

# A Battonya-Pusztaföldvár gerinc szénhidrogén-rendszerei

Dr. KONCZ ISTVÁN okl. vegyészmérnök, a földtudományok kandidátusa



*Geokémiai adatok értékelése segítségével három szénhidrogén-rendszer jelenlétét lehetett megállapítani a Battonya-Pusztaföldvár gerincen és annak környezetében. 1./ A középső miocén eredetű olaj-szénhidrogének jelentős készletű telepeket képeztek az aljzati tárolókban és Pusztaföldváron az alsópannon turbidit homokkő tárolóban 2./ A genetikailag az alsópannon korú Tótkomlói Mészmarga Tagozathoz köthető alsópannon eredetű olajok érdemi készletű felhalmozódásai nem ismertek, az olaj zöme magában a mészmargában lehet. 3./ Az alsó- és felső-pannon sekélyebben települő, többnyire lencseszerű homokkő-testek bakteriális (biogén) eredetű metánt tartalmazó gáz-előfordulásokat foglalnak magukban.*

## Bevezetés

Bővebb kifejtést igényelhet a szénhidrogén-rendszer fogalma, amely régi keletű ugyan, de ma már általánosan elterjedőben van a szénhidrogén-kutatásban. Ennek oka az, hogy analógiás alapon jól hasznosíthatók új szénhidrogén-készletek felfedezésében. A szénhidrogén-rendszer koncepció első jelentkezése még olaj-rendszer néven vált ismertté Dow nyomán [1, 2]. Perrodon használta először a szénhidrogén-rendszernek megfelelő kifejezést *petroleum system* formájában [3]. Végül a szénhidrogén-rendszer jelenlegi definíciója, értelmezése *Magoon* névéhez fűződik [4].

A szénhidrogén-rendszer magában foglalja az anyakőzetet és a belőle származó szénhidrogéneket, az olajat és a földgázt, továbbá tartalmazza azokat a tényezőket és folyamatokat, amelyek az olaj- és földgáz-telepek létrejöttéhez és megőrződéséhez szükségesek. Ennek a definíciónak a lényege: ismernünk kell, hogy az olaj- és gáz-előfordulások szénhidrogénjei melyik anyakőzetben képződtek. (Anyakőzetnek szokás tekinteni azokat a képződményeket, amelyek jelentős szerves anyag tartalommal rendelkeznek, és így – megfelelő feltételek mellett – számottevő, telepek létrehozására alkalmas mennyiségű szénhidrogén keletkezik bennük.) Az említett genetikai kapcsolat megismerésére a geokémia módszerei alkalmasak, amelynek során például összehasonlítjuk a felhalmozódásokban lévő olajok szénhidrogénjeit az anyakőzetekből előállított extraktumok szénhidrogénjeivel. Ezt az eljárást olaj-anyakőzet korrelációnak nevezi a szakirodalom. A szénhidrogéneket létrehozó folyamatok lehetnek bakteriálisak (biogének) és termogének. A bakteriális folyamatokban a mikrobák játszanak szerepet, és főleg gáz képződik. A termogén folyamatok során az anyakőzetekben lévő szerves anyag hőbomlása következik be megfelelően magas hőmérsékleten, ami olaj- és gáz-képződést eredményez. A felhalmozódások megmaradása miatt szükséges a tárolókőzeteket fedő záróréteg, amely meggátolja, hogy a szénhidrogének a felszín irányában mozogva a felszínre jussanak, és ott megsemmisüljenek.

A szénhidrogén-rendszereket két névvel jelölik: az első az anyakőzet neve, a második a tárolókőzeteké. Ezt egészíti ki egy jelrendszer, amely arra utal, hogy

milyen mértékben alátámasztott az adott szénhidrogén-rendszer. Az olaj-anyakőzet korrelációval alátámasztott az „ismert” elnevezésű, amelynek jele (!). A feltételezett jele (.), és arra utal, hogy az anyakőzet ismeretes ugyan, de olaj-anyakőzet korreláció hiányában a rendszer nem megalapozott. Végül, a spekulatív rendszer jele (?), amely esetben az anyakőzetre és a genetikailag hozzá tartozó felhalmozódott szénhidrogénekre vonatkozóan csak geológiai és geofizikai ismeretek állnak rendelkezésre.

Magyarország olaj- és földgáz-telepeit illetően ez ideig (tudomásom szerint) három területen került publikálásra szénhidrogén-rendszer. A Nagylengyel területen végzett olaj-anyakőzet korreláció eredménye azt mutatta, hogy a triász dolomit és felsőkréta (rudistás) mészkö tárolókban felhalmozódott nehézőlaj a felsőtriász Kösszeni Márgában képződött [5]. Ennek megfelelően a szénhidrogén-rendszer elnevezése: *Kösszeni Márga – triász, felsőkréta (!)*. A következő a Budafa és Lovászi mezőkkel összefüggő szénhidrogén-rendszer, amelynél Budafa esetében a felső bádeni, Lovászinál a kárpáti anyakőzetek szénhidrogénjei képeztek akkumulációkat az alsópannon homokkő-tárolókban [6]. Az itt meghatározott szénhidrogén-rendszerek elnevezése a Budafa mezőre *felső bádeni – alsópannon (!)*, a Lovászi mezőre *kárpáti – alsópannon (!)*. Az Algyő-telepek keletkezésével foglalkozó publikáció szerint az aljzatban, az alsópannon és felsópannon tárolókban felhalmozódott szénhidrogének egyöntetűen a középső miocén anyakőzetekben képződtek [7]. A szénhidrogén-rendszer elnevezése ez esetben: *középső miocén – aljzat, alsópannon, felsópannon (!)*.

A Battonya-Pusztaföldvár gerinc területén már 1941-ben megindult a fűrészes kutatás Tótkomlós térségében. Az 1958-1975 időszakban jelentős készletű telepeket tártak fel Pusztaföldvár, Battonya, Mezőhegyes-Végegyháza, Pusztaszőlős területeken. Említésre méltók a későbbi kutatási tevékenységről szóló összefoglalók [14] [15]. Feltételezett szénhidrogén-rendszerről készült publikáció ezen a területen, amelynek megnevezése *Tótkomlós – Szolnok (.)* [8]. Csak feltételezett lehetett a szénhidrogén-rendszer ez esetben, mert olaj-anyakőzet korreláció akkor még nem készült. Tekintettel arra, hogy akkoriban elegendő számú adat csak az alsópannon Tótkomlói Mészmarga Tagozat

anyakőzet-jellegét támasztotta alá, a szénhidrogén-rendszer anyakőzeteként a Tótkomlói Mészmárga Tagozatot nevezték meg, tárolókőzetként pedig az alsópannon delta-előtér Szolnoki Homokkő Formációjához tartozó turbidit homokkő tárolót. Az azóta lényegesen meggyarapodott geokémiai adatok segítségével megkísérelhető ennek a cikknak a keretében a Battonya-Pusztaföldvár gerinc szénhidrogén-rendszereinek meghatározása illetve pontosítása.

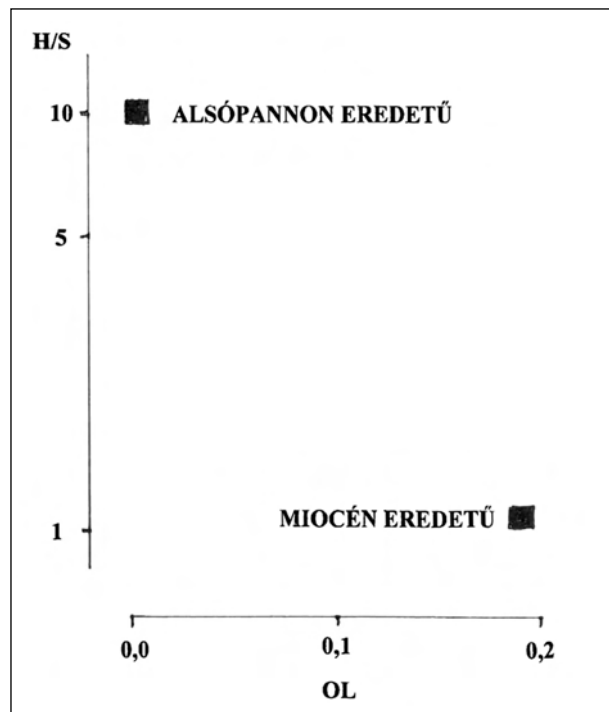
### Az olaj-előfordulások eredete

A vizsgált olaj-előfordulások elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti. Az értékelés alapjául a 103 olajmintából készült elemzések szolgálták a következő 19 olaj-előfordulásból: Battonya (Bat), Battonya K (BatK), Csanádalberti É (CsalÉ), Csanádapáca (Csa), Kaszaper D (KaszD), Kevermes (Kev), Magyarbánhegyes (Mbh), Magyarbánhegyes K (MbhK), Medgyesbodzás (Med), Medgyesegyháza (Medgyes), Mezőhegyes (Mh), Mezőhegyes Ny (MhNy), Nagybánhegyes (Nbh), Pítvaros É (PitÉ), Pusztaföldvár (Pf), Pusztaszőlős (Psz), Tótkomlós (T), Tótkomlós D (TD), Végegyháza Ny (VégNy).

A területen két anyakőzet jöhet számításba: a középső miocén (bádeni) pelitek és az alsópannon Tótkomlói Mészmárga Tagozat. A Dráva-medencében meg lehetett különböztetni a középső miocén és az alsópannon anyakőzetekben képződött szénhidrogéneket biomarkereik segítségével [9]. (A biomarkerek, vagy más néven fosszilis molekulák az üledékképződés időszakában már jelenlévő illetve annak során létrejött szerves anyagban előfordul ún. maradvány-szénhidrogének, amelyek némelyike az eredetre jellemző.) A középső miocén anyakőzetekből extrahálással előállított szerves anyag, az extraktum jelentős oleanán-tartalommal rendelkezett: oleanán-hopán aránya (OL) nagy, hopán-szterán aránya (H/S) kicsiny volt. Ezzel szemben az alsópannon anyakőzetek szénhidrogénjeit



1. ábra: Olaj- és gáz-előfordulások elhelyezkedése



2. ábra: Az olaj-anyakőzet korreláció eredménye

oleanán-hiány jellemezte, továbbá hopán-szterán arányaik szélsőségesen nagyok voltak.

Az egymáshoz hasonló, illetve az egymástól eltérő tulajdonságokkal rendelkező ún. genetikai csoportok egzakt megállapítására az agglomeratív hierarchikus klaszter analízis alkalmas. A Battonya-Pusztaföldvár terület olajainak és anyakőzeteiből előállított extraktumainak OL és H/S adatai kerültek összehasonlításra klaszterezéssel. Az ily módon végrehajtott olaj-anyakőzet korreláció két csoportot eredményezett (2. ábra). A két csoport medián-értékei lényegesen különböznek egymástól. (A medián-érték az egymástól eltérő genetikai csoportokhoz tartozó adatok nagyság szerint rendezett halmazának középső eleme.) Az egyik csoport OL értékeinek mediánja nagy, és a hozzátartozó H/S értékeké kicsiny. Ebben a csoportban az olajok mellett csak a középső miocén anyakőzetek extraktumai szerepelnek. Így az ide tartozó olajok középső miocén eredetűek. A másik csoport oleanán-hiányos, és a H/S értékek mediánja szélsőségesen nagy. Ebben a csoportban az olajok mellett csak az alsópannon Tótkomlói Mészmárga Tagozat extraktumai vannak. Az ide tartozó olajok tehát alsópannon eredetűek.

A terület olaj-előfordulásai eredetük szerint tehát kétfélék: középső miocén és alsópannon eredetűek. A középső miocén eredetű olajok döntő többsége az aljzatban illetve az aljzattal közvetlenül összefüggő Békési Formációban helyezkedik el. A jelentős készlettel rendelkező, középső miocén eredetű olaj-előfordulások – egy kivételtől eltekintve – mind az aljzati vagy azzal összefüggő tárolókban halmozódtak fel. Kivételt képez Pusztaföldváron az alsópannon Szolnoki Homokkő Formációhoz sorolható, kiemelkedő turbidit homokkő-tároló. Az alsópannon eredetű olajok nem képeztek jelentős készleteket, és többnyire magá-

ban az anyakőzetben, a Tótkomlói Mészmárga Tagozatban vannak, illetve a vele közvetlenül érintkező miocén, vagy aljzati tárolókban.

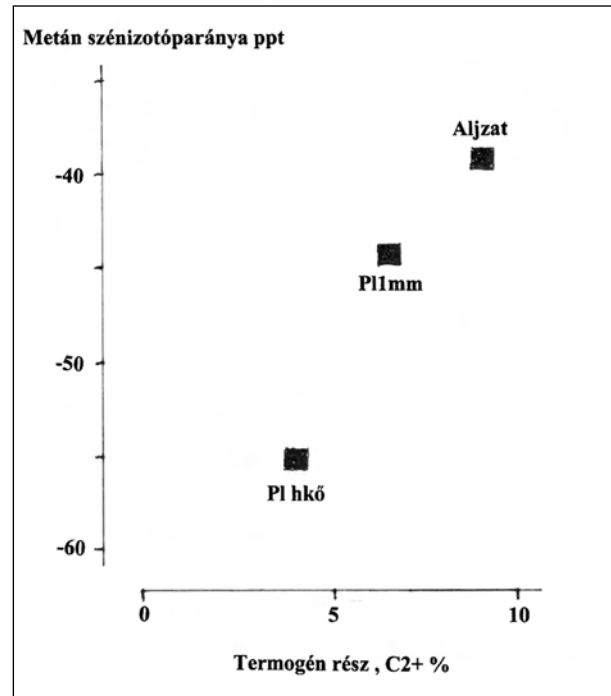
### A gáz-előfordulások eredete

A gáz-előfordulások a következő öt előfordulással gyarapítják az előzőekben részletezett olaj-előfordulásokat (1. ábra): Battonya É (BatÉ), Dombegyháza (Domb), Pitvaros D (PitD), Tótkomlós É (TÉ), Tótkomlós K (TK).

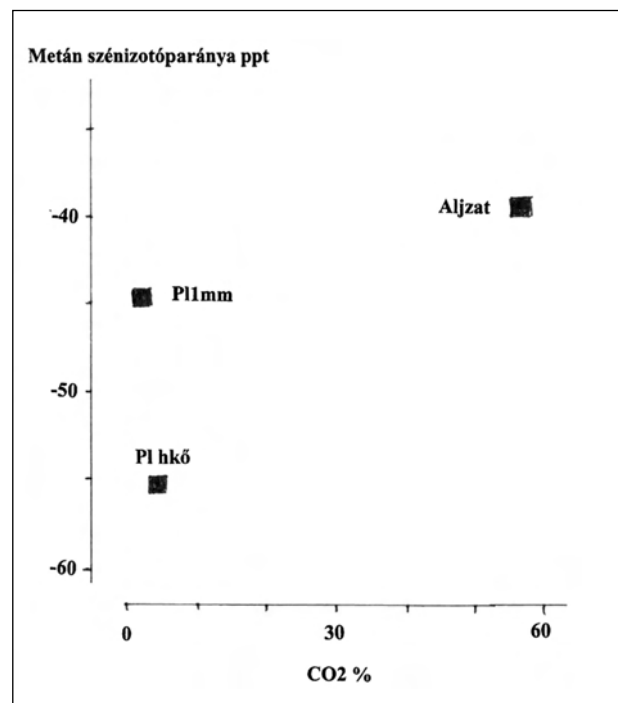
A gáz-előfordulásokat nem lehet olyan könnyen anyakőzeteikhez rendelni, mint az olaj-előfordulásokat. Szükséges lenne ugyanis az anyakőzetek gázainak vizsgálata, ami technikailag sokkal bonyolultabb, mint az olaj-szénhidrogéneket is tartalmazó extraktumok előállítás a kőzetekből, és a bennük lévő olaj-szénhidrogének vizsgálata. A gázok esetében a többi szénhidrogénhez képest nagy koncentrációban jelenlévő metán szénizotóparányára korlátozódik a genetikai viszonyok megismerésének lehetősége. (A szénizotóparány a szén két stabil (nem radioaktív) izotópjának, a 13 tömegszámú, „nehezebb” C13-nak és a 12 tömegszámú, „könnyebb” C12-nek az aránya, amelyet egy kalibráló anyag (PDB standard) szénizotóparányától mért eltérés ezrelékében (ppt) adnak meg.) A metán szénizotóparánya alkalmas arra, hogy megkülönböztessük a bakteriális eredetű biogén metánt a kőzet szerves anyaga hőbomlásából származó termogén metántól [10]. A bakteriális eredetű metán izotóposan igen könnyű, szénizotóparánya – 50 ppt és ennél nagyobb negatív érték. A termogén metán izotóposan nehezebb: szénizotóparánya – 50 ppt-nél kisebb negatív érték.

A metán szénizotóparányát illetően 123 adat állt rendelkezésre a területről. Célszerűnek mutatkozott a következő tárolók szerinti értékelés: aljzat illetve a vele közvetlenül összefüggő tárolók, a Tótkomlói Mészmárga Tagozat (P11mm), továbbá az e feletti alsópannon és felsőpannon tárolók (PI hkő). A 3. ábra az említett tároló-csoportokhoz tartozó metán szénizotóparányának és C2+ tartalmának medián-értékeit szemlélteti. (Az etán és az ennél nagyobb szénatomszámú gáz-komponenseknek az összes szénhidrogénre vonatkoztatott aránya, a C2+ érték összefügg a gázok metánjának bakteriális illetve termogén eredetével, mert a bakteriális folyamatok során már az etán is csak nyomokban képződik.) Látható, hogy az alsó- és felső-pannon homokkő tárolók (PI hkő) metánja bakteriális eredetűt is tartalmaz, és a C2+ tartalom alacsony. Említésre méltó, hogy az 500-1100 m mélység-intervallumba eső, főleg felsőpannon tárolókban lévő metán szénizotóparánya – 60 és ennél nagyobb negatív érték, továbbá a C2+ tartalom igen kicsiny, 0,0-0,5% intervallumú. Ezeknek a gázoknak a metánja kizárólag bakteriális eredetűből áll. A bakteriális eredetű metánt tartalmazó pannon homokkővek gázkészlete jelentős, a terület megismert szénhidrogén-készletének 29 százalékát teszi ki. A Tótkomlói Mészmárga Tagozat (P11mm) és az aljzati tárolók metánja

termogén eredetű, és C2+ tartalmuk is jóval nagyobb. A gázok széndioxid-tartalma a pannon homokkővekben és a Tótkomlói Mészmárga Tagozatban kicsi, a 10%-ot sem éri el, az aljzati tárolókban viszont nagy, 60% körüli (4. ábra). Ez arra enged következtetni, hogy az aljzati tárolók migrációs kapcsolatban vannak az aljzattól származó széndioxiddal, amely szervesetlen eredetű, a karbonátos kőzetek regionális metamorfózisának terméke [11].



3. ábra: A metán szénizotóp aránya és a termogén rész (C2+%)



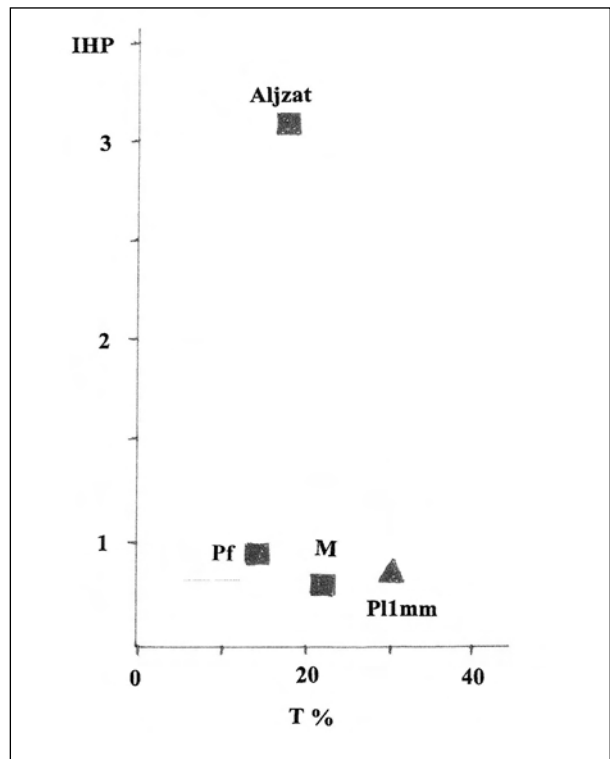
4. ábra: A metán szénizotóparánya és a széndioxid-tartalom

## Az olaj-előfordulások termikus érettsége

A termikus érettség ismerete azért fontos, mert segítségével megbecsülhető, hogy a migrációs tápterület milyen mélységig terjedhetett, továbbá van-e lényeges különbség az olaj-előfordulások termikus érettségében, végül összhangban van-e az olaj könnyű és nehéz részének érettsége.

Az olajok könnyű részének érettségére az izoheptán (IHP) index jellemző. Az izoheptán index a 7 szénatomszámú (C7) izoalkánok és cikloalkánok aránya. (Az izoalkánok az egyenes, elágazatlan szénláncú normál alkánoktól eltérően elágazó szénláncú rendező szénhidrogének. A cikloalkánok pedig gyűrűs telített szénhidrogének, amelyek például a benzoltól eltérően kettős kötést nem tartalmaznak.) Az IHP index az érettség növekedésével nő. Thompson [12] a következő érettség-fokozatokat nevezte meg, ahol az IHP index 0,8 alatti (éretlen), 0,8 – 1,2 közötti (alacsony érettségű), 1,2 – 2,0 közötti (érett) és 2,0 feletti (igen érett). Az olajok nehéz részének érettségét a „T” jelű paraméter jellemzi, amely a biomarker elemzések eredményeiből számítható, és a triaromás szteroidok hőbomlásával függ össze. A „T” adat az alacsonyabb szénatomszámú (C20, C21) triaromás szteroidok arányát (%) jelenti az összes triaromás szteroidra vonatkoztatva. A „T” adatok 0–100% intervallumban változnak, a nagyobb százalékos értékek a termikusan érettebb nehéz részre utalnak.

Az 5. ábra négy tároló-csoport összetartozó IHP és T medián-értékeit szemlélteti. A négy tároló-csoport a következő: aljzat, miocén (M) tárolók, az alsópannon Tótkomlói Mészmárga Tagozat (P11mm), a Pusztaföldvár területéhez tartozó, szintén alsópannon Szolnoki Homokkő Formáció (Pf). Látható, hogy mindegyik tároló-csoportban az olajok nehéz része alacsony termikus érettségű: a „T” paraméter legfeljebb 30%. A könnyű rész érettségére jellemző IHP index alacsony érettséget jelez a miocénben (M), a Tótkomlói Mészmárga Tagozatban (P11mm) és a Pf jelű tárolóképződményben. Ezeknél a nehéz és könnyű rész érettsége megfelel egymásnak, és egyöntetűen alacsony érettséget mutatnak, ami a migrációs tápterület erősen korlátozott voltára, közel autochton helyzetre utalnak. Az aljzati tárolókban az alacsony érettségű nehéz részhez igen érett könnyű rész társul. Ez esetben a migrációs tápterület nagy, és nagyobb mélységek felé is kiterjedő. Algyóhöz hasonlóan itt is feltételezhető, hogy a migráció két lépcsőben mehetett végbe: először az alacsony érettségű könnyű és nehéz résszel rendelkező olaj halmozódhatott fel a közvetlen környezet anyagcsoportjai által létrehozott szénhidrogénekből. Ezt később a túlnyomás által felrepesztett érettebb anyagcsoportok könnyű szénhidrogénekben dúsabb, magasabb érettségű fluidumai követhették [7]. Egyedül a Tótkomlói Mészmárga Tagozat (P11mm) szénhidrogénjei alsópannon eredetűek, az aljzati, miocén (M) és a Pf jelű tárolók szénhidrogénjei középső miocén anyagcsoportokból származnak.

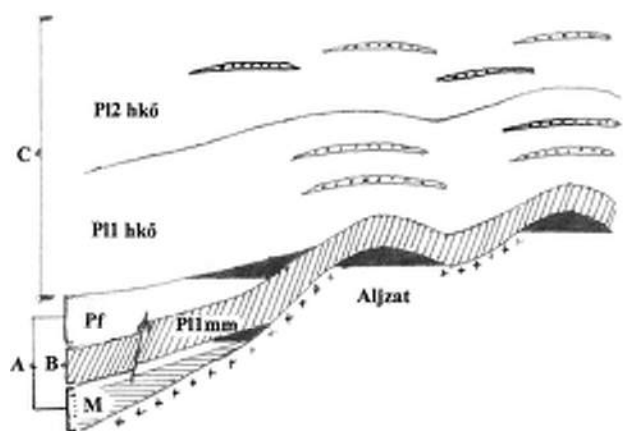


5. ábra: Olajok könnyű és nehéz részének érettsége

## Szénhidrogén-rendszerek

Az olaj-anyaközvet korreláció eredményei, a gáz-előfordulások eredete és az olaj-előfordulások termikus érettsége alapján a következő három, A, B és C jellel ellátott szénhidrogén-rendszer jelenléte vázolható a Battonya-Pusztaföldvár gerincen és annak környezetében (6. ábra):

– Az „A” rendszer olaj-előfordulásai középső miocén eredetűek. Tárolóik a következők: aljzat, miocén (M), alsópannon turbidit-homokkő (Pf). Ennek megfelelően ezen szénhidrogén-rendszernek a jelölése: *középső miocén – aljzat, miocén, alsópannon (!)*. A 2 km-nél kisebb mélységben lévő aljzati tárolókban van a megismert olajkészletek döntő többsége. A telepek feltöltődése két lépcsőben mehetett végbe. Ez esetben a migrációs tápterület elég nagy lehetett, és az elmélyülés irányában messze



6. ábra: Szénhidrogén-rendszerek

terjedhetett. A miocén tárolók már olyan helyzetben is tartalmaznak kevés olajat, ahol az aljzat mélysége a 2 km-t meghaladja. Pusztaföldvár kiemelkedő alsópannon turbidit homokkő-tárolója (Pf) csak úgy tartalmazhat középső miocén eredetű olajat, ha vetőt tételezünk fel. A vető teremthetett migrációs kapcsolatot a Tótkomlói Mészmárga Tagozaton keresztül a középső miocén anyaközetekkel. Sokkal egyszerűbb lett volna a migrációs út, ha a turbidit homokkő-tárolóba a fekjét képező Tótkomlói Mészmárga Tagozat által létrehozott olaj kerülhetett volna. Olaj-anyaközet korreláció hiányában ezt tételeztük fel korábban [8]. A turbidit homokkő-tároló gáza alacsony széndioxid tartalmú: nincs migrációs kapcsolatban az aljzattal, ahol a gázok nagy széndioxid tartalommal rendelkeznek. Indokoltan feltételezhető tehát, hogy a turbidit-tároló olaja a középső miocén anyaközettest aljzattal nem érintkező felső részéből származik.

– A „B” rendszer olajai a Tótkomlói Mészmárga Tagozathoz köthetők, így alsópannon eredetűek. Indokoltan feltételezhető, hogy a Tótkomlói Mészmárga Tagozat nemcsak anyaközet, hanem – repedezettsége okán – egyúttal tároló is. Ezért ez esetben az anyaközetből kiinduló migráció erősen korlátozott lehetett, autochton helyzet állhatott elő. A szénhidrogén-rendszer jelölése ennek megfelelően: *Tótkomlói Mészmárga Tagozat – Tótkomlói Mészmárga Tagozat (!)*. Jelentős, hagyományos módon kitermelhető készleteket ezek az olajok nem képeztek, a mészmárgában lévő olaj (shale oil) kinyerése a nem-hagyományos szénhidrogén előfordulásoknál alkalmazható módszerekkel tűnik sikerre vezetőnek.

– A „C” rendszer csak gázokból áll, amelyeknek metánjában bakteriális eredetű is van illetve a metán egésze bakteriális eredetű. Tárolóik alsó- és felső-pannonok, térbelileg sok esetben minden irányban korlátozottak, lencseszerű képződmények. A szénhidrogén-rendszer előírt jelölése itt nem alkalmazható, hiszen a hagyományos értelemben anyaközet nincs. A metán-termelő mikrobák a pórusok vízében oldott állapotban lévő széntartalmú vegyületeket (hidrogén-karbonátot, széndioxidot, acetátot) alakítanak át metánná anyagcseréjük során. Ezeknek az indokoknak a figyelembevételével ennek a szénhidrogén-rendszernek a megnevezése: *bakteriális (biogén) gázrendszer*. A bakteriális gázrendszer kialakulására nézve elképzelésem szerint két lehetőség van, illetve azok kombinációi állhatnak elő. Az egyik lehetőség szerint a bakteriális metánt tartalmazó gáz-telepek ott alakultak ki, ahol a medence valamikor mélyebben volt, és később kiemelkedett. Ebből adódóan feltételezhető, hogy a mikrobák által termelt metán koncentrációja a vízben a kiemelkedést megelőzően nem lehetett túl nagy. A szabad gázfázis akkor alakulhatott ki, amikor a kiemelkedés során bekövetkező nyomás-csökkenés miatt a pórusok víze metánra nézve telítetté vált. A Tótkomlói Mészmárga Tagozat szerves anyagának érettsége Battonya K területen 970 m mélységben azonos a gerinc-vonulat peremén 2400 m mélységben mérttel. Ez a tény arra utal, hogy a Battonya K terület helyzetében a medence kiemelkedése (inverzió-

ja) igen jelentős, akár 1000 méternél nagyobb lehetett. Továbbá, szeizmikus és tektonikai értelmezések alapján a kiemelkedés mértéke a Battonya-Pusztaföldvár gerinc tető-részen 1500-1600 méterre becsült volt.[13] A másik lehetőség abban rejlik, hogy a bakteriális eredetű metán vízben oldott állapotban vertikális migrációra képes, még a peliteken keresztül is. A vertikális migráció során a mélyebbről migráló metán elegyedik a sekélyebben fekvő képződményekben képződöttel, így megnöveli az azokban lévő víz metán-tartalmát. A vertikális migráció addig folytatódik, amíg a vízben oldott metán-tartalom el nem éri az adott viszonyoknak megfelelő, metánra vonatkozó vízben való oldhatóságot. Ekkor gázfázis keletkezik, és a kétfázisú rendszer (víz+gáz) már nem képes a peliteken átszivárogni: megindul a telepkepződés.

## Irodalom

- [1] Dow, W. G. (1972): Application of oil correlation and source rock data to exploration in Williston basin (abs.), AAPG Bulletin, v. 56, p. 615
- [2] Dow, W. G. (1974): Application of oil correlation and source rock data to exploration in Williston basin, AAPG Bulletin, v. 58, n. 7, p. 1253-1262
- [3] Perrodon, A. (1980): Géodynamique pétrolière. Genèse et séparation des gisements d'hydrocarbures, Paris, Masson-Elf Aquitaine, 381 p.
- [4] Magoon, L.B., Dow, W. G. (1994): The Petroleum System – from Source to Trap, AAPG Memoir 60
- [5] Koncz, I. (2016): A nagylengyeli nehézőlaj triász eredetének bizonyítékai, BKL Bányászat – Kőolaj és Földgáz, 149. évf., 5-6 szám, p. 2-5
- [6] Koncz, I. (2017): Budafa és Lovászi mezők olajának származása, Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat – Kőolaj és Földgáz, 150. évf., 5. szám, p. 6-9
- [7] Koncz, I. (2018) : Az Algyő-telepek szénhidrogénjeinek eredete és migrációs modellje, Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat – Kőolaj és Földgáz. 151. évf., 5-6. sz., p. 17-23
- [8] Clayton, J. L., Koncz, I., Spencer, C. W. (1994): Tótkomlós-Szolnok (.) Petroleum System of Southeastern Hungary, In: Magoon, L.B., Dow, W.G. (eds.) The Petroleum System – from Source to Trap, AAPG Memoir 60, p. 587-598
- [9] Koncz et al. (2010): Az alsópannon és középső miocén anyaközetek organikus fáciése a Dráva-medence északi szárnyán, Medencefejlődés és geológiai erőforrások: víz, szénhidrogén, geotermikus energia; a Magyarhoni Földtani Társulat vándorgyűlése, Szeged, GeoLitera, p. 121-122
- [10] Schoell, M. (1980): The hydrogen and carbon isotope composition of methane from natural gases of various origins, Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 44, p. 649-661
- [11] Koncz, I. (1983): The stable isotope composition of the hydrocarbon and carbon dioxide components of Hungarian natural gases, Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged, XXVI/1, p. 33-49

- [12] *Thompson, K. F. M.* (1983): Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbons, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, p. 303-316
- [13] *Horváth, F., Györfi, I.* (1995): A recens kiemelkedés meghatározása. (MOL Nyrt. számára készült tanulmány)
- [14] *Tatár Andrásné* (1999a): Zárójelentés a 7. Battonya-

pusztaföldvári gerinc DNY-i szárnya területén végzett szénhidrogénkutatási tevékenységről, I-II, MOL Nyrt., Szolnok

- [15] *Tatár Andrásné* (1999b): Zárójelentés a 4. Battonya-pusztaföldvári gerinc K-i szárny területén végzett szénhidrogénkutatási tevékenységről, I-II, MOL Nyrt., Szolnok

**DR. KONCZ ISTVÁN** a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán diplomázott 1963-ban. A Magyar Tudományos Akadémiától kandidátusi fokozatot kapott 1984-ben. Az OGKT és jogutódja, a MOL Nyrt. nagykiszalai laboratóriumában dolgozott a 2001-ben bekövetkezett nyugdíjazásáig. Kutatási területe a szénhidrogének szerves geokémiája, amellyel a MOL Nyrt. megbízásából független szakértőként jelenleg is foglalkozik.

#### Magyar Nyersanyag Ipar 4.0 A miskolci innováció élen a robotizációban

Miközben hasztalan várunk arra, hogy a beharangozott hazai energiastratégiák és szakmapolitikai elképzelések elérkezzenek a megvalósítás küszöbére, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara teljes gőzzel folytatja felkészülését a nyersanyagforrások előteremtésének 4.0, sőt 5.0 szakaszára. A hazai pályák még használhatatlanok, a felkészülés jelentős részben külföldön folyik. Például az UNEXMIN projektben (<http://unexmin.eu>).

Talán utópisztikusnak tűnik, de miskolci kutatók élen járnak a kontinens ásványi nyersanyagaihoz kapcsolható technológiai fejlesztések területén. Ilyen például ennek az idén záruló projektnek a koordinálása, amelyben számos ország (Finnország, Egyesült Királyság, Portugália, Szlovénia, Spanyolország) és európai szervezet (EFG) közösen dolgozik a kontinens nehezen elérhető ásványi nyersanyagainak majdani termelésbe vonásáért. A felhagyott bányahelyek jelentős része ugyanis víz alatt van. Ezekben az esetekben nem a költséges és időrabló, környezetterhelő víztelenítés, hanem egy víz alá merülő adatgyűjtő lehet a kézenfekvő modern megoldás. A veszélyessége miatt emberek küldése ezekben az elárasztott térségekbe szóba sem jöhet, a feladat megoldására robotok viszont képesek lehetnek.

Az egyik fejlesztési cél lett ezért olyan víz alatt is üzemképes intelligens robotok fejlesztése, amellyel elárasztott földalatti térségek állapotáról, falain található kőzet, ércek kémiai összetételéről és fizikai tulajdonságairól információ nyerhető. Ez a robot a fejlesztő munka első szakaszában már megszületett, túl van a létrehozás nehézségein, megtanult merülni, tájékozódni, és most tanoncidejét tölti egyre valószínűsőbb körülmények között. Neve is van: UX-1A.

Az úszótest kialakításában a tengeralatti bányászati fejlesztésekben gyakorlott portugálok, a bányászati adaptációban a finn kutatók, a mélységi bányahelyek biztosításában angolai, szlovén, finn és portugál szervezetek vettek részt. A magyarok a szakmai elektronika kiépítésének feladatait felelősek, illetve a teljes projekt irányítását végzik.

Ez az innováció a szakmaköziség minden szépségét és problémáját felvonultatja. Szoftverfejlesztők szívesen dolgoznak ilyen feladatokon, no de gumicsizmában, fejlámpával? Mérnökök terveznek víz alatt mozgó szerkezeteket, no de ismeretlen akadályokkal teli, félig beomlott bányatérse-

gekre hogyan készüljenek fel? Hogyan reptessenek finnországi kutatókat Portugáliába magyar közbeszerzési szabályok mellett? Néhány csupán az azokból a nehézségekből, amelyekre választ kell találniuk. Közben ketyeg a projekt órája, ha lejár, a finanszírozásnak is vége. Ezért küzd néha álmatlansággal *dr. Zajzon Norbert* geológus, egyetemi docens, a projekt koordinátora, megvalósításért felelős vezetője.

Az immár két példányban létező prototípus robot eközben a nehézségek dacára zavartalanul készül, s számos próbamerülésen már sikeresen túl van. Merült először úszómedencében, majd a finn Kaatiala földpát-pegmatit bányában, a szlovéniai Idrijában egykori higanytermelő helyen, a portugál Urgeirica uránium bánya elárasztott föld alatti térségeiben. Jelenleg a kétszáz éve vízzel elárasztott angolai Ecton rézbányában folynak a terepi tesztmerülések. Az utolsó merülésekre a projekt keretén belül pedig a Budapest belvárosa alatt található Molnár János-barlangban kerül sor a nyár során. Akaratlanul is szimbolizálja ez az innováció a kontinens méretű összefogásban rejlő, mással nem pótolható plusz erőt és lehetőséget.



A projekten keresztül mi, mélyszinti bányákra vágyakozó magyar bányászok és geológusok egyre többször kerülünk a kontinens, sőt a világ hírcsatornáinak címlapjára, akárcsak most, amikor más veretes fejlesztésekkel a német Freibergi Műszaki Egyetem és az amerikai Colorado School of Mines szintén fejlesztés alatt álló robotjaival egy sorban szerepel az UX-1 (<https://eos.org/features/underground-robots-how-robotics-is-changing-the-mining-industry>). Akiket közelebbről is érdekel a robot, videókon is követhetik a fejlesztés egyes stádiumait, a <https://www.unexmin.eu/> weboldaltól indulva.

*Dr. Zajzon Norbert*