

Magyar Földtudományi Szakemberek XII. Találkozója – CIKKGYŰJTEMÉNY

HUNGEO 2014

**MAGYAR FELFEDEZŐK ÉS KUTATÓK
A TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK HASZNOSÍTÁSÁÉRT**



SZÉCHENYI TERV



HUNGEO 2014

MAGYAR FÖLDTUDOMÁNYI SZAKEMBEREK XII. TALÁLKOZÓJA

MAGYAR FELFEDEZŐK ÉS KUTATÓK A TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK HASZNOSÍTÁSÁÉRT

2014. augusztus 20–24.
Debrecen

CIKKGYŰJTEMÉNY

Szerkesztette:

Cserny Tibor

Kovács-Pálffy Péter

Krivánné Horváth Ágnes

ISBN 978-963-8221-53-7

Fő támogató:



A borítón a Debreceni Egyetem főépülete látható (fotó: Cserny Tibor)

Budapest
2014.

Novák Tibor József, Csámer Árpád, Incze József, Papp István: Szekunder karbonátok felhalmozódásának genetikája talajképződéssel érintett rétegekben a tokaji Nagy-hegyen – <i>Origin of secondary carbonate accumulations in pedogenic altered strata on Tokaj Nagy Hill</i>	259
Jobbik Anita, Székely Szabó Tamás: A tight- és shale gáz tárolók fluidumtranszportját befolyásoló főbb tényezők – <i>Most important factors of fluidtransport in tight and shale gas reservoirs</i>	263
Horváth Judit, Fedor Ferenc, Geiger János: Szemcseméret analízis és a szivárgási tényező becslési lehetőségeinek vizsgálata a debreceni Bánk-2 fúrás alapján – <i>Grain size analysis and examination of the potential for estimating the hydraulic conductivity of Bánk-2 core samples</i>	267

POSZTER ELŐADÁSOK

Meteorológia

Lelovics Enikő, Gál Tamás, Unger János: A városi beépítettség felszínközeli légrétegre gyakorolt hatásának elemzése Szeged térségében – <i>Analysis of the effect of urban built-in characteristics on near-surface air layer in the region of Szeged</i>	271
---	-----

Kartográfia, térinformatika

Skita Diána: Háromdimenziós földtani modell készítése rockworks környezetben: esettanulmány a tokjai Nagy-hegy példáján – <i>3D Geological Model of the Nagy Hill (Tokaj) in RockWorks: a case study</i>	276
--	-----

Oktatás

Buránszkiné Sallai Márta: Időjárási ismeretek oktatása konstruktivista pedagógiai szemléletben – <i>Education of weather in constructivist pedagogical approach</i>	280
Hágen András: Földtani karikatúrák a tanteremben – <i>Geological caricatures in the classroom</i>	284
Mika János: Energiatudatosságra nevelés az EKF Földrajz Tanszék kiadványaiban – <i>Education for energy-cautiousness in publications by EKF Geography Department</i>	288

Geológia

Hágen András: Asztrofizikával a földtörténeti nagy kihalások nyomában – <i>Following up great extincts of geology with astrophysics</i>	293
Sámson Margit: A Bodai Agyagkő Formáció „felfedezése” – <i>„Exploration” of the Boda Claystone Formation</i>	297

A TIGHT- ÉS SHALE GÁZ TÁROLÓK FLUIDUMTRANSPORTJÁT BEFOLYÁSOLÓ FŐBB TÉNYEZŐK

MOST IMPORTANT FACTORS OF FLUIDTRANSPORT IN TIGHT AND SHALE GAS RESERVOIRS

Jobbik Anita¹, Székely Szabó Tamás²

¹MFGI, ME, AFKI, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, jobbik.anita@mfgi.hu

²MOL KT

Abstract

In case of shale gas and tight gas reservoir characterization it is evitable to calibrate open hole log's the derived values as water and gas saturation (S_w, S_g) and permeability(kh) by using experimental rock properties measurements to obtain reliable values for OGIP calculation. The knowledge of the behavior of the fluid system in tight formation has high importance especially capillarity and relative permeability concerning the movability of the fluid at given pore throat and wettability condition.

Keywords: openhole log calibration, capillary forces and hysteresis, wettability, "permeability jail"

Kulcsszavak: tömött tárolók tapadó víz és gáz telítettsége, kapilláris viselkedés, víz-gáz rendszerek mozgóképessége

Bevezetés

A nem-hagyományostömött homokkő és márgagáz tárolók bizonyos litológiai egységei esetén elmondható, hogy önmagában a lyukgeofizikai szelvények értelmezéséből származtatott és kalibrált porozitás ismerete, nem elégséges a permeabilitás és a földtani vagyonebecslés szempontjából kiemelten fontos tapadóvíz és egyéb telítettségi (S_w víz és S_g gáz) értékek meghatározására. Rendkívül fontos tehát a lyukgeofizikai mérésekből származó tároló-paraméterek kalibrálása, a vízmintavételezésből és a laboratóriumi kőzetfizikai vizsgálatokból származó mért értékekkel.

Ezen tárolók esetén a földtani vagyone meghatározásánál rendkívül fontos a kőzet pórustereinek és a pórusteret kitöltő fluidum rendszer viselkedésének ismerete. Ezen paraméterek közül különös jelentőséggel bírnak a kapilláris nyomás és a relatív permeabilitás, melyek alapvető információt adnak a víz-gáz rendszerben a gáz mozgóképességéről.

Az 'unconventional' - nem-hagyományos - jelző, nemcsak a tároló formáció jelölésére szolgál, hanem jellemzi a nem-hagyományos szénhidrogén előfordulások feltárásának, kutatásának, rétegvizsgálatának és majdani termelésbe állításának megközelítési módját is.

Unconventional tárolónak azt a rezervoárt kategorizáljuk, amely rétegrepszítés nélkül nem vizsgálható, tárolóparaméterek vonatkozásában nem jellemezhető (nem határozható meg ipari készlet) és nem állítható gazdaságos termelésbe.

Klasszikus értelemben a hidraulikus rétegrepszítés egy hozamnövelő eljárás (rétegserkentés, stimuláció), amellyel a már jól megismert (termelés alatt álló) és jól modellezhető tárolóban hozamnövelést - intenzívebb termelést - néha magasabb kihatalt lehet elérni.

Unconventional (pl. BCGA és Tightgas rendszerek) esetben a hidraulikus repesztés a kútépítési folyamat része, amikor a fúrást követő repesztés után kerül sor a kút kiképezésére és csak ezt követően állítható termelésbe (repesztés nélkül még rétegvizsgálatot sem lehet végezni) majd a termelési adatok alapján van lehetőség a termeltethetőség megítélésére és előrejelezhetőségére ill. az ipari vagyone vonatkozó becslések elvégzésére.

Tárolótulajdonságok

A porozitás számértéke a földtani képződmények tárolókapacitásáról ad információt. Értékét tizedes törtben, vagy 100%-osan szokás megadni. A nem egyforma szemnagyságú ásványi szemcsékből álló kőzetek porozitása a szemnagyság-eloszlástól függ. Változatos szemnagyság mellett a kisebb szemek a nagyobbak által kialakított pórusok közét kitöltik, ilyenkor csökken a porozitás. Az alacsony porozitás érték semmiképpen sem előnyös tárolótulajdonság. A tárolóra (vagy formációra) jellemző porozitás értéke alapján véve határozza meg azt a térfogatot a kőzettömegben, melyet fluidumok (folyadékok és gázok) tölthetnek ki, nevezhető szénhidrogén tároló kapacitásnak is.

Permeabilitás, vagy áteresztőképesség. A tárolókőzetek folyadékvezető-képessége annak az ellenállásnak a reciprok értékét jelenti, melyet a porózus közeg a folyadékáramlással szemben tanúsít.

Porózus kőzetek telítettsége. A porózus anyag pórustérfogata részben folyadékkal, részben levegővel vagy valamilyen más gázzal van kitöltve. Előfordulhat az is, hogy a pórustérfogatot két nem elegyedő folyadék

együttesen tölti ki. E két eset bármelyikénél, vagy a pórustérfogatot megtöltő három nem elegyedő folyadék esetében a kérdés az, hogy az egyes folyadékok a pórustérfogatot milyen nagy részét töltik ki. Meg kell jegyeznünk, hogy a telítettség tömegtulajdonság, mely független az anyag porózus szerkezetbeli relatív folyadék-eloszlásától. A telítettség dimenzió nélküli mennyiség.

Porózus rendszerekben fellépő *felületi és kapilláris erők*, nedvesítés. A szénhidrogén rendszerek esetén nemcsak a gáz és a folyadék közötti határfelületet kell tekintetbe vennünk, hanem azokat az erőket is, melyek a két nem elegyedő folyadékfázis, valamint a folyadékok és a szilárd anyagok közötti határfelületen működnek. A porózus közeg nedvesíthetőségét és a kapilláris nyomás nagyságát az összes aktív felületi erők határozzák meg.

Nedvesítés. Az adhéziós feszültség, amely a határfelületi feszültség függvénye, meghatározza, hogy melyik folyadék nedvesíti jobban a szilárd anyagot.

Tapadóvíz telítettség. Valamennyi kapilláris nyomástelítettség-görbe jellemzően nagy meredekséget mutat a nedvesítő folyadéktelítettség bizonyos kis értékeinél. A lecsapolási irányban felvett kapilláris nyomásgörbe azt mutatja, hogy rendkívül nagy nyomások szükségesek a nedvesítő folyadéktelítettség parányi csökkenésének létrehozásához egy bizonyos határtelítettség megközelítésekor. Ezt a határtelítettséget nevezzük lecsökkenthetetlen vagy tapadóvíz telítettségnek.

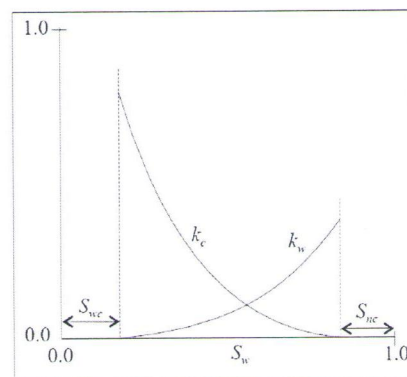
Fontos megjegyezni, hogy az abszolút porozitás az összes pórusteret jelenti beleértve a pórusfolyadék mozgásképtelen részét is vagyis a tapadóvizet. Az effektív porozitás a pórustér azon térfogatrészenek viszonya a teljes köztér-fogathoz, mely csak az egymással összeköttetésben lévő, a folyadékok szabad áramlását biztosító pórusteret a kapilláris erők által kötött folyadékterét tartalmazza. Mindkét térfogat magában foglalja viszont az ún. adszorpciósan kötött vizet, mely lyukgeofizikai módszerekkel meghatározható és semmilyen körülmények között nem mozgékony.

Az *effektív és relatív áteresztőképesség* fogalmának bevezetése abból a felismerésből ered, hogy az egymással nem elegyedő folyadékok (olaj-víz, gáz-víz) porózus közegbeli áramlása egymástól független. Az adott fázisra vonatkozóan az áteresztőképességet az határozza meg, hogy a pórusokat a kérdéses folyadék hány százalékban foglalja el, vagyis a fázisra vonatkozó telítettségtől függ.

Az 1. ábrára egypár relatív permeabilitás görbét rajzoltunk fel. A porózustérben két féle folyadék található egyik nedvesíti a másikat a kőzetet. A vízszintes tengelyen, a víz mint nedvesítő folyadék telítettsége, a függőlegesen a relatív permeabilitás (k_c : nem nedvesítő fluidum, k_w : nedvesítő fluidum, jelen esetben víz) értékek láthatóak. A gyakorlatban minden tárolókőzetnek egyedi, így más relatív permeabilitás görbéje van. Mivel tapadóvíz minden esetben jelen van a rendszerben, a kőzet és a folyadék fizikai tulajdonságai befolyásolják a görbék alakját és elhelyezkedését. Olaj és gázrendszerekben a tapadóvíz tartalom növekedésével a görbe jobbra tolódik.

1. ábra. Relatív permeabilitás

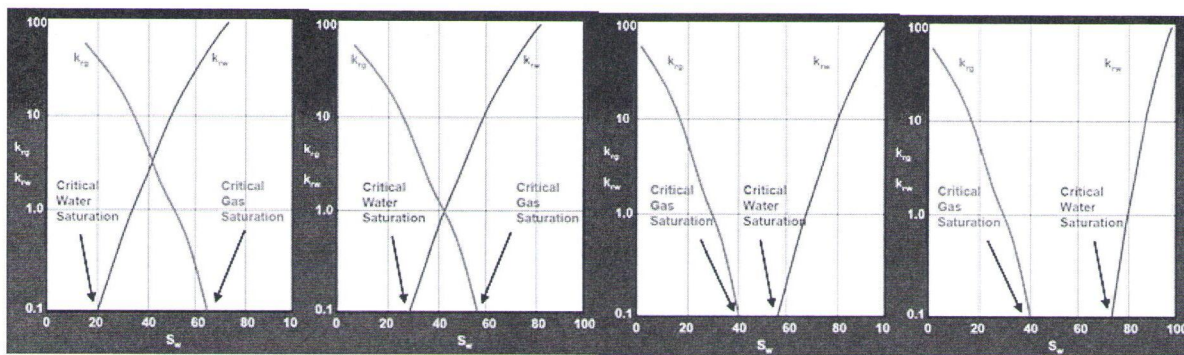
Figure 1. Relative permeability



Hagyományostól eltérő tárolók tulajdonságai

A "Permeability jail", az alacsony áteresztőképességű kőzetnek, az a telítettségi tartománya, ahol mind a gáz, mind a víz relatív áteresztőképessége olyan alacsony, hogy gyakorlatilag egyik fázis sem képes áramolni. Fontos hangsúlyozni, hogy a telítettségi viszonyok mind térben, mind időben, változnak a tárolóban a termelés során. Kitüntetett szerepe van, különösen a tömött homokövek és BCGA rendszerek esetén az ún. kezdeti víztelítettségnek, mely a tároló eredeti érintetlen, feltáráskori telítettség viszonyait jelenti.

További meghatározó szerepe van a tapadóvíz telítettségek, amely azt jelenti, hogy abban a tartományban a víz nem mozdítható meg, bármekkora termelési depressziót (nyomáskülönbséget) hozunk is létre a rezervoár (tároló) és a kút között. Összefoglalva tehát, a kőzetfizikai paraméterek meghatározzák a lehető legmagasabb gáztelítettség értékét, amelynek megléte nem szükségszerű, vagyis kevesebb lehet. A tapadóvíz telítettség százalékos értéke meghatározza azt a tartományt, amelyen kívül a relatív permeabilitás görbék elhelyezkedhetnek. Az alábbi ábraszorozat (2. ábra) azt mutatja be, hogy a tárolókőzet egyre rosszabbá váló áteresztőképessége (balról jobbra haladva) hogyan "nyitja szét" a relatív permeabilitás görbéket.

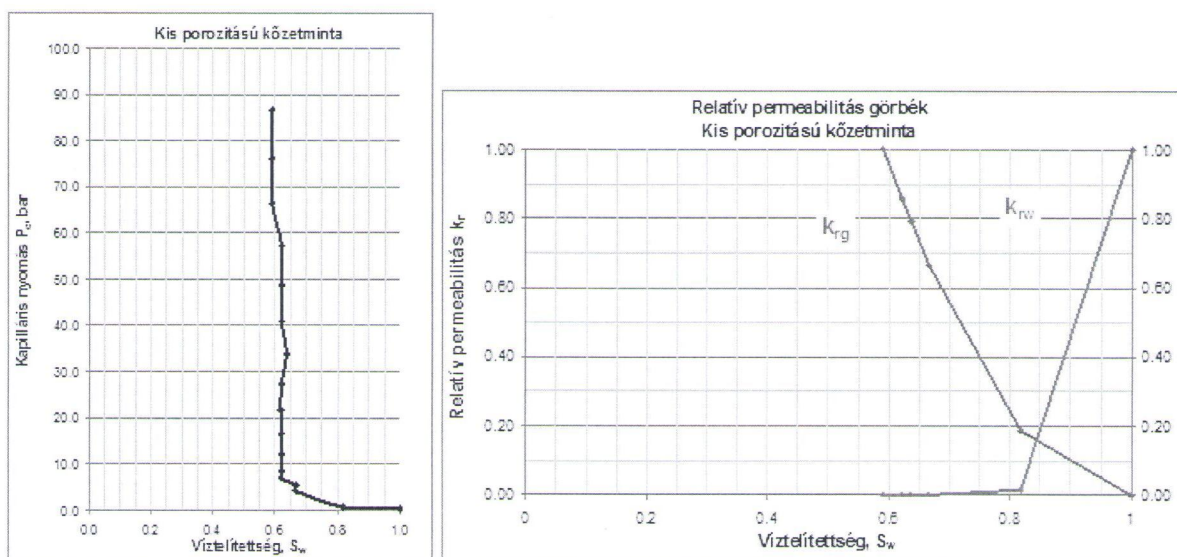


2. ábra...Permeability jail

Figure 2...Permeability jail

A nem-hagyományos CH kutatáshoz kapcsolódó közetfizikai laboratóriumi eszközök hozzáférése és rétegtörvényeket közelítő állapotban történő mérések kivitelezése erősen korlátozott. Speciális eszközöket, körülményeket és felkészültséget igénylő mérésekről lévén szó mindez az árakban is megjelenik. Fontos hangsúlyozni továbbá, hogy egyetlen magminta komplex leírásához, több mérési eredmény együttes ismerete szükséges.

A nem-hagyományos CH rezervoárok tároló kőzetei alacsony porozitással és alacsony vagy rendkívül alacsony permeabilitással rendelkeznek. A mérési program céljában meghatározott információk megszerzése érdekében a mérési programnak szükséges minimuma van: a minta előkészítését követően, porozitás mérés, permeabilitás mérés majd a kapillaris nyomás mérése. A porozitás mérésére alapvetően két módszert használnak a héliummal és higannyal történő méréseket. A kis porozitású kőzetminta kapillaris nyomás mérési eredményeit felhasználva az ún. Brooks-Corey-féle módszer alkalmazásával meghatározható a vizsgált kőzetminták (pl. tömött homokkövek) víz-gáz rendszerű relatív permeabilitás görbéi.



3. ábra. Kapillarisnyomás görbe és relatív áteresztőképességek (Pintér, 2012)

Figure 3. Capillary pressure curve and relative permeability (Pintér, 2012)

A 3. ábra egy kis porozitású és alacsony áteresztőképességű kőzetmagon végzett laboratóriumi (ún. centrifugálás mérés) eredményeit illetve az abból származó számított relatív permeabilitás értékeit mutatja, a víztelítettség függvényében. Mint látható a minta pórustere nagyon magas 60%-os nem mozgóképes vizet tartalmaz. Ez jelenti azt, hogy semmilyen körülmények között nem lehet a kőzet gáztartalma 40% feletti, illetve és ha a gázra vonatkozó relatív permeabilitás görbe lefutását nézzük, a gáz érdemben csak a 80%-os víztelítettség értékéig mozgóképes nagyobb víztelítettségű pórustér (tárolókőzet) esetén alig mozdítható meg.

Az ábra is alátámasztja azt a megállapítást, hogy a víztelítettség (S_w) aktuális értéke és a kőzetviszonyainak megfelelő mozgóképtelen víz (tapadóvíz) értéke alapvetően határozza meg az alacsony átteresztőképességű kőzetekben lévő gáz mobilizálhatóságát.

Összefoglalás

A tároló paraméterek eloszlása a tárolón belül soha nem homogén. Unconventional esetben azonban a paraméterek eloszlásának kismértékű megváltozása is jelentősen befolyásolja a termeltethetőséget. A kutatás, a termeltethetőség szempontjából kedvezőbb tulajdonságú térrészeket (sweetpots) keresi, melyek sok esetben egyetlen repesztett kúttal elérhető térrészre korlátozódnak, vagyis a kutakat bár hasonló, de egyedi rendszerként kell tekinteni és egyetlen sikeresen termelésbe állított kút még nem jelenti, hogy az egész tárolóra kiterjeszthetők az eredményei.

A BCGA rendszerek kőzeteinek kőzetmechanikai viselkedése, bizonyos mélység és nyomás tartományokban, nehezen jelezhető előre. Rendkívüli körülményt igénylő mérési program és modellezés szükséges a lehetséges plaszticitás előrejelzéséhez. A kőzet plaszticitás és az esetlegesen, a nyomásrendszer megváltozásából eredő ásványi átalakulások jelensége még technológiai értelemben sikeres repesztési művelet után is okozhatja a repedésrendszer 'visszazáródását', vagyis bizonyos ásványi összetételű és kőzetmechanikai tulajdonságú tárolók/képződmények technológiai szempontból repeszthetők, de a repedés fenntarthatósága és termeltethetőségük kérdéses.

A fentebb bemutatottak jelenségek alapján elmondható, hogy ilyen, igen alacsony porozitású és permeabilitású képződményekben csakis a 'fakadó felszín', vagyis a beáramlási felület növelésével, technológiailag a hidraulikus repesztés elvégzésével lehet érdemi gázbeáramlást elérni.

Irodalom

- Cluff, R. 2009 : Permeability Jail Revisited: What is it, and how did we ever get into it? SPWLA Spring Topical Conference on Petrophysical Evaluation of Unconventional Reservoirs Philadelphia.
- Keith, W. S. et al. 2004: Factors controlling prolific gas productions from low-permeability sandstone reservoirs, AAPG Bulletin, v. 88, No 8. pp 1083 - 1121
- Bódi T. 2008: A Makói árok kőzeteinek petrofizikai tulajdonságai a nem konvencionális szénhidrogén termelés tükrében, MTA Szerves Geokémiai Albizottság „Szénhidrogének a Makói árokban” Budapest.
- Pintér Á., Bódi T. 2012: Kapilláris nyomás és relatív permeabilitás meghatározása új típusú ultra kőzetcentrifugával, XIV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Arad, 2012. március 31-április 1.