

# Karbonátos tárolók karottázs-értelmezése

MARKÓ LÁSZLÓ

*A hasadékos karbonát-tárolók karottázs-értelmezésére a szakirodalomban több módszert ajánlanak csakis, mint a klasztikus tároló kőzetekre.*

*Általános érvényű módszer ilyen kőzetekre sem ajánlható, ezért a helyi adottságok figyelembevételével kell a problémát megközelíteni. A szerző olyan módszert mutat be, amely elsősorban szelvény-kombinációk segítségével mutatja ki a hasadékos zónákat és az olaj-víz határt. Felhasználja az elektrokémiai módszer adta lehetőségeket is az olajos zóna vastagságának megállapítására.*

*A dolgozat röviden foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy a digitális technika miképpen segítheti elő az ilyenfajta módszer könnyű és gyors alkalmazását és ezzel a szelvények hatékonyabb felhasználását az ilyen bonyolult felépítésű kőzetekben.*

*В литературе предложен ряд методов для трещиноватых карбонатных коллекторах так же, как при обыкновенных коллекторах.*

*Общий метод не может быть предложен, и проблемы должны решаться в каждом случае с учетом местных особенностей. В настоящем докладе автор описывает метод, при помощи которого трещиноватые зоны и НВК выделяются прежде всего по комбинации различных кривых. Кроме того, для определения мощности нефтеносной зоны используются возможности электрохимического метода.*

*Коротко рассматривается вопрос о том, каким образом цифровая техника может способствовать удобному и быстрому применению подобных методов и тем самым более эффективному использованию каротажных кривых при наличии коллекторов подобного сложного строения.*

*Zur Karottage-Interpretation von klüftigen Karbonat-Speichern sowie auch von klastischen Speichergesteinen werden in der Fachliteratur mehrere Methoden empfohlen. Eine allgemein gültige Methode kann auch für diese Gesteine nicht angegeben werden, man muss daher das Problem in Einzelfällen durch die Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse zu lösen suchen. Im Aufsatz wird eine Methode dargelegt, wobei die klüftigen Zonen und die Öl-Wasser-Grenze mit der Anwendung von Profil-Kombinationen bestimmt werden. Auch die Möglichkeiten der elektrochemischen Methode werden für die Bestimmung der Mächtigkeit der Ölzone benutzt.*

*Es wird auch die Frage kurz behandelt, wie eine leichte und schnelle Anwendung der Methode durch die digitale Technik, und somit die möglichst effektive Anwendung der Profile im Falle von Gesteinen von so verwickeltem Aufbau gefördert werden kann.*

A karbonátos olajtároló kőzetek fizikai jellemzőinek és rétegtartalmának karottázs-szelvények alapján való vizsgálata sokkal nehezebb, mint a klasztikus üledéké. Ennek oka az ilyen kőzetek összetettebb és szeszélyesebben változó hézag-struktúrájában van. E kőzetekre jellemző a kis elsődleges porozitás, amely miatt rendszerint csak akkor van ipari értékük, ha másodlagos porozitással is bírnak. Ezért, ha karbonátos tárolókról beszélünk, rendszerint mindig repedezett, üreges kőzetekre gondolunk, mivel ez a sajátosságuk teszi karottázs értelmezésüket is sajátossá és nehezebbé a homoktárolókéhoz képest. Ez elsőfokon abban nyilvánul meg, hogy a fajlagos ellenállás és a porozitás, valamint rétegtartalom közötti kapcsolat nem fejezhető ki a szokásos Archie formulákon alapuló összefüggésekkel, sőt bizonyos esetekben a hézag-struktúra hirtelen és szeszélyes változásai miatt semmilyen, gyakorlatban követhető, tehát következetesen érvényesülő összefüggés megállapítására nincs mód.

Az utóbbival nem a problémát akarom eltúlozni, csupán ki szeretném fejezni, hogy a karbonátok értelmezésére általános érvényű ún. „*univerzális módszert*” sokkal kisebb valószínűséggel lehet találni, mint a klasztikus tároló-

kőzetekre. Természetesen ez a jelen dolgozatban ismertetésre kerülő közelítő módszerre is áll.

Az általunk vizsgált tárolók mezozoos mészkövek és triász földolomitok, amelyek kristályos szövetűek és hasadékok (rések), valamint kisebb-nagyobb méretű oldási üregek jellemzők rájuk. A mátrix-porozitás, amely főleg dolomitossal függ össze, csak ritkán haladja meg az 5–6%-ot, de általában 1–3%. A másodlagos porozitás rendszerint csak néhány tizedszázalék, de néha néhány százalékot is elérhet.

A mátrix rendszerint olajat nem tartalmaz, csak a másodlagos hézagteret (üregek és hasadékok). Ebből következik, hogy a legfontosabb probléma a másodlagos porozitású szakaszok kimutatása, továbbá a hasadékok és egymással kapcsolatos üregek által képviselt hézagteret relatív nagyságának meghatározása. Az ilyen feladat megoldására a szakirodalomból többféle eszközt ismerünk, azonban ezekkel (mikroszeizmogramok, lyuktelevízió, stb.) nem rendelkezünk. Azonkívül ezek a műszerek csak kőzetrések és üregek kimutatására képesek, holott az általuk képviselt hézagteret nagysága és eloszlása is döntő. Végeredményben olyan „*térfogati módszerre*” van szükség, amely a másodlagos hézagteret nagyságát a kőzettérfogat vagy a teljes porozitás ( $\Phi_t$ ) százalékában adja meg. A neutron-latrolog kombináción alapuló következő módszer ilyen paraméterek megadására törekszik.

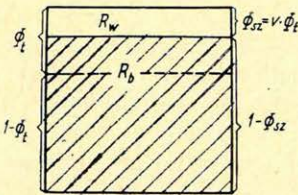
A kiinduló modellt az I. ábra mutatja.  $\Phi_{sz}$  a másodlagos hézagteret jelöli, amelyet  $R_m$  vagy  $R_w$  fajlagos ellenállású folyadék tölt ki, ha a kőzet víztároló.

A kőzet többi része ( $1 - \Phi_{sz}$ ), feltételezésünk szerint elsődleges porozitású blokkokból áll, melyek fajlagos ellenállása ( $R_b$ ) az elsődleges vagy mátrix-porozitás és pórusvíz  $R_w$  függvénye:

$$R_b = \frac{R_w}{\Phi^2} \quad (1)$$

Az ilyen másodlagos porozitású kőzet vezetőképessége, ha az víztároló:

$$\frac{1}{h_0} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (2)$$



Ha olajtároló:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} \cdot S_w + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (3)$$

A másodlagos porozitás a 2. egyenlet alapján, megengedhető elhanyagolás után

$$\Phi_{sz} = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{R_b - R_0}{R_b} = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{R_b} \quad (4)$$

A fenti összefüggés (4) alapján látjuk, hogy minél nagyobb a  $\Delta R$ , vagyis a kőzet fajlagos ( $R_0$ ) ellenállásának a blokk-ellenálláshoz ( $R_b$ ) viszonyított lecsökkenése, annál nagyobb a szekundér porozitás, illetve fordítva.

$$R_b = \frac{R_w}{\Phi^2} \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} S_w + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (3)$$

$$\Phi_{sz} = \frac{R_w}{R_0} \left( \frac{R_b - R_0}{R_b} \right) = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{R_b} \quad (4)$$

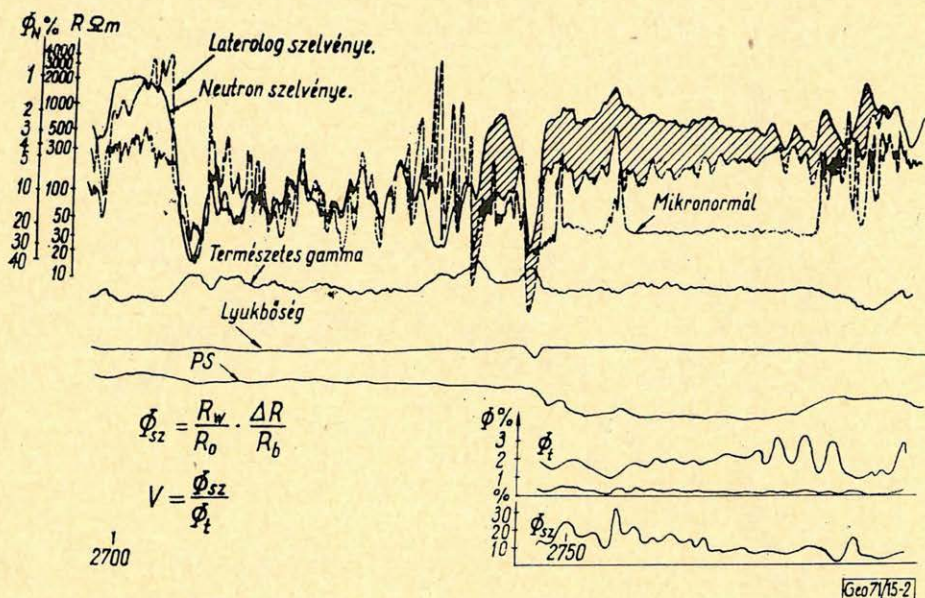
[667/751]

I. ábra

Fig. 1.

Fig. 1.

Például egy 3000 ohmm fajlagos ellenállású elsődleges porozitású kőzet fajlagos ellenállása negyedére csökken le, ha méterenként egy darab 1 mm tágasságú és 1 ohmm fajlagos ellenállású folyadékkal töltött kőzetrést hozunk létre benne. Egy ilyen hasadék viszont csak 0,1%-kal növeli a kőzet teljes porozitását, amely a neutron-szelvényen a márgához képest a kitérést tizedrészével sem csökkenti, vagyis a neutron-szelvényen észrevehetően változást okoz.

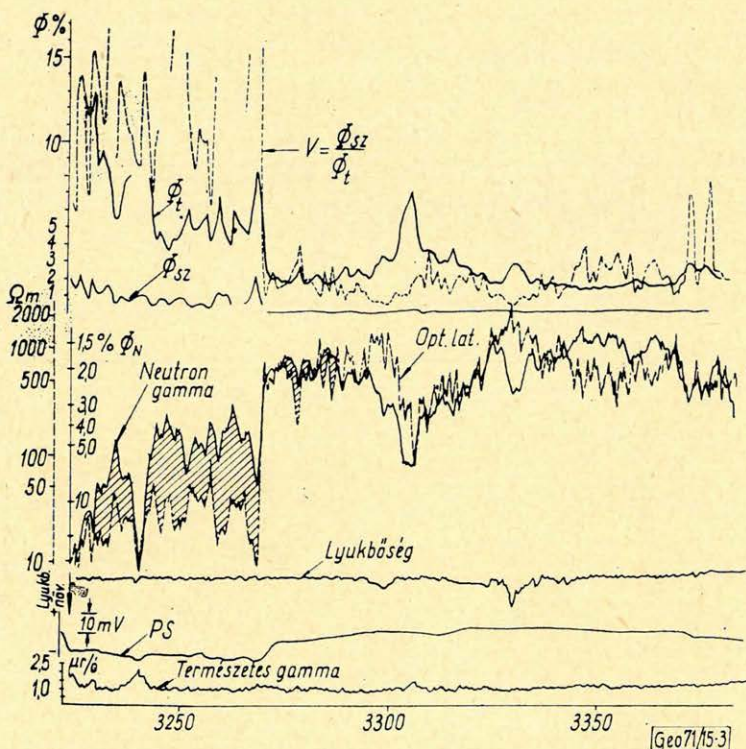


2. ábra  
 Физ. 2.  
 Fig. 2.

Ebből adódik az a gondolat, hogy a neutron- és a laterolog-szelvényt olyan szakaszon, illetve szakaszokon összeillesztjük, ahol feltételezzük, hogy csak mátrix-porozitás van, a másodlagos porozitású helyeken a laterolog a neutron görbékből csökkenő irányban elválik. Mivel ismeretes, hogy a neutron-kitérés a porozitáson keresztül a fajlagos ellenállással logaritmikus összefüggésben van, a laterolog görbének a választott helyeken a neutron-görbéhez való összeillesztése céljából a laterolog görbét logaritmikusan transzformálni kell. Ennek módját, mivel eléggé egyszerű művelet, itt nem ismertetjük. Viszont példaképpen bemutatjuk a 2. ábrát.

A neutron és laterolog görbéket a 2700–2740 szakaszon illesztettük össze, mely a PS és mikrolog görbék alapján impermeabilis kőzeteket tartalmaz. Ez alatt a két görbe elválik, amelyet sraffozással jelöltünk. A kőzet másodlagos porozitását a földtani leírások szerint üregek (likacsok) és rések képezik. Ezek nagyságára jellemző, hogy a mikrolog iszaplepenyes szakaszokhoz hasonlóan a többi szakaszéhoz képest erősen lecsökkent, kisímult görbét mutat. A PS görbe is kifejlődik.

Az ábrán feltüntettük a neutronból kapott teljes porozitást,  $\Phi_t$ -t (amely közelítőleg a blokk- vagy mátrix-porozitással egyenlő), a  $\Phi_{sz}$  másodlagos porozitást és a „*repedezettségi indexet, v-t*” amely a másodlagos porozitásnak a teljes porozitáshoz viszonyított értékét fejezi ki. A számítással kapott eredmények jó egyezésben vannak a triász földolomitra más kutakban kapott nagyságrendekkel.



3. ábra

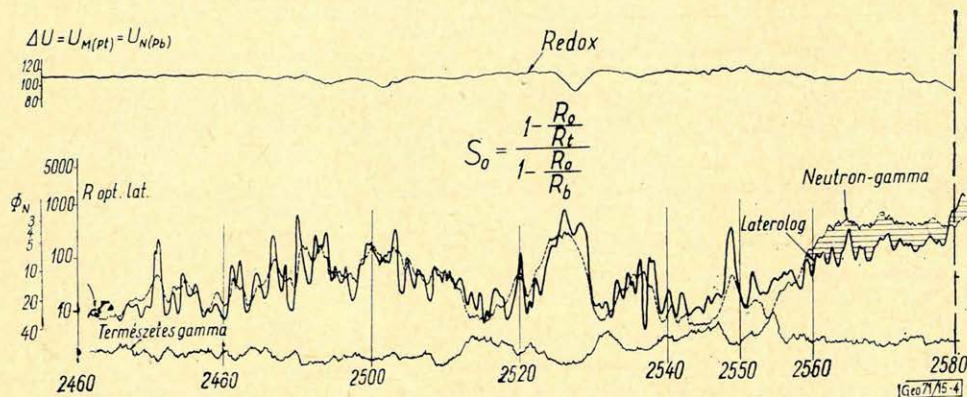
$\Phi_{uz}$ . 3.

Fig. 3.

A 3. ábra a fenti módszerek ugyancsak víztároló, de mezozóos kristályos mészkőre és felette települt karbonátkötőanyagú mészkőbreccsára való alkalmazását szemlélteti. A sraffozott részek itt is a másodlagos porozitású szakaszokat mutatják be. Láthatjuk, hogy a 3225–3270 m közötti mészkőbreccsa az alatta levőnél nagyobb teljes ( $\Phi_t$ ) és másodlagos ( $\Phi_{sz}$ ) porozitással bír és a *PS* görbe szerint a másodlagos hézagter valószínűleg nem agyaggal van kitöltve. A mészkőben a másodlagos porozitás igen kicsi: a sraffozott szakaszokon is csak néhány tizedszázalék. A két görbének üresen hagyott ellenkező értelmű (negatív) elválásait részben kavernásodás, részben talán nem kapcsolódó üregesség okozza.

A fenti példa esetében feltételezzük, hogy az iszap a rétegfolyadékot a vizsgálati térből teljesen kiszorította, így a folyadék ellenállásának az iszap fajlagos ellenállását ( $R_m$ ) vettük a számításoknál. Itt a kút és rétegfolyadék fajlagos ellenállása ( $R_w$ ) egyébként sem különbözik lényegesen egymástól.

Vannak esetek, így például a triász földolomit esetében is, amikor a fúró-iszap nem szorítja ki a szondák vizsgálati teréből az olajat. Ilyen esetekre rendszerint a mikrolog viszonylag kis mértékei és kisimultabb görbemenete jellemző, miként a 2. ábrán láttuk.



4. ábra

$\Phi_{uz}$ . 4.

Fig. 4.

Ez az eset kedvező az olajtest vastagságának megállapítására, de kedvezőtlen az olajos zóna hézagterének meghatározása szempontjából, mivel a laterolog által mért fajlagos ellenállás a repedezettség-üregesség határára nem csökken le, hanem megnő a neutronhoz képest az olajos zónában. Erre mutatunk példát a 4. ábrán. A neutron és laterolog görbék összeillesztése a földolomit szakasz felett kréta összletben (2460–2550 m) történt, amely a mikrolog és a PS, valamint a földtani ismeretek alapján tömött, márgás, másodlagos porozitással általában nem rendelkező kőzetekből épül fel.

Az összeillesztett szelvények az olaj-víz-határt 2260 m-ben mutatják. A dolomit felett 2560–2580 m között agyagos kötőanyagú dolomitbreccsa van a földtani megfigyelés szerint, amely összerajzolt szelvényünkön úgy viselkedik, mint a 2660 m alatti vizes zóna, nyilván az agyagos kitöltő anyag hatására. A PS és a mikrolog (itt nem mutatjuk) világosan mutatja a vízszintessel sraf-fozott szakasznak az alatta levő dolomittól eltérő felépítését.

A dolomit maga egyébként a 2. ábrán mutatottal azonos triász földolomit, ezért hézagstruktúrája az ott megállapított átlagos  $\Phi_t$ ,  $\Phi_{sz}$ , illetve „v” értékkel jellemezhető. De ellenőrzésképpen ezen értékek az olaj-víz határ alatti vizes szakaszon ugyancsak megállapíthatók.

Az olajtelítettség közelítő meghatározására 2. és 3. egyenlet kombinálásával kapott 5. egyenlet használható fel:

$$S_0 = \frac{1 - \frac{h_0}{R_t}}{1 - \frac{R_0}{R_b}} \quad (5)$$

ahol:

- $R_0$  = a kőzet fajlagos ellenállása víztároló esetén;
- $R_t$  = a kőzet fajlagos ellenállása olajtároló esetén;
- $R_b$  = a kőzet-blokkok fajlagos ellenállása.

$R_0$  értékét az olaj-vízhatár alatti zóna átlagos fajlagos ellenállása, vagy szomszédos kútban kapott átlagos érték adja. Ez természetesen csak közelítőleg helyes, amely a hézagstruktúra állandóságának feltételezésén alapul, ami karbonátok esetében általában ritkán teljesül. Ezért az olajtelítettségre kapott értékek csak durva közelítések és csak szigorúan ellenőrzött, illetve ellenőrizhető esetekben alkalmazhatók. Példánk esetében a tört egyenesekkel ábrázolt  $S_0$  görbe minden esetre jól jellemzi az olajtest vastagságát. A vizsgálatok a számított értékeket igazolták.

Az ábrán legfelül az ún. redox-görbét ábrázoltuk, amelyet iszapban platina és ólom elektródák segítségével vettünk fel.

Összefoglalva, ismételten szeretném kiemelni, hogy a közölt módszer csak szerény hozzájárulásnak tekinthető a karbonátos tárolók igen sokrétű problémájához, ennek ellenére bizonyos területeken elősegítheti az egész mezőre kiterjedő becslési munkát. Minthogy a koordináta-transzformálással történő szelvény-összeillesztés kézilég igen fáradságos és pontatlan művelet, a digitalizált szelvények és azok számítógépi felhasználása igen meggyorsítja ezt a munkát. Minthogy a porozitás-paraméterek és a rétegtartalmat jellemző index kiszámítása csak egyszerű műveletek elvégzését igénylik, e módszer számítógépi programozása nem a távoli jövő, hanem a ma lehetőségei közé tartozik.

---

## Lapszemle

Hidrológiai Közlöny, 1970. 10. szám

*Gabos György*: 20 éves a Földmérő és Talajvizsgáló állomás, 443–446. old.

*Karácsonyi Sándor* – *Laczkovics József*: Mérnökgeofizikai tapasztalatok vízfeltárási feladatoknál, 447–451. old.

*Aujeszký Géza* – *Scheuer Gyula*: Lakótelepek vízföldtani vizsgálata 452–458. old.

*Kiss László*: A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat új kútvizsgáló berendezése, 464–465. old.

*A Márkói – tározó komplex vizsgálata*, 486–487. old.

Ennek keretében különösen:

*Gálfi János*: A Márkói tározó területén végzett geofizikai mérések, 472–478. old. (Folytatódik a következő számban.)

TG.