki, illetve pannon képződményei talptérképeinek és kapcsolt fúrási adatbázisainak szerkesztési munkálatait végezzük, melyek a terület leendő földtani térmodelljének fontos részét is képezi.

Az eddigi eredmények már most is döntően kihatnak az Alföld ivóvízkészletének meghatározására, a vízbázisok védelemére, a geotermikus energiakészlet kiaknázhatóságának becslésére, hulladékok elhelyezésre, illetve fokozattan veszélyes ipari létesítmények építési kockázatainak felmérésére.

GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁS VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI KÉRDÉSEI A DÉLALFÖLDI RÉGIÓBAN

ABSTRACT

In the Hungarian Plain there are porous formations containing water up to 120°C due to the high geothermal gradient. As water production increased during the past decades the drawdown has increased. Sustainable production and overall resource management can only be achieved by reinjection.

Keywords: thermal water, reinjection, sustainable use, monitoring

Szanyi János[1], **Kovács** Balázs[1,2], **Kóbor** Balázs[1]

[1]Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, e-mail: szanyi@iif.u-szeged.hu
[2]Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Miskolc

Bevezetés

Magyarországon a geotermikus gradiens értéke átlagosan 5 °C/100 m, ami mintegy másfélszerese a világátlagnak. A mért hőáramértékek is nagyok. 38 mérés átlaga 90,4 mW/m^2, miközben az európai kontinens területén 60 mW/m^2 az átlagérték (Dövényi, Horváth, 1988). A Dél-alföldi Régió igen kedvező geotermikus adottságokkal rendelkezik. Mind a negyedidőszaki, mind a felső-pannóniai vízadó képződmények itt érik el legnagyobb vastagságukat, ezért az ország legjelentősebb hévíztároló területének tekinthető.

A negyedidőszaki rétegek vastagsága Hódmezővásárhelytől D-re meghaladja a 700 m-t. Ennek következtében a réteg alján mért hőmérsékletek is itt a legnagyobbak, elérik a 65 °C-ot. A negyedidőszaki rétegekben tárolt hőmennyiség az említett területen eléri az 5 GJ/m^2 értéket (Dövényi et al., 2002).

Nagyságrendekkel nagyobb mennyiségű hévizet tárolnak a felső-pannóniai összletek. A rétegek vastagsága a makói árokban meghaladja a 1800 m-t. Természetesen az üledék inhomogenitása miatt nem azonos minőségű az összlet víztároló és vízadó képessége, nagyban függ a képződmény permeabilitásától (Rezessy et al, 2004). Az összlet alján a hőmérséklet Szentes-Fábiánsebestyén térségében elérheti a 120 °C-ot. A vízadóban tárolt hőmennyiség Csongrád megye jelentős részén meghaladja a 40 GJ/m^2-et (Dövényi et al., 2002).

Termálvíz hasznosítás a Délalföldön

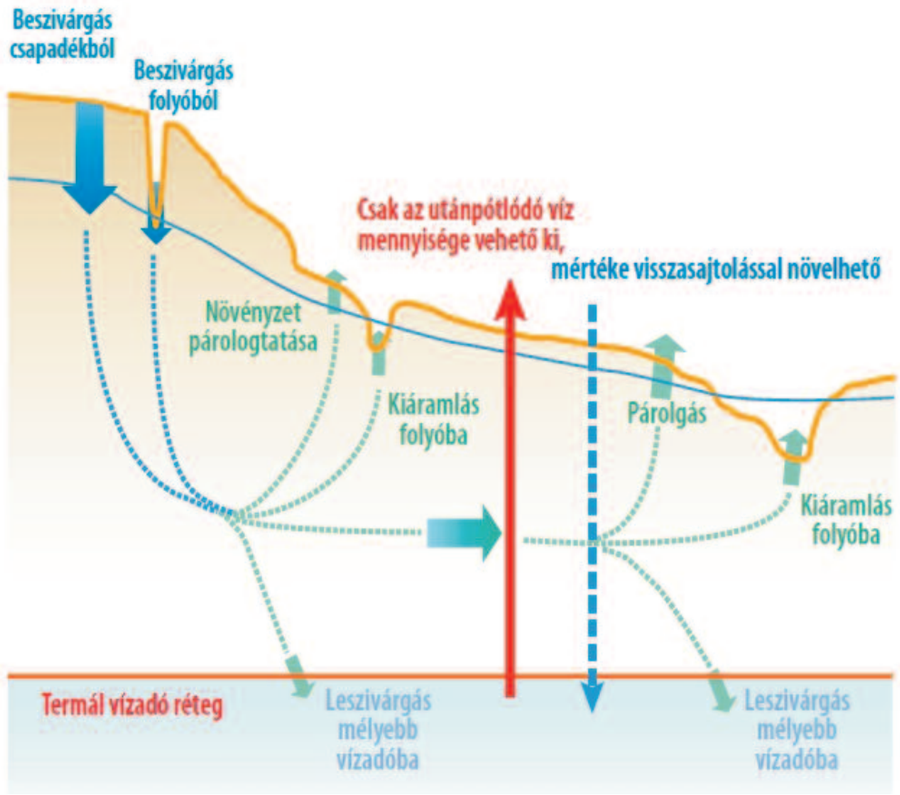
A Csongrád megyében kitermelt hévíz mennyiségét éves szinten 20 millió m^3 körül valószínűsítjük. Ez Magyarország hévíztermelésének közel ötöde. Mivel a kutak többsége 60°C-nál melegebb vizet termel, ezért a kivett hőmennyiség tekintetében még nagyobb arányban járul hozzá az ország geotermikus energia hasznosításához (Szanyi, Kovács, 2009).

A geotermikus energia legjelentősebb felhasználási területe a mezőgazdaság, ahol kertészeti és állattenyésztő telepeket fűtenek termálvízzel. Az ipari hasznosítók elsősorban üzemi épületeik fűtésére vagy technológiai célokra (kenderáztatás, élelmiszeripari technológia, stb.) veszik igénybe a mélységi vizek hordozta földhőt. Közismert az olajbányászati példa is, ahol szénhidrogén-tároló rétegek nyomásának megőrzése érdekében sajtolnak vissza hévizet (pl. Algyő). A hasznosítás – egyre több Csongrád megyei település esetében – komplex módon történik. A magasabb hőmérsékletű hévíz hőenergiáját először hőcserélőkben csökkentik, majd használati vizet melegítenek vele, illetve a harmadik lépcsőben a padlófűtésbe, vagy a közeli strandfürdőbe juttatják (Hódmezővásárhely, Szentes, Mórahalom, Kistelek).

Ezeknek a hévízhasznosító rendszereknek a többsége 1965-1985 között épült, műszaki állapotuk és működésük hatásfoka ezeknek az adott kor színvonalát tükrözik. A megépült létesítmények műszaki korszerűsítése, a hatásfoknövelő kiegészítő beruházások – többnyire tőkehiány miatti – elmaradása következtében, csak kevés esetben valósult meg. Indokolatlanul nagy a hévízhasznosító rendszerek hőveszteségе, amelyhez sok esetben vízpazarlás is társul. A hőhasznosító létesítmények korszerűtlensége miatt a hasznosított hőmérséklet-tartomány 20-50 °C között változik, általában a kivett hőmennyiségnek csak kevesebb mint 50%-át hasznosítják. 1996-ban országos felmérés során vizsgálták a hévízkutak állapotát és a mérési lehetőségeket. Ennek eredménye szerint – sajnálatos módon – a kutak alig egynegyedénél van felszerelve manométer a kútfejnyomás mérésére, a mérési lehetőség mérőnyílás, figyelő-, illetve felszállócső formájában a kutak felénél adott. A vízhozamot a kutaknak közel a felénél vízórával mérik: ez főként a kisebb hőmérsékletű, ivóvízellátási célokra szolgáló hévízkutakra vonatkozik. A kutak egynegyedénél a köbözést említik vízhozammérési lehetőségként és jelentős azoknak a kutaknak a száma, amelyeknél nincs mód vízhozammérésre. A mélységi méréseket a kutak nagy részénél csak a kútfej megbontásával lehet csak elvégezni. A hévízkutak üzemeltetésével kapcsolatos aktuális helyzetre vonatkozóan jelenleg alig van hiteles információ. Ennek hiányában mind a termelés pontos mértéke, mind az utánpótlódás üteme nehezen számítható.

Másik súlyos probléma a hasznosított hévíz elhelyezése. A felszíni vízfolyásokban való bevezetés sok esetben környezetszennyező. Végső megoldás a visszasajtolás lehetne. Ez amellett, hogy környezetbarát, lassítja a rétegnyomás csökkenését (1. ábra), így a kút élettartamát növeli. Jelenleg a Délalföldön található mintegy 200 hévízkútból 6 működik visszasajtoló kútként (az olajipar által végzett vízlikvidálásától eltekintve).

A fenntartható geotermikus energia termeléshez pontosan ismernünk kell mind a hő, mind a víz utánpótlódásának mértékét. Hő esetében teljes visszatöltődés csak végtelen idő alatt elképzelhető, ezért 95%-os visszatöltődést célszerű figyelembe



1. ábra A felszín alatti vizek utánpótlódási mechanizmusa

venni. Ez az idő a termelés leállítását követően a termelés idejével azonos hosszúságú, nagy entalpiájú rendszereknél a termelés idejének 2–5–szöröse (Rybach, 2003). A víztermelés következtében előálló nyomáscsökkenést követő visszatöltődés léptéke hasonló a hő visszatöltődésének ütemához. Ha csökken a termelés, akkor emelkedik a nyugalmi vízszint is. Ezt figyelték meg Szentes térségében 1995-től kezdően, amikor a rendszerváltást követő hévíztermelés csökkenése következtében néhány negatívvá vált kút ismét pozitívvá vált (természetesen nem érte el a létesítéskori nyugalmi vízszintet!) (Szanyi, Kovács, 2010).

Fenntartható hévízgazdálkodás

Ahhoz, hogy a fenntartható módon kitermelhető geotermikus energia mennyiségét becsülni tudjuk, mért adatokon nyugvó dinamikus modellek készítésére van szükség, mellyel számítható a létesítmények földtani környezetre és egymásra való hatása.

Meg kell jegyeznünk a „fenntarthatóság" fogalma frázissá vált, többnyire anélkül használjuk, hogy definiálnánk. Véleményünk szerint a fenntartható vízkészletgazdálkodás elvét hidraulikai alapon célszerű tárgyalni: ha a nyugalmi vízszint egy előre megadott érték alá csökken korlátozni kell a termelést, újabb határérték átlépése után beszüntetni. Ezzel vízáramlási rendszerek közötti kapcsolatokat tudjuk szabályozni anélkül, hogy a kapcsolatot létrehozó folyamat működési mechanizmusát pontosan ismernénk. A hidraulikus folytonosság akkor is „működik" mikor még nem is számítunk rá (Tóth, Almási, 2001)! Ez persze nem jelenti, hogy ne kellene a rendszer jobb megismerésére törekedni! A hévíz kitermelési gócokban a hévízkészletek további ilyen célú igénybevételét az egyéb felszín alatti vízkivételekkel (ivóvíz, öntözővíz stb.) együtt kell mérlegelni, számítógépes hidrogeológiai modellezéssel vizsgálva a termeltetés eddigi és várható hatásait. Az eddig leírtak alapvetően vízkészlet-gazdálkodási megfontolások, amelyet a felszíni vízbefogadók védelmére vonatkozó környezetvédelmi igények kiegészítenek, sőt sok helyen az előbbi szempontból még lehetséges hévízkitermelések korlátaivá válnak.

A modellek természetesen ellenőrzésre szorulnak, különösen ha a következő 10 évben a terveknek megfelelően megtízszereződik a hasznosított geotermikus energia mennyisége (Mádlné, 2008). A hévízkészletek állapotának figyelemmel kisérésére a meglévő monitoring rendszer bővítése szükséges. A termálvíz monitorig rendszer összetettebb információt szolgáltat, mint a hidegvizes észlelő-hálózat. A vízszint (nyomás) változása és vízkémiai összetétel mellett tekintettel kell lenni a hőmérséklet és hozamváltozásra is, valamint alkalmasnak kell lenni az esetleges kútegymásra-hatás kimutatására is.

A monitoring kutakat költség-hatékonyan kell megépíteni, lehetőleg meglévő kutakat kell használni. A használatba vételt mindenképpen komplex kútgeofizikai vizsgálatnak kell megelőzni. Itt kívánjuk megjegyezni, hogy a MOL Rt. több ezer meddő szénhidrogén kútjának geotermikus energia termeléssel való hasznosítása is napirenden van. Azonban ezen kutak műszaki állapota, valamint az a tény, hogy eredendően nem hévíztermelésre képezték ki, jelentősen korlátozza alkalmasságukat. Valószínűsíthető, hogy ezek a kutak lehetnek leginkább alkalmasak a monitoring kúttá való átképzésre.

IRODALOMJEGYZÉK

Dövényi, P., Horváth, F., (1988): A review of temperature, thermal conductivity, and heat flow data from the Pannonian Basin. In: L.H. Royden, L.H., Horváth, F. (eds): The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution. Amer. Assoc. Petr. Geol. Mem., **45,** 195–233.

Dövényi, P., Horváth, F., Drahos, D., (2002): Hungary. In: Hurter, S. and R. Haenel (eds.) Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publication No. 17811 of the European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg, 36–38.

Mádlné Szőnyi, J. (ed.) (2008): A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. Kézirat, MTA Budapest, 105 p.

Rezessy, G., Szanyi, J., Hámor, T. (2005): Jelentés a geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának kialakításáról. Kézirat, MGSZ Budapest, 82 p.

Rybach, L. (2003): Geothermal energy: sustainability and the environment. Geothermics, **32**, 463–470

Szanyi, J., Kovács, B., Scharek, P. (2009): Geothermal Energy in Hungary: potentials and barriers, European Geologist, **27**, 15–19.

Szanyi, J., Kovács, B., (2010): Experiences on 40 years operation of geothermal systems in South-East Hungary. Geothermics (in press).

Tóth, J., Almási, I. (2001): Interpretation of abserved fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. Geofluids, **1**, 11–36.

A MEDENCEKUTATÁS FEJLŐDÉSE EÖTVÖS LORÁNDTÓL NAPJAINKIG

Szabó Zoltán, **Bodoky** Tamás

Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, e-mail: szaboz@elgi.hu

Igaz, hogy a fizikus Eötvös Lorándot a Földalak vizsgálata ihlette 1891-ben elkészült zseniális műszerének megalkotására, de feltalálója már 1900-ban rámutatott ingájának földtani célú alkalmazási lehetőségére mikor kijelentette: *Ennek a kutatásnak eredményei nemcsak a geodetára és a physikusra, hanem a geologusra nézve is érdekesekké kezdenek válni*. Ne felejtsük, hogy ebben az időben Zsigmondy Vilmos 970 méteres városligeti fúrása jelentette a legnagyobb ismert medencemélységet hazánkban. Az 1906 évi Arad környéki torziós-inga mérések értelmezése során született meg az első, gravitációs mérések alapján szerkesztett földtani szelvény. Ezzel új tudományág született, az alkalmazott geofizika.

A geológusok közül elsőként Böckh Hugó ismerte fel a módszerben rejlő lehetőségeket, amikor 1911-ben javasolta a torziós-inga mérések alkalmazását az erdélyi földgáz-, petróleum- és kálisó-kutatásban. Igazi áttörést azonban a fúrásokkal már feltárt egbelli kőolajmező felett végzett ingamérések hoztak 1916-ban, melyek alapján Pekár Dezső a mérések vezetője joggal állíthatta, hogy *Egbell környékén, ahol olajok után kutattak, méréseinkkel teljesen olyan alakulatot állapítottunk meg, mint amelyet a geológusok is meghatároztak*. Ez az eredmény alapozta meg az Eötvös-inga későbbi világhírét!

Érdekes módon a senki sem próféta a saját hazájában elv alapján az ország első eredménytelen kőolajkutató fúrását 1921-ben Budafapuszta térségében torziós-inga mérések mellőzésével tűzték ki. Hajdúszoboszló környékén a hortobágyi, sódómnak feltételezett minimum megfúrásánál ugyan figyelembe vették a torziós-inga mérési eredményeit, de 1924-ben az első hajdúszoboszlói fúrás kitűzésénél nem a kimutatott gravitációs maximumot, hanem a felszíni dőlésmérések alapján jelentkező antiklinálist választották. Történt pedig mindez akkor, amikor az Egyesült Államok kőolajvállalatai már egyre türelmetlenebbül várták a részben már az első világháború kitörése előtt megrendelt ingák leszállítását.

Hazánkban a medencekutatás legfőbb eszköze egészen az 1950-es évek elejéig a torziós-inga volt. Történt ez annak ellenére, hogy már a harmincas évek közepén megjelentek a graviméterek és a szeizmikus eszközök. Ellentétben a torziós-inga adatokkal a graviméteres méréseket csak 1950-től tartjuk korszerűnek. A szeizmikus mérések az ötvenes évek első felétől kezdték átvenni a vezető szerepet a medencekutatásban, minőségük pedig, elsősorban az elektronika és a számítástechnika fejlődésének köszönhetően, azóta is töretlenül javul.

Az első szeizmikus kutatásokat 1934-ben még külföldiekkel végeztette a kőolajipar. Az első magyar műszert Pogány Béla műegyetemi tanár fejlesztette ki, ezzel 1936-ban kezdődtek meg a terepi mérések. Bár ezek a korai szeizmikus eszközök elsősorban az első beérkezésekre épülő szeizmikus refrakciós mérésekre voltak alkalmasak, reflexiós szeizmikus kutatásokat is végeztek velük, igaz, változó sikerrel.

Medence kutatás esetén a refrakciós szeizmika jellegénél fogva nem szolgáltatott sokkal több információt, mint a gravitációs mérések. Elsősorban a medencealjzat topográfiájának térképezésére volt használható. A szeizmikus reflexiós mérések elvben ugyan alkalmasak voltak a medencét kitöltő üledékek szerkezetének kutatására is, azonban a műszerek fejletlensége miatt a gyakorlatban többnyire csak a dőlés viszonyok tisztázásáig jutottak el. A földtani határfelületeket, meglehetősen szubjektív módon, a mért dőléseknek megfelelően berajzolt „fantom horizont”-okkal igyekeztek leképezni.

A korai terepi mérések az Eötvösi elvek szerint megmutatták a szükséges fejlesztések irányát, ugyanis Eötvös a műszerfejlesztést a kutatásnak a mérésekkel azonos rangú, szerves részének tekintette. Így a világháború után a szeizmikus mérések módszertana és műszerezettsége egymással szoros kölcsönhatásban gyors fejlődésnek indult. Egymást követték az egyre növekvő csatornaszámú, egyre fejlettebb műszerek a fotoregisztrálással dolgozó elektroncsöves műszerektől a mágnesszalagra rögzítő tranzisztoros berendezéseken át az integrált áramkörű elektronikára épülő digitális eszközökig.

A szeizmikus adatgyűjtés gyors fejlődése egyfelől megteremtette az igényt, másfelől a lehetőséget az adatfeldolgozás gyors fejlődésére is. A milliméter papíron körzővel és vonalzóval történő feldolgozást a hatvanas évek végére már kiváltják az analóg szeizmikus adatfeldolgozó központok, ezeket pedig néhány év leforgása alatt nyugdíjba küldik a digitális számítógépek a maguk gyakorlatilag korlátlan lehetőségeivel.

A szeizmikus regisztrátumoktól a földtani adatokig vezető útnak az adatgyűjtés és az adatfeldolgozás után a harmadik és utolsó szakasza a lemért és feldolgozott adatok értelmezése, vagyis a szeizmikus beérkezések megfeleltetése az őket létrehozó földtani képződményeknek, illetve ezek határainak.. A szeizmikus munkaállomások megjelenésével a nyolcvanas évek során ennek a szakasznak is megtörténik a nagyfokú automatizálása.

Innen kezdve a beérkező szeizmikus jeltől a földtani eredményig minden digitálisan, digitális számítástechnikával történik. A számítástechnika fejlődése pedig már nem annyira az egyre bonyolultabb megoldások irányába mutat, mint eddig, hanem sokkal inkább az egyre nagyobb adatmennyiségek egyre gyorsabb kezelése felé. Ez a mennyiségi bővülés megint visszahat a terepi technikákra is és az ezredfordulóra gyakorlatilag a korábbi szelvény menti mérések két dimenziós eredményei helyett

általánossá válnak a területi mérések három dimenziós adattömbjei, amelyek már három dimenziós, térbeli földtani képeket eredményeznek.

A gravitációs és szeizmikus kutatások röviden felvázolt, nagyjából egy évszázados fejlődése földtani nyelven azt jelentette, hogy míg Eötvös előtt, gyakorlatilag mit sem lehetett tudni arról, ami a medencék felszíne illetve egy-egy korai fúrás talpa alatt van, addig a huszadik század közepére már elég pontos képet alkothattunk a medencék mélységéről és aljzatuk topográfiájáról. Amíg hatvanas évek elején, vagyis, amikor a most nyugdíjba menő nemzedék a pályáját kezdte, pannon vetőkről vagy a pannonban található keresztrétegzettségről beszélni eretnekség és nevetség tárgya volt, addig az ezredfordulóra a medencefejlődés, a feltöltődés folyamata, a behordási irányok, a delták sztratigráfiai jellegzetességei már az egyetemi képzés alapvető ismereteivé váltak.

A mi nemzedékünk egy korábban példa nélkül álló, lélegzetelállító fejlődési folyamat tanúja lehetett.

OVERVIEW OF ASSESSMENT METHODOLOGIES – CONTINUOUS NATURAL GAS ACCUMULATIONS

Timothy R. **Klett**, Ronald R. **Charpentier**, Troy A. **Cook**

U.S. Geological Survey, e-mail: tklett@usgs.gov

Unconventional resources include a diverse group of accumulations, including coalbed gas, basin-center "tight" gas, fractured shale and chalk, shallow biogenic gas, and gas hydrates. The USGS geologically defines unconventional (continuous) accumulations as those that do not rely on buoyancy of petroleum in water. Prior to 1995, the assessment of continuous natural gas resources involved calculating in-place volumes and recovery factors.

This approach is still used by some, but assessment concepts have evolved. Based on present assessments by the National Petroleum Council, Advanced Resources International, and the United States Geological Survey, the assessment of these resources involves the delineation of units for assessment, well drainage and spacing, clustered production characteristics (sweet spots and success ratios), and trends in technology progress. Required data include knowledge of the geologic model for petroleum occurrence, accurate maps, production data, and modeled well-production decline for estimates of ultimate recoverable quantities. Analogs may be used for less understood areas now and in the future.

MAKÓ TROUGH BASIN-CENTERED GAS ACCUMULATION: MYTH OR REALITY? INVESTIGATED BY A 3D BASIN MODELLING STUDY

ABSTRACT

The petroleum system of the Makó Trough was investigated using 3D basin-modeling techniques in 2009-2010. The study focused on the potential source rocks, their maturity, timing of hydrocarbon generation and expelled volumes of hydrocarbons; comparing with the volumes needed to fill the basin-centered gas accumulation.

Keywords: Makó Trough, Algyő Field, source rocks, Endrőd Marl, basin modelling, expelled hydrocarbon volumes, basin-centered gas accumulation

Balázs **Badics**[1,6], Csanád **Sajgó**[2], István **Vető**[3], András **Uhrin**[4], Attila **Bartha**[5]

[1] Eötvös Loránd University, Faculty of Natural Sciences, Department of Applied and Environmental Geology, Budapest, e-mail:balazs@broadpark.no
[2] Hungarian Academy of Sciences, Budapest
[3] Consultant geochemist, Budapest
[4] Geological Institute of Hungary, Budapest
[5] Schlumberger, WesternGeco Houston, USA
[6] Statoil Global Exploration, Stavanger, Norway

There has been much exploration activity in Hungary in the last years focusing on unconventional basin-centered tight gas accumulations in the Makó Trough. According to the basin-centered gas concept (Law, 2002), these unconventional gas accumulations are regionally pervasive, basin-wide tight sandstones that are gas saturated, abnormally pressured and lack a downdip water contact. The first concepts of basin-centered gas accumulations in Hungary were published by Spencer et al. (1994) (Békés Basin) and Law (2002) (Makó Trough). In the Makó Trough the target zones were believed to be the entire accumulations of Szolnok and Endrőd clastic sediments as well as the underlying Basal Conglomerate and Synrift Sequence and perhaps the portions of the overlying Algyő Formation. In the recently drilled wells, high background gas readings were recorded while drilling the Szolnok, Endrőd, Basal Conglomerate and underlying Synrift Sequence, indicating active current gas generation. These Pannonian formations have been suggested to be the source rocks for the surrounding oil and gas fields, like the giant Algyő Field, and the fields on the Pusztaföldvár High (Law, 2002).

A detailed organic geochemical source rock – oil correlation investigating the Lower Pannonian Endrőd Marl to be the effective source rock for the Algyő and other fields has never been carried out. Sajgó (1984) suggested in 1984 that, based on comparison between the biomarkers in the oils in the Algyő Field and the biomarkers in the extracted organic matter in the Makó-3 and Hód-1 wells, the majority of the oils of the area could not have been sourced from the Pannonian formations.

As a lot of scientific data have been published since the drilling of the Hód-1 and Makó-3 wells, it was possible to investigate the area based on published well data and regional maps. The main focus was to assess the source rock properties of the Pannonian formations, calculate the potential expelled volumes of hydrocarbons in the Makó Trough, and compare these with the gas needed to fill in all the pore-spaces in the suggested basin-centered gas accumulation.

Therefore the petroleum system of the Makó Trough and the Algyő High were investigated using 3D basin-modeling techniques in 2009-2010. The study focused on the potential source rocks, their maturity, the timing of hydrocarbon generation and the expelled volumes of hydrocarbons.

The emphasis of the study was to quantitatively assess the source rock properties of the Pannonian formations using the Hód-1 and Makó-3 wells. The older Middle Miocene formations, which are undrilled in the two mentioned wells, were also studied regionally, based on many wells from other parts of the Pannonian basin, from Hungary, Croatia, Serbia and Slovakia. The source rock properties (net source rock thickness, richness, kerogen type) of the Endrőd Marl and the potential Middle Miocene source rocks were evaluated in order to be able to calculate the potential expelled hydrocarbon volumes.

The thermal and maturity evolution of the area was investigated with PetroMod software package. A detailed 3-D basin model was built using published depth maps as initial input. Regional depth maps for Base Quaternary, Base Upper Pannonian, Base Lower Pannonian and Base Tertiary were collected and digitized from several sources (Szalay, Koncz 1991; Tari, 1994). Detailed depth maps for Top Szolnok, Top Endrőd and other Pannonian reflectors were based on the published Scotia Group report on the Makó Trough resource estimate (2006).

The timing of petroleum generation was studied and the expelled hydrocarbon volumes have been calculated. Therefore it became possible to compare the expelled volumes with the proven resources in the conventional accumulations in the Algyő and other fields, and the volumes needed to fill the entire Endrőd and Szolnok formations with gas according to the basin-centered gas accumulation concept.

The detailed results will be presented at the conference as an oral presentation to evaluate the question in the title.

REFERENCES

Law, B.E. (2002): Basin-centered gas systems, AAPG Bulletin, **86/11**, 1891-1919.

Sajgó, Cs. (1984): Organic geochemistry of crude oils from south-east Hungary. Organic Geochemistry, **6**, 569-578.

Scotia Group Inc., 2006, Resource estimate Mako Trough,

Hungary.
Spencer, C.W., Szalay, A., Tatár, E. (1994): Abnormal pressure and hydrocarbon migration in the Békés basin. In: Teleki, P.G., Mattick, R.E., Kókai, J. (eds.): Basin analysis in petroleum exploration: Dodrecht, Netherlands, Kluwer Academic Publications.
Szalay, A., Koncz, I. (1991): Genetic relations of hydrocarbons in the Hungarian part of the Pannonian basin. In Spencer, A.M. (ed.): Generation, accumulation and production of Europe's hydrocarbons. Oxford University Press, Oxford, the European Association of Petroleum Geoscientists, **1**, 317–322.
Tari, G. (1994): Alpine tectonics of the Pannonian basin, PhD Thesis, Rice University.

PORÓZUS KÖZEGBE TÖRTÉNŐ TARTÓS VISSZASAJTOLÁS HATÁSÁNAK SZIMULÁCIÓJA TESZT MÉRÉSEK ALAPJÁN

ABSTRACT

One of the most frequent problems of the reinjection is the plugging of the rocks in the surrounding area of the reinjection wells. We studied the degree of the permeability decrease on the basis of the model provided by the hydraulic well-test in Hódmezővásárhely.

Keywords: hydraulic modeling, thermal well, reinjection

Bálint András[1], **Szongoth** Gábor[2]

[1] Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged
[2] Geo-Log Kft., Budapest, e-mail: posta@geo-log.hu

Bevezetés

A visszasajtolás egyik leggyakoribb problémája a homokkő tárolók esetében a szűrők, illetve a környezetük szilárd, lebegő anyagok általi eltömődése, ezáltal pedig a nyelőképesség és a permeabilitás csökkenése. A kutakat érő káros hatások megfelelő üzemeltetéssel, a visszasajtolt víz szűrésével, tisztítással jórészt elkerülhetők. A környező rétegek eltömődése és a permeabilitás csökkenése azonban helyrehozhatatlan károsodást eredményez a tározóban (Ungemach, 2003). Az általunk elvégzett modellkísérlet során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a kútkörnyezet kőzeteinek permeabilitás csökkenése mekkora területre terjedhet ki és milyen mértékű az eltömődés.

Teszt mérések

A modellezéshez a Hódmezővásárhelyen 2007-ben elvégzett kúthidraulikai tesztmérés eredményeit használtuk fel (Szongoth et al., 2007). A hódmezővásárhelyi visszasajtoló közműrendszer ekkor már közel 10 éve működött, és mivel az itt található visszasajtoló kutat (B-1094-es kút) ez idő alatt többször is tisztították, ezért a kútra vonatkozó káros mechanizmusok elhanyagolható mértékben befolyásolták a tesztmérés eredményeit a kútkörnyezet permeabilitás csökkenéséhez képest, amit az elvégzett lyukgeofizikai vizsgálatok is alátámasztottak.

A kutatások keretében a felső-pannon homokkőbe mélyült B-1094-es, és a HMV-2 jelű új visszasajtoló kutak egymásra és a

rezervoár hidrogeológiai viszonyaira gyakorolt hatását vizsgálták. A tesztsorozat első munkaszakaszában 3 lépcsős próbaszivattyúzást végeztek az új kútban, majd ezt a második munkaszakasz során egy szakaszos termelési teszt (6 óra termelés – 6 óra állás többször egymás után) és egy önálló visszasajtolási kísérlet követte szintén az új kútban. A harmadik munkaszakaszban a két kút együttes visszasajtoló üzemeltetése során végeztek méréseket (Szanyi, Kovács, 2010).

Számítások eredménye

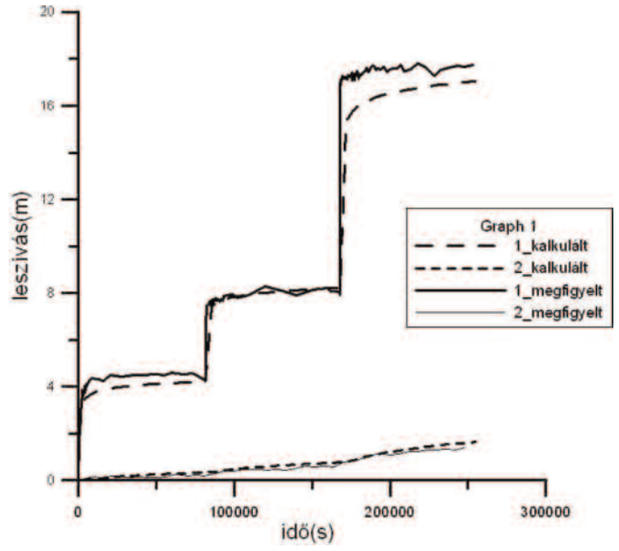
Az általunk készített hidrodinamikai modell felépítéséhez és kalibrálásához a fenti tesztsorozat méréseit és eredményeit használtuk fel, és a szimulációt Processing Modflow 5.3 környezetben végeztük (1. ábra) (Kovács, 2004; Kovács, Szanyi, 2005).

A modell egy 2x3 km-es területű 325 m vastagságú térrészt reprezentál. A területet 25x25m-es cellákra osztottuk, amit a kutak 140x140 m-es környezetében 5m-esre, 45x45 m-es környezetében 1m-esre, míg 3x3m-es környezetében 0,2 m-esre sűrítettünk. Összesen 9 réteget különítettünk el a vizsgált közegben, melyek közül felülről indulva minden másodikat vízzárónak definiáltunk. Ily módon 5 vízadó és 4 vízzáró réteget kaptunk, ahol a vízadó rétegek vastagságát 25 m-nek, a vízzáró rétegekét pedig 50 m-nek határoztuk meg a visszasajtoló kutak szűrőzött szakaszainak geológiai felépítése alapján. A vízadók peremein GHB (*General Head Boundary*) típusú cellákat alkalmaztunk, melyek az állandó nyomásúnak feltételezett határtól 500 m távolságra vannak. A vízadók porozitásának mélységtől függően egyenletesen csökkentve 0,17 és 0,16 közötti értéket adtunk meg, illetve a korábbi számítások alapján $5{,}25 \times 10^{-4}$-es tárolási tényezővel számoltunk. A modell horizontális szivárgási tényezőjének a próbaszivattyúzás és a kút szakaszos termelésének mérési adatai alapján $K=3{,}93 \times 10^{-5}$ m/s adódott. Korábban a vertikális utánpótlódást figyelmen kívül hagyó Theis léptetéses módszerrel számított szivárgási tényező $K=6{,}4 \times 10^{-5}$ m/s, míg az átszivárgó vízadórendszerekre megalkotott Hantush-féle számítással ez az érték $K=2{,}58 \times 10^{-5}$ m/s lett (Szanyi, 2009).

A modellezés során nem permanens áramlást tételeztünk fel és a szimuláció időegységét másodpercben adtuk meg. Mindkét visszasajtoló kút a 3-as, az 5-ös és a 7-es vízadó réteget szűrözi a teljes rétegvastagságban. A visszasajtoló kutak mindössze 270 m távolságra vannak egymástól, és a mért eredmények alapján igen szoros hidraulikai kapcsolatban állnak.

A modell kalibrálása után kétféle módszerrel próbáltuk megközelíteni a régi (B-1094) kút környezetében lezajló változások kérdését. Ehhez minden esetben a 3. munkaszakaszban zajló együttes visszasajtolási kísérletet használtuk. Ennek során először az új kútba sajtoltak vissza 40 m^3/h hozammal, majd két nap elteltével a régi kútban is elindították a visszasajtolást előbb 20 m^3/h, majd 40 m^3/h hozammal. Addig, amíg csak az új kútba történt a visszasajtolás két nap elteltével 0,5 bar nyomásemelkedést tapasztaltak, míg a régi kútba való visszatáplálás megkezdése után az első esetben 1,4 majd duplájára emelt hozamnál 2,3 bar nyomásnövekedést kaptak.

Az első alkalmazott módszer lényege, hogy tetszőleges nagyságú területeket választottunk ki a szűrőzött vízadó rétegekben a B-1094 jelű kút körül, ahol addig rontottuk a horizontális szivárgási tényezőt, míg a fenti mérési eredményekkel közel megegyező nyomásnövekedést kaptunk. Ez a módszer egyben azt a feltételezést tükrözi, hogy a kútkörnyezet a visszasajtolás hatására hasonló mértékben tömődik el. Ebben az esetben azt kapjuk a modellezés eredményeként, hogy minél kisebb az a kőzettérfogat, amiben az említett permeabilitás csökkenés végbemegy, annál jobban le kell rontanunk a kijelölt térfogatelem szivárgási tényezőjét. Meg kell azonban jegyezni, hogy a visszasajtoló kút körül egy 1,4x1,4m-es területen elvégezve a szimulációt 4×10^{-6} m/s, míg egy 5x5 m-es területen $5{,}5 \times 10^{-6}$ m/s horizontális szivárgási tényező adódik. Tehát a kijelölt térfogatelem jelentős megnövelésével is hasonló szivárgási tényező értéket kaptunk, ami azt is jelenti, hogy ha ezt a feltételezést fogadjuk el helyesnek, akkor a kútkörnyezet szivárgási tényezőjének egy, illetve valamivel kevesebb, mint egy nagyságrenddel való csökkenését kapjuk eredményül.



1. ábra A 3 lépcsős próbaszivattyúzás megfigyelt eredményeinek és a modell kalkulált értékeinek illeszkedése

A második módszer szerint ismét egy tetszőleges nagyságú területet választunk ki a szűrőzött vízadó rétegekben a B-1094-es kút körül, de ebben az esetben a kiválasztott területrészek köré egy függőleges hidraulikai gátat (*Horizontal Flow Barrier*) helyezünk el, melynek szabadon megválaszthatjuk vastagságát és szivárgási tényezőjét. Ezt a módszert alkalmazva feltételezzük, hogy a porózus kőzetvázban a visszasajtoló kúttól bizonyos távolságra megindul a pórustorkok eltömődése, ezért itt az idő múlásával nagyobb eséllyel fognak finom részecskék felhalmozódni, és egyfajta függőleges gát jön létre, ami egyre erősebb permeabilitás csökkenést okoz. Ezzel a módszerrel – az előzővel szemben – azt kapjuk, minél közelebb van a visszasajtoló kúthoz az említett hidraulikai gát, annál kisebb szivárgási tényező rontás, azaz annál kisebb mértékű eltömődés elegendő a kútkörnyezet permeabilitásának ugyanolyan mértékű csökkentéséhez, változatlan HFB vastagság esetén. A HFB vastagságára nézve pedig azt a következtetést vonhatjuk le, hogy minél vékonyabb a hidraulikai gát, annál kisebb szivárgási tényezővel kell, hogy rendelkezzen ugyanakkora hatás eléréséhez. Számításaink szerint a régi visszasajtoló kút köré kialakított 1,4x1,4 m-es 0,5 m vastagságú HFB esetén a szivárgási tényező másfél nagyságrenddel, míg 3x3m-es HFB esetén két nagyságrenddel csökken.

Következtetések

A hódmezővásárhelyi hidraulikai tesztsorozat mérései alapján készített modell segítéségével sikerült információt nyernünk egy már 10 éve működő visszasajtoló kút környezetében lejátszódó eltömődést okozó mechanizmusok hatásának mértékére. A szimuláció eredményei alapján a kőzetek permeabilitása a szűrőzött szakaszok közvetlen környezetében akár két nagyságrenddel is csökkenhet a hosszú távú visszasajtolás hatására.

IRODALOMJEGYZÉK

Kovács, B. (2004): Hidrodinamikai és transzportmodellezés I. (Processing MODFLOW környezetben). Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetem – Szegedi Tudományegyetem – GÁMA-GEO, 160 p.

Kovács, B., Szanyi, J. (2005): Hidrodinamikai és transzportmodellezés II. (Processing MODFLOW és Surfer for Windows környezetben). Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetem – Szegedi Tudományegyetem – GÁMA-GEO, 214 p.

Szanyi, J. (2009): Jelentés a Szegedi Tudományegyetem Környezet és Nanotechnológiai Regionális Egyetemi Tudásközpont „Energetika" programja keretében végzett kúthidraulikai tesztmérés eredményeiről. Kézirat, Szegedi Tudománegyetem, 43 p.

Szanyi, J., Kovács, B. (2010): Experiences on 40 years operation of geothermal systems in South-East Hungary. Geothermics (in press).

Szongoth, G., Prohászka, A., Kovács, B., Szanyi, J. (2007): A visszasajtolás méréseken alapuló modellje, módszertana. A geotermikus energia hasznosításának lehetőségei, forrásai, konferencia, Szeged, 27 p.

Ungemach, P. (2003): Reinjection of cooled geothermal brines into sandstone reservoirs – Geothermics, **32**, 743-761.

TERMÁLKUTAK ÁLLAPOTÁNAK VÁLTOZÁSAI SZENTES TÉRSÉGÉBEN GEOFIZIKAI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

ABSTRACT

The geothermal field is known from the 1950's, as a result of abortive CH-exploration. The drastic decrease of the hydraulic head and the wastewater disposal into the surface water causes environmental problems. Actually the wells and their mutual effects are being examined completely. The article presentation presents the circumstances of the examinations and the results which are produced so far.

Keywords: geothermal energy, well logging, reinjection

Barcza Márton[1], **Kiss** Sándor[1], **Nagygál** János[2], **Szongoth** Gábor[3]

[1] Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, e-mail: barcza.marton@geo.u-szeged.hu
[2] Árpád-Agrár Zrt., Szentes
[3] Geo-Log Kft., Budapest

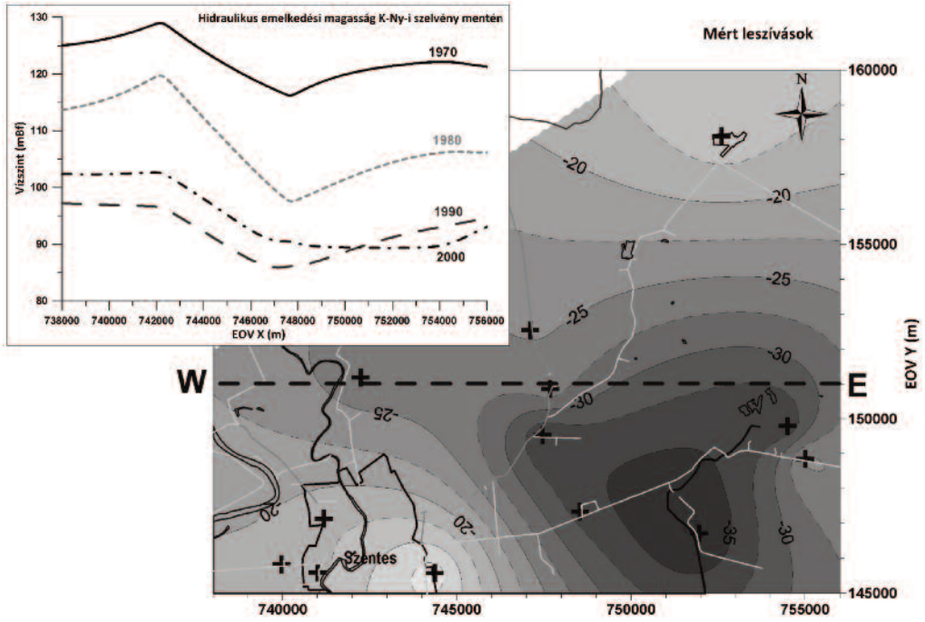
Bevezetés

Szentes térségében – Nemzeti Technológia Program keretében – folyó ipari-kutatási feladatban arra keressük a választ, hogy hol, milyen kitermelési és technológiai körülmények között szükséges visszasajtolni a termálvizet ahhoz, hogy a kitermelt víz utánpótlódjon, és a kitermelés hosszútávon tervezhető és fenntartható legyen. Jelenleg a kútgeofizikai vizsgálatok egy részét és a kútegyütthatás vizsgálatok első szakaszát végeztük el, ennek eredményeit közöljük.

Előzmények

Az első hévíz kutat Szentesen 1958-ban képezték ki meddő CH-fúrásból. A 80-as évek végére 32 kutat fúrtak, ebből 12 kút 90 °C-nál, a többi 60 °C-nál melegebb vizet termel. Eleinte kizárólag a melegvízigények kielégítésére használták a vizet, azonban később kiépült egy 1300 lakást, valamint közintézményeket ellátó távhőrendszer. Ezenfelül 30 ha üvegház, 30 ha fóliasátor és 35 ha baromfi üzem fűtését is a termálvízre alapozták.

A használt hévizet a Kurca-patakban és



1. ábra Szentes környékén mért vízszintváltozások (Szanyi, Kovács, 2010)

két tóban helyezik el, ami a hatályos jogszabályok szerint nem megfelelő. 1990-ig több mint 7 millió m3 vizet termeltek évente, ami 25–40 m-es vízszintcsökkenést eredményezett. Azóta a vízkivételek évenkénti hozzávetőleg 5 millió m3-re csökkentek, ennek következtében a vízszintek helyenként 4–8 m-t emelkedtek. Így a kezdeti, természetes állapothoz képest 12–38 m-es vízszintesést tapasztalhatunk jelenleg (1. ábra) (Szanyi, Kovács, 2010).

A terület földtani felépítése

A projekt Szentes és Szegvár térségében –a felső-pannóniai víztartókban található jelentős hévízkészletre települt – 14 illetve 6 db kút vizsgálatára irányul. A hagyományos értelemben vett alsó és felső pannóniai közötti határ 2000-2200 m mélységben helyezkedik el, mely az Algyői és Újfalui Formációt választja el. Előbbit lejtő környezetben lerakódott márga, utóbbit deltafront, deltasíkság környezetben keletkezett homokkő rétegek építik fel. E felett a fluviális és lakusztris eredetű Zagyvai Formáció képződményei találhatók (Juhász, 1992). A legfontosabb hévízadó összletek az Újfalui Formációba sorolhatók. A vizsgált területen igen előnyös a hidraulikai helyzet, mert a tényleges nyomásgradiens a hidrosztatikust 0,15 MPa/km-rel meghaladja, ami a gravitációsan feláramló vizeknek köszönhető.

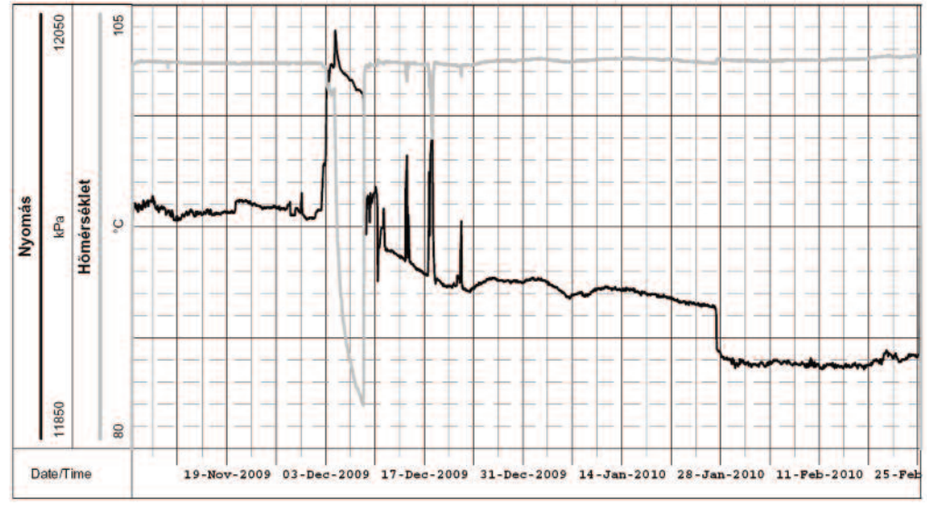
A vizsgálat kivitelezése

A projekt keretében kétféle típusú mérést végzünk, egyrészt teljeskörű kútvizsgálat készül mind a 20 – a területen működő – hévízkútban, másrészt, kutak közti egymásrahatás vizsgálatot és tartós nyomásméréseket végzünk a regionális hatások vizsgálatára.

A teljeskörű kútvizsgálat részben a kutak szerkezetének (járható talp, csövezés, tömszelencék helye, zárása, az aktív hűtők helye stb.) vizsgálatát jelenti (ilyen még nem történt a kutak életében), részben a kutak dinamikus paraméterét ellenőrzi (áramlási profil, az álló kútban levő átfejtődések, valamint a kúthidraulikai paraméterek meghatározása). Az utóbbi vizsgálatok során folyamatos hozam-, áramlás- és hőmérsékletmérést, valamint mélységi és felszíni nyomásméréseket végzünk.

A hosszú távú (féléves) észlelési teszt alatt, a három vízadó szint közül a középső rétegre perforált kút vízszintváltozásának regisztrációja folyik, 2 db 1500 m mélyre beépített nyomás és hőmérséklet mérő szondával. A szonda-pár a fűtési szezon végéig marad a kútban és automatikusan regisztrál 5 perces gyakorisággal, miközben a kút hozamát is mérjük. A teszt az ország legintenzívebben termelt termálvízadó rétegének nyomás és utánpótlódási viszonyait vizsgálja a teljes fűtési időszak során. A mérés a szondák 2009. novemberi telepítésével megkezdődött. Az első adatkiolvasás 2010. február 25-én megtörtént. Az alsó szonda kiolvasott adatai alapján a 4 hónap nyomás és hőmérséklet változásai kiválóan követhetőek (2. ábra).

Az ábrán látható a piros színnel jelölt nyomás hirtelen növekedése és a kék színnel jelzett hőmérséklet ezzel egy időben való csökkenése, amely a kút időleges leállításának köszönhető. Megfigyelhető még a nyomás lassú, de határozott csökkenése, illetve az utolsó harmadban egy hirtelen csökkenés, amely a hozam gyors növelése miatt keletkezett. Ezzel párhuzamosan a hőmérséklet görbe először kissé csökken, majd szakaszosan növekszik.



2. ábra Az V/I-es kútban 2009. novembertől 2010. februárig történt termeltetési vizsgálat

A rétegek közötti kapcsolat vizsgálata a vertikális szivárgási tényező meghatározására három egymás mellett orgonasípszerűen telepített kutat választottunk ki. A középső vízadó rétegre perforált kutat termeltetjük, miközben az alsó és felső vízadóra telepített kútban észleljük a nyomásváltozást. Az esetleges – a hódmezővásárhelyi visszasajtoló kutaknál tapasztalt – asszimetria miatt a kutak szerepét felcseréljük (Szanyi, 2009).

A rétegirányú elérési idők, a horizontális szivárgási tényező meghatározására során, az ébresztett jelek elérési idejét mérjük a kutak között. Jelként nyomáshullámokat idézünk elő, 6 óra termelést 6 óra állás követ 48 órán keresztül váltakozva. Ez utóbbi tesztmérésre az egyedi kutak vizsgálának befejezését követően választjuk ki a megfelelő kutakat.

A 20 db kút komplex vizsgálatából 2009 utolsó negyedévében 5 valósult meg és további 15 mérés 2010-ben történik. Az eddig elvégzett vizsgálatok alapján a kutak műszaki állapota eltérő, két esetben a kút nem volt végig járható, mert az alsó tömszelence átjárhatatlan (valószínűleg idegen tárgy esett a kútba). A fent említett területi vízszint csökkenést is igazolták a vizsgálatok, bár az 5 vizsgálatból kettőnél az előző évek méréseihez képest emelkedett a vízszint, ami a 90-es években bevezetett takarékosabb vízfelhasználás hatása.

Összefoglalás

Szentes környékén az 1950-es végétől intenzív hévíztermelés folyik. A használt víz felszíni elhelyezése helyett, szükség lenne a lehűlt víz visszasajtolása. Jelenleg a kutak állapotfelmérése, valamint a kutak interferencia vizsgálata folyik geofizikai módszerekkel, az így nyert adatok lehetőséget teremtenek a terület hidrodinamikai és transzport modelljének elkészítésére, és a visszasajtolás megtervezésére.

Köszönetnyilvánítás

A munka anyagi hátterét a Nemzeti Technológia Program (TECH_08-A4/2-2008-0174DA_THER2) biztosította. Köszönjük az Árpád Agrár Zrt. együttműködését.

IRODALOMJEGYZÉK

Juhász, Gy. (1992): A pannóniai (s. l.) formációk az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. Földtani Közlöny, **122/2–4**, 133–165.

Szanyi, J., Kovács, B. (2010): Experiences on 40 years operation of geothermal systems in South-East Hungary. Geothermics (in press).

Szanyi, J. (2009): Jelentés a Szegedi Tudományegyetem Környezet- és Nanotechnológiai Regionális Egyetemi Tudásközpont „Energetika" programja keretében végzett kúthidraulikai tesztmérés eredményeiről. Kézirat, Szegedi Tudománegyetem, 43 p.

HŐSZIVATTYÚK FENNTARTHATÓSÁGA, EGY TALAJSZONDÁS RENDSZER TAPASZTALATAI

Csernóczki Zsuzsa[1], **Mádlné Szőnyi** Judit[1], **Zsemle** Ferenc[1], **Kovács** József[1], **Galsa** Attila[2]

[1] ELTE, TTK, FFI, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, e-mail: csernoczki.zsuzsa@gmail.com
[2] MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, Budapest

A geotermikus készletek hasznosítása folyadék- és hőelvonással jár, ami a tározó kimerüléséhez vezet. A termelés leállítását követően természetes folyamatoknak köszönhetően megkezdődik a *geotermikus helyreállás*. A visszaállás idejét numerikus szimulációval vizsgálva (Rybach, 2003) megállapítható, hogy időtartama eltérő a tározó típusától és a használat módjától függően. Elvileg minden esetben véges időn belül bekövetkezik. A regeneráció asszimptotikus jellegzetességet mutat, kezdetben intenzív a beáramlás a nyelő felé, azután egyre lassúbb. Az eredeti szintet elméletileg végtelen idő múltán éri el. A gyakorlatban azonban 95 %-os feltöltődés már jóval előbb megtörténik, nagyságrendileg a kitermelési időszakasznak megfelelő idő eltelte után.

A sekély hőszivattyús, rendszerekben a működés megkezdése után a hőcserélő környezetében az első pár évben erőteljes hőmérsékletcsökkenés várható, majd ezt követően beáll egy alacsonyabb, hosszú távon fenntartható hőmérsékleti érték. A termelés befejezése után, a visszaállás során ugyanez a folyamat zajlik. Az első évben erős hőmérsékletnövekedés várható, majd a hőmérséklet változása asszimptotikusan tart a nullához. A megújulás ideje a termelés időtartama, a hőmérséklethiány mértéke és a hőcserélőtől való távolság függvényében változik. Minél nagyobb a hőmérsékletdeficit, illetve a hőcserélőtől való távolság, annál kevesebb idő szükséges a megújuláshoz. A numerikus szimulációk alapján ilyen típusú tározóknál általában durván a termelés idejével kell számolni a visszaállás becslésekor. Gyakorlatilag harminc éves termelést követően ugyanennyi a helyreállási idő. A fűtési és hűtési üzemmódban működő hőszivattyúknál a regeneráció már az éves ciklusok alatt megtörténhet (Eugster et al., 2000).

A Hidro-Geodrilling (HGD) Kft. végzett először Magyarországon talajszondában

hőmérsékleti monitoringot. Ezen hőmérsékleti adatok feldolgozására került sor. A vizsgált talajszondás rendszer bemutatása után, elemeztük a szondában mért hőmérsékleteket geomatematikai adatelemző módszerekkel. Egy véges elemes hőtranszport modell felállításával megvizsgáltuk, hogy az adott szondamező elrendezésének sűrűsége megfelelően történt-e. Azaz az egyes szondák hatással vannak-e egymásra. Értékeltük, hogy az adott körülmények között ez a rendszer hosszú távon fenntartható-e, azaz hogy nem okoz tartós hőmérsékletcsökkenést vagy emelkedést a felszín alatti régióban.

IRODALOMJEGYZÉK

Eugster, W.J., Rybach, L. (2000): Sustainable production from borehole heat exchanger systems, Proc. World Geothermel Congress 2000, Kyushu – Tohoku Japan, 825–830.

Rybach, L. (2003): Sustainable use of geothermal resources: renewability aspects. IGC 2003–Short Course, Geothermal Trainig Programme, The United Nation University, Reykjavik, Iceland.

AZ ALFÖLD RÉTEGVÍZ ÁRAMLÁSI RENDSZEREINEK IZOTÓPHIDROLÓGIAI ÉS VÍZKÉMIAI VIZSGÁLATA

ABSTRACT

The presentation shows the verification and quantification of the regional groundwater flow model of the Great Hungarian Plain (Erdélyi, 1979) by the comprehensive evaluation of the detailed isotope hydrological studies performed in the last 40 years (Ballentine et al., 1991; Deák, 2002; Deák et al., 1992; Deák et al., 1996; Martel et al., 1989; Sanford et al. 2001; Sanford et al. 2002; Stute, Deák, 1989; Stute et al., 1992; Tóth, 1963).

Keywords: conceptual groundwater flow model, Great Hungarian Plain, radiocarbon, stable isotopes, helium dating

Deák József

GWIS Kft., Budapest, e-mail: drdeakj@freemail.hu

Az izotóphidrológiai adatok igazolják a kijelölt áramlási rendszerek több tízezer éve tartó, folyamatos mûködését. A regionális *beszivárgási területeken* a vizek ^{14}C kora fokozatosan nõ a mélységgel a kvarter rétegösszletben A vízkor növekedés alapján számítható leáramlási sebesség (dz/dt) 30 – 60 mm/év a teljes kvarter rétegösszletre. A Darcy tõrvény alapján, a leáramlási sebesség felhasználásával számolt vertikális kényezõ nagyon kicsi, 10^{-4} m/nap.

A fõ vízadó alsó-kvarter rétegekben a vízkor fokozatosan nõ a beszivárgási területek felõl a mélyebben fekvõ, természetes megcsapolási területek felé, az Erdélyi által kijelölt áramlási pályák mentén. A kornövekedés alapján 2 – 3 m/év rétegirányú áramlási sebesség és átlagosan 4 m/nap regionális kényezõ számítható a Q_a rétegekre.

A regionális *megcsapolási területeken* idõs vízkor tapasztalható, egészen a felszín közeléig.

A stabil oxigén- ($\delta^{18}O$) és hidrogén-izotóp ($\delta^{2}H$) összetétel adatok igazolják a ^{14}C vízkorok megbízhatóságát. A tízezer évnél idõsebb rétegvizeknél a stabil izotóp összetétel negatívabb, mint a holocén során beszivárgott vizeknél, ami a jelenleginél 1–10°C-kal hidegebb klímában (jégkorszak) történt beszivárgást bizonyítja. Ugyanezt bizonyítják a „nemesgáz-hõmérõ" alapján végzett vizsgálatok is.

Az Alföld területén Tiszakécske és Békéscsaba környezetében mintegy 10%-nyi

köpeny eredetû komponenst találtunk,a rétegvizekben, a $^3He/^4He$ stabil izotóp arány alapján.

Az áramlási pályák kezdeti szakaszain található rétegvizek ^{14}C és hélium kora jó egyezést mutat, de az Alföld legmélyebb területein (Nagykunság, Békési süllyedés) anomálisan magas a hélium koncentráció még a kvarter rétegekben is. Az anomális legvalószínûbb oka a pannón rétegekbõl történõ víz-feláramlás lehet, amely hozza magával a héliumot.

A vízkémiai adatok is bizonyítják a regionális áramlási rendszerek mûködését. A Na, K , HCO_3 és vezetõképesség növekszik az áramlási pályák mentén. Egyes vízminõségi problémát okozó komponensek (arzén, ammónium, vas, mangán és bizonyos nyomelemek) természetes úton, a közet-víz kölcsönhatás során kerülnek a rétegvizekbe, és elsõsorban a nagyon idõs, védett rétegvizekben fordulnak elõ az ivóvízszabványban elõírt határértéket meghaladó koncentrációban.

IRODALOMJEGYZÉK

Ballentine, C.J., O'Nions, R.K., Oxburgh, E.R., Horváth, F., Deák, J. (1991): Rare gas contraints on hydrocarbon accumulation, crustal degassing and groundwater flow in the Pannonian Basin. Earth and Planetary Science Letters, **105**, 229–246.

Deák, J. (2002): Comparison of groundwater flow modeling and environmental isotope results on the Great Hungarian Plain. In: Use of Isotopes for Analyses of Flow and Transport Dynamics in Groundwater Systems, Results of a coordinated research project 1996–1999. IAEA, Vienna, 2002.

Deák, J., Fórizs, I., Deseő, É., Hertelendi, E. (1992): The origin of groundwater and dissolved ammonium in SE-Hungary by environmental isotope data. Tracers in Hydrology, IAHS Publ., **215**, 117–124.

Deák, J., Deseő, É., Davidesz, K. (1996): Verification of MODFLOW modeling in SE Hungary using environmental isotope and ground water quality data. Hydroinformatics, Balkema Zürich, 607–612.

Erdélyi, M. (1979): A Magyar Medence hidrodinamikája. VITUKI Közlemények, Budapest, 82 p.

Martel, D.J., Deák, J., Dövényi, P., Horváth, F., O'Nions, R.K., Oxburgh, E.R., Stegena, L., Stute, M. (1989): Leakage of helium from the Pannonian Basin. Nature, 342, 908–912.

Sanford, W.E., Révész, K.M., Deák, J. (2001): Inverse modeling using 14C ages: Application to groundwater in the Danube-Tisza interfluvial region of Hungary. In: New Approaches Characterizing Groundwater Flow, Proceedings of the XXXI. Congress of International Association of Hydrogeologists, Munich, Germany, A.A. Balkena, 401–404.

Sanford, W.E., Deák, J., Révész, K.M. (2002): Parameter estimation using carbon-14 ages: Lessons from the Danube-Tisza interfluvial region of Hungary. In: ModelCARE 2002 proceedings of the 4th International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling, Prága. Acta Universitatis Carolinae, Geologica, **46(2/3)**, 373–376.

Stute, ,M., Deák, J. (1989): Environmental isotope study (^{14}C, ^{13}C, ^{18}O, D, noble gases) on deep groundwater circulation systems in Hungary with reference to paleoclimate. Radiocarbon, **31/3**, 902–918.

Stute, M., Sonntag, C., Deák, J., Schlosser, P. (1992): Helium in Deep Circulating Groundwater in the Great Hungarian Plain: Flow Dynamics and Crustal and Mantle He Fluxes. Geochemica et Cosmochemica Acta, **56**, 2051–2067.

Tóth, J. (1963): A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal of Geophysical Research, **68/16**, 4795–4811.

A SZÉNHIDROGÉNT TÁROLÓ RÉTEGEK VÉDELME: A TÁROLÓKŐZET JELLEMZŐK ÉS A FÚRÁSI/KÚTMUNKÁLATI-FOLYADÉK TECHNOLÓGIA ELEMEINEK ÖSSZEHANGOLÁSA

Dormán József

MOL Nyrt., Szolnok, email: jdorman@mol.hu

A szénhidrogént tároló rétegek hatékony védelme alapvető műszaki és gazdasági érdek, a termelő (besajtoló) kutak produktivitása maximalizálásának/optimalizálásának a legfontosabb eszköze. A kutak működési hatékonyságát döntően az a néhány méter sugarú kútkörnyéki zóna viselkedése határozza meg, amely a termelésbe állítás előtt (a kútépítés során) érintkezik a fúrási/kútmunkálati folyadékkal, illetve az ezzel összefüggő fizikai és kémiai hatásoknak van kitéve.

Fontos körülmény, hogy a teljes folyamatot meghatározó jelenségek a pórustérben (mikro-zónában) zajlanak, ezért alapvető fontosságú a pórustér morfológiájának és elemeinek minél pontosabb ismerete. Az ásványos összetétel, a különböző ásványok mennyiségi aránya, pozíciója, állapota döntő módon meghatározza a várható fizikai és kémiai hatásokra való reakciójukat, s ezáltal markánsan kijelöli az alkalmazható kémiai-technológiai megoldások kereteit.

A részecskeméret, a pórusméret adja az alapokat a műszaki-technológiai paraméterek tervezéséhez. Az adott formáció felépítése, geológiai jellemzése segíti ezt követően a fúrás és kútmunkálat egészének tervezését, s a tárolóréteg egészére vonatkozóan a „finom hangolást", a tároló-specifikus elemeknek való megfelelést. Következésképpen a fúrási/kútmunkálati folyadéktechnológia elemeit a geológiai modell elemeivel kell, a „méretnövelési" lépcsők mentén összehangolni. A tárolókőzet lehető legrészletesebb megismerésére lehet a eredeti tároló tulajdonságok, paraméterek megőrzését célzó technikák kifejlesztését és alkalmazását építeni.

A tárolókőzet részecskeméret eloszlása (PSD), az ásványos összetétele (XRD, FTIR), a kritikus alkotók elemi összetétele (EDAX, RFX), kőzetfizikai paraméterek (pórusméret eloszlás, porozitás, áteresztőképesség), a mechanikai jellemzők (UCS, konszolidáltság) egy komplex rendszer nélkülözhetetlen elemei, s ezekre kell felépíteni az alkalmazandó folyadékok kémiai összetételét, jellemzőit és műszaki értékű paramétereit. Ezt támogatja a korszerű mérési, ismeretszerzési technikák alkalmazása, amelyek alkalmasak a tárolókőzet és a tároló-viszonyok elvárt szintű szimulálására. Az így nyert eredményekhez lehet azután modell minősítő vizsgálatoktól az adalékanyag-tervezés molekula-szintézisig terjedő eszköztárát illeszteni.

Az előadás bemutatja az előbbi tényezőkre alapozott folyadék-technológiai fejlesztés, tervezés és alkalmazás korszerű gyakorlatát és annak fontosabb eredményeit, amelyek számos projekt sikeres megvalósítását alapozták meg és támogatták kiemelkedő hatékonysággal.

CHARACTERIZATION OF MIXING OF FLUIDS IN THE BUDA THERMAL KARST DISCHARGE ZONE BY USING RADIONUCLIDES AS NATURAL TRACERS (BUDAPEST, HUNGARY)

Anita **Erőss**[1], Judit **Mádl-Szőnyi**[1], Anita É. **Csoma**[2]

[1] Department of Physical and Applied Geology, Institute of Geography and Earth Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest, e-mail: anita.eross@geology.elte.hu
[2] Upstream Technologies, Houston, U.S.A.

Radionuclides of the ^{238}U decay series, including uranium, radium and radon can be naturally found in groundwater. Owing to their contrasting geochemical behaviors, these radionuclides can be efficiently used to characterize mixing of waters of different origin (e.g. Eisenlohr, Surbeck, 1995; Gainon et al., 2007a,b). In a two-component mixing system, the temperature and chemical composition of the mixing end member fluids can be determined for the depth where mixing starts. This method can be applied at regional discharge areas, where the different order flow systems conveying different temperature and redox-state waters to the discharge zone.

In the discharge zone of the Buda Thermal Karst, at the Rose and Gellért Hill areas, mixing of cold and hot karst waters is assigned to be responsible for the formation of hydrothermal caves (e.g. Takács-Bolner, Kraus, 1989; Leél-Őssy, 1995). The dissimilarity of the discharging waters of the Rose and Gellért Hill areas was long recognized on the basis of hydrogeochemical studies (e.g. Papp, 1942; Alföldi et al., 1968). These areas have also different discharge characteristics as suggested also by Erőss et al. (2008). Radionuclides provided a new approach to investigate the discharging waters and further supported the differences between the two areas.

For the Rose Hill area, beside the temperature and total dissolved solid (TDS) content of the mixing end members, also the mixing depth could be determined with the help of radionuclides. However, in case of the Gellért Hill area, the mixing components could not be identified by radionuclides. Therefore, it is suggested that pos-

sibly other processes could be responsible for the formation of the hydrothermal caves found in this area.

Additionally, this study revealed an explanation regarding the origin of high radioactivity of the thermal waters. High radioactivity of the waters, especially around the Gellért Hill, was already recognized by Weszelszky (1912). However unambiguous explanation for the origin of radioactivity was not yet given. This study suggests that the source of radon is the iron-hydroxide precipitates that accumulate in the spring caves of the Gellért Hill. These precipitates act as local radon source for the waters through adsorption of radium.

This study confirmed that radionuclides are powerful tools to characterize fluids and their interaction at regional discharge areas. The research is part of the PhD study of A. Erőss and is funded by Shell International E&P.

References

Alföldi, L., Bélteky, L., Böcker, T., Horváth, J., Korim, K., Liebe, P., and Rémi, R. (1968): Budapest Hévizei. Budapest, VITUKI, 365 p.

Eisenlohr, L., Surbeck, H. (1995): Radon as a natural tracer to study transport processes in a karst system; an example from the Swiss Jura. C.R. Acad. Sci. Paris, t.321, série IIa, 761-767.

Erőss, A., Mádl-Szőnyi, J., Csoma, A. (2008): Characteristics of discharge at Rose and Gellért Hills, Budapest, Hungary. Central European Geology, **51/3**, 267-281.

Gainon, F., Goldscheider, N., Surbeck, H. (2007a): Conceptual model for the origin of high radon levels in spring waters - the example of the St. Placidus spring, Grisons, Swiss Alps. Swiss Journal of Geosciences, **100/2**, 251-262.

Gainon, F., Surbeck, H., Zwahlen, F. (2007b): Natural radionuclides in groundwater as pollutants and as useful tracers; Water-Rock Interaction 12, Kunming, China, Taylor & Francis, London, **1**, 735-738.

Leél-Őssy, Sz. (1995): A Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. Földtani Közlöny, **125/3-4**, 363-432.

Papp, F. (1942): Budapest meleg gyógyforrásai. A Budapesti Központi Gyógy- és Üdülőhelyi Bizottság Rheuma és Fürdőkutató Intézet kiadványa, Budapest, 252 p.

Takács-Bolner, K., Kraus, S. (1989): The results of research into caves of thermal water origin. Karszt és Barlang Special Issue, 31-38.

Weszelszky, Gy (1912): A budapesti hévvizek radioactivitásáról és eredetéről (Radioactivity of the thermal waters of Budapest). Matematikai és természettudományi értesítő, **30**, 340-381.

A BODAI ALEUROLIT FORMÁCIÓ KOMPLEX VIZSGÁLATA A LABORATÓRIUMI ÉS TEREPI MÉRÉSEK ÖSSZEVETHETŐSÉGE CÉLJÁBÓL – ELŐZETES EREDMÉNYEK

ABSTRACT

The aim is to introduce the preliminary results of BCF investigation and a possible way of upscaling laboratory parameters using geophysical, CT, geochemical, mineralogical and petrophysical parameters (Fedor et al., 2008; Zilahi-Sebess, 2009; Lovas, 2009; Földes, 2009; Zilahi-Sebess, 2010). Because of the compactness of BCF, new methods and equipments were developed like the PPD permeameter and a geophysical probe for core investigation, latter in progress. The project is organized and financed by GEOCHEM Ltd with governmental financial support.

Keywords: petrophysical characterization, BCF, R D, upscaling, geophysical parameters

Fedor Ferenc, **Somodi** Gábor

GEOCHEM Kft., Kővágószőlős, e-mail: fedor.ferenc@geochem-ltd.eu

A Geochem Kft. 2008-ban indított, részben a GOP-1.1.1-07/1-2008-0051 sz. támogatásából megvalósuló kutatás-fejlesztési projektjének célja a laboratóriumi és a terepi vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása, az eredmények eltéréseinek értékelése és a lépték hatásának meghatározása a Bodai Aleurolit Formáció (BAF – Mecsekhegység) esetén. A formáció a földtani környezetben történő nagyaktivitású radioaktív hulladék elhelyezést célzó kutatás célterülete 1999 óta. Jóllehet a kőzetet számos szempontból vizsgálták, azonban annak rezervoár tulajdonságai kevésbé ismertek. A projekt során kutatás-fejlesztési tevékenység eredményeképp lehetővé válik a kőzetfizikai tulajdonságok megbízható és gyors mérése, valamint az eredmények geofizikai és geokémiai vizsgálatok eredményeivel való összevetése, komplex értékelése.

A BAF kutatása során a Mecsekérc Zrt. megbízásából az SzKFI, a Geopard Kft., valamint a Miskolci Egyetem Alkalmazott Kémiai Kutatóintézetének (jelenleg ME AFKI) Rezervoármechanikai Osztálya is végzett kőzetfizikai vizsgálatokat, melyek eredményei 0,04 – 3 % porozitást és 10^{-15}és 10^{-21} m^2 közötti vizes permeabilitás értékeket mutattak. A Mecsekérc Zrt. in-situ pakkertesztjei alapján is hasonló, 10^{-15} és 10^{-19} m^2 nagyságú permeabilitást lehetett meghatározni. Az eredményekből jól látszik, hogy rendkívül tömör kőzetről van szó,

melynek kőzetfizikai tulajdonságait nehéz mérni. Ennél is komolyabb problémát okoz, hogy a laboratóriumi eredmények milyen módon terjeszthetőek ki a kőzettestre, azaz meg lehet-e határozni az adatok léptékfüggőségét. Ezt a projekt három lépésben, az adott fúrásban mért lyukgeofizikai, a teljes magon mért CT és magszkenner, valamint a laboratóriumi mérésekhez kialakított kis magmintákon elvégzendő, ásványtani, geofizikai, pórusszerkezet és permabilitás vizsgálatokon keresztül próbálja megvalósítani bevonva az ELGI, az ME AFKI, a MÁFI, a Mecsekérc Zrt., a Kaposvári Egyetem, és több kisebb cég munkatársait, mint egyes célfeladatok alvállalkozóit.

A projekt első lépéseként a rendelkezésre álló információk alapján meg kellett határozni a vizsgálni kívánt geofizikai és kőzetfizikai paraméterek körét, valamint az elvégzendő vizsgálatokat és ezek időbeli sorrendjét. Ezt követte a vizsgálandó maganyag kiválasztása, melynek elsődleges feltétele az volt, hogy minél zavartalanabb legyen a minta (időben nem túl távoli, összefüggő, megfelelő módon tárolt). Így esett a választás a Goricai-területen mélyült Ib-4 jelû fúrás 598,04-608,58, valamint a vizsgálat teljességének érdekében a fedőhomokkő 480,9-481,81 méteres szakaszára. Maga a fúrásban feltárt kőzetösszlet nem tekinthető tipikus BAF képződménynek, fejlődéstörténeti eltérések miatt különbségek jelentkeznek a cementációban és a kompakcióban az ásványtan szintjén, de az egyéb mintavételi kritériumoknak megfelelt. A kiválasztott kőzetszakasz albitfészkes agyagos kőzetliszt és kőzetlisztes agyagkő, dolomit és agyagos dolomit betelepülésekkel.

Az általános földtani leírás után, a kiválasztott fúrómagokon a Kaposvári Egyetem Onkoradiológiai Intézetében hagyományos és feltöltéses CT vizsgálatokat végeztek el és megtörtént az így kapott adatok és a rendelkezésre álló karotázsszelvények jellegzetességeinek összehasonlítása, az alapvető összefüggések feltárása. Az eredmények össze lesznek vetve a teljes maganyagon végzett magszkennelés és LIPS teszt eredményeivel is, mivel a nátriumtartalom eloszlásának ismeretében az albitfészkes és a mátrix-albitos szakaszokat elvileg el lehet különíteni.

A teljes magon végzett vizsgálatok célja, hogy a rendelkezésre álló többszintû és szerteágazó vizsgálati eredmények alapján kőzetminták kialakítására érdemes tartományokat jelöljön ki, amelyek a későbbiekben elvégzendő vizsgálatok értékelésének hatékonyságát segítik elő. Fontos szempont, hogy a kőzet szedimentológiai, ásványtani, geokémiai, geofizikai és a CT-felvételek által felvázolt tároló tulajdonságainak figyelembevételével a mintázás reprezentatív legyen a következő vizsgálati szempontok szerint:

- litofáciesek szerinti elkülönülés, amelynek alapja a geofizikai szelvényen és a CT-értékelés alapján leírt ciklusosság,
- a porozitás genetikai típusainak elkülönülése a Hounsfield-értékek és a neutronporozitás értékek alapján,
- a makroszkóposan és a természetes gamma szelvényezés alapján elkülönülő magas és alacsonyabb albittartalmú szakaszok kijelölése.

A fenti munkával párhuzamosan egy geofizikai fejlesztés is zajlik, melynek célja, hogy a kialakítandó kis magmintákon, melyek mérete 1,5″ átmérő és maximum 3″ hossz, különböző geofizikai tulajdonságokat lehessen mérni. Ezek első megközelítésben a P és S hullámok terjedési sebessége, ellenállás, valamint hővezetőképesség mérések lesznek, adott nyomás és hőmérsékletviszonyok között telített magmintákon. A mérésre egy speciális, a cég által fejlesztett és az ME AFKI által kivitelezett, nyomáslecsengés elvén mûködő, un. PPD permeaméterben kerül sor, melyben maximum 250 bar belső nyomás, 300 bar köpenynyomás és 150°C hőmérséklet alakítható ki, valamint a mag kimeneti és bemeneti oldala közötti nyomáskülönbség, valamint a köpeny és belső nyomás közötti különbség finoman szabályozható.

A magminták kialakítását követően a minták pórusszerkezeti tulajdonságainak (porozitás, szorpciós kapacitás, pórustotokméreteloszlás) vizsgálata következik. A próbamérések során a BAF kőzetanyagán elvégzett He-pycnometria, fiziszorpciós, és higany-porozitás vizsgálatok a 25-30 magos kísérletsorozat optimális beállításait, valamint a különböző fizikai hatásokra a BAF kőzetanyagában fellépő változások feltérképezését célozták. A pórusszerkezeti tulajdonságok megismerését követően a PPD permeaméterben permeabilitás és geofizikai paramétermérés zárja a vizsgálatsorozatot várhatóan 2011 tavaszán. A méréssorozatot a komplex összefoglaló jelentés elkészítése követi, melynek fő célja a különböző geofizikai és kőzetfizikai paraméterek közötti összefüggések feltárása és az eredetileg feltett kérdés, azaz a felskálázás lehetőségének megválaszolása.

A fenti méréssorozat mind komplexitását, mind a hozzá kapcsolódó mûszerfejlesztéseket tekintve áttörést jelenthet a BAF, illetve ezen a példán keresztül a nagyon tömör kőzetek kutatásában.

IRODALOMJEGYZÉK

Fedor, F., Máthé, Z., Hámos, G., Somodi, G, Jobbik, A., Szűcs, I. (2008): Laboratory Pressure Pulse Decay permeability measurement of Boda Claystone, Mecsek Mts., SW Hungary Physics and Chemistry of the Earth, S45-S53

Zilahi-Sebess, L. (2009): A porozitás és permeabilitás, valamint kőzetsűrűség geofizikai úton történő becslésének módszerei és eszközei, kutatási jelentés. GEOCHEM Kft.

Lovas, A. (2009): Albit és illit tartalom kvantitatív becslésének geofizikai lehetőségei a BAF átlagos ásványos összetételének ismeretében, kutatási jelentés. GEOCHEM Kft.

Földes, T. (2009): CT mérés és értékelés az Ib-4. sz. fúrás 480.9 – 481.81 és 598.04-608.58 m közöttio szakaszain, kutatási jelentés, GEOCHEM Kft.

Zilahi-Sebess, L. (2010): CT méréseredmények összehasonlító vizsgálata mélyfúrás-geofizikai mérésgörbékkel és interpretált eredményekkel, kutatási jelentés. GEOCHEM Kft.

ÉRETT KŐOLAJ FRAKCIÓK STABILIZOTÓPOS ÖSSZETÉTELE ÉS A DEUTÉRIUM TÍPUSGÖRBÉK BEVEZETÉSE

ABSTRACT

Saturated aliphatic hydrocarbon (HC), aromatic HC, n-alkane-free HC (cyclic and branched alkanes), resin and asphaltene fractions of 23 oil samples from the Makó-Hódmezővásárhely-trench (Pannonian Basin, SE-Hungary) were measured for hydrogen and carbon stable isotope ratios to study the usability of bulk fraction isotope ratio measurements in grouping of extreme high temperature oils. The oils are mature ones originating from reservoirs of high, in more cases, extremely high temperature.
In the case of the δD results very tight correlation was observed between the asphaltene and aromatic hydrocarbons, and between saturated and n-alkane-free hydrocarbon fractions which can be explained by the similar molecular structures or compositions. The data of resin show no correlation with the other ones, the values are considerably scattered and seem to be more negative too. In the resin H atoms may stand in easily exchangeable positions. Relationship between the oil fractions is less tight, but still significant in the case of $\delta^{13}C$ data. Saturated and n-alkane-free $\delta^{13}C$ values show the best correlation and unlike asphaltene and resin δD values, their $\delta^{13}C$ data correlate well. The deuterium data are proven to be useful tools in grouping oils originating from different basins and layers. The new method, deuterium type-curve technique is good supplementary, in some cases substitute tool for or instead of ^{13}C type-curves.

Keywords: petroleum, ^{13}C, D, isotope type-curves

Fekete József, **Sajgó** Csanád

Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai Kutatóintézet, Budapest, e-mail: feketej@geochem.hu

A Makói-árokból származó, több mint húsz kőolaj minta telített alifás, *n*-alkánmentes (ciklikus és elágazó láncú alkánok), aromás, gyanta (NSO-vegyületek) és aszfaltén frakcióinak stabilizotópos (D és ^{13}C) összetételét határoztuk meg. A mérések célja annak vizsgálata volt, hogy a kőolaj frakciók stabilizotópos adatai alkalmasak-e az extrém nagy hőmérsékletű rezervoárokból származó, érett/nagyon érett kőolajok rokonítására.

A Makó-Hódmezővásárhelyi-árok a Pannon-medence egyik legmélyebb részmedencéje, amelyet neogén és negyedidőszaki üledékek töltenek ki, akár 7000 méter vastagságban. Az üledékek szervesanyag-tartalma kicsi (TOC= 0,2 – 1%).

A feltételezhető kőolaj anyakőzetek a medence legmélyebb részén (a Hód-I fúrásban 5100 méter alatt) lerakódott agyagpalák, amelyek szervesanyag-tartalma viszonylag magas (C_{org}=1 – 2%). A geotermikus gradiens – bár a mélységgel változik – átlagosan 40°C kilométerenként. Az olajképződés felső határa nagyjából 3500 méter mélységben található a medence közepén, és kissé sekélyebben a széleken (~2500 m).

A vizsgálathoz 23 mintát használtunk fel, ezek közül 14 a Makói-árok belső, kettő a peremi területéről, hat pedig a részmedencén kívülről származik. A vizsgálatba egy műterméket is bevontunk: a Pula nevű minta olajpalából előállított olaj. A tárolókőzetek hőmérséklete általában 170°C feletti. A mintákat adatvédelmi okokból kóddal jelöltük, ami nem utal a fúrás nevére.

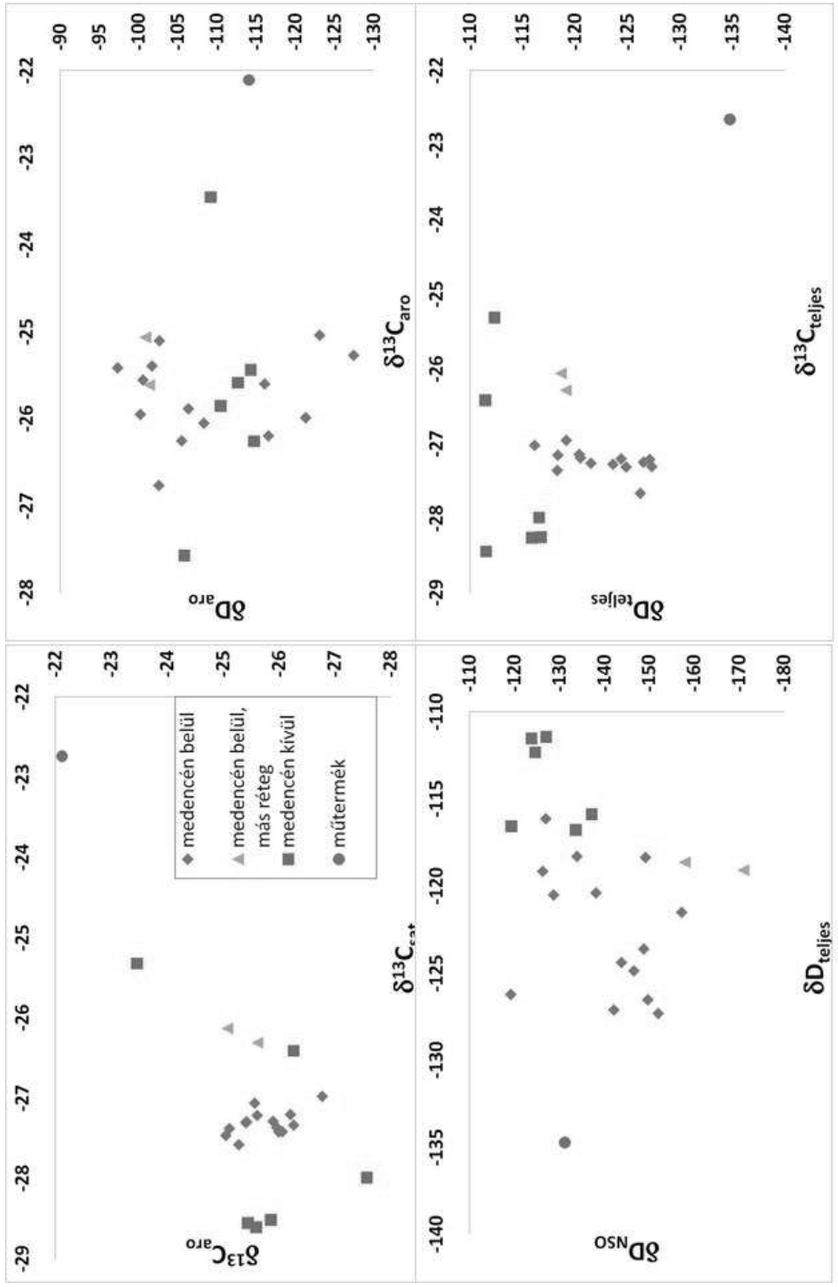
Az elválasztott frakciók sorrendje a keletkezés folyamatát tükrözi, azaz a normál alkánoktól az aszfaltén felé haladva a kémiai összetétel és szerkezet egyre inkább rokon a kőzetek oldhatatlan szerves anyagával (kerogén). A frakciók vizsgálata hasznos, mivel a különböző összetételű anyagok aránya és izotópos összetétele a kezdeti szerves anyag, az érési folyamatok, a biodegradáció és más izotóp frakcionációs folyamatok miatt eltérő, és adott területről származó olajokra jellemző lehet. Az egyes frakciók aránya a következőképpen alakul a teljes olajhoz viszonyítva: telített szénhidrogének: 76–96%; aromások: 1–10%; gyanta: 2–15%; aszfaltén: 0,02–2%.

Az érett, nagy hőmérsékletű tárolókból származó olajok izotópos tulajdonságai eltérnek az irodalomban említettektől, többek között esetükben nem érvényes az általános szabály: $\delta^{13}C_{saturated}<\delta^{13}C_{whole\ oil}<\delta^{13}C_{aromatics}<\delta^{13}C_{NSOs}<\delta^{13}C_{asph}$. Erre Stahl (1977) alapján két magyarázat adódik: biodegradáció és vízzel való átmosódás. Mintáinkban biodegradációnak nincs nyoma, a szénizotópos összetétel pedig nem mutatja átöblítődés vagy oxidáció hatását: NSO-vegyületek, aszfaltén és aromások negatív $\delta^{13}C$ irányba tolódása (pl. Galimov, 2006).

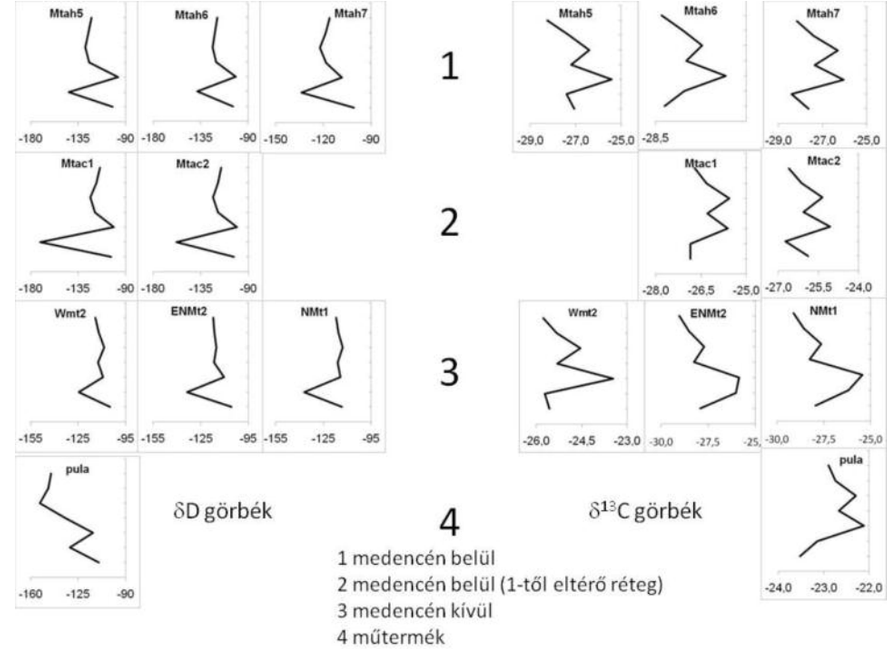
A hasonló keletkezésű frakciók szénizotópos összetétele is hasonló. Mivel az NSO-vegyületek szénatom cserére kevésbé hajlamosak, az aszfaltén és gyanta frakciók értékei jól korrelálnak egymással. Az aszfaltén részben az aromás szénhidrogének prekurzora lehet, bár az izotópos összetétel ennek részben ellentmond (az aromás frakció izotóposan nehezebb).

A δD értékeket tekintve szoros korreláció figyelhető meg 1) az aszfaltén és aromás, 2) a telített alifás és az *n*-alkán-mentes szénhidrogén frakciók között, ami a hasonló kémiai szerkezettel és összetétellel magyarázható. A gyanta frakció δD értékei eltérően viselkednek, ennek oka az lehet, hogy az NSO-vegyületekben a funkciós csoportok hidrogén atomja többféleképpen kerülhet könnyen lecserélhető pozícióba (pl. –OH, –COOH, $–NH_2$, –NHR, –SH csoportok (Schimmelmann, 2004). Ha a kőolajok csoportosításánál a δD adatokat is figyelembe vesszük, az értékek alapján különválnak a medencén belülről és kívülről, valamint a medencén belülről, de más fúrásból és rétegből származó minták (1. ábra). A műtermék minta a legtöbb esetben élesen elválik a kőolajoktól.

A kőolaj-kőolaj és kőolaj-anyakőzet rokonításra használt izotóp típusgörbék (isotope type-curves) a Makói-árokból származó minták esetében is hasznosnak bizonyultak, ám az átlagostól eltérő viszonyok (nagy hőmérséklet, nyomás és előrehaladott érettség, a biodegradáció hiánya) miatt a ^{13}C típusgörbék nem elegendőek a medencén belülről és kívülről, illetve az eltérő rétegekből származó olajminták elkülönítésére. Ennek kiegészítésére bevezettük a szakirodalomból nem ismert deutérium típusgörbék módszerét, ami remek kiegészítő technikának bizonyult (2. ábra). A görbéket úgy képezzük, hogy egy skálán egymás alatt ábrázoljuk a frakciók $\delta^{13}C$ vagy δD értékeit a következő sorrendben: *n*-alkán, telített, *n*-



1. ábra Különböző kőolaj frakciók stabilizotópos összetétele



2. ábra Kőolajok izotóp típusgörbéi

alkán-mentes, teljes olaj, aromás, NSO-vegyületek és aszfaltén frakció. Az ábra nem az összes mintát tartalmazza.

Megállapítható, hogy a szénizotóp-arányokon alapuló módszerek bizonyos mértékig használhatóak a medencén belüli, eltérő kútból vagy rétegből származó olajok elkülönítésére, de a deutérium-tartalom meghatározása nélkülözhetetlen a megfelelő eredmények eléréséhez: eltérő rétegekből, illetve a medencén belülről és a kívülről származó olajok elkülönítéséhez. A deutérium adatok jó használhatósága összefüggheet a medence hidrogeológiai viszonyaival. A nagy hőmérséklet miatt a Pannon-medencében a felszín alatti vizek és olajok könnyebben lépnek egymással kölcsönhatásba (H izotópcsere), és a szénhidrogéntelepek kis mérete miatt ennek hatása is jobban vizsgálható (Arndt Schimmelmann szóbeli közlése). A szénhidrogén termelő és egyéb fúrásokból származó forró víz- és további olajminták bevonásával tisztázni lehet ezeket a folyamatokat, ráadásul erre a célra a Pannon-medence kiváló „modell-medence" volna.

IRODALOMJEGYZÉK

Galimov, E.M. (2006): Isotope organic geochemistry. Organic Geochemistry, **37**, 1200–1262.

Schimmelmann, A., Sessions, A.L., Boreham, C.J., Edwards, D.S., Logan, G.A., Summons, R.E. (2004): D/H ratios in terrestrially sourced petroleum systems. Organic Geochemistry, **35**, 1169–1195.

Stahl, W.J. (1977): Carbon and nitrogen isotopes in hydrocarbon research and exploration. Chemical Geology, **20**, 121–149.