

MAGYAR

# Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1973. XIV. ÉVFOLYAM, 1. SZÁM

**MAGYAR GEOFIZIKA**  
**a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata**

**XIV. évfolyam**

**1. szám**

*Szerkesztőség*

Magyar Geofizikusok Egyesülete  
Budapest V., Szabadság tér 17.  
Telefon: 118-476

**TARTALOMJEGYZÉK**

*Felelős szerkesztő*

**DR. SEBESTYÉN KÁROLY**

*Szerkesztő bizottság*

**CZEGLÉDI ISTVÁN**  
**Dr. POSGAY KÁROLY**  
**RÁDLER BÉLA**  
**DR. RENNER JÁNOS**

*Felelős kiadó*

**SALA SÁNDOR**  
igazgató

<i>Radler Béla – Véges István:</i> Digitális szeizmikus programrendszer a magyar kőolajiparban .....	1
<i>Verő József:</i> Program a magnetotellurikus impedanciatenzor meghatározására és a vele elért eredmények .....	3
<i>Drahoš Dezső – Salát Péter:</i> Geoelektromos és karottázs szondázások direkt és indirekt interpretációjának a lineáris rendszerek elméletén alapuló új, egyszerű, gyors módszere .....	6
<i>Markó László:</i> A térfogat-tulajdonságok meghatározása mélyfúrási geofizikai módszerekkel karbonátos tárolókban .....	13
<i>Andrássy László – Baráth István – Sebestyén Károly:</i> Módszertani vizsgálatok a kétdetektoros gamma-gamma eljárással történő térfogatszűrő-meghatározáshoz .....	19
<i>Egerszegi Pál:</i> A bauxit szilícium-, vas- és karbonát-tartalmának hatása a karottázsmérések alapját képező fizikai paraméterekre....	29
<i>Deres János:</i> Rétegmegnyitás üreges (jet) töltetekkel, a rétegmegnyitási feladat leírása.....	36
Lap- és könyvszemle .....	40
Egyesületi hírek .....	35

**Index: 26 507**

**MAGYAR GEOFIZIKA**

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9-11. Telefon: 221-293

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megjelenik évente hatszor

Megrendelhető egész évre 60,- Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 232-90171-2494  
csekk számlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

73.1711. Állami Nyomda, Budapest

# Digitális szeizmikus programrendszer a magyar kőolajiparban

(Kivonat az elhangzott előadásból)

RÁDLER BÉLA – VÉGES ISTVÁN

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzeme a szeizmikus adatok digitális feldolgozását vásárolt programrendszerrel kezdte meg a *TIOPS* számítógépen. A programok átvizsgálása és a használat közben szerzett tapasztalatok alapján módosításokat hajtottunk végre, amelyek főleg egyszerűbb programkezelést és adatelőkészítést, valamint egységes ellenőrzést és hibajelzést tettek lehetővé. Erre a munkára mintegy *15 mérnökhónapot* fordítottunk.

Mivel a vásárolt programcsomag bővítési, továbbfejlesztési lehetőségei korlátozottak voltak, egy új rendszer elkészítését határoztuk el. A rendszer tervezésénél fő szempont volt a folyamatos, nagytömegű rutinfeldolgozás igényeinek kielégítése, és a továbbfejlesztés biztosítása.

Több, az eredeti programrendszerből hiányzó eljárást elkészítettünk. Ilyenek: az időben változó szűrés, a prediktív dekonvolúció, az auto- és retrokorrelációs szelvényt készítő program, az automatikus statikus korrekciós program, közös mélységpontú csatornák rendezése, és több eljárás a sebességanalízisre. A vásárolt szeizmikus alapprogramokat – dinamikus és statikus korrekciók, közös mélységpontú csatornák összegzése, szűrés – átdolgoztuk, részben, mert nem illeszkedtek az új rendszer egészébe, részben, mert pontosabb vagy gyorsabb algoritmust dolgoztunk ki.

A vásárolt dinamikus és statikus korrekciós programok átdolgozását mindkét ok szükségessé tette. A korrekciókat egyszerre végrehajtó, nagy pontosságú interpolációt alkalmazó programot készítettünk. Az eredeti programokhoz szükséges bemeneti adatok formátuma nem tette lehetővé a reziduál korrekciók célszerű elvégzését. Az új programmal az automatikus statikus korrekciós eljárással meghatározott reziduál korrekciókat és a reziduál dinamikus korrekciókat is elvégezhetjük.

A geofizikai szakirodalomban a dekonvolúcióra ajánlott számos eljárás is sejteti, hogy alkalmazása körül problémák vannak, újabb és újabb megoldással próbálkoznak. Tapasztalatunk szerint a dekonvolúció alkalmazásának sikere a szűrőparaméterek helyes megválasztásán kívül, nagymértékben függ az előzetes műveletek pontosságától is. Többszörös fedéses rendszer korrekcióiban elkövetett hibák, amelyek ugyan az összegzés eredményességét vizuális kiértékelés szempontjából nem érintik, olyan jelentős jelalak-torzuláshoz vezethetnek, hogy a dekonvolúció alkalmazásának feltételei az összegzés után már nem állnak fenn. Ezért többszörös fedéses szelvény dekonvolúciója különösen kritikus. Mi is változó sikerrel alkalmaztuk az anyag minőségétől függően.

Az időben állandó dekonvolúció alkalmazásakor az is hozzájárulhat a sikertelenséghez, hogy nem vesszük figyelembe a szeizmikus csatornák időben változó jellegét. A jelalak, a frekvenciatartalom olyan jelentősen változhat az időben, hogy egyetlen, a csatorna egész hosszában hatásos operátort nem lehet meghatározni. Ezért időben változó prediktív dekonvolúciós programot készítettünk, amellyel már jobb eredményeket értünk el.

A dekonvolúciós operátort a Wiener – Levinson algoritmussal számoljuk, a szűrést az FFT-egységgel hajtjuk végre.

A sávszűrő tervezésében és alkalmazásában is gazdaságos eszköz az FFT. Az időben változó sávszűrő programunk az időablakok között az átviteli függvényben lineáris átmenetet alkalmaz. Az átmenet hosszát az időablakok hossza szabja meg úgy, hogy két egymás melletti időablak közül a rövidebb hosszának  $2/3$ -a lesz az átmenet. Az idő- és térablakok, ill. az ezekben alkalmazandó szűrőparaméterek meghatározására nagymeredekségű és keskenysávú szűrőprogramot készítettünk.

A sebességmeghatározási eljárások közül a konstans sebességű összegzés módszere bizonyult a legmegfelelőbbnek a dinamikus korrekciók elvégzéséhez szükséges pontosságú sebesség becslésére.

Eredményes munkát végeztünk a maradék statikus korrekciók gépi meghatározásához. Az automatikus statikus korrekciós program alkalmazása nemcsak sok kézi számítástól mentesít, hanem biztonságosabbá teszi a reflexiók szintek kijelölését, a szintek folytonossága jelentős mértékben növekedik és az egész szelvény jel/zaj aránya javul.

Az előadás az OKGT GKÜ Fejlesztési Osztályának 1971 – 1972. évi eredményeiről adott áttekintő képet. Az egyes témák részletesen ismertetésre kerültek, ill. kerülnek az Egyesület előadóülésein és több – magyar és külföldi szaklapokban publikált – dolgozatban.

# Program a magnetotellurikus impedancia-tenzor meghatározására, és a vele elért eredmények

V E R Ő J Ó Z S E F

Az előadás ismerteti azt a programot, amelyet az MTA Geofizikai Kutató Intézetében a magnetotellurikus anizotrópia-tenzor meghatározására alakítottak ki. Foglalkozik az alkalmazott szűrőkel, majd ismerteti az adatkiválasztás alkalmazott elvét a koherenciák alapján. Az előzetesen kapott tenzorkomponensekből iterációs eljárással határozzák meg a végleges értékeket, feltételezve, hogy a mérésekben csak olyan zaj jelentkezik, amely tetszőleges komponenspárban inkoherens. Ismerteti azokat az eredményeket, amelyeket ezzel a módszerrel el lehetett érni (pontossági adatok). Erősen anizotróp állomások esetében a mellékimpedanciák figyelembevételével második válogatás is történik. Végezetül javaslatot tesz az anizotróp és az attól eltérő, pl. háromdimenziós szerkezetek felett mért impedancia-adatok leírására felhasználható mérőszámra, s ezt példákkal szemlélteti.

В докладе излагается программа, разработанная в Геофизическом исследовательском институте АН ВНР для определения магнитотеллурического тензора анизотропии. Рассматриваются определяемые фильтры и анализируется принцип выбора данных по когеренции. По предварительным получаемым составяющим тензора окончательные величины определяются с использованием итерационного метода, причем предполагается, что в результатах измерения имеются только шумы, некогерентные в любых парах составляющих. Описываются результаты, достигаемые при помощи предлагаемого метода (данные о точности). В пунктах с сильной анизотропией проводится и второй выбор данных с учетом дополнительных импедансов. В заключение дается предложение вводить показатель, описывающий импедансы, измеренные над анизотропными структурами и над отклоняющимися от таковых, напр. трехмерными структурами и приводятся практические примеры.

Es wird das Programm erörtert, welches im Geophysikalischen Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften für die Bestimmung des magnetotellurischen Impedanzensors zusammengestellt wurde. Die angewandten Filter werden behandelt, dann wird das benutzte Datenauswahlprinzip auf Grund der Kohärenzen erörtert. Die endgültigen Werte werden aus den vorher gegebenen Tensorcomponenten durch ein Iterationsverfahren bestimmt, vorausgesetzt dass in den Messungen nur ein Geräusch vorkommt, das in einem beliebigen Komponentenpaar inkoherent ist. Dann werden die Resultate bekanntgegeben, die mit der Anwendung der Methode zu erreichen sind (Genauigkeitsdaten). Im Falle stark anisotroper Stationen wird mit Berücksichtigung der Nebenimpedanzen auch eine zweite Auswahl getroffen.

Zum Schluss werden Vorschläge mitgeteilt für eine Masszahl, die bei der Beschreibung der anisotropen, sowie von diesen abweichenden, z. B. über dreidimensionalen Strukturen gemessenen Impedanz-Daten brauchbar ist und einige Beispiele der Anwendung werden gegeben.

A magnetotellurikus impedancia-tenzor meghatározására szolgáló programnak a következő műveleteket kell elvégeznie:

1. A különböző frekvenciájú jelek szétválasztása;
2. A tenzor meghatározására felhasználható információk kiválasztása;
3. Az impedancia-tenzor elemeinek kiszámítása;
4. Az impedancia és a látszólagos fajlagos ellenállás értékeinek különböző irányokban való megadása.

Ezeknek a lépéseknek a feladata röviden a következő:

1. A terepen készült mágneses és tellurikus regisztrátumokban nagyon nagy frekvenciatartományban található variációk. Elvileg több ezer Herz-től az évszázados változás  $10^{-10}$  Herz körüli frekvenciájú komponenséig diszkrét

(pl. nap-napi és hold-napi hullám) és bizonyos sávra szétosztott energiájú összetevők egyaránt előfordulnak. A regisztrátumon azonban az észlelési idő és a digitalizálási köz által megszabott határok között ennek a tartománynak csak egy kisebb része értékesíthető. Az értékesíthető tartomány maximálisan a digitalizálás kétszeres hosszának megfelelő Nyqvist-periódustól a regisztrátum hosszának megfelelő periódusig tart, gyakorlatilag azonban ennél csak kisebb tartományt tudunk hasznosítani. Az egyes periódusok szétválasztását a jelen esetben szűrők segítségével végezzük el. A program a megadott periódushatárok között elkészíti a szűrőt, majd a megadott adatsorral elvégzi a szűrés műveletét is.

2. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy általában nem minden időszak használható fel az impedancia-tenzor meghatározására. Feltehetőleg a mikropulzációk (vagy más variációk) forrásának helyzetétől függően bizonyos időszakokban az impedancia-tenzor által megszabott összefüggés a mágneses és az elektromos komponensek között elveszti szigorú érvényét [1]. Ezen kívül esetleg időszakosan fellépő kóboráramok, a digitalizálás hibái, vagy egyszerűen bizonyos periódusok időnkénti hiánya is arra vezethet, hogy a korreláció mértéke csökken. Az ilyen szakaszokat a feldolgozásból ki kell zárni.

3. Az impedancia-tenzor elemeinek kiszámítására a legszemléletesebb képleteket Swift [2] adta meg, de hasonló képletek más szerzőknél is megtalálhatók. A képletek a tenzor elemeit az egyes komponensek átlagamplitúdója és a közöttük levő koherencia segítségével fejezik ki.

Az impedancia-tenzor elemeit 4 különböző variációban lehet kiszámítani; ezek közül a közvetlenül és az admittancia-tenzor elemeiből kiszámított tenzorelemek a legstabilisabbak. Azonban ezek sem adják a teljes értéket, hanem a kiegyenlítő számítás nyelvén kifejezve, pl. az impedancia-tenzor elemeinek közvetlen kiszámításakor csak a  $H$  komponens értékeit látják el javítással. Ez arra vezet, hogy a meghatározott  $Z$  tenzorelemek túlságosan kicsik lesznek. Szigorú eljárás csak az volna, ha az  $E$  komponens értékeit is ellátnánk javítással. Tekintettel arra, hogy ez a módszer sokkal bonyolultabb, ettől eltekintetünk, viszont helyette ugyanezzel a módszerrel meghatároztuk az  $A$  admittancia-tenzor elemeit is:

$$H = A \cdot E \quad (1)$$

A  $Z$  tenzor elemeihez hasonlóan az  $A$  tenzor elemei is kisebb abszolút értékek a helyes értékeknél.

Ennek következtében az  $A \cdot Z$  szorzat nem adja az egységmatrixot. Iterációs úton a helyes nagyság elérése, illetve a szisztematikus hiba elkerülése céljából az  $A$  és a  $Z$  tenzort úgy változtatjuk, hogy szorzatuk az egységtenzort megközelítse. Ez a közelítés azt jelenti, hogy a zajokat teljesen inkoherensnek tekintjük, s ennek megfelelően kiszűrjük ki. Koherens zajok számításos kiküszöbölésére ez az út nem alkalmas.

Az elmondottakkal kapcsolatban azt jegyezzük meg, hogy az elsőként említett közelítés kb. a megszabott koherencia-határ négyzetének megfelelően csökkenti a tenzor-elemeket. (Pl. 0,95-ös koherencia-határ esetében a főimpedanciákban kb.  $1 - 0,95^2$ ).  $100 \approx 10\%$ -os változások adódnak maximálisan; a mellékimpedancia-elemek változásainak abszolút értéke is legfeljebb ekkora.

4. Az impedancia-tenzor különböző irányokban vett értékeit a Berdicsevskij [3] által közölt képletekkel számoltuk, a főimpedancia értékeiből pedig meghatároztuk a látszólagos ellenállást is.

A program megvalósításával kapcsolatban annyit, hogy az az MTA Számítástechnikai Központjának CDC 3300-as gépére készült el, és a munkálatot Varga Gyula végezte.

Az egyes lépések előzetes kipróbálása az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének HP 2114B típusú gépén történt, s a számszerű eredmények egy részét éppen ezekből a kísérletekből idéztük.

Végezetül egy javaslatot szeretnék tenni a leírt úton nyert impedancia-diagramok értelmezésének elősegítésére. Ugyanis a mellékimpedancia változásait elég nehéz tekintetbe venni, értelmezni. Erre – esetleg – az elektromos tér áramfonalainak megrajzolása útján lehetne kísérletet venni. Első, áttekintő vizsgálat céljából azonban kínálkozik egy egyszerű lehetőség.

Ha az impedancia-diagramon kiválasztjuk a maximális impedancia helyét és nagyságát, valamint a rá merőleges irányban vett impedancia értékét (csak a főimpedanciákat véve figyelembe), akkor lényegében olyan modellt számolhatunk, amely pl. anizotróp rétegsor felett jön létre úgy, hogy ezt a két kiválasztott impedancia-értéket forgatjuk a Berdicsevszkij-féle képletekkel körbe. Ha az így kapott impedancia-diagramot „*anizotróp-elvi*”, *AIT* modellnek nevezzük, akkor ennek az *AIT* modellnek és a ténylegesen számított impedancia-diagramnak az eltéréseit (az előjelre való tekintet nélkül) összegezhethetjük, és a különbségeket az *AIT* modell főimpedancia-diagramjának területéhez viszonyítva kifejezhetjük. A két diagram közti terület bizonyos mértékszámot fog adni a kérdéses pontban az *AIT* modellhez viszonyított eltérések mértékéről.

#### IRODALOM

- [1] Зилахи-Шебеш, Л. – Верѣ, Й.: Дигитальная частотная фильтрация и её применение при обработке магнитотеллурических измерений Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 4 (1969) 321.
- [2] Swift, C. M.: A magnetotelluric investigation of an electrical Conductivity anomaly in the Southwestern United States: Ph. D. Thesis, M.I.T. (1967).
- [3] Методика магнитотеллурического профилирования, Москва, 1965.

# Geoelektromos és karottázs szondázások indirekt és direkt interpretációjának a lineáris rendszerek elméletén alapuló új, egyszerű, gyors módszere

DRAHOS DEZSŐ – SALÁTPÉTER

*A dolgozat bemutatja, hogy a vertikális elektromos szondázások, az elektromágneses frekvencia szondázások, az elektromágneses térbeállásos szondázások, az elektromos és indukciós karottázs szelvényezések, a neutron-neutron szelvényezések és még egész sor geofizikai eljárás indirekt vagy direkt interpretációjában szerepet játszó, a modell paramétereit tartalmazó, ún. karakterisztikus függvény és a mérési eredmény lineáris rendszer ki- és bemenetének, illetve be- és kimenetének tekinthető. A felsorolt eljárások lineáris átviteli rendszerek. Ennek megfelelően a különféle elméleti szondázási görbék (egyenes feladat), vagy pedig a geofizikai modell karakterisztikus függvénye (inverz feladat) rendkívül egyszerűen és gyorsan számítható viszonylag rövid digitális szűrő segítségével. A cikk az interpretáció különféle lehetőségeit ismerteti.*

*В докладе показано, что при решении прямой или обратной задач по данным методов ВЭЗ, электромагнитного частотного зондирования, зондирования методом становления электромагнитного поля, электрического и индукционного каротажа и ряда других геофизических исследований, так называемые характерные функции, содержащие параметры модели, с одной стороны, и результаты измерений, с другой, могут рассматриваться как выходы и входы, или, соответственно, входы и выходы линейной системы. Перечисленные методы представляют собой линейные системы передачи. В соответствии с этим различные теоретические кривые зондирования (прямая задача), или характерная функция геофизической модели (обратная задача) могут быть вычислены весьма просто и быстро при помощи сравнительно коротких цифровых фильтров. В докладе излагаются различные возможности интерпретации.*

*Es wird gezeigt, dass die bei der direkten oder indirekten Interpretation einer ganzen Reihe von geophysikalischen Verfahren – so wie vertikale elektrische Sondierung, elektromagnetische Frequenzsondierung, elektromagnetische Feldeinstellen-Sondierung, elektrische- und Induktionskarottage – Profilierung u. a. – eine Rolle spielende und die Parameter des Modells enthaltende sogenannte charakteristische Funktion und das Messresultat als Ein- und Ausgang, bzw. Aus- und Eingang eines linearen Systems anzusehen sind. Die angeführten Verfahren sind also lineare Überführungssysteme. Dementsprechend kann die charakteristische Funktion der verschiedenen theoretischen Sondierungskurven (direkte Aufgabe) oder des geophysikalischen Modells (inverse Aufgabe) recht einfach und schnell ermittelt werden, und zwar mit Hilfe eines verhältnismässig kurzen Filters. Im Aufsatz werden verschiedene Möglichkeiten der Interpretation erörtert.*

A geofizikai mérések zömének általános feladata a különböző fizikai paraméterű kőzettartományok (rétegek, henger-gyűrű szelvények, hatók) geometriai méreteinek és fizikai jellemzőinek meghatározása.

A különféle geofizikai eljárások fizikai alapegyenleteiben igen gyakran szerepel a Laplace operátor. Szimmetrikus tartományokra sokszor megkapható a vonatkozó egyenletek egy partikuláris megoldása a változók szétválasztásával. Pjencor a peremérték-feladat végső megoldása a partikuláris megoldásoknak a szétválasztás paramétere szerint vett integrálja alakjában adódik a következőképpen:

$$g(z) = \int_0^{\infty} F(w, \vec{p}) \cdot K(w \cdot z) dw. \quad (1)$$



Ez az alak egy speciális lineáris integráltranszformáció, melynek inverz-transzformáltja is a legtöbb esetben könnyen előállítható az

$$F^*(w, \vec{p}) = \int_0^{\infty} g^*(z) \cdot K^*(w \cdot z) dz \quad (2)$$

alakban. Itt  $F^*(w, \vec{p})$ ,  $g^*(z)$ ,  $K^*(w \cdot z)$  egyszerű kapcsolatban vannak az eredeti  $F(w, \vec{p})$ ,  $g(z)$ ,  $K(w \cdot z)$  függvényekkel.

Az esetek zömében a geofizikai mérési eredmények a  $g(z)$ -vel, illetve a  $g^*(z)$ -vel vannak egyszerű összefüggésben, vagyis  $g(z)$  és  $g^*(z)$  mérési eredménynek tekinthető.

A kutatandó szerkezet paramétereit, a  $\vec{p}$  vektort, azaz a közzettartományok geometriai és fizikai jellemzőit az  $F(w, \vec{p})$ , illetve  $F^*(w, \vec{p})$  függvény tartalmazza. Ezek a függvények a határfeltételekből adódnak.  $F(w, \vec{p})$ , illetve  $F^*(w, \vec{p})$  a szerkezet karakterisztikus függvénye.

Az említett típusú integráltranszformációkat felhasználó geofizikai mérések értelmezése két úton történhet: vagy az ún. indirekt (hagyományos) vagy a direkt (modern) kiértékelés útján.

Az indirekt kiértékelés lépései:

Kiindulás: a modell várható paramétereit,  $\vec{p}_0$ . Az  $F^T(w, \vec{p}_0)$  számítása. Integrálás (1) szerint. A kapott elméleti  $g^T(z)$ -t össze kell hasonlítani a mért  $g^M(z)$ -vel. Ezután a megfelelő egyezésig változtatják az  $F^T(w, \vec{p})$  karakterisztikus függvényt előállító paramétereiket.  $\vec{p}_0, \vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots \rightarrow F_0^T, F_1^T, F_2^T, \dots \rightarrow g_0^T, g_1^T, g_2^T, \dots = g^M$ . A vázolt folyamatot görbeseregekkel való egyeztetéssel, vagy számítógépes programok segítségével hajtják végre.

A direkt kiértékelés vázlata:

A mérési eredményekből a (2) integrál segítségével meghatározzák az  $F^*(w, \vec{p})$ -t. Ez pedig lényegesen egyszerűbb kapcsolatban van a keresett  $\vec{p}$  paraméter-vektorral, mint maga a  $g(z)$ .

Az  $F^*(w, \vec{p})$ -ből transzcendens egyenletrendszer segítségével, vagy fokozatos lebontás útján határozhatók meg a keresett paraméterek. A vázolt eljárás szintén grafikus, vagy számítógépes úton valósulhat meg.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fenti típusú geofizikai mérések interpretációjának mindkét fajta eljárása az említett lineáris integráltranszformációt használja fel. Vagy az (1)  $F(w, \vec{p}) \rightarrow g(z)$  vagy pedig a (2)  $g^*(z) \rightarrow F^*(w, \vec{p})$  transzformáción keresztül történik a mérések kiértékelése.

A geofizikai mérések interpretációjában játszott döntő szerepe miatt igen fontos az említett típusú integrálok gyors és pontos kiszámítása.

Az (1), illetve a lényegében vele megegyező (2) integráltranszformáció ún. konvolúció típusú transzformációra vezethető vissza. A (2)-ben cseréljük meg a  $w$  és a  $z$  betűket, majd hajtjuk végre a következő helyettesítéseket:

$$u = \ln(w); \quad t = \ln\left(\frac{1}{z}\right),$$

azaz

$$w = \exp(u); \quad z = \exp(-t)$$

$$\text{és} \quad dw = \exp(u) du, \quad \text{vagy} \quad du = \frac{1}{w} dw,$$

amikor is a határok

$$\begin{aligned} \text{és} \quad w_a &= 0\text{-nál} & w_a &= -\infty \\ w_b &= \infty\text{-nél} & w_b &= +\infty. \end{aligned}$$

Ezekkel az (1), illetve (2) átmegy a

$$g(\exp(-t)) = \int_{-\infty}^{+\infty} \{\exp(u) \cdot F(\exp(u), \vec{p}) \cdot [K(1/\exp(t-u))]\} du, \quad (3)$$

illetve

$$F^*(\exp(-t), \vec{p}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \{\exp(u) \cdot g^*(\exp(u))\} \cdot [K^*(1/\exp(t-u))] du \quad (4)$$

integrálokba.

Vezessük be a következő jelöléseket:

$$y(t) = g(\exp(-t)), \text{ illetve } y(t) = F^*(\exp(-t), \vec{p}), \quad x(u) = \exp(u) \cdot F(\exp(u), \vec{p}),$$

$$\text{illetve } x(u) = \exp(u) \cdot g^*(\exp(u)), \quad h(t-u) = K(1/\exp(t-u)), \text{ illetve } h(t-u) =$$

$$= K^*(1/\exp(t-u)).$$

Ezekkel a jelölésekkel az (1), illetve a (2) valóban a jól ismert konvolúciós integrál alakját ölti:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(u) \cdot h(t-u) du \left( = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t-u) \cdot h(u) du \right). \quad (5)$$

Ez azt jelenti, hogy az adott típusú integrálokkal leírható rendszerek lineáris rendszerek. Az integráltranszformáció hatásának kiszámítására a lineáris rendszerek elmélete használható. Az integrál közelítő értékét digitális szűrők alkalmazása adja meg.

Az (5) formulában

- $x(t)$  a szűrő bemenete, vagy a kényszerfüggvény,
- $y(t)$  a szűrő kimenete, vagy a válaszfüggvény,
- $h(t)$  a szűrő súlyfüggvénye.

Ha az  $x(t)$  függvény Fourier-spektruma csak véges tartományban különbözik nullától, akkor belátható, hogy

$$y(l \cdot \Delta) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} x((l-j) \Delta) \cdot S(j \cdot \Delta), \quad (6)$$

ahol  $l$  és  $j$  egész számok,  $\Delta$  pedig a függvények digitalizálásának lépésköze. Az  $S_j = S(j \cdot \Delta)$  értékek a szűrőkoefficiensek.

A szűrőkoefficiensek alkalmazásának módszere lényegében azért rendkívül gyors eljárás, mert a klasszikus integrálszámítás megfelelően finom felosztása helyett — amelyet a kellő pontossághoz igen finomnak kell választani — a szűrés esetén elégséges egy olyan viszonylag durva felosztás, amelyből a  $w \cdot F(w, \vec{p})$  rekonstruálható a mintavételi törvény alapján. A végső, közelítőleg pontos képlet:

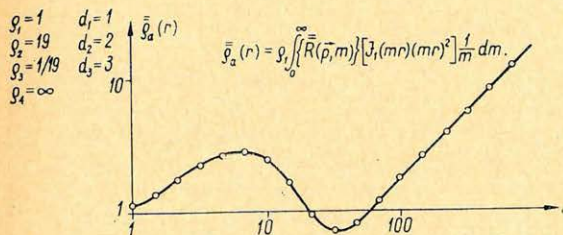
$$g(\exp(-l \cdot \Delta)) \approx \sum_{ju}^{jb} \{\exp((l-j) \cdot \Delta) \cdot F(\exp((l-j) \cdot \Delta), \vec{p})\} \cdot S_j \quad (6)^*$$

Előzetes számításaink szerint egy-két tucat  $S_j$  szűrőefficienssel a geofizikában számolt görbeseregek megfelelő pontossággal megkaphatók.

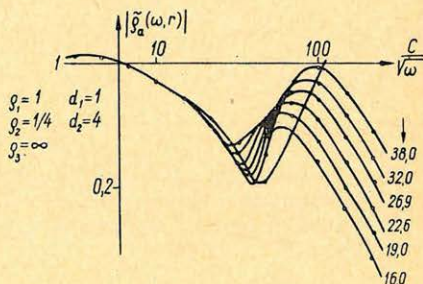
A bemutatásra kerülő ábrák és képletek annak bizonyítékai, hogy milyen sok geofizikai módszer interpretációs problémái vezethetők vissza konvolúciós típusú integrálókra.

*Az indirekt kiértékelés néhány konvolúciós típusú integráltranszformációja.*

Az egyes feladat transzformációit az 1–7. ábrák tartalmazzák.



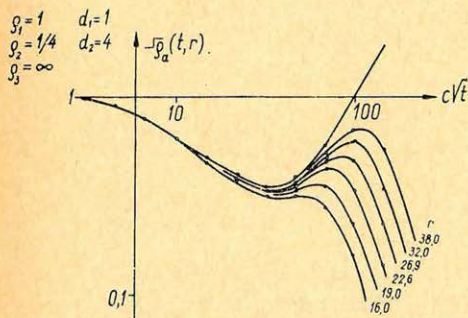
1. ábra – puc. – Abb.



$$\bar{\rho}_a(\omega, r) = \frac{1}{3} \mu_0 \omega \int_0^{\infty} \left\{ \frac{1}{m^2 + \frac{m n_1}{R(\bar{\rho}, \omega, m)}} \right\} [J_1(mr)(mr)^4] \frac{1}{m} dm$$

[Geo 73/87-2]

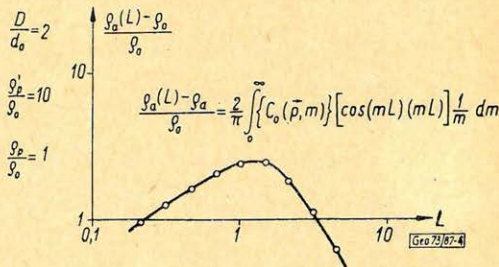
2. ábra – puc. – Abb.



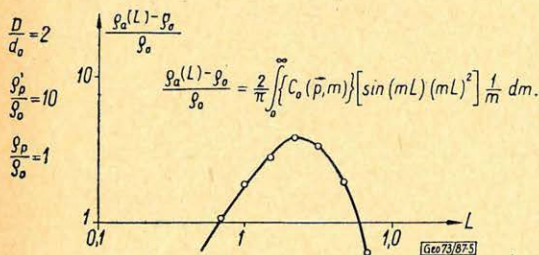
$$-\bar{\rho}_a(t, r) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \{ \text{Re} \bar{\rho}_a(\omega, r) \} [\sin(\omega t)] \frac{1}{\omega} d\omega.$$

[Geo 73/87-3]

3. ábra – puc. – Abb.



4. ábra – puc. – Abb.



5. ábra – puc. – Abb.

$$\bar{\rho}_a(r) = g_1 \int_0^{\infty} \{ \bar{R}(\bar{\rho}, m) \} [J_1(mr)(mr)^2] \frac{1}{m} dm.$$

$$\bar{\rho}_a(r) = g_1 \int_0^{\infty} \{ \bar{R}(\bar{\rho}, m) \} [J_0(mr) - J_0(2mr)] (mr) \frac{1}{m} dm.$$

$$\bar{\rho}_a(r) = 1 + \int_0^{\infty} \{ \bar{R}(\bar{\rho}, m) - 1 \} [J_1(mr) - (mr) J_0(mr)] (mr)^2 / 2 \frac{1}{m} dm.$$

$$\bar{\rho}_a(\omega, r) = \frac{1}{3} \mu_0 \omega \int_0^{\infty} \left\{ \frac{1}{m^2 + \frac{m n_1}{R(\bar{\rho}, \omega, m)}} \right\} [J_1(mr)(mr)^4] \frac{1}{m} dm.$$

$$\bar{\rho}_a(\omega, r) = \frac{1}{3} \mu_0 \omega \int_0^{\infty} \left\{ \frac{1}{m^2 + \frac{m n_1}{R(\bar{\rho}, \omega, m)}} \right\} [J_0(mr)(mr)^2] \frac{1}{m} dm.$$

[Geo 73/87-6]

$$-\bar{\rho}_a(t, r) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \{ \text{Re} \bar{\rho}_a(\omega, r) \} [\sin(\omega t)] \frac{1}{\omega} d\omega.$$

6. ábra – puc. – Abb.

$$\varrho_0(L) = \varrho_0 \left( 1 + \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ C_0(\bar{\rho}, m) \right] \left[ \cos(mL)(mL) \right] \frac{1}{m} dm \right).$$

$$\varrho_0(L) = \varrho_0 \left( 1 + \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ C_0(\bar{\rho}, m) \right] \left[ \sin(mL)(mL)^2 \right] \frac{1}{m} dm \right).$$

$$\varepsilon = \text{const} \left[ \frac{\exp(ik_0 L)(1 - ik_0 L)}{L^2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \left\{ u_0^2 C(\bar{\rho}, \omega, m) \right\} \left[ \cos(mL) \right] \frac{1}{m} dm \right].$$

$$n_{1,m} = Q \left\{ H(r, z) + K \int_0^{\infty} \left[ F(\lambda) \lambda J_0 \left( \frac{\lambda}{r_0} r \right) \right] \left[ \cos(\lambda z) \right] \frac{1}{\lambda} d\lambda + \int_0^{\infty} \left[ \phi(\lambda) \lambda J_0 \left( \frac{\lambda}{r_0} r \right) \right] \left[ \cos(\lambda z) \right] \frac{1}{\lambda} d\lambda \right\}$$

[Geo73/677]

7. ábra - puc. - Abb.

Fel kell hívni a figyelmet a képletek teljesen azonos szerkezetére. A kapcsos zárójel a geológiai konfiguráció modelljének karakterisztikus függvényét tartalmazza, ez a transzformáció bemenete. A szögletes zárójel az integráltranszformáció magját zárja közre. A bal oldal a mérési eredmény elméleti értéke:

*Geoelektromos szondázások:*

1. ábra: Vertikális elektromos szondázás
2. ábra: Elektromágneses frekvencia-szondázás
3. ábra: Az elektromos tér beállításán alapuló szondázás

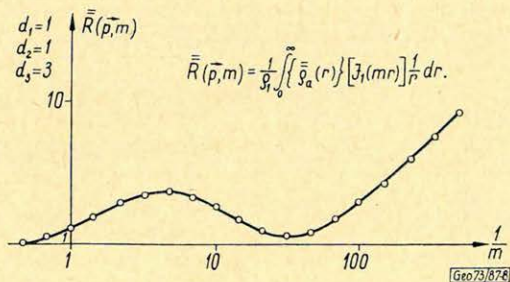
*Elektromos karottázs szelvényezés:*

4. ábra: Potenciál-szonda
5. ábra: Gradiens-szonda.

*Az egyenes feladat eseteinek összefoglalása képletekben:*

6. ábra: A geoelektromos szondázások képletei
7. ábra: A karottázs szelvényezések képletei

A direkt kiértékelés néhány konvolúciós típusú integráltranszformációja a 8-11. ábrákon található.



8. ábra - puc. - Abb.

$$\tilde{R}(\bar{\rho}, m) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \left[ \tilde{\varrho}_a(r) \right] \left[ J_1(mr) \right] \frac{1}{r} dr.$$

$$\tilde{R}(\bar{\rho}, m) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} \left[ \tilde{\varrho}_a(r) \right] \left[ I_1(mr) \right] \frac{1}{r} dr.$$

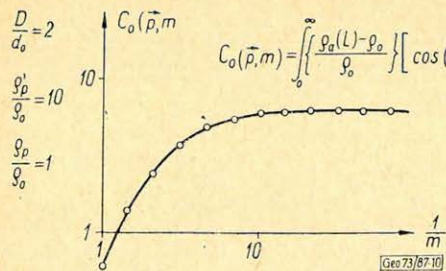
$$\tilde{R}(\bar{\rho}, \omega, m) = \frac{n_1/m}{\left\{ 1 / \frac{3m^2}{\mu_0 \omega} \int_0^{\infty} \left[ \tilde{\varrho}_a(\omega, r) \right] \left[ J_1(mr) / (mr)^2 \right] \frac{1}{r} dr \right\} - 1}$$

$$\tilde{R}(\bar{\rho}, \omega, m) = \frac{n_1/m}{\left\{ 1 / \frac{9m^2}{\mu_0 \omega} \int_0^{\infty} \left[ \tilde{\varrho}_a(\omega, r) \right] \left[ J_0(mr) / (mr)^2 \right] \frac{1}{r} dr \right\} - 1}$$

$$Re \tilde{\varrho}_a(\omega, r) = \int_0^{\infty} \left[ \tilde{\varrho}_a(t, r) \right] \left[ \sin(\omega t) \right] \frac{1}{t} dt.$$

[Geo73/679]

9. ábra - puc. - Abb.



$$C_0(\vec{p}, m) = \int_0^{\infty} \left\{ \frac{\rho_a(L) - \rho_o}{\rho_o} \right\} \left[ \cos(mL) \right] \frac{1}{L} dL.$$

$$C_0(\vec{p}, m) = \int_0^{\infty} \left\{ \frac{\rho_a(L) - \rho_o}{\rho_o} \right\} \left[ \cos(mL) \right] \frac{1}{L} dL.$$

$$C_0(\vec{p}, m) = \int_0^{\infty} \left\{ \frac{\rho_a(L) - \rho_o}{\rho_o} \right\} \left[ \sin(mL)/(mL) \right] \frac{1}{L} dL.$$

Geo 73/87.10

11. ábra - puc. - Abb.

10. ábra - puc. - Abb.

Itt is szembetűnő a képletek azonos szerkezete. Kapcsoló zárójelben van a transzformáció bemenete, a mérési eredmények. A szögletes zárójel az integrál-transzformáció magját tartalmazza. A bal oldal a transzformáció kimenete, a geológiai szerkezet karakterisztikus függvénye.

8. ábra: Vertikális elektromos szondázás

9. ábra: A horizontálisan rétegzett rétegsor karakterisztikus függvényei a geoelektromos szondázások mérési eredményeinek transzformációjaként

10. ábra: Karottázspotenciál szonda

11. ábra: A hengergyűrű-szelvény karakterisztikus függvénye, mint a karottázspotenciál-szonda és gradiens-szonda mérési adatainak transzformációja.

A bemutatott példaanyag meggyőzően bizonyítja, hogy akár az indirekt, akár a direkt kiértékeléshez elengedhetetlenül szükséges a

$$g(z) = \int_0^{\infty} \{w \cdot F(w, \vec{p})\} \cdot [K(w \cdot z)] \cdot \frac{1}{w} dw. \quad (7)$$

vagy az

$$F^*(w, \vec{p}) = \int_0^{\infty} \{z \cdot g^*(z)\} \cdot [K^*(w \cdot z)] \cdot \frac{1}{z} dz \quad (8)$$

típusú integrálok számítása. Ezek pedig konvolúcióra vezethetők vissza. A konvolúció végül is szűrőkoefficiensekkel számítható.

A bemutatott eljárásból levonható következtetéseket az alábbiakban foglaljuk össze.

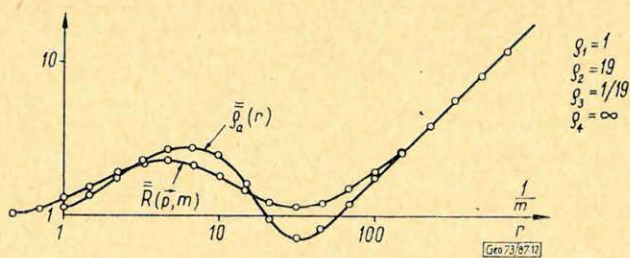
A mérési eredmények és a modell karakterisztikus függvénye teljesen azonos információt hordoznak. A kettőt egymásból szűrő koefficiensekkel, konvolúcióval lehet megkapni (12., 13. ábra).

A karakterisztikus függvény viszonylag egyszerű kapcsolatban van a rétegpármeterekkel. Mindenesetre sokkal egyszerűbb közöttük az összefüggés, mint a rétegpármeterek és a mérési eredmények között.

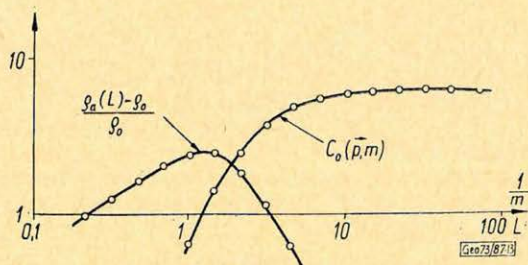
Lényegében a karakterisztikus függvény hordozza az információt minden esetben.

Az ekvivalencia a karakterisztikus függvény ekvivalenciája.

Egy módszerhez egyetlen egy  $\Delta$  és ennek megfelelően egyetlen egy szűrőkoefficiens-sorozat tartozik.



12. ábra - puc. - Abb.



13. ábra - puc. - Abb.

A javasolt módszer rendkívül egyszerű, gyors, szemléletes. A szűrő hossza vertikális elektromos szondázásnál két-három nagyságrend, azaz tíz-húsz tag.

Az ismertetett alapelvek alkalmazása új mérési és interpretációs módszerek lehetőségeit rejti magában.

Jelentősnek látszik az a felismerés, hogy lineáris rendszerekről van szó. Ennek tudatalatti megnyilvánulása az eddig is alkalmazott logaritmikus lép-ték volt.

A módszer teljesen általános az itt felsorolt és az ehhez hasonló problémákra.

Ki lehet fejleszteni az indirekt kiértékelést a karakterisztikus függvény vizsgálatára is.

A formulák, algoritmusok, programok a legegyszerűbbek az egyéb integrálási eljárásokhoz viszonyítva.

Mind gépi úton, mind kis asztali számológéppel, logarléccel, sőt grafikusán is megvalósítható az eljárás.

# A térfogati tulajdonságok meghatározása mélyfúrási geofizikai módszerekkel karbonátos tárolókban

MARKÓ LÁSZLÓ

*Bonyolult felépítésű tárolóterek komponensekre bontása csak olyan módszerekkel lehetséges, amelyek viszonylag nagy térfogatokat fognak át. A karbonátos tárolókban a tárolótér szemecseközi hézagokból, résekből, üregekből, kavernákból épül fel. Ezek a térkomponensek, noha genetikailag rendkívül eltérők és sokrétűek lehetnek, geometriailag legalább is annyira definiálhatók, hogy a karottázs mérések mennyiségi értelmezéséhez megfelelő modell építhető fel.*

*A dolgozatban egy ilyen egyszerűsített modelldre épülő karottázs módszert mutatunk be, amely laterológ, neutron, akusztikus terjedési idő, lyukbőrség, természetes radioaktivitás, PS, fűróhaladás regisztrálásán alapszik. Eredményül a teljes porozitást, a repedésporozitást, az üregporozitást és a kavernákat kapjuk. A fenti paraméterek számszerű szelvényeszerűen a mélység függvényében ábrázoljuk, amely igen szemléletesen teszi a térkomponensek eloszlását.*

*Nem elméleti eszmefuttatásról van szó, hanem évek óta alkalmazott módszerről, amelyeket igen jó eredményekkel alkalmaztunk a tárolók vizsgálatának megtervezésénél.*

*Mínt hogy a módszerekben szereplő számítások egyszerű algebrai műveleteket tartalmaznak, a fel-dolgozás mechanizálható, éppen ezért számítógépre vitele egyszerű.*

*Подразделить коллекторские пространства на составляющие при наличии коллекторов сложного строения возможно только с использованием методов, охватывающих сравнительно большие объемы. В карбонатных коллекторах коллекторские пространства представлены межзерновыми щелями, трещинами, полостями, кавернами. Хотя эти составляющие пространства генетически значительно отличаются друг от друга и могут быть весьма разнообразными, геометрически их можно определить и построить по ним модель, необходимую для количественной интерпретации данных каротажа.*

*В настоящем докладе описывается каротажный метод, опирающийся на подобную упрощенную модель и основывающийся на записи данных бокового каротажа, НК, времени пробега акустических волн, кавернометрии, естественной радиоактивности, СП, скорости проходки долота. В результате получают величины общей пористости, пористости трещин, полостей и каверны. Численные величины указанных параметров представляются в виде кривых в функции глубин, что дает наглядную картину распределения компонентов пространства.*

*Речь идет не о теоретических рассуждениях, а о методе, применяющемся уже несколько лет и эффективно используемом при проектировании изучения коллекторов.*

*Поскольку связанные с методом вычисления содержат простые алгебраические операции, обработка данных может автоматизироваться, т.е. внедрение машинной обработки может быть осуществлено просто.*

*Die Komponenten-Auflösung der kompliziert aufgebauten Speicherräume gelingt nur durch Benutzung von solchen Methoden, die verhältnismässig grosse Volumina überbrücken können. In den karbonatischen Speichern setzt sich der Speicherraum aus Zwischenräumen der Körner, aus Schlüzen, Hohlräumen und Kavernen zusammen. Diese Komponenten, obwohl sie genetisch voneinander stark abweichen und verschiedenartig ausgebildet sind, können geometrisch wenigstens so definiert werden, dass auf dieser Basis ein entsprechendes Modell für die Interpretation der Karottagemessungen aufgebaut werden kann.*

*Im Aufsätze wird eine solche, auf einem vereinfachten Modell aufgebaute Methode dergelegt, die auf die Registrierung von Laterolog-, Neutron-, akustische Laufzeit-, Lochweite-, natürliche Gamma-Aktivitäts-, PS und Bohrschub-Messungen fusst. Als Resultat ergibt sich die volle Porosität, die Spalten-Porosität, Hohlraum-Porosität und die Kavernen-Struktur. Die Werte dieser Parameter werden profilmässig als Funktion der Tiefe dargestellt, wobei sich eine recht übersichtliche Repräsentierung der Komponentenverteilung ergibt.*

*Es handelt sich hier nicht um eine theoretische Überlegung, sondern um eine seit Jahren angewendete Methode, die bei der Planung der Erkundung von Speichern zu guten Resultaten geführt hat.*

*Die bei der Anwendung der Methode benötigten Rechnungen sind einfache algebraische Operationen, sodass die Bearbeitung leicht mechanisiert und mit Hilfe einer Rechenmaschine durchgeführt werden kann.*

A karbonátos kőzetek tárolóterének mennyiségi meghatározása a formációkiértékelés legnehezebb feladatai közé tartozik. A leülepedés utáni viszonyok hatására kialakuló másodlagos hézagter a csupán elsődleges porozitással rendelkező homok- és homokkő-tárolóktól nagyfokú eltérést hoz létre. A karbonátok hézagterének genetikája igen sokféle tényezővel függ össze, amelyek áttekintése túlmegy a dolgozat lehetőségein. Morfológiailag a teljes hézagteret, vagy ahogy gyakran mondják, a teljes porozitást alkotó tárolóterfogati komponensek a *szemcsék és kristályok közötti, likacs és üreg, repedés, valamint kaverna* kategóriákba sorolhatók. Az utóbbi osztályozás nagy általánosságban elfogadott ugyan, de az egyes kategóriákra egységes méret- és alakdefiniálás nem alakult ki, mivel az egyes kategóriák között éles határ nem nagyon húzható meg. Ugyanis a karbonátok tárolóterének komponensei kevés szabályosságot mutatnak.

Végeredményképpen a „*karbonátok porozitás-jellemzői*”-re általánosan elterjedt egységes osztályozási rendszer és nomenklatúra a szakirodalomban nem található. Megállapítható az is, hogy az utóbbi két évtizedben, amely a tárolókiértékelés terén hatalmas fejlődést hozott, a karbonátok porozitásának, pontosabban hézagterének vizsgálata nem kapott olyan szerepet a kapcsolatos szakirodalomban, mint amelyet e fontos tárolótípus gazdasági és tárolókiértékelési szempontból megérdemelne. Ennek nyilvánvalóan sokféle oka van, de feltétlenül szerepet játszott az is, hogy a karottázs-szelvények, amelyek a homok- és homokkő-tárolókban nagyszerűen megoldották a porozitás-meghatározás problémáját, a bonyolult karbonátos tárolókban eléggé hatástalanok maradtak. Különösen áll ez a repedezettség kimutatásának problémájára.

A szelvényezés terén az utóbbi néhány évben végbement fejlődés azonban e téren is változást hozott. A korszerű mélyfúrású geofizikai módszerek elterjedése azt eredményezte, hogy egyre több bonyolult tároló-kiértékelési feladatra vállalkoznak világszerte a geofizikusok, amelyek a korszerű szelvények összehangoltabb alkalmazását követelik meg a hatékonyabb megoldások érdekében.

Egy ilyen törekvés eredményéről kívánok szólni az alábbiakban a karbonátos tárolók kiértékelésével kapcsolatosan.

A karbonátos tárolóter főbb komponensekre bontását és mennyiségi jellemzését *laterológ-, neutron-, szónikusidő-szelvényeken* alapuló módszerrel végezzük, amelyekhez mint kiegészítő méréseket felhasználjuk a *természetes gammát, a lyukbőség- és PS-szelvényt*.

A tároló, amelyben a módszert rutinszerűen alkalmazzuk, felső kréta mészkő, illetve triász dolomit. A két kőzet nem keverten, hanem külön-külön, (tiszván) egymásra települten vagy márgával elválasztva fordul elő a kutakban. A mátrix- (vagyis szemcsék és kristályok közötti) porozitás általában 5% alatt van és a teljes porozitás csak kivételes esetekben éri el a 7–8%-ot. A másodlagos térkomponensek, ún. a repedések, likacsok, illetve üregek, valamint a kavernák szabálytalan eloszlásúak és általában együtt, néha külön-külön fordulnak elő. A mérettől függően gyakran részben vagy teljesen kitöltöttek. A kitöltő anyag rendszerint kalcit, amely gyakran porózus átteresztőképes kitöltést eredményez, de gyakori az agyagos kitöltés is. A kitöltés a 0,1 mm alatti részekben uralkodó jellegű.

A rendelkezésre álló eszközök közül a *neutron-szelvény* a kőzet teljes porozitását érzékeli és nem érzékeny a hézagter szerkezetére a szonda vizsgálati terén belül.



A laterológ szelvény, amely ilyen nagy fajlagos ellenállású kőzetekben is jó közelítést adja a valódi fajlagos ellenállásnak, különösen érzékeny a repedésekre. Példaként említjük meg, hogy egy tömör mészkő fajlagos ellenállása 3000 ohmm-ről kb. negyedére, azaz 750 ohmm-re esik, ha méterenként 1 db 1 mm tágasságú kőzetrés szeli át.

Egy olyan kőzetmodell alapján, amely csak mátrix-porozitású blokkokból és a blokkokat elválasztó repedésekből épül fel, a repedés által képviselt hézag-tér nagysága a

$$\Phi_r = \frac{R_m}{R} \cdot \frac{R_b - R}{R_b} \quad (1)$$

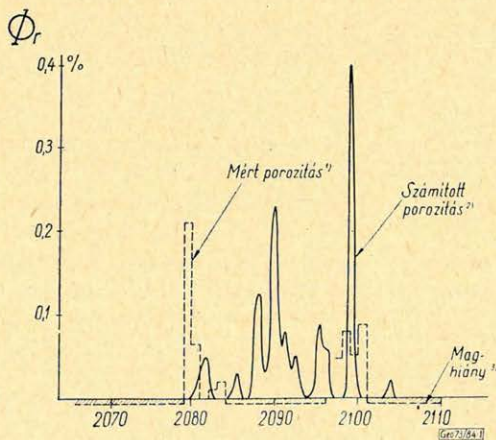
képlet alapján számítható ki, ahol

- $R_m$  = a repedéseket kitöltő folyadék fajlagos ellenállása,
- $R_b$  = a mátrix-porozitású blokkok fajlagos ellenállása és
- $R$  = a laterológ által mért teljes kőzet-ellenállás.

A repedés-kimutatás és -számítás fenti képleten alapuló módszerét Poprádi-i szimpóziumi előadásomban részletesen ismertettem, ezért itt csupán annyit említek meg róla, hogy annak első lépése a laterológ szelvénynek a neutronhoz való logaritmikus hozzátranszformálása olyan szakaszokon, ahol a kőzet teljesen tömött, illetve repedésmentes. A repedésekkel szabdalt helyeken a két görbe elválik egymástól a laterológ görbe csökkenő értékei miatt. Az össze-transzformált görbék közös fajlagos ellenállás-skáláján a laterológ értékek az „ $R$ ”, a neutron értéke az „ $R_b$ ” adatokat adják a tároló minden pontjában.

A módszer valamennyi lépése különösen könnyen és gazdaságosan nyerhető számítógépen. Gyakorlati eredményeink a rétegvizsgálatok tanúsága szerint igen jók. A kijelölt repedezett szakaszok, amelyeken 0,1–0,2%-nál nagyobb repedés-„porozitás” állapítottunk meg, a rétegvizsgálatok 80%-ában adtak beáramlást; igaz, hogy gyakran csak savazás után. Viszont ez a beáramlási százalék nem rosszabb, mint a karottázs módszerekkel homokkövekben elérhető eredmény.

A magvizsgálati eredményekkel való összehasonlítás nehéz volt, mivel a magnyereség a repedezett mészkővekben rendszerint nem teljes, így a mélységi azonosítás csak körülbelüli lehet. Ennek ellenére is bemutatok egy példát (1. ábra).



1. ábra - puc. - Abb.

A folytonos görbe a karottázs módszerrel számított repedés-porozitást, a szaggatott pedig felületi csiszolatokon, kőzetmagokon végzett mérések eredményeit mutatja. A nullavonal alatti sraffozott terület a maghiányos szakaszokat jelzi. Látható, hogy a vizsgált szakaszon jelentős maghiány állapítható meg, amely szinte általános jelenség. Méterenként 10 csiszolatot vesznek és mikroszkóp alatt vizuálisan becsülik a rések vagy üregek által képviselt felület nagyságát és ezt viszonyítják a teljes magfelülethez.

Ahol nincs 10 cm-kénti csiszolat készítésére mód, esetleg egyetlen csiszolaton végzett mérés eredményét vetítik az egész méterre. Nyilvánvaló, hogy ilyen módszerrel, elsősorban a maghiányok miatt, nem kaphatunk olyan jellemző eredményeket a tároló repedezettségre vonatkozóan, mint egy nagyobb térfogatot átfogó és a kút mentén folyamatosan érzékelő karottázs módszerrel. Ennek ellenére, ami a nagyságrendeket illeti, általánosan jó egyezés volt tapasztalható a magvizsgálatok és a karottázs eredményei között. Megállapítható volt, hogy a repedések által képviselt hézagtér nagysága általában néhány tized százalék és területeinken csak ritkán érte el vagy közelítette meg az 1%-ot. A repedés kimutatása mégis rendkívül fontos kérdés, mivel az üregek és likacsok, valamint a kavernák rendszerint a repedéseken keresztül kapcsolódva biztosítják a kút felé történő folyadékáramlás lehetőségét. A karottázs módszerek olcsón és gyorsan megadják ezt az információt, amire a kút lefúrását követő rétegvizsgálatok megtervezésénél nagy szükség van.

A harmadik alapvető geofizikai paraméter a *szónikus idő*, amelyből a kőzet mátrix-porozitására következtetünk. Erre a célra a jól ismert Wyllie-féle időmérés egyenletet használjuk:

$$\Delta t = \Phi_m \Delta t_f + (1 - \Phi_m) \Delta t_f, \quad (2)$$

amelyben a mátrix-porozitást a  $\Phi_m$  jelöli. A kőzetmátrix, vagy kőzetváz idejét a szakirodalomból ismert ellenállás- $\Delta t$  ábrázolás alapján nyerjük. ( $\Delta t_m =$  mátrix-idő.)

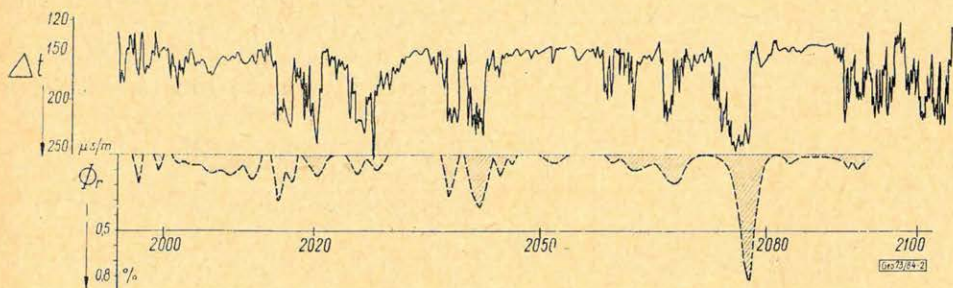
A fenti képlet feltételezi, hogy az alkalmazott hullámfrekvencián a hullámhossz nagyobb a kőzetszemek, illetve kőzetpórusok méreténél. Ugyanis csak ilyen viszonyok mellett tekinthető az anyag egyenletes eloszlásúnak. A kőzetben levő gömb-, vagy ellipszoid alakú hézagok, ha legnagyobb méretük a hullámhossznál kisebb, nem befolyásolják, illetve nem akadályozzák meg azt, hogy a  $\Delta t$ -ből a mátrix-porozitásra következtethessünk.

Ezen megfontolás alapján hézagtér-osztályozásunkban azokat a gömb-, vagy ellipszoid alakú hézagokat nevezzük likacsoknak vagy üregeknek, amelyek legnagyobb mérete a hullámhosszat, azaz kb. 250  $\mu$ -t nem haladja meg. Ez a méret teljesen megegyezik a szakirodalomban gyakran szereplő és az üregek felső határát megadó értékkel, amelyet nyilván nem geofizikai megfontolásokból választottak ekkorának. (L. Choquette, P. E. és Pray, C. L.: Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates, AAPG Bulletin, 1970. febr. 207–250. o.) A hullámhossz kétszeresénél nagyobb hézagokat nevezzük kavernának, amelyekben a mért  $\Delta t$ -érték megközelíti a folyadék sebességét, ha azok nincsenek valamilyen anyaggal kitöltve. Erre elég sok gyakorlati tapasztalatunk van. Érdeemes megjegyezni, hogy a szakirodalomban is kb. 500  $\mu$ -ben adják meg a kavernaméret alsó határát azon az alapon, hogy kb. ekkora fűréséseket már észlelni lehet fűrés közben.

Különösen a repedésekre jellemző tagolt karbonátos szakaszokon a szónikusidő-szelvény a „ciklus-kimaradásnak” (vagy cycle skippingnek) nevezett

jelenség miatt abnormálisan nagy értékeket mutat a szónikus energia erő teljes gyengülése miatt.

Ilyen, elsősorban nyitott repedéseket tartalmazó szakaszon a szónikus szelvény nem a mátrix-porozitást adja, és nehézségek mutatkoznak a másodlagos hézagter nagyságának meghatározásában is. A 2. ábrán erre mutatunk be példát.



2. ábra - puc. - Abb.

A sraffozott szakaszok a repedezett zónákat mutatják a laterológ-neutron kombináció szerint, a felette levő görbe pedig a szónikusidő-szelvényt ábrázolja. Szembetűnő a fenti jelenség.

Az ilyen szakaszokról joggal tételezzük fel, hogy nyitott repedéseket tartalmaznak és ilyenkor mátrix-porozitásul a nem repedezett szakaszon számított értékek átlagát vesszük.

A készletbecslési és tárolómérnöki munkákhoz a teljes porozitáson kívül elsőrendű feladatunk az effektív tárolóteret képviselő másodlagos hézagter megadása. Ugyanis olyan tárolókban, ahol a mátrix-porozitás csupán néhány százalékot tesz ki, az effektív tárolóteret a teljes porozitásnak a mátrix-porozitás feletti része képviseli, tehát ennek megadására kell törekednünk. De e mellett szerepe van a repedezettség mennyiségi jellemzésének is, mivel a produktivitas gyakran ehhez kapcsolódik. Tehát ez a másik paraméter, amit meg kell adnunk.

A számításainknál alkalmazott egyszerűsített modellben a teljes porozitást ( $\Phi_t$ ) a mátrix-porozitás ( $\Phi_b$ ) és a repedések, üregek és likacsok által képviselt másodlagos porozitás ( $\Phi_m$ ) összegeként fogjuk fel:

$$\Phi_t = \Phi_b + \Phi_m. \quad (3)$$

A másodlagos porozitás tehát

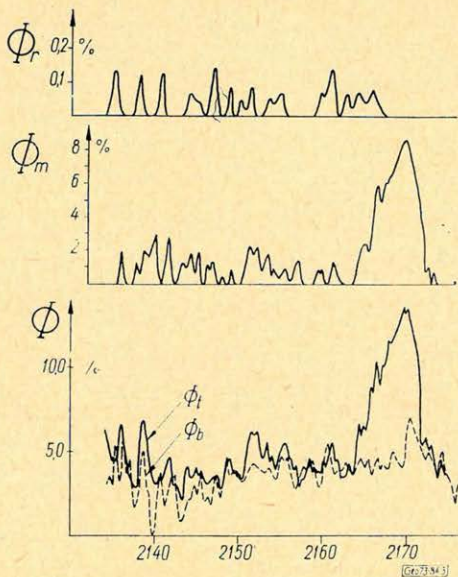
$$\Phi_m = \Phi_v + \Phi_r.$$

Mint említettük, a repedésporozitás rendszerint néhány tized százalék csupán, ezért a munkák során a másodlagos porozitást nem bontjuk szét üreg-és repedés-porozításra, de az utóbbit azért külön is ábrázoljuk.

Az effektív tárolóteret jelentő „másodlagos porozitás nagyságát” a (4.) egyenlet alapján számítjuk ki és ábrázoljuk pontonként a mélység függvényében:

$$\Phi_m = \Phi_t - \Phi_b \quad (4)$$

Egy ilyen munka eredményét látjuk a 3. ábrán.



3. ábra - puc. - Abb.

A legelső sávban azonos porozitás-skálán van ábrázolva a neutronból kapott teljes porozitás ( $\Phi_r$ ) folytonos vonallal és a szónikusból kapott mátrixporozitás ( $\Phi_b$ ) szaggatott vonallal a mélység függvényében. A két görbe különbsége adja az effektív tárolóteret jelentő másodlagos porozitást ( $\Phi_m$ ), amelyet a középső sávban ábrázoltunk az alsó sávval azonos porozitásskála-érzékenységgel. A legfelső sávban a laterológ-neutron módszerrel számított repedésporozitás ( $\Phi_r$ ) látható. Az ilyen görbék alapján a készletbecsléshez szükséges átlagos értékek könnyen meghatározhatók, amelyek a jelen kút esetében a következők:

$$\Phi_1 (\text{átlag}) = 5,1\%$$

$$\Phi_m (\text{átlag}) = 2,3\%$$

$$\Phi_r (\text{átlag}) = 0,05\%$$

Látható, hogy a repedezettség és a másodlagos porozitás között kapcsolat van, ami nem meglepő, hisz az üregek és csatornák a repedések menténi oldás útján jönnek rendszerint létre.

Sok hasonló példát tudnánk bemutatni, illusztrálva azt, hogy a korszerű karottázs-szelvények a tárolókiértékelés számára nehéz karbonátos tárolókban is fontos szerepet tölthetnek be, ha ésszerű megfontolásokon alapuló értelmezési módszerekben használjuk őket a tároló vizsgálatára.

A bemutatott módszerben foglalt számítások egyszerűek ugyan, de pontonkénti alkalmazásuk fáradságos és hibáktól nem mentes. Ezért az ilyen feladatok számítógépi feldolgozásra ösztönöznek.

E cikk egyik célja éppen annak hangsúlyozása lenne, hogy a korszerű módszerek lehetőségeit csak akkor tudjuk a legteljesebben kihasználni, ha számítógépet alkalmazunk. A digitális-szelvény-regisztrálás és a számítógépek alkalmazása a szelvényértelmezésben tehát nem divatos irányzat csupán, hanem reális igény.

## Módszertani vizsgálatok a kétdetektoros gamma-gamma eljárással történő térfogatsúly-meghatározáshoz

ANDRÁSSY LÁSZLÓ – BARÁTH ISTVÁN – DR. SEBESTYÉN KÁROLY

*A dolgozat azokat a vizsgálatokat foglalja össze, melyeket az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben a két szondahosszas gamma-gamma eljárással térfogatsúly-meghatározásra végeztünk.*

*Ismertetésre kerülnek a modellrendszerek, amelyek segítségével az ELGI-ben kifejlesztett három alaptípusú radioaktív szonda térfogatsúly-hűtesítését elvégeztük.*

*Közöljük azokat a mérés technikai paramétereket, amelyeket a modellezés eredményeképpen kaptunk, s amelyek gyakorlati bevezetése a földtani kutatás területén folyamatban van.*

*A 60 – 250 mm átmérőjű fúráásokban a térfogatsúly-meghatározás „in situ” elvégezhető.*

*Gyakorlati példákon mutatjuk be az értelmezési eljárást, az egyes képződményekre kiszámított térfogatsúly-értékek megbízhatóságát elemezzük.*

*Az eljárással kapott térfogatsúly-értékekből porozitást számolunk.*

*В первой части доклада дается обзор основных принципов двухдетекторного метода ГГК. Описываются результаты измерений и вычислений по определению поправок за геологические и технические факторы, влияющие на рассматриваемый метод.*

*Излагаются объекты для градуировки систем зондов РК, разработанных в ЭЛГИ, по общему весу и кривые калибровки для двухдетекторного метода с учетом влияния глинистой корки.*

*В заключение рассматриваются вопросы интерпретации получаемых кривых. Описывается „стандартная ручная” методика определения объемного веса с одной стороны, и излагаются возможности машинной обработки данных, с другой. Для подтверждения применимости метода приводятся примеры интерпретации некоторых фактических кривых.*

*Es wird über Untersuchungen berichtet, die im Geophysikalischen Institut Loránd Eötvös mit der Anwendung des Zweisondenlänge-Gamma-Gamma-Verfahrens auf die Bestimmung des Raumgewichts angestellt wurden.*

*Es werden die Modellsysteme beschrieben, mit Hilfe derer die Raumgewichts-Kalibrierung der im Geophysikalischen Institut Loránd Eötvös entwickelten drei Grundtypen radioaktiver Sonden vorgenommen wurde.*

*Es werden die messtechnischen Parameter gegeben, die sich als Resultat der Modellierung ergeben hatten und derer praktische Einführung in der geologischen Erkundung im Gange ist.*

*In den Bohrungen von 60 – 250 mm Durchmesser kann die Bestimmung des Raumgewichts an Ort und Stelle durchgeführt werden.*

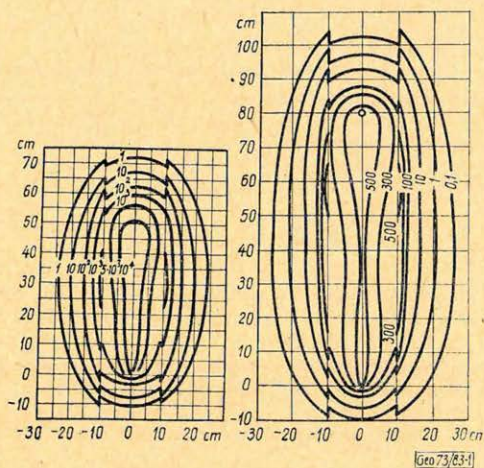
*Das Interpretationsverfahren wird an praktischen Beispielen vorgeführt und die Zuverlässigkeit der für die einzelnen Bildungen berechneten Raumgewichtswerte analysiert. Aus den erhaltenen Raumgewichtswerten wird die Porosität errechnet.*

Dolgozatunk azokat a vizsgálatokat foglalja össze, melyeket a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben a gamma-gamma méréseknek térfogatsúly-meghatározás céljára történő felhasználására végeztünk.

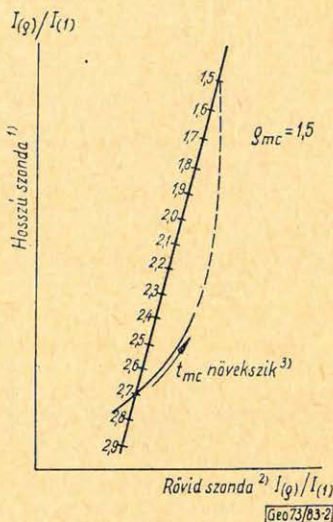
A gamma-gamma eljárásnak térfogatsúly-meghatározásra történő felhasználása igen széles körű irodalommal rendelkezik. A mérések folyamán lejátszódó folyamatokat, a gamma-sugár és a lyukkörnyezetben levő anyag eloszlásának és érintett fizikai állandóinak szerepét elméleti számításokkal és modellezéssel egyaránt részletesen vizsgálták.

Ezekből a vizsgálatokból egyértelműen megállapítható, hogy a szonda közvetlen környezetében elhelyezkedő anyagok eloszlása és térfogatsúlya döntő mértékben befolyásolja a szórt sugárzás intenzitását. A közvetlen környezet hatása túlynyomó a távolabbi környezethez viszonyítva.

Az is megállapítást nyert, hogy a szondahossz növelésével a behatolás mélysége, helyesebben a közvetlen környezetből, illetve a távolabbi környezetből hozott információk aránya utóbbiak javára változik (meghatározott korlátokon belül).



1. ábra – puc. – Abb.



2. ábra – puc. – Abb.

Ezeknek igazolására – inkább csak emlékeztetőül – mutatjuk be *1. ábránkat*, mely a pontszerű sugárforrás által létrehozott szórt sugárzás-eloszlást mutatja, diffúziós egyenlettel történő közelítéssel. Az ábra bal oldalán 50 cm-es, a jobb oldalán 80 cm-es szondahossznak megfelelő eloszlás látható. Az izovonalakra írt számok a szórt sugárzás sűrűségét jelentik. A két különböző szondahossznak megfelelő eloszlásból az látható, hogy a nagyobb szondahossznál a fúrólyuk falának (ez esetben a szonda távolabbi környezetének) a hatása kb. 1 nagyságrenddel megnövekszik a szonda közvetlen környezetét jelentő fúróiszap hatásához viszonyítva. Ez a tény magában hordja a két különböző szondahosszal történő mérés kombinációján keresztül a fúrólyuk környezete hatásának mennyiségi figyelembevételét – különösképpen akkor, ha pl. falhosszorítással és árnyékolással a fúrólyuk és az iszap hatása a mérések folyamán lehetőleg ki van küszöbölve.

Különböző térfogatsúlyú homogén környezetben két különböző szondahosszal mért szórt sugárzás intenzitása kereszt-diagramban ábrázolva meghatározott egyenest ad. Ha a szonda közvetlen környezetében egyébként homogén, meghatározott fajsúlyú és kis vastagságú réteg (iszaplepeny) van, ez az előbbieket különbözőképpen hat a kétféle szondahossz detektoraira, és a mérést reprezentáló pont az előbbi egyenesen kívül helyezkedik el. A térfogatsúlyokat változtatlanul tartva és a kis fajsúlyú réteg vastagságát növelve a pontokat összekötő vonal egy ideig távolodik az egyenestől, majd közeledik

hozzá és metszi abban a pontban, mely a kisebb fajsúlynak megfelel (2. ábra). Ebben az esetben a szonda számára már a kisebb fajsúlyú közeg tekinthető végtelennek.

Ismerve az alap- és a kitérő-görbe menetét, a két látszólagos térfogatsúly mérése alapján a vékony réteg (iszaplepeny) vastagságának és térfogatsúlyának ismerete nélkül visszatérhetünk az alap-egyeneshez és így a réteg tényleges térfogatsúlyához.

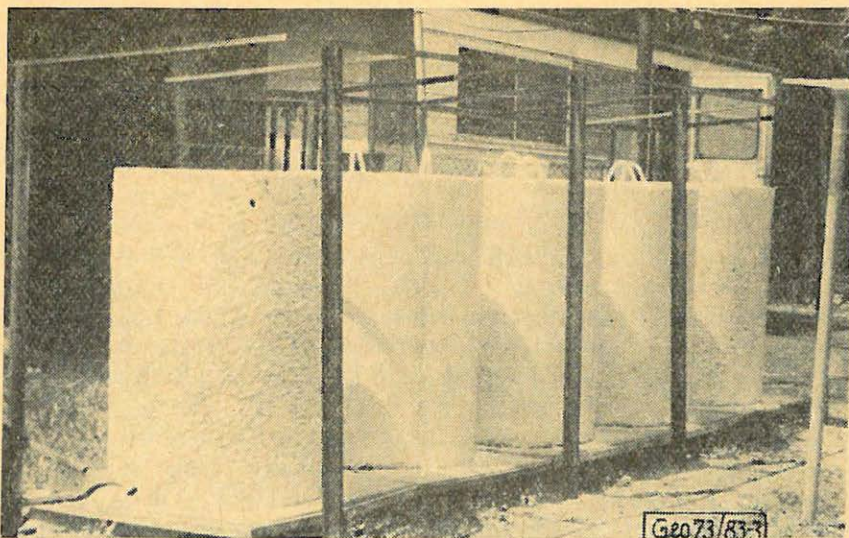
Az alap-egyenes menete és a különböző iszaplepeny-viszonyokat reprezentáló elágazó görbék helyzete és alakja függ a mérőelrendezés geometriai és mérési tulajdonságaitól és csak modellezéssel határozható meg. Erről, valamint a kiértékelés módszeréről később számolunk be.

*Modellmérések az eljárás térfogatsúly-hitelesítésére és a legfontosabb szondajellemzők meghatározására*

A gamma-gamma szelvényekből történő térfogatsúly-meghatározáshoz alapvető feladat a mérőberendezések hitelesítése. A feladat megoldásával kettős célt valósítottunk meg. Egyrészt meghatároztuk azokat a mérés technikai paramétereket (szondahossz, sugárforrás, kollimáció), amelyek nélkül a korszerű gamma-gamma szelvényezés nem valósítható meg, másrészt a hitelesítések elvégzésével grafikus kapcsolatot teremtettünk a mért indikációk és a térfogatsúly között. Ez utóbbi mérések a házi és gépi kiértékelések alapjai.

A hitelesítő mérések elvégzéséhez az ELGI modell-telepén két különböző átmérőjű ( $d = 86 \text{ mm}$  és  $d = 214 \text{ mm}$ ), öt-öt elemből álló térfogatsúly-etalonsort hoztunk létre. Az etalonsor méretezésének főbb szempontjai:

a) Az etalonsor egyes elemei azonos geometriai méretekkel rendelkeznek, figyelemmel a gammasugár-szórás és -abszorpció által megszabott fűrőlyuk-geometria mellett ideális feltételekre. Henger alakúak, átmérőjük  $800 \text{ mm}$ , magasságuk pedig  $1200 \text{ mm}$  (3. ábra). Ezek a méretek még a legkeményebb gamma-sugárzás és legkisebb térfogatsúly mellett is biztosítják, hogy a modell gyakorlatilag végtelen rétegnek felel meg.



3. ábra — puc. — Abb.

b) Az etalonsor egyes elemei különböző térfogatsúlyúak és átfogják a karottázs mérések gyakorlatában előforduló közettípusok (szén, homok, agyag, karbonát) tartományát.

Az 1. táblázatban az etalonsor térfogatsúly-értékeit foglaljuk össze.

1. táblázat – таблица – Tabelle

d = 86 mm	d = 214 mm
1,36	2,15
1,59	2,38
1,98	2,55
2,34	2,66
2,70	2,94

Az etalonsor hatodik eleme az egységnyi sűrűségűnek felvett víz-etalon. A megépített etalonsor első hasznosításaként kísérleti mérésekkel meghatároztuk a legfontosabb szondajellemzőket, amelyekkel a kialakítandó mérési eljárás a legnagyobb térfogatsúly-érzékenységet adta.

A mérések az alábbi szondajellemzőkre terjedtek ki:

- Rövid és hosszú szonda mérete;
- az alkalmazott sugárforrás erőssége és milyensége;
- a kollimáció és árnyékolás mértéke.

a) A rövid szonda  $a_r$  és hosszú szonda  $a_h$  méretének meghatározása céljából különböző hosszúságú szondákkal végeztünk az etalonsorban méréseket. A 4. ábrán a térfogatsúly ( $\rho_b$ ) és a mért beütésszámok normált értékeit  $\left( \frac{N}{N(\rho_b = 1)} \right)$  a szondahossz függvényében ábrázoltuk  $Cs^{137}$  7,23 mCi-s sugárforrásra. Az ábra alapján megállapítható, hogy a görbék meredeksége a nagyobb szondahosszak irányában megnő, azaz növekszik az eljárás térfogatsúly-érzékenysége. Ez az eredmény egybevág az 1. ábra elméleti úton nyert adataival. A diagram alapján a rövid szonda hossza  $a_r = 20$  cm, a nagyobb szondáé  $a_h = 50$  cm, a hosszú és rövid szondák aránya  $\frac{a_h}{a_r} = \frac{50}{20} = 2,5$ , amely igen jól egyezik az irodalomban közölt számértékekkel.

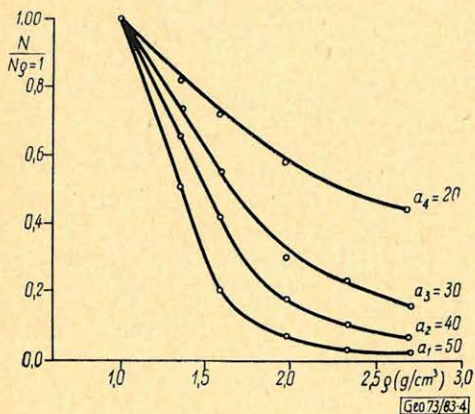
b) A méréseknél használandó sugárforrás erőssége, a detektorcsoportok érzékenysége és a szondahosszak kényszerkapcsolatban vannak egymással. Bármelyik módosítása visszahat a másik két jellemzőre. Az ELGI-ben jelenleg a két-detektoros gamma-gamma eljárás hitelesítési és értelmezési módszertanát két különböző típusú (KRG-2-120-60 és KRG-2-200-85) radioaktív berendezésre dolgoztuk ki.

A KRG-2-120-60 típusú radioaktív berendezés 60 mm átmérőjű, 120 °C hőmérsékletig működtethető. A detektálást egymás felett elhelyezett – az ELGI-ben kifejlesztett – 4–4 különböző GM csőből álló kötegekkel oldottuk meg. A radioaktív berendezés rugóval ellátott, az izotóp az iszap felé árnyékol.

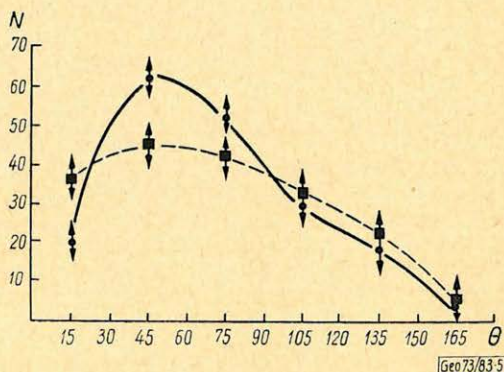


A KRG-2-200-85 típusú radioaktív berendezés 85 mm átmérőjű, 200 °C hőmérsékletig működtethető. A detektálás 6 db és 1 db SZBM-13 típusú GM cső alkalmazásával történik.

Mind a GM csövek típuskülönbsége, mind a GM csövek csatornánkénti számának változtatása a rövid és hosszú szondák gamma-sugár érzékenységkülönbségének növelését célozza.



4. ábra – puc. – Abb.



5. ábra – puc. – Abb.

c) A szonda térfogatsúly-érzékenysége a sugárforrás és a detektorok kollimációs szögének helyes megválasztásával és a detektorok iszap felé történő árnyékolásával növelhető. A sugárforrás kollimációs szögének kialakításánál irodalmi adatokra támaszkodtunk. Gulin és Ponyatev szerint [2] a kollimációs szög optimális értéke az 50–60° intervallumba esik. Az 5. ábrán látható diagramot a szerzők elméleti úton nyerték. A diagram függőleges tengelyén a számított beütésszámok ( $N$ ), a vízszintes tengelyén a  $\theta$  kollimációs szögek láthatók. A görbék paramétere az iszaplepeny vastagsága (folytonos görbe  $t_{mc} = 1$  cm; szaggatott görbe  $t_{mc} = 3$  cm). A szelvényezés gyakorlatában előforduló iszaplepeny-vastagságokra ( $t_{mc} = 1-3$  cm) a diagram alapján  $\theta = 60^\circ$ -os kollimációs szöveget fogadtunk el és alkalmaztunk.

Az iszapon való szóródásból származó sugárzás kizárására a KRG-2-200-85 típusú berendezés rövid szondájának GM csövet részben ólomárnyékolással vettük körül. Ez a rövid szonda felbontóképeségének növekedését eredményezi.

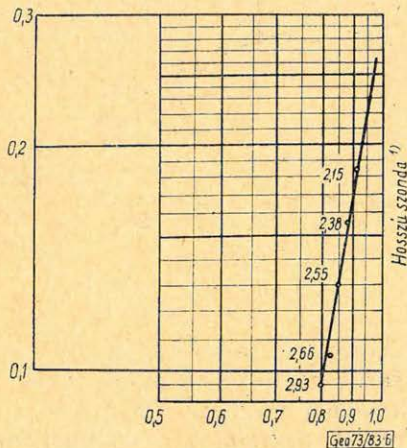
A fentiekben leírt mérés technikai paraméterek ismeretében a radioaktív berendezések térfogatsúlyra történő hitelesítése elvégezhető. A mérési eredmények feldolgozásának módszerét (az itt részleteiben nem közölt) 2. táblázat fejléce mutatja.

2. táblázat – маатлуга – Tabelle

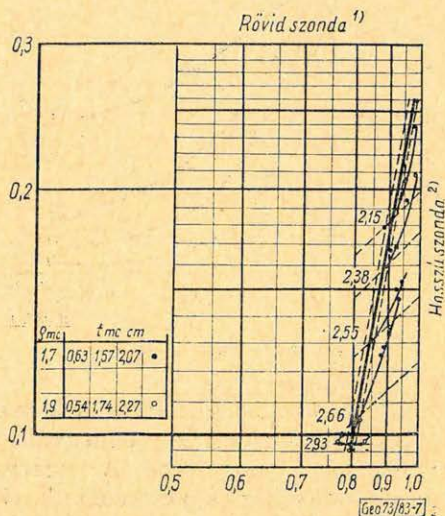
b g/cm <sup>3</sup>	$a_r = 20$ cm					$a_h = 50$ cm				
	$T_r$ cpm	$N_r$ cpm	$\pm r$ cpm	$N_r - T_r$ cpm	$\frac{N_r - T_r}{(N_v)_r} \pm a_r$	$T_h$ cpm	$N_h$ cpm	$\pm h$ cpm	$N_h - T_h$ cpm	$\frac{N_h - T_h}{(N_v)_h} \pm a_h$

A háttérmentes beütésszámok víz normált értékeit kettős logaritmusos koordináta rendszerben ábrázoljuk oly módon, hogy a vízszintes tengelyre a  $\frac{N_r - T_r}{(N_v)_r}$ , a függőleges tengelyre pedig az  $\frac{N_h - T_h}{(N_v)_h}$  értékek kerüljenek. Az előzőekben említett berendezések hitelesítő diagramjait a 6. és 7. ábrán mutatjuk be. Az ábrákon látható egyenesek egyes pontjait a víz és az etalonok  $\rho_b$  térfogatsúly-értékei határozzák meg.

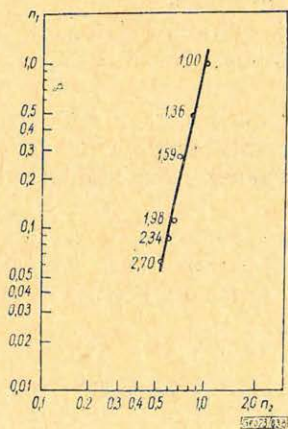
A gamma-gamma szelvényezéskor mért indikációk nagyságát lényegesen befolyásolja az izzaplepeny jelenléte.



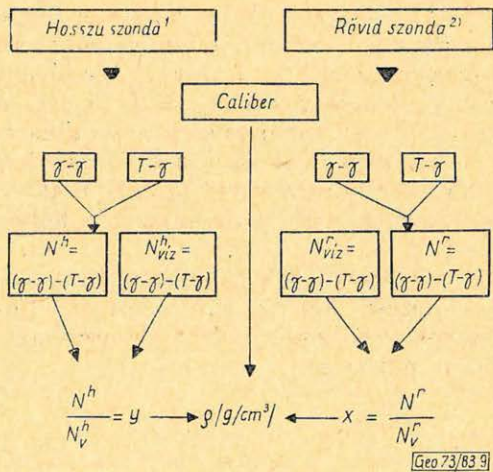
6. ábra – puc. – Abb.



7. ábra – puc. – Abb.



8. ábra – puc. – Abb.



9. ábra – puc. – Abb.

Az izzaplepeny-hatás kiküszöbölésére és korrekcióba vételére a legkorszerűbb lehetőséget a kétdetektoros gamma-gamma eljárás biztosítja. Erre

utalunk 2. ábránkon. Az ott elvileg vázolt alaphitelesítési egyenest és az elágazó – iszaplepeny-hatást képviselő – görbét gyakorlatilag kimértük és az elágazó görbesereget a modellmérések eredményeiből megszerkesztettük. Az iszaplepenyek modellezését speciálisan erre a célra készített különböző falvastagságú és sűrűségű teleszkopikus „műanyag-csőrendszer” segítségével oldottuk meg. A mesterséges iszaplepenyekkel végzett méréseink eredményeit a 8. ábrán tüntetjük fel. A görbesereg ismerete többletinformációt ad az iszaplepeny-paraméterekre is. Előfordul, hogy a mesterséges iszaplepeny-paraméterektől eltérő iszaplepenyekkel találkozunk, ilyenkor a későbbiekben ismertetésre kerülő eljárásokkal vesszük korrekcióba az iszaplepeny hatását.

### *A gamma-gamma szelvények értelmezése*

Az értelmezést két szempont szerint végezhetjük el, amennyiben néhány pont, vagy szakasz (pl. széntelepek, vagy víztároló rétegek stb.) térfogatsúlyértékére van szükség (illetve a belőle számított porozitásra), vagy a teljes fúrási szelvényt akarjuk feldolgozni meghatározott (pl. 20 cm) mintavételezés szerint. Az előbbi akár terepen is elvégezhető, az utóbbi igen munkaigényes, s gyakorlatilag számítógép alkalmazását teszi szükségessé. Akármelyik elgondolás kap teret, kiinduló adatként ugyanazokra van szükség.

Ezek:

- a) hosszú szondával mért gamma-gamma szelvény, term. gamma szelvény;
- b) rövid szondával ugyanazok, mint a)-nál;
- c) az adott szondatípusra modellezéssel meghatározott hitelesítő egyenes, amely az iszaplepeny hatását figyelembe vevő eltérési görbesereggel együtt az általános esetet (8. ábra);
- d) bőség- (caliber) szelvény;
- e) fúrás műszaki adatok (nominális fúrási átmérők, iszapfajsúly, iszapösszetétel – baritos vagy nem, az iszap % -os barittartalma).

A fenti paraméterek mérési pontosságával szemben támasztott követelményektől eltekintünk, mivel leírásukkal több helyen [1] foglalkozunk. Egyre hívjuk fel csak a figyelmet. Nem kavernásodott, kvázi-homogén, legalább két métert meghaladó vastagságú réteg alap- és megismételt felvétele közötti különbség nem haladhatja meg a 3%-ot, de rossz, egyenetlen fúróluk-palást esetén 5% megengedhető. Az értelmezés mechanizmusát a 9. ábra szemlélteti.

Attól függően, hogy az értelmezendő  $P(x, y)$  koordinátájú pont hová esik a hitelesítő egyenes  $x, y$  koordinátájú rendszerében, az értelmezést két különböző módon végezhetjük el:

a) amennyiben a  $P(x, y)$  távolsága ( $d$ ) a hitelesítő egyenestől kisebb, mint  $\delta$ , akkor a  $\operatorname{tg} \alpha = 1$ , azaz  $45^\circ$ -os egyenest fektetjük át a  $P(x, y)$  ponton. Ennek a hitelesítő egyenessel adott metszéspontja a  $\rho_b$  értéket adja.

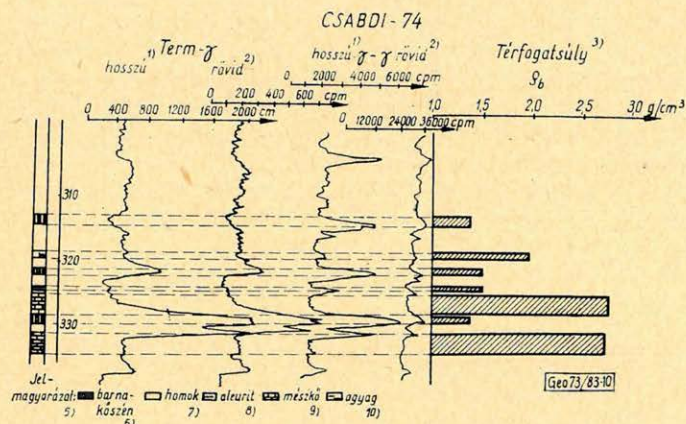
b) ha  $d > \delta$ , akkor a pont az ábrán jelölt  $2\delta$  szélességű sávon kívül helyezkedik el. Megnézzük, hogy az értelmezendő  $P(x, y)$  pont melyik iszaplepeny-eltérési görbéhez esik közelebb, s azzal párhuzamosan hozzuk le a hitelesítő egyenesre, ahol leolvasható a  $\rho_b$  értéke.

Az a) iszaplepeny nélküli, a b) iszaplepenyes esetet képvisel. E két esetnek azonban más magyarázata is lehet. Erről később.

A  $\delta$  tapasztalati érték. Függ:

- az alkalmazott szondatípustól;
- a fúróluk falának egyenetlenségétől;
- a mérés és hitelesítés (modellezés) összehibájától. Meghatározása a következőképpen történik. Azoknak az értelmezendő pontoknak a szórását vizsgáljuk, amelyeket vastag, homogén, nem porózus, vagy kis porozitású képződményekkel szembeni leolvasásokból kapunk. Az értelmezendő pontok átlageltérését a hitelesítő egyenestől  $\delta$ -nak fogadjuk el.

„ $\delta$ ” modellezéssel is meghatározható, gyakorlatilag kb. 3–4 mm iszaplepeny-vastagság hatásának felel meg.



10. ábra – puc. – Abb.

Az ismertetett kiértékelési eljárással a Csabdi-74. sz. fúrás 10. ábra feldolgozását mutatjuk be, amit táblázatosan közlünk (3. táblázat).

3. táblázat – таблица – Tabelle

Sor- szám	R é t e g	Mélység m	Vas- tag- sá- g m	Rövid szonda			Hosszú szonda			Térfo- gat- sú- ly g/cm <sup>3</sup>
				5	6	7	8	9	10	
1	Mészkő . . . . .	331 – 333	2,0	210	26,270	0,563	523	1,252	0,063	2,70
2	Barnaköszén ..	328 – 329,5	1,5	742	34,654	0,733	2,252	6,817	0,386	1,38
3	Barnaköszén ..	321 – 321,9	0,95	366	34,096	0,728	1,030	4,730	0,321	1,49
								K = 1,2		
4	Mészmárga, mészkő . . . . .	324,9 – 329,4	1,5	140	28,506	0,616	349	1,043	0,060	2,73
5	Barnaköszén, agyag . . . . .	324 – 324,5	0,5	140	31,860	0,685	366	2,782	0,282	1,52
								K = 1,33516		
6	Homokos aleurit . . . . .	318,5 – 319,5	1,0	227	32,419	0,696	523	1,948	0,123	1,96
7	Barnaköszén ..	313 – 314,5	1,5	122	35,213	0,750	350	4,870	0,392	1,38
8	Aleurit agyagmárga .	295 – 298	3,0	205	34,654	0,764	436	2,295	0,161	1,84
9	Víz . . . . .			142	46,393	1	300	11,816	1	1,00

A kapott térfogatsúlyok megbízhatósága növelhető a kavernásodott szakaszoknak a számításból történő kihagyásával. A rövid szonda indikációjának lényeges megnövekedése, melyet kifejezetten nem követ a hosszú szonda színtje, megbízhatóan mutatja a kavernásodott szakaszokat. Különösen kavernagyánúsak azok a lyukszakaszok, ahol

$$Q_{ar} \approx Q_{ah} \approx Q_m.$$

A kapott sűrűségértékek, valamint a Belocerkovec-féle formula segítségével kiszámítjuk az átlag behatolási mélységet:

$$l_{\text{behatolás}} = \frac{16,6}{Q_a} + 0,166 \cdot a_{\text{szonda}}$$

Esetünkben  $a_{\text{szonda}} = 20$  és  $50$  cm,  $Q_a$  az értelmezés eredményeképpen kapott látszólagos sűrűség-érték (térfogatsúly)  $g/cm^3$ -ban,  $l_{\text{behatolás}}$ -t cm-ben kapjuk.

Ha a kavernamérés értékeit összehasonlítjuk az  $l_{\text{behatolás}}$  értékével, jó képet kapunk az adat megbízhatóságáról.

Az értelmezés során előfordulhat, hogy olyan fúrólýukszakaszon is „iszaplepény” jelentkezik, ahol valószínűleg nincs (pl. tömör kőzet, mészkő stb.). Feltehető, hogy ezt a hatást a lyukfal egyenetlensége, esetleg nem megfelelő falhozszorítás miatt létrejött „elállás” okozza. Ilyenképpen egy „látszólagos iszaplepény” hatása érvényesül.

A teljes fúrési szelvény feldolgozása sűrűség ( $Q_b$ ) és porozitás ( $\Phi_D$ ) szempontjából, mint már említettük, feltétlen számítógépet igényel.

Különösen így van, ha több fúrás ilyenértelmű részletes feldolgozását kívánjuk elvégezni.

A gépi feldolgozás programrendszere MINSZK-32-es számítógépre készült el.

Főbb mozzanatait és lényegét a következőkben foglaljuk össze:

a) Az etalonsűrűség  $P_i(x_i, y_i)$  pontjainak értékeit logaritmáljuk, majd gépi úton kiegyenlítjük a legkisebb négyzetek elvének felhasználásával;

$$F(A, B) = \sum_{i=1}^6 (AX_i + B - y_i)^2 = \min.$$

$$\frac{\partial F(A, B)}{\partial A} = 0; \quad \frac{\partial F(A, B)}{\partial B} = 0.$$

Az így kapott kiegyenlített egyenest a  $P_i(x'_i, y'_i)_i = 1-6$  korrigált pontok képviselik.

b) Az értelmezendő pont  $P_r(x_r, y_r)$  távolságát a kiegyenlített egyenestől a Hesse-féle normál alak felhasználásával határozzuk meg:

$$\frac{A}{R} \cdot x + \frac{B}{R} \cdot y + \frac{C}{R} = f(x, y) = d,$$

ahol  $R$  – a két szélső etalonpont közötti távolság.

Ha  $\left| \frac{A}{R} x + \frac{B}{R} y + \frac{C}{R} \right| - \delta \leq 0$ , akkor a program meghatározza a  $P_r(x_r, y_r)$  ponton átmenő  $45^\circ$ -os egyenes metszéspontját a  $P_M(x_M, y_M)$ -t a hitele-

sító egyenessel. Ennek a pontnak a  $P_1(x_1, y_1)$ -től való távolságát ( $r$ ) meghatározzuk:

$$r = \sqrt{(x_1 - x_M)^2 + (y_1 - y_M)^2} .$$

Ha a  $0 \leq r \leq R$  feltétel teljesül, akkor a  $P_M(x_M, y_M)$  metszéspontnak megfelelő  $\varrho_M$  érték ( $r_i, \varrho_i$ )-táblázat segítségével kiértékelhető.

c) Ha  $d > \delta$  áll fenn, akkor az iszapleplenyes függvény felhasználásával térháló-értelmű általános interpolációt végzünk.

A paraméter-szalag szerkezete a fentieknek megfelelően módosul. Az eredményt *AUTY-128*-on kinyomtatjuk, vagy *NO-24* karottázás-plotteren ábrázoljuk.

A dolgozatban ismertetett hitelesítő és értelmezési eljárás, napjainkban a kísérleti stádiumon túljutva, az iparban kerül bevezetésre.

Reméljük az ipari alkalmazás, a térfogatsúly rutinszerű meghatározása, újabb fontos közetfizikai paraméterrel szolgál a szelvényt értelmező szakembereknek.

#### IRODALOM

- [1] *Andrássy László – Baráth István*: Általános módszertani útmutató a gamma-gamma (sűrűség) eljárás szelvény kiértékeléséhez. 1972. Intézeti Jelentés.
- [2] *Ju. A. Gulin, G. I. Ponyatov*: Rezultatü matematičeszkovo modelirovanyija gamma-gamma karotázsa dlja uszlovij neftyanüh szkvazsin. *Jadernaja Geofizika*, Trudü VNIIJAGG No 7. Moszkva, Nyedra 1969.
- [3] *Ju. A. Belocerkevce*: O glubinnosztyi gamma-gamma karotazsa. *Prikladnaja Geofizika*, vüp. 36. Moszkva, Gosztoptehizdat 1963.
- [4] *Tatár János*: Kísérleti gamma-gamma vizsgálatok kiértékelése a Pécs-21-es fúrás szelvényei alapján. Intézeti Jelentés. 1962.
- [5] *V. A. Arcübasev, G. A. Ivanjukovics*: Szvjaz mezsdü konztrukcijej u szvojsztvami zondov v gamma-gamma karotazse. *Jadernaja geofizika*, Trudü VNIIJAGG No 9, Moszkva, Nyedra 1971.
- [6] *I. I. Feldman, A. M. Blumencev, V. F. Karanikolo*: Iszledovanyije zondovovo usztrojsztva apparatus DRSZT-2 dlja provegyenyija plotnosztnovü gamma-gamma karotazsa. *Jadernaja geofizika*, Trudü VNIIJAGG No9. Moszkva, Nyedra 1971.
- [7] *Schlumberger*, Log Interpretation Principles 1969.
- [8] *Barlai Zoltán*: Fúrólukban végzett geofizikai vizsgálatok speciális problémái. II. kötet NIM Műszaki Fordító Iroda. Budapest, 1971.
- [9] *J. S. Wahl, J. Tittman, C. W. Johnstone, R. P. Alger*: The Dual Spacing Formation Density Log, *Jour. Petr. Techn.* 1964. dec. p. 1411 – 1416.

# A bauxit szilícium-, vas- és karbonát-tartalmának hatása a karottázsmérések alapját képező fizikai paraméterekre

EGERSZEGI PÁL

*A bauxit alumínium-tartalmára jelenleg folytonos energiaspektrummal rendelkező neutronforrásokkal történő aktiválásából következtetnek. Az így meghatározott aktivációs gamma érték folyadékkal töltött fúróluk esetében jó közelítéssel arányos az alumínium-tartalommal. A bauxit ipari felhasználhatósága azonban nagyon nagy mértékben függ az összetanyaghoz kötött szilícium-, valamint mészkőhöz és dolomíthoz kötött karbonát-tartalomtól. Ezeknek meghatározása ugyanúgy fontos, mint az alumíniumé.*

*A cikk az eddigi karottázsmérésekre alapozva foglalkozik a szilícium- és karbonát-tartalommal a fajlagos ellenállásra, természetes radioaktivításra és térfogatsúlyra gyakorolt hatásával, illetve a szilícium- és karbonát-tartalom karottázsmérésekből való meghatározási lehetőségével.*

*Miután a térfogatsúly szempontjából a vasnak fontos szerepe van, így a cikk a vastartalom hatásával is foglalkozik.*

*В настоящее время о содержании алюминия в бокситах можно судить по активации источниками нейтронов, имеющими непрерывный спектр энергии. Определенная таким образом величина активационного гамма-излучения, при скважине, заполненной жидкостью с хорошим приближением пропорциональна содержанию алюминия. Однако, возможность промышленного использования бокситов в значительной мере зависит от содержания в них кремния, связанного с веществом толщи, а также от содержания в них карбоната, приурочивающегося к известнякам и доломитам. Определение этих составляющих настолько же важно, как определение алюминия.*

*В докладе рассматривается влияние содержания кремния и алюминия на удельное сопротивление, естественную радиоактивность и на объемный вес и анализируются возможности определения содержания кремния и карбоната по каротажным данным.*

*Поскольку с точки зрения объемного веса железоз имеет большое значение, в докладе также рассматривается влияние содержания железа.*

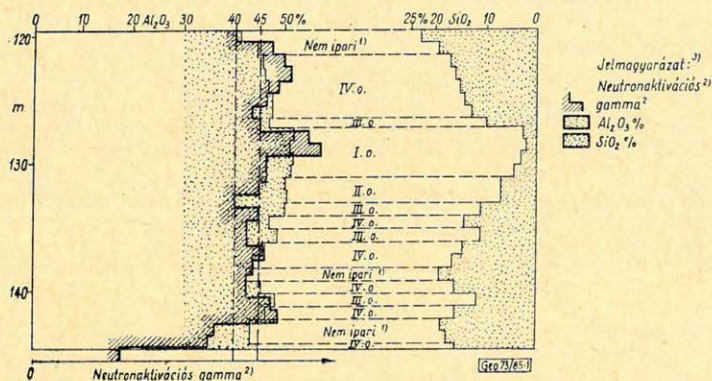
*Heutzutage wird auf den Aluminium-Gehalt des Bauxits aus der Aktivierung mit Neutronquellen von kontinuierlichem Energie-Spektrum gefolgert. Der so bestimmte Aktivations-Gamma-Wert ist im Falle von flüssigkeitsgefüllten Bohrlöchern mit guter Annäherung dem Aluminium-Gehalt proportional. Aber die industrielle Verwendbarkeit des Bauxits hängt in bedeutenden Masse auch von dem — materialgebundenen — Silizium-Gehalt, sowie dem — kalkstein- und dolomitgebundenen — Karbonatgehalt ab. Es ist daher von Wichtigkeit, dass auch diese bestimmt werden sollen.*

*Im Aufsatz wird — auf Grund der bisherigen Karottage Messungen — der Einfluss des Silizium- und Karbonat-Gehalts auf den spezifischen Widerstand, auf die natürliche Radioaktivität und auf das Raumgewicht, bzw. die Möglichkeit der Bestimmung des Silizium- und Karbonat-Gehalts aus den Karottage-Messungen behandelt.*

*Da das Eisen aus dem Gesichtspunkt des Raumgewichts eine wichtige Rolle spielt, so wird im Aufsatz auch der Einfluss des Eisen-Inhalts untersucht.*

Nyersanyagkutatásnál a karottázsmérésekkel kettős célt kell elérni: kimutatni a haszonanyag vastagságát és ezen belül a lehető legpontosabban mérni azt. Az első cél eléréséhez olyan fizikai paramétert kell választani, ami nagymértékben eltér az ágyazó kőzetek fizikai paramétereitől. Bauxit-összetétel esetében természetesen ez az alumínium-tartalom, amire jellemző értéket a termikus neutronnal történő aktiválás szolgáltat. Kisegítő paraméterként szolgálhat a fajlagos ellenállás, természetes radioaktivitás, térfogatsúly és hidrogén-koncentráció.

A bauxit minősítéséhez azonban messzemenően nem elég az alumínium-tartalmat meghatározni, miután az alumínium és szilícium együttes mennyisége szab határt az iparilag felhasználható bauxitnak. Ugyanis igaz, hogy 40%  $Al_2O_3$  tartalom az ipari bauxit alsó határa, de ennél magasabb  $Al_2O_3$ -nál is előfordul, hogy 15%-nál magasabb az  $SiO_2$ -tartalom, ami ipari felhasználásra alkalmatlanná teszi a bauxitot. Ugyancsak iparilag alkalmatlanná válik a bauxit, ha a  $CaO + MgO$ -tartalom 2% fölé emelkedik még magas alumínium-tartalom mellett is. Az 1. ábra, mely egy bauxitkutató fúrás bauxitösszletén belül az alumí-



1. ábra – puc. – Abb.

nium- és szilícium-tartalom, illetve a neutronaktivációs-gamma változását mutatja be, jól szemlélteti az elmondottakat. A neutronaktivációs gamma-érték átlagosan megfelel a magas alumínium-tartalomnak, de változása nem jellemző a bauxit minőség-változására. A minőség-változást elsősorban a szilícium-tartalom változása idézi elő.

Miután a Magyarországon jelenleg alkalmazott neutronforrások nem teszik lehetővé, hogy a szilícium-, kalcium- és magnézium-tartalmat aktiválással meghatározhassuk, meg kell vizsgálni, hogy a többi számításba jöhető fizikai paraméterre milyen hatással van ezeknek a változása.

### Fajlagos ellenállás

A bauxit szilícium-tartalma általában agyaghoz, míg a kalcium- és magnézium-tartalom karbonátokhoz kötött. Ezek szerint tehát az agyag- és karbonát-tartalom ellenállásmódosító szerepét kell megvizsgálni, figyelembe véve a vasásványok (hematit, pirit) szerepét is. Ezen kívül összehasonlításként a közvetlen fedő és fekvő fajlagos ellenállását is figyelembe kell venni.

Irodalmi- és karottászatok alapján az egyes kőzettípusok és a vasásványok fajlagos ellenállását az 1. táblázaton láthatjuk.

A táblázatból jól látható, hogy a karbonát-tartalom nagymértékben növeli a fajlagos ellenállást, miután ez rendszerint a kőzetben levő vezető elektrolit mennyiségének csökkenésével jár együtt.

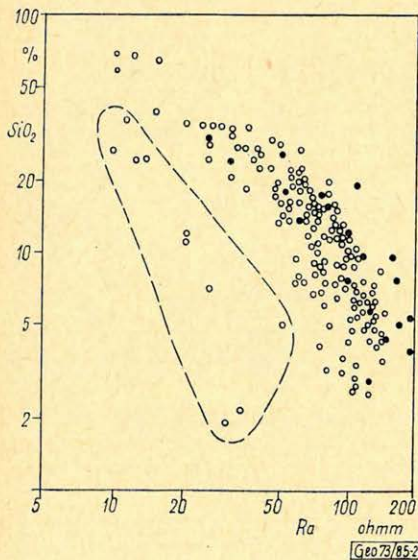
A vasásványok nagymértékben lecsökkenthetik a bauxit fajlagos ellenállását, ha fémes összeköttetés van a szemcsék között. Hematitnál ez az ellenálláscsökkentő hatás nem lép fel, miután ez egyenletesen elszórt szubmikroszkópos szemcsékben van jelen, sőt kismértékben növelheti a fajlagos ellenállást a fém és elektrolit közötti átmeneti ellenállás, vagy a pórustérfogat csökkentése



Kőzet – Горная порода – Gestein	Fajlagos ellenállás Удельное сопротивление Spezifischer Widerstand ohmm
Agyag – Глина – Ton	2 – 20
Agyagmárga – Глинистый мергель – Tonmergel	5 – 30
Márga – Мергель – Mergel	10 – 60
Mész márga – Карбонатный мергель – Kalkmergel	20 – 200
Mész kő, dolomit – Известняк, доломит – Kalkstein, Dolomit	100 – 5000
Bauxit – Боксит – Bauxit	30 – 200
Barna kőszén – Бурый уголь – Braunkohle	50 – 1000
Ásvány – Минерал – Mineral	
Hematit – Гематит – Hämatit	$10^{-2}$ – $10^{-1}$
Pirit – Пирит – Pyrit	$10^{-4}$ – $10^{-3}$

miatt. A pirit nagyobb szemcsékben is feldúsulhat, ami lehetővé teszi már az ellenállás csökkentését.

Miután elméleti megfontolások és a karottázmérések gyakorlati tapasztalatai alapján a fajlagos ellenállás változására legnagyobb hatással a szilíciumtartalom változása van, megvizsgáltuk az ország különböző területein végzett mérésekből a szilíciumtartalom és a fajlagos ellenállás közötti összefüggést. A 2. ábra szemlélteti kétszeres logaritmikusan az  $SiO_2$  % és a 10 cm-es potenciál-szondával mért látszólagos fajlagos ellenállás közötti összefüggést.



2. ábra – рис. – Abb.

A jó vertikális felbontás végett választottuk a 10 cm-es potenciál-szondával mért értéket. A valódi fajlagos ellenállás ennél mindig nagyobb. Két típusra választható szét fajlagos ellenállás szerint a bauxit: a kis fajlagos ellenállású, a Magyar Középhegységtől DK-re eső bauxitok (bekerített pontok) és a nagy fajlagos ellenállású, a Magyar Középhegységtől ÉK-re fekvő bauxitok. A tömör pontok, melyek az átlagnál nagyobb értéket mutatnak, olyan min-ták, amelyeknél a  $CaO + MgO$ -tartalom nagyobb, mint 10%.

Az eredmények alapján a nagy fajlagos ellenállású bauxitok három komponensből összetettnek foghatók fel: 35–40% vezető elektrolitot tartalmazó agyag, 15–20% vezető elektrolitot tartalmazó bauxitásványok és ~0% vezető elektrolitot tartalmazó hematit és karbonát. Ennek megfelelően általában az azonos szilícium-

cium-tartalomhoz tartozó bauxitoknál az alumínium-tartalom növekedésével csökken a fajlagos ellenállás.

### Térfogatsúly

Irodalmi adatok alapján jól kimutatható sűrűség-különbség van a bauxit-agyag és a karbonátok, illetve hematit között. Ennek megfelelően három komponensre vizsgáljuk a bauxitösszletet:

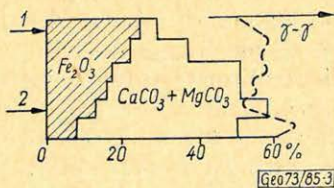
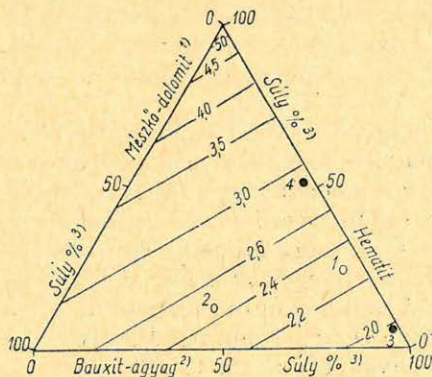
a) Bauxit- és agyagásványok a hozzájuk tartozó kristályvízzel, tapadó vízzel és a pórusokat kitöltő vízzel együtt. Ennek térfogatsúlya  $1,9 \text{ g/cm}^3$  körüli.

b) Hematit (a kisebb mennyiségben jelenlevő egyéb nehézasványokkal együtt). A hematit sűrűsége  $5,25 \text{ g/cm}^3$ .

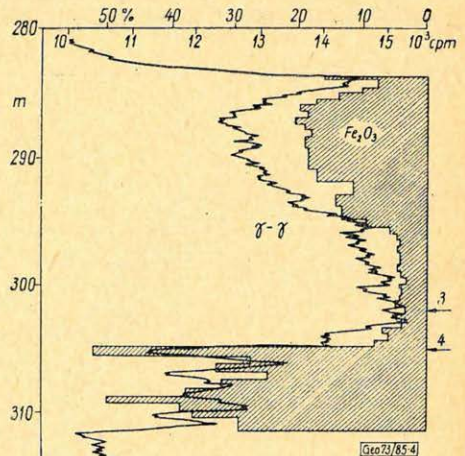
c)  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ . A két ásvány átlagsűrűsége  $2,8 \text{ g/cm}^3$ .

Ezekből az adatokból egy elvi háromszög-diagram szerkeszthető meg, mely kvalitatívnak tekinthető csak és a hematit-, valamint a karbonát-tartalom térfogatsúlyra gyakorolt hatását szemlélteti (3. ábra). Az ábra alján egy dolomitörmelékes bauxitösszletben felvett gamma-gamma görbe látható a hematit- és karbonát-tartalom feltüntetésével. Látható, hogy a 2. pontban az igen magas karbonát-tartalom ellenére a térfogatsúly alig emelkedik a hematit-tartalom lecsökkenése miatt. A két pontot a háromszög-diagramban is feltüntettük. A 3. és 4. pont olyan bauxitösszlet mintája, melyben a karbonát-tartalom minimális, viszont a vas erősen feldúsul a 4. pontban, ami erősen megnövelte a térfogatsúlyt. A 4. ábra ennek a bauxitösszletnek a gamma-gamma szelvényét mutatja be a hematit-tartalom feltüntetésével.

A bauxitösszleten belül tehát a vas- és nehézasvány-tartalom változása befolyásolja elsősorban a térfogatsúly változását.



3. ábra - puc. - Abb.

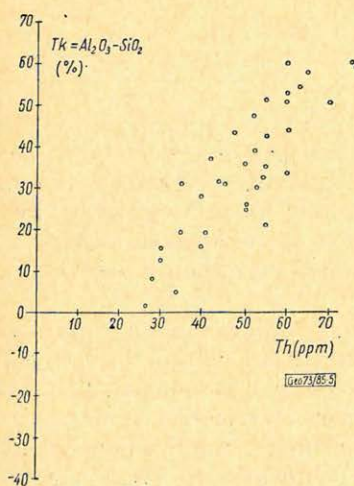


4. ábra - puc. - Abb.

Laboratóriumi vizsgálatok alapján urán és tórium dúsulása okozza a bauxitban mérhető aránylag magas természetes aktivitást. A 2. táblázat összehasonlítást tesz néhány magyarországi bauxitelőfordulás radioaktív izotóptartalma és egyes nem radioaktív kőzetek clarkja között. A táblázat értékeiből kitűnik, hogy a tórium minden esetben, de egyes bauxitoknál az urán is feldúsul.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Kőzet – Горная порода – Gestein	U		Th		K	
	ppm		ppm		%	
Ca-gazdag gránit – Гранит беден кальцием Kalziumreicher Granit	3,0		8,5		2,5	
Ca-szegény gránit – Гранит богат кальцием Kalziumarmer Granit	3,0		17,0		4,2	
Karbonátok – Карбонаты – Karbonate	2,2		1,7		0,3	
Бauxit – Боксит – Bauxit	Szórás Разброс Abweichung		Szórás Разброс Abweichung		Minták száma Количество образцов Zahl der Proben	
Kincsesbányai terület – Район мест. Кинчеш- бания – Gebiet Kincsesbánya	31	± 5	40	± 4	0,5	12
Halimbai terület – Район мест. Галимба Gebiet Halimba	22	± 10	36	± 7	<0,5	12
Nyirádi terület – Район мест. Нирад Gebiet Nyirád	10	± 2	43	± 6	1,0	27
Fenyőfői terület – Район мест. Фенефе Gebiet Fenyőfő	5	± 1	49	± 7	0,5	16



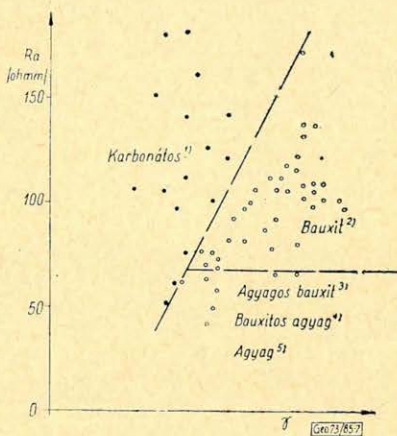
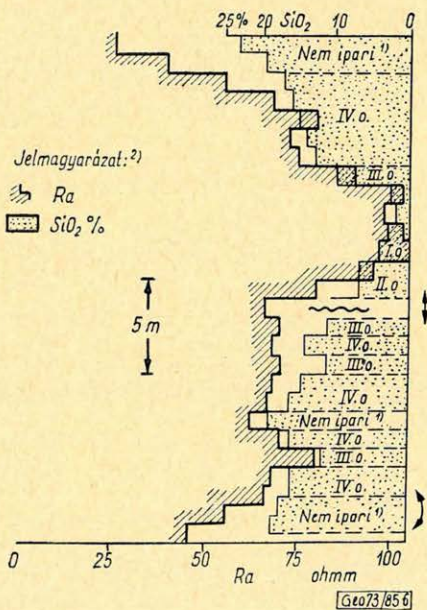
5. ábra – рис. – Abb.

Az 5. ábra egy „Fenyőfő” típusú bauxitfúrásban szemlélteti a timföldkihozatal és a tórium közötti összefüggést: a bauxit minőségének javulásával együtt jár a tórium dúsulása, ami azt is jelenti, hogy a timföldkihozattal arányos a természetes radioaktivitás intenzitása a bauxiton belül.

Agyag- és karbonát-tartalom meghatározása a bauxitösszleten belül

A bauxitösszlet tagolása, melyet a neutronaktivációs gamma alapján jelöltek ki, más elv alapján történik, ha a CaO + MgO-tartalom 2% alatti, illetve ha 2% feletti, azaz mészkő-dolomit törmelék is várható a bauxiton belül.

Ha az első esetet nézzük, azaz, ha a  $CaO + MgO$ -tartalom 2% alatti, akkor az agyagtartalom alapján tagolható egyedül az összlet, melyet a fajlagos ellenállás-szelvény alapján elvégezhetünk. Erre mutatjuk be az 1. ábrán már szerepelt bauxitösszlet példáját. Az emlékezet felfrissítése miatt először nézzük az 1. ábrát. Itt a neutronaktivációs gamma jelöli ki a bauxitösszlet határát, de a minőség szerinti tagolásra már nem alkalmas. A 6. ábra a fajlagos ellenállás-görbéből készült lépcsős diagramot és a  $SiO_2$ -tartalmat szemlélteti. Jól látható, hogy a fajlagos ellenállás eléggé érzékenyen követi az agyag-, azaz  $SiO_2$ -tartalom változását. Sőt a fajlagos szelvény alapján két kisebb módosítás is lehetséges a fúrási szelvényen, melyet nyíllal jelöltünk az ábra jobb oldalán. A felső jelnél maghiány mutatható ki, míg az alsó jelnél a magok sorrendje cserélődött fel. Az összlet tetején és alján általában a vártnál kisebb fajlagos ellenállást kapunk kavernásodás miatt, melyet a gamma-gamma görbe jelez.



7. ábra — puc. — Abb.

6. ábra — puc. — Abb.

A második esetben a fajlagos ellenállás változása nem egyértelmű, mert az agyag növekedésére csökken, míg a karbonát-tartalom növekedésével szintén nő. Ebben az esetben a természetes radioaktivitást hívjuk segítségül, mert a bauxiton belül mind az agyag, mind a karbonát növekedésére csökken az intenzitás. A 7. ábrán vázolt elv szerint választhatók le ebben az esetben az agyagos és karbonátos szakaszok.

A térfogatsúly csak akkor használható fel bauxitösszleten belül a karbonátos szakasz kijelölésére, ha a hematit-tartalom változatlan marad. Sajnos azonban legtöbb esetben a karbonát-tartalom növekedésével a hematit-tartalom csökkenése jár együtt. A fajlagos ellenállás-szelvényrel összevetve már más a helyzet, mert bár a fajlagos ellenállás, mind a karbonát-, mind a hematit-tartalom növekedésére nő, de a térfogatsúly a hematit dúsulására jóval nagyobb mértékben.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy bár kvantitatív érték meghatározására nem alkalmas a jelenlegi karottázsszelvény-komplexum, de kvalitatíve alkalmas az agyagos és karbonátos szakaszok leválasztására, illetve relatív minősítésére.

---

## EGYESÜLETI HÍREK

Egyesületünk 1973. január 26-án tartotta meg 13. Záróülését, a Budapest Szállóban.

A Záróülésen – Bese Vilmos elnök megnyitója után – Czeglédi István főtitkár értékelte az 1972. évi egyesületi munkát és vázolta az 1973. évi munkaterv főbb irányvonalát.

Az értékeléshez több hozzászólás hangzott el a bizottságok, szakosztályok és vidéki csoportok részéről. A hozzászólók kiegészítették a beszámolót.

A Záróülésen résztvevő tagtársak a két gyengélkedő társelnöknek távollétükben kívántak mielőbbi teljes felépülést, és további sikeres eredményes munkálkodást. Egyben ajándéktárgyakat juttattak el hozzájuk, az Egyesületi önzetlen áldozatkész társadalmi munkájuk csekély elismeréseként.

Az 1973. évi 13. Záróülés keretében Aczél Etelka, Lakatos Sándor és Meskó Attila tagtársaknak adták át az EGYESÜLET EMLÉKLAPJÁT és csekély tárgyjutalmakat.

A Záróülést követő Baráti Vacsora keretében Bese Vilmos további kis ajándéktárgyakat adott át az egyesületi társadalmi munka elismeréseként az alábbi tagtársaknak:

Baráth István, Bencze Pál, Dézsi Ferencné, Deres János, Elek Beáta, Gellért Tamás, Géresi Gyula, Hartner Mihály, Horváth Éva, Horváth Ferenc, Kiss Bertalan, Kovács György, Marton Tibor, Németh Lajos, Rózsási Győző, Rumpler János, Szeidovitz Győzőné, Szemerédy Pálné, Tóth Géza, Vados István, Varga Géza, Vándor Béla, Verő József, Vincze Mátyás, Wallner Ákos.

(U. Gy-né)

## Rétegmegnyitás üreges (jet) töltetekkel, a rétegmegnyitási feladat leírása

DERES JÁNOS

A rétegmegnyitás feladata a beléscsővezetelt, cementezett fúrások által harántolt permeábilis rétegek és a beléscsővön belüli tér hidraulikus kapcsolatának megteremtése, a rétegtartalom megismerése, a réteg termelésbe állítása, a rétegkezelés előkészítése, víz- vagy gázvisszanyomó kutak kiképzése stb. céljából. Perforással oldanak meg több más műszaki feladatot is a kőolajbányászatban. Ilyenek: utólagos kútjavítás (cementezés) előkészítése, termelő vagy fúrócsövek kilyukasztása a cirkuláció helyreállítása céljából.

A dolgozat azt az esetet tárgyalja, amikor a megnyitandó réteg átharántolása után a fúróluknál kisebb átmérőjű beléscsővet helyeztek el benne, majd a közel és a beléscső közötti teret cementtel töltötték ki. A réteg és a kút hidraulikus kapcsolatát sugárirányú csatornák biztosítják.

A szerző végigtekinti a különböző paraméterként szereplő tényezőket (a szereplő közegek sűrűsége, nyomásállóság, áteresztőképessége, mérete, az eltartási távolság stb.) befolyását a perforálási eredményekre, a létrehozott üreges csatorna átmérőjére, mélységére stb. külön hangsúlyozza a nagymélységű kutak perforálásánál fellépő nehézségeket.

Перфорирование предназначено для создания гидравлической связи между проницаемыми пластами, пройденными цементированными скважинами и пространством внутри обсадной колонны, для изучения содерхания пласта, внедрения пласта в эксплуатацию, подготовки обработки пласта, подготовки водо- или газозинжекционной скважины и т. д. В нефтяной промышленности перфорирование позволяет решать и ряд других технических задач, как напр. подготовка дополнительной поправки скважины (цементирование), простреливание бурильных труб для восстановления циркуляции.

В работе рассматривается случай, когда при проходке простреливаемого пласта устанавливается обсадная труба диаметром, меньшим диаметра скважины, причем затрубное пространство заполняется цементом. Гидравлическая связь пласта и скважины создается при помощи радиальных каналов.

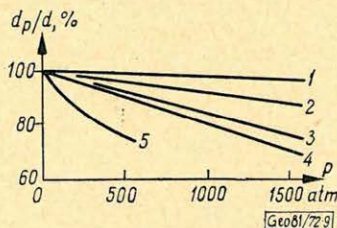
Обсуждается влияние различных параметров (плотность, устойчивость, проницаемость, размеры сред и т. д.) на результаты перфорирования (на диаметр, глубину созданных каналов и т. д.) и подчеркиваются затруднения, возникающие при перфорировании скважин больших глубин.

Es ist die Aufgabe der Schichtenaufschliessung, zwischen den, mit verrohrten und zementierten Bohrungen durchquerten permeablen Schichten und dem Raum inmitten des Futterrohrs eine hydraulische Verbindung herzustellen im Interesse der Feststellung des Schichteninhalts, der Inbetriebsetzung der Schichten, der Vorbereitung der Schichtenbehandlung, Ausbildung von Wasser- und Gas-Rücklauf-Brunnen usw. Weitere andere technische Aufgaben werden bei Erdölgruben auch mit Hilfe von Perforatoren gelöst. Solche sind z. B.: Vorbereitung von nachträglichen Bohrloch-Verbesserungen (Zementierung), Durchlöcher von Produktions- oder Bohrröhren zur Herstellung von Zirkulation usw.

Im Aufsatz wird der Fall behandelt, wo nach der Durchquerung der aufzuschliessenden Schicht ein Futterrohr von geringerem Durchmesser im Loch angebracht und der Raum zwischen dem Gestein und dem Futterrohr mit Zement aufgefüllt wurde. Die hydraulische Verbindung der Schicht und des Bohrlochs wird durch radiale Kanäle aufrechterhalten.

Der Verfasser bespricht den Einfluss der als Parameter erscheinenden verschiedenen Faktoren (Dichte und Druckfestigkeit der eine Rolle spielenden Materialien, ihre Abmessungen, die Fernhaltungsdistanz usw.) auf die Ergebnisse der Perforation (Durchmesser und Tiefe des entstehenden Kanals usw.) und betont besonders die Schwierigkeiten, die bei der Perforierung von sehr tiefen Brunnen auftreten.

A kőzet szilárdsági jellemzői befolyásolják a perforációs csatorna átmérőjét is, ezért a szilárdságra ható nyomás-, hőmérséklet- és telítettségi viszonyok ezen átmérő változásában is tükröződnek (9. ábra).



9. ábra. A perforációs csatorna átmérőjének relatív változása a kőzetnyomással. A görbék paraméterei: 1 – acél, 2 – duralumínium, 3 – márvány, 4 – mészkő, 5 – ólom

Fig. 9. Relative Änderung des Durchmessers des Perforationskanals mit dem Gesteinsdruck Parameter der Kurven: 1. Stahl, 2. Duraluminium, 3. Marmor, 4. Kalkstein, Blei

Фиг. 9. Относительное изменение диаметра перфорированной канавы с давлением горных пород. Параметры кривых: 1 – сталь, 2 – дуралюминий, 3 – мрамор, 4 – известняки, 5 – свинец

A tényleges méretek szemléltetése érdekében összefoglaltuk a magyar szénhidrogénbányászatban, a termelő vagy kivizsgálandó rétegek mélységében található gyakoribb kútszerkezeteket (1. táblázat). Összevetve az alkalmazott

1. táblázat

Véső átmérő		B é l é s c s ő						Cementpalást vastagság szélső értékei*
		Külső átmérő		Falvastagság	Belső átmérő	Acélminőség		
hüvelyk	mm	hüvelyk	mm	mm	mm	jelölés	szaktőszilárdság kp/mm <sup>2</sup>	mm
5 5/8	142,86	4 1/2	114,3	7,37	99,04	J – 55	52,7	0 – 44
6	152,4			7,72	124,26	J – 55	52,7	0 – 53
6	152,4	5 1/2	139,7	9,17	121,36	J – 55	52,7	0 – 12,7
8 1/2	215,9			8,94	140,38	J – 55	52,7	0 – 76,2
8 1/2	215,9	6 5/8	168,26	8,05	161,7	J – 55	52,7	0 – 47,6
8 1/2	215,9			11,51	154,78	N – 80	70,3	
8 1/2	215,9	7	177,8	8,05	161,7	J – 55	52,7	0 – 38,1
8 1/2	215,9			11,51	154,78	N – 80	70,3	
12 1/4	311,15	9 5/8	244,46	10,03	224,4	P – 110	87,9	0 – 66,7
12 1/4	311,15	9 5/8	244,46	10,03	224,4	N – 80	70,3	0 – 66,7

A cementpalást nyomószilárdsága 200 – 400 kp/cm<sup>2</sup> között van

\* Az értékek névleges méretű fűrőlyukban külpontosan elhelyezkedő béléscsőre vonatkoznak, a tényleges cementpalást-vastagság meghatározásánál figyelembe kell venni a tárolórétegek szintjében általában alkalmazott béléscsőközpontosítókat és a lyukbőségszelvényt

béléscsővek belső átmérőjét, a 103 mm átmérőjű perforátorban alkalmazott magyar gyártmányú 14–103 típusú üreges töltet hatásának (perforációs csatorna hossz  $L$ ) a vízréteg növekedésével való csökkenésével (2. ábra) megállapíthatjuk, hogy a  $6\frac{5}{8}$ ''-os és 7''-os béléscsővekben a perforátor külpontosága a perforációk  $1/4$ -edénél kb. 20–25%-kal csökkenti az  $L$  értékét. Ha pedig a béléscső ugyanolyan értelemben külpontos, mint a perforátor – ez pedig, ha nem függőleges a fúrólyuk, és nem használtak központosítókat, általában így van – akkor a béléscső mögött még 40–50 mm vastag cementpalást is van. E kedvezőtlen körülmények halmozódása miatt minden negyedik perforáció hatástalan lehet [10].

A rétegmegnyitási feladat leírásánál meghatározó paraméterek még a hőmérséklet és a nyomás, melyek a fúrólyukak mélységének növekedésével emelkedő tendenciát mutatnak. Különösen jelentős a perforáció helyén uralkodó hőmérséklet, mert a robbanóanyagok bomlási sebessége a környezet hőfokának növekedésével megnő és bizonyos idő után általában önrobbanás következik be. A 10. ábrán feltüntettük a magyarországi fúrólyukakban észlelt és várható hőmérséklet- és nyomásértékek tartományát és az alkalmazott robbanóanyagokra engedélyezett használati hőmérsékleteket (2 óra időtartam). Az ábrán kereszttel berajzolt értékek észlelési helye:

1. Budafa – I. ....	4341 m
2. Kerkáskápolna – I. ....	4510 m
3. Kerkáskápolna – I. ....	4240 m
4. Budafa – II. ....	3900 m
5. Szarvas, DNy – I. ....	4150 m (becsült)
6. Gyoma – I. ....	3425 m
7. Budafa – I. ....	4000 m
8. Budafa – V. ....	3800 m
9. Algyő átlagolt érték kb. ....	2600 m-ben
10. Bősárkány – I. ....	3290 m
11. Budafa – III. ....	3180 m
12. Algyő, átlagolt érték kb. ....	2000 m-ben
13. Üllés – 7. ....	2000 m
14. Tarany – 6. ....	2800 m
15. Tarany – 2. ....	2000 m

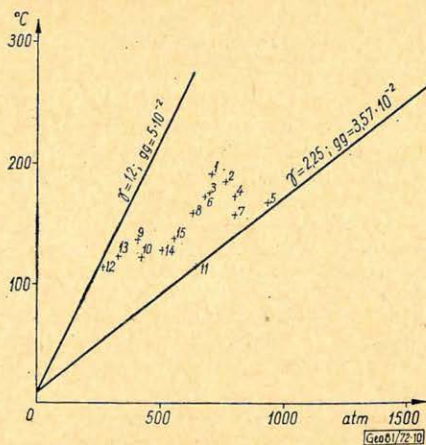
Bár az átlagos rétegmegnyitási feladat megoldása is nehéz, még ehhez képest is különleges és bonyolult a nagymélységű kutak perforálása [11]. Ennek oka az, hogy az alkalmazható legnagyobb hőállóságú robbanóanyag robbantás-technikai tulajdonságai (brizancia, robbanási sebesség, indíthatóság stb.) gyengébbek a hexogénénél, viszont a megnyitási körülmények kedvezőtlenebbek. Ennek okai röviden a következők [9]:

1. A nagynyomású folyadék rétegben (iszapban) az áthatoló kumulatív sugár (jet) által létrehozott üreges csatorna átmérője a folyadék nyomásától függ. Nagy nyomás (1000 atm felett) esetén a folyadék elfoghatja a rajta áthaladó jet kisebb sebességű elemeit.

2. A kőzetek dinamikus erőhatásokkal szembeni szilárdsága a bennük uralkodó nyomás emelkedésével nő, ez főként a perforációs csatorna átmérőjét csökkenti.

3. A 25–30%-os relatív átmérváltozás és az egyébként is kis perforációs csatorna-átmérő miatt a jet energiájának egy része felemésződik a csatorna oldalfalain; e miatt a csatorna mélysége is csökken (1500 atm-ig kb. 20–30%-kal).





10. ábra. A robbantási és rétegmegnyitási munkáknál fellépő nyomás- és hőmérsékletérték furólyukakban

Fig. 10. Величины давления и температуры, возникающие в скважинах при прострелочных работах 1 – температура скважины, 2 – удельный вес глинистого раствора в скважине в  $g/cm^3$ , 3 –  $gg$  = геотермический градиент, измеряемый в глинистом растворе, заполняющем скважину в  $^{\circ}C/M$

Fig. 10. Druck- und Temperatur-Werte, die bei den Spreng- und Schichtenaufschliessungsarbeiten in Bohrlöchern auftreten 1. Bohrlochtemperatur, 2.  $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Bohrschlammes in  $g/cm^3$ , 3.  $gg$  = geothermischer Gradient, der im das Bohrloch ausfüllenden Bohrschlamm gemessen werden kann in  $C^{\circ}/M$

## IRODALOM

- [1] Grigorján, N. G.: Krátkij szpravocsnik po prosztrelocno-vzrúvnüm rabotam v szkvazsinah Nedra, Moszkva (1970)
- [2] Babul, W.: A céltárgyak mechanikai tulajdonságainak hatása az üreges töltetekből kialakuló jet behatolási mélységére (Lengyelül) Prace Instytutu Mechaniki Precyzynej. 9. (1961) 34. p. 11–24.
- [3] Zserzsikov, A. E. – stb.: Uszoversensztvovanie szpaszoba vszkritújáj plaszto. Nefteprom. delo (1971) 6. p. 22–25.
- [4] Grigorján, N. G.: Prosztrelocsnúje i vzrúvnje rabotü v szkvazsinah Gosztopdehizdat, Moszkva (1959)
- [5] Thomson, G. D.: Effect of formation compressive strength on perforator performance. Drill. and Prod. Prac 225. (1962) p. 191–197.
- [6] API Recommended practice standard procedure for evaluation of well perforators. API RP43. (1962) oet.
- [7] API Recommended practice standard procedure for evaluation of well perforators. API RP43. Second Edition (1971) nov.
- [8] Aszpiszov, Sz. K. – Mihajlov, A. A.: Promenie usztanovok vüszokogo davlenijá v promüszlovoj geofizike Razved. Geof. (1968) 25.
- [9] Baum, F. A. – stb.: Termosztojkie vzrúvesatüje vüszeszttva i ih dejsztvie v glubokich szkvazsinah. Nyedra Moszkva (1969)
- [10] Bahirov, K. C. – stb.: Izucsenia rezulztatov kumuljatívnoj perforacii obszadnüh kolon pro promüszsi szkvazsinogo fotografírovannija Neft. Geol. i Geof. (1971) 8. p. 36–38.
- [11] Bell, W. T. – Auberlinder, G. A.: Perforating high temperature wells. JPT. (1971) márc. p. 211–216.

# Könyvszemle

**M. K. Seguin:** *La géophysique et les propriétés physiques des roches* (A geofizika és a kőzetek fizikai tulajdonságai) Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1971. XXII+562 oldal, 262 ábra, ezek közül nagyszámú külön melléklet. A szöveg sokszorosítási eljárással készült. Ára 18 \$.

A francia nyelvű geofizikai irodalom aránylag szegénynek mondható, különösen, ami a tankönyveket illeti: ezt a szerző is megjegyzi a könyv előszavában. Így ez a munka bizonyos mértékben hézagpótló jelentőségű. Egyetemi előadásokból és a szerző saját terepi tapasztalataiból született. Bár a cím nem mondja ezt kifejezetten, de a bevezetésben határozottan kijelenti a szerző, hogy alkalmazott geofizikáról van szó. Minthogy azonban sokrétű hallgatóság számára szánták (tanulmányaik középső éveiben levő fizikusok, mérnökök, hidrológusok, geodéták, sőt geológusok és mezőgazdasági mérnökök stb. számára), nagy súlyt fektettek arra, hogy a szükséges fizikai, műszertani alapismeretek magában a könyvben kifejtésre kerüljenek, és – mint az a címből kiderül – a geológiai, közzettani alapok is bőven szerepeljenek, ami a szerző szerint a geofizikai tankönyvek legnagyobb részéről nem állítható.

A szerző azt is hangsúlyozza, hogy egyensúlyt akar tartani a különböző szakmai területek tárgyalása között, tehát igyekszik arányosan osztani el a tartalmat az egyes témakörök jelentőségének megfelelően. Hogy ez viszont maradéktalanul sikerült-e neki, azt a következő összeállítás alapján mindenki megítélheti, mert: a gravitációs módszerekkel foglalkozó fejezet 51 oldal tartalmaz (32 irodalmi idézettel), a mágneses fejezet 69 oldal (52 hivatkozás), az elektromos módszerek 119 lapon szerepelnek (222 referenciával), az elektromágneses módszerek fejezete 130 oldal (142 idézet), a radioaktív módszerek 65 oldalon tárgyalja (de 228 hivatkozással) és az utolsó fejezetben szerepel a szeizmika 113 oldalon (130 referenciával). Mintha a szeizmika osztály-része nem egészen felelne meg a nemzetközi síkon elfoglalt fontossági sorrendnek. Elég röviden kerül tárgyalásra a karottázs is (jórészt csak az elektromágneses és a radioaktív fejezetek alfejezeteként).

Az egyes fejezetek végén bőséges irodalmi felsorolás található, ami a használhatóságot növeli, különösen a specialisták számára. Arra is súlyt fektet a szerző, hogy lehetőleg modern legyen, tehát kiterjesszék a legújabban kifejlesztett elvekre, vagy alkalmazott módszerekre. Minden fejezethez gyakorlati példák kapcsolódnak, melyek többnyire a szerző saját működési tapasztalataiból, méréseiből, feldolgozásaiából származnak: régi, a tankönyvek egy részében még ma is megtalálható, klasszikusnak mondható, de részben már idejüket múlt példákat újabakkal helyettesítettek.

Aránylag kevés hely jutott a feldolgozási, interpretációs eljárásoknak, metodikának. Így pl. a számítógépes eljárások, digitalizálási módszerek éppen csakhogy megemlítődnek. Viszont több helyen behatóan tárgyal a szerző egészen modern fizikai elveket és megfontolásokat, melyek korszerű módszerek alapjául szolgálnak (pl. a nukleáris elven alapuló mágneses méréseket, a mágnesség mibenlétére és a földmágnesség eredetére vonatkozó újabb elméleti spekulációkat stb.) Részletesen tárgyalja a repülőgépes kutatást és az ebben az irányban Kanadában kifejlesztett módszereket és berendezéseket.

Az alkalmazott sokszorosítási eljárás igen szép és a szöveg csaknem nyomtatásként olvasható, a rajzok és mellékletek is jól sikerültek. Sok helyütt zavar azonban az, hogy a szereplő képlet-tömeg nincs áttekinthetően elosztva, egyes képletek nem szerepelnek külön sorban, hanem a szöveg közé vannak becsúfolva. Az anyag erősen tagolt, többszörösen alfejezetekre oszlik (néha 5–6 egymás alatti emeletben); a tartalomjegyzék részletesen felsorolja ugyan a beosztást, de nem ad oldalszámokat, csak fejezet-alóosztásokat s így néha kényelmetlen a keresett hely megtalálása. Ebből helyenként kisebb zavar is származott a szerkesztésnél, mert pl. az 5. oldal alján félbemaradt szövegrész a 16. oldalon folytatódik, s csak azután következik a 6. oldal, ami csak némi utánkereséssel állapítható meg. A képletekben is feltalálható egy-két elírás. Nélkülözzük a tárgymutatót is.

Mindezek ellenére a könyv igen rokonszenves, jól használható munka, az olvasást a szerző könnyed, elegendés franciasága is elősegíti. Igen sok olyan részlete van, melyet a kutató geofizikus előnyösen konzultálhat speciális vizsgálatainál. A kiterjedt irodalom pedig jó támpontokat nyújt a témakörökben való elmélyedésre, még akkor is, ha azokra nem tartalmaz kimerítőbb tárgyalást (mint pl. a geotermiára). A fentebb említett kisebb hiányosságokat a következő kiadás könnyen kiküszöbölheti.

## СОДЕРЖАНИЕ

Б. Радлер – И. Вегеш: Дигитальная сейсмическая система программирования в нефтяной промышленности в Венгрии .....	1
И. Верё: Определение магнитотеллурического тензора анизотропии и ее результаты .....	3
Д. Драхош – П. Шалат: О новом, простом, ускоренном методе решения прямой и обратной задач при интерпретации данных электрического зондирования и каротажа, по теории линейных систем .....	6
Л. Марко: Определение объемных свойств карбонатных коллекторов при помощи промыслово-геофизических методов .....	13
Л. Андраши – И. Барат – К. Шебештви: О методических исследованиях, направленных на определение объемного веса по методу двухдетекторного ГГК ...	19
П. Эгерсеги: Влияния содержания кремния, железа и карбоната в бокситах на физические параметры, лежащие в основе каротажных работ .....	29
Я. Дереш: Испытание пластов при помощи кумулятивных перфораторов, описание задачи испытания пластов .....	36
Обзор журналов .....	40
Новости Общества венгерских геофизиков .....	35

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>Rádler, B. – Véges, I.:</i> Digitales seismisches Programmsystem bei der ungarischen Erdölindustrie .....	1
<i>Verő, J.:</i> Bestimmung des magnetotellurischen Anisotropietensors und die damit erreichten Resultate .....	3
<i>Drahoš, D. – Salát, P.:</i> Eine neue einfache und schnelle Methode der direkten und indirekten Interpretation der geoelektrischen und Bohrloch-Sondierungen, die auf der Theorie der linearen Systeme fusst .....	6
<i>Markó, L.:</i> Bestimmung der Volumen-Eigenschaften in karbonatischen Speichergesteinen mit bohrlochgeophysikalischen Methoden .....	13
<i>Andrássy, L. – Baráth, I. – Sebestyén, K.:</i> Methodologische Untersuchungen zur Raumgewichtsbestimmung mit dem Zweisondenlänge-Gamma-Gamma-Verfahren .....	19
<i>Egerszegi, P.:</i> Einfluss des Silizium – Eisen – und Karbonat-Gehalts des Bauxits auf die physikalische Parameter, die zur Grundlage der Karottage-Messungen dienen .....	29
<i>J. Deres:</i> Schichtenauflösungen mit Jet-Perforator. Beschreibung der Aufgaben der Schichten auflöschung .....	36
Rezensionen und Presseschau .....	40
Vereinsnachrichten .....	35

