

## A gamma és neutron szelvények hitelesítési kérdéseiről

DERES J. – MÁRHOFFER J.

Szerző rámutat azokra a nehézségekre, melyek a természetes-gamma méréseknél az imp/mp-ben kapott eredménynek más egységekre való átszámításával kapcsolatban fellépnek. Külön tárgyalja ebben a vonatkozásban a GM-csőves és a szcintillációs mérőberendezéseket és beszámol a természetes-gamma mérések hitelesítésére hazánkban megépített berendezéssel nyert tapasztalatokról, majd terepi mérések segítségével igazolja a hitelesítőben mérhető gamma-sugárzás energiaeloszlásának fontosságát.

A hitelesítés szempontjából összehasonlításra kerültek a neutron-gamma, neutron-epithermikus neutron és neutron-termikus neutron szelvények.

A dolgozat – mint vitaindító előadás – értékeli az egyes hitelesítési módszereket és egységeket, rámutatva azokra a nehézségekre, melyeket az egységes hitelesítési koncepció hiánya a radioaktív szelvények felhasználásánál okoz.

Излагаются затруднения, возникающие при пересчете результатов, получаемых при исследовании методом ГК в имп./мин. в другие единицы измерения. Раздельно рассматриваются в этом отношении типы аппаратуры со счетчиками Гейгера – Мюллера с цинтилляционными счетчиками. Описывается опыт применения устройства, построенного в Венгрии для эталонирования результатов метода ГК. Приводятся фактические материалы полевых работ для подтверждения значения распределения энергии гамма-излучения, измеряемого эталонирующим устройством.

С точки зрения эталонирования сопоставляются кривые НГК, ННК-НТ и ННК-Т. В работе дается оценка методов и устройств эталонирования. Указываются затруднения, вызванные отсутствием единого соображения по эталонированию при использовании кривых РК.

Es wird auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die in Zusammenhang mit der Umrechnung auf andere Einheiten der bei den natürlichen Gamma-Messungen in Imp./Min. erhaltenen Resultaten auftreten. Die mit GM-Röhren und mit Szintillations-Prinzip arbeitenden Einrichtungen werden dabei gesondert behandelt.

Es werden die mit der in Ungarn für die Eichung der Messeinrichtungen für natürliche Gamma-Messungen konstruierten Einrichtung gewonnenen Resultate besprochen und – auf Grund von Feldbeobachtungen – auf die Wichtigkeit der in der Eicheinrichtung messbaren Gammastrahlungs-Energieverteilung hingewiesen.

Vom Gesichtspunkt des Eichverfahrens werden Neutron-Gamma-, Neutron-epithermischer Neutron-sowie Neutron-thermischer Neutron-Profile verglichen.

Der Aufsatz – als einleitender Vortrag zu einer Diskussion – bewertet die einzelnen Eichungsverfahren und Einheiten und bespricht die Schwierigkeiten, die durch das Fehlen einer einheitlichen Eichkonzeption bei der Verwendung der radioaktiven Profile verursacht werden.

A magyar kőolajiparban 1955-től 1967. év végéig több mint 700 ezer méter geológiai célú radioaktív szelvényt vettek fel. A mérések döntő többsége természetes gamma és neutron-gamma mérés, a gamma-gamma és neutron-neutron mérések 2–3 éves múlta tekinthetnek vissza.

A radioaktív szelvényezés az olajipari mérés-komplexum szerves részévé vált. A kezdeti kísérletek óta több, mint 10 év telt el, azonban a lehetőségeknek csak egy töredékét használjuk ki. Az ellentmondás feloldását a műszerek hitelesítése, megfelelő egységben történő kalibrációja alapozza meg.

Vizsgáljuk meg ennek alátámasztására azt, hogy melyek azok a legfontosabb földtani feladatok, melyeket a mélyfúrás geofizika a természetes gamma, neutron-gamma és neutron-neutron mérések eredményeit felhasználva megoldhatna. Ezek:

1. Az átfúrt rétegsor tagolása. 2. Rétegazonosítás. 3. Az átfúrt kőzetek minőségének felismerése (más geofizikai módszerekkel együtt). 4. Agyagtartalom meghatározás. 5. Porozitás meghatározás (neutron-porozitás). 6. Réteg-

tartalom (gáz) meghatározás. 7. Gázszaturáció meghatározás (más geofizikai módszerekkel együtt).

A felsorolt alkalmazási lehetőségekkel szemben jelenleg a radioaktív szelvényeket az alábbiak szerint hasznosítjuk:

1. Réteghatár kijelölés. 2. Kvalitatív agyagtartalom- és porozitás-jelzés az egy szelvényen felvett rétegek összehasonlítása alapján. 3. A rétegtartalom becslése (különösen a két szondahosszal felvett neutron-gamma szelvényeknél).

Az információtartalom ily alacsony kihasználási fokáért elsősorban az alkalmazott kalibrálási, mérési metodika a felelős.

A magyar kőolajiparban használatos természetes gammasugárzást mérő lyukműszereket 1965 előtt pontszerű sugárforrásokkal ellenőriztük, az eredményt imp/percben regisztráltuk. 3 éve üzemszerűen alkalmazzuk a  $\mu\text{r}/\text{h}$  egységben való kalibrálást. A hitelesítő eszköz ismert dózisteljesítményű,  $\text{Co}^{60}$  izotópot tartalmazó acélhenger. A neutron-gamma és neutron-neutron szelvényeket imp/perc egységben regisztráljuk. A jelenlegi hitelesítési eljárások bírálatához szükséges az egész hitelesítési folyamat áttekintése.

Minden hitelesítési feladatnál alapvetően fontos a megfelelő egység meghatározása. A választott, vagy adott egység kihat a hitelesítés és mérés egész folyamatára. A kőzetek radioaktivitása is jellemezhető egzaktan definiált fizikai egységekkel, pl. bomlás-szám/időegység  $I$  térfogategységnyi kőzetben, dózisteljesítmény, stb. Ismeretek egyébként, nem közvetlen egységek is, mint pl. *Ra g ekv. I* térfogat, vagy tömegegységnyi kőzetben. A neutron-gamma és neutron-neutron mérések eredménye a környezet neutron-szórásai és neutron-abszorpciós hatás-keresztmetszetére jellemző. Tekintettel azonban arra, hogy a hitelesítés nem öncélú, és a magyar kőolajkutatás adottságai között csak a bevezetőben felsorolt geológiai feladatokat akarjuk megoldani, a hitelesítési egység megválasztásánál ki kell elégíteni a hitelesítési és mérési technológiai igényeket is:

1. Az egységnek könnyen előállíthatónak és időben változatlanoknak kell lenni.

2. A mérőműszerek üzemi körülmények közti kalibrálását megfelelő pontossággal, rövid idő alatt a mérőcsoportok személyzete elvégezhesse.

E két legfontosabb technológiai igény mellett több más szempontot is figyelembe lehet venni: csökkentse a választott egység a különböző mérőrendszerek befolyását a mért mennyiségekre, növelje az interpretáció pontosságát, csökkentse az interpretációs segédanyagok bonyolultságát, stb.

*A természetes gamma aktivitás-mérés* hitelesítéséhez – mint már említettük – az elmúlt 3 évben meghatározott,  $\text{Co}^{60}$  izotóptól eredő felületi aktivitású, kettősfalú acélesöveket használtunk. Tekintettel arra, hogy a cső tengelyében a dózisteljesítmény könnyen mérhető, illetve számolható, a hitelesítés egysége  $\mu\text{r}/\text{h}$  volt. A gamma szelvények eltéréseit (pl. azonos rétegben más szondával, vagy más időpontban mérve más aktivitás) mi is részben az eltérő energia-eloszlással magyaráztuk. A szovjet DRSZT szondák bevezetése után a GM csöves és szcintillációs detektorral felvett szelvények jelentősen eltérnek egymástól. Ekkor terveztük meg és építettük fel az általános homok- és agyagspektrumot szolgáltató hitelesítő berendezést, melyet később bővebben ismertetünk.

A  $\text{Co}^{60}$  spektrumban és a *K, U, Th*-keverék spektrumban hitelesített eltérő spektrumérzékenységű (GM csöves és *NaJ (Tl)* szcintillátoros) szondák megle-

pó eredményt szolgáltatott (1. ábra). A vízszintes tengelyen a szcintillátorral és GM csővel mért imp/perc érték hányadosa, a függőleges tengelyen az ugyan-ezen detektorok különböző egységekben mért értékeinek hányadosa található. Miután a  $NaJ(Tl)$  kristály érzékenysége az alacsonyabb energiák felé erőteljesen nő, a vízszintes tengely energiaskála szerepet tölt be; a nagyobb energiák az origóhoz közelebb esnek. A felhordott pontokat egy algyői rétegsorban végzett mérésekből határoztuk meg. A különböző hitelesítő eszközökben kalibrált szondák eredményei egy-egy egyenesre esnek. A jó hitelesítéstől azt várjuk, hogy különböző spektrumérzékenységű eszközök az átharántolt kőzetek által képviselt spektrumokban azonos, vagy csak egy állandó együtthatóban különböző eredményt mérjenek; ez ábránkon vízszintes egyenest jelentene. Mint látható, ezt egyik rendszer sem szolgáltatja. A  $K, U, Th$ -keverékben hitelesített műszerekkel kapott pontok vonalának kisebb hajlásszöge azonban egyértelműen bizonyítja a kisebb energiafüggést. A kapott eredmények alapján két következtetést kellett levonjunk:

1. Az általános közetspektrum egyedül nem képes a különböző spektrális érzékenységű mérőrendszerek eredményeit azonosítani.

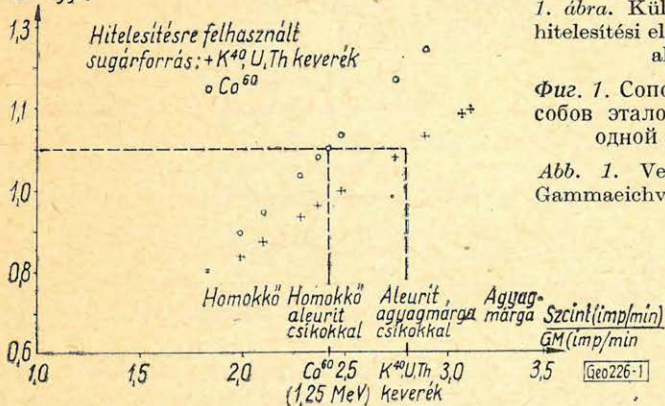
2. A GM-csőes és  $NaJ(Tl)$  kristállyal felszerelt szondák mérési eredményeiben mutatkozó nagy különbségeket csak részben lehet az eltérő spektrumérzékenység rovására írni. Ez utóbbi megállapítás, valamint az ugyanazon szondával felvett szelvények értékkülönbségei a hitelesítési technológia felülvizsgálatát követelték meg.

A  $Co^{60}$  izotópot tartalmazó acélhengerrel történő hitelesítés ismert. A  $K, U, Th$ -keveréket tartalmazó hitelesítő berendezést röviden a következő adatok jellemzik. Két koncentrikus cső ( $\varnothing 140$  és  $1500$  mm) közti teret  $1,85$  kg/dm<sup>3</sup> fajsúlyú cement tölt ki. A két  $3200$  mm hosszúságú, üreges cementtest egyikében egyenletes eloszlásban káliumklorid, uranilnitrát és thoriumnitrát van. Az aktív cement spektruma a 2. ábrán látható.

A koncentrációk:  $K^{40} - 0,0214\%$ ,  $U - 0,0022\%$ ,  $Th - 0,0059\%$ .

A két cementtestben mért imp/perc értékek különbségét 10 gamma-egységnek (GE) nevezzük. A hitelesítő rajza a 3. ábrán látható. (A két cementtest között  $460$  mm levegőréteg van, a gamma-aktivitás, sűrűség, és hidrogéntartalom szempontjából leghomogénebb pontot 10 cm-ként végzett gamma, neutron-gamma, neutron-neutron és gamma-gamma mérésekkel határoztuk meg.)

Szcint. egys.  
GM egys.



1. ábra. Különböző természetes-gamma hitelesítési eljárások összehasonlítása egy algyői rétegsorban

Фиг. 1. Сопоставление различных способов эталонирования ГК в разрезе одной из скважин с. Алдьё

Abb. 1. Vergleich von verschiedenen Gammaeichverfahren in einer Bohrung von Algyő

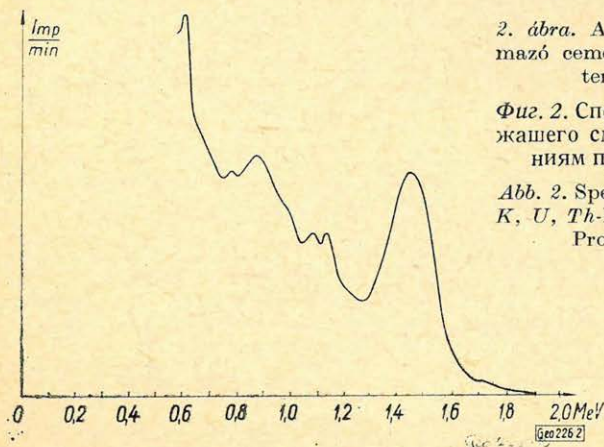
A hitelesítési technológiák összehasonlítása a stabil hitelesítő következő előnyeit mutatta.

1. A radioaktív sugárforrás eloszlása egyenletesebb; a homogenizálás a kisebb fajlagos aktivitás miatt könnyebb.

2. Nagyobb méretei miatt a detektor helyének kisebb a hatása.

3. Nem kell figyelembe venni a háttérhatást. (Az acélhenger háttéresőkentő hatását csak egy környezetspektrumra lehet megadni.)

A 4. ábra  $\mu\text{r/h}$ , ill.  $GE$ -ben felvett gamma-szelvényeket mutat be. Meg kell jegyezni, hogy e mérések elvégzésénél, mint általában a nagyobb gondtal végzett kísérleti méréseknél, az egyébként nehezen elkerülhető szubjektív hibák nem terhelik a  $Co^{60}$  izotóppal  $\mu\text{r/h}$ -ban hitelesített szelvényeket. Véleményünk az, hogy a különböző spektrumérzékenységgű műszerekkel mért  $GE$  értékek egyezése jó, így az azonos típusú műszerek kisebb, egyedi eltéréseit az új hitelesítési technológia feltétlenül eliminálni fogja.



2. ábra. A  $K$ ,  $U$ ,  $Th$ -keveréket tartalmazó cementminta spektruma (R. Lauterbach mérése alapján)

Фиг. 2. Спектр образца цемента, содержащего смесь  $K$ ,  $U$ ,  $Th$ . (По измерениям проф-а д-ра Р. Лаутербах)

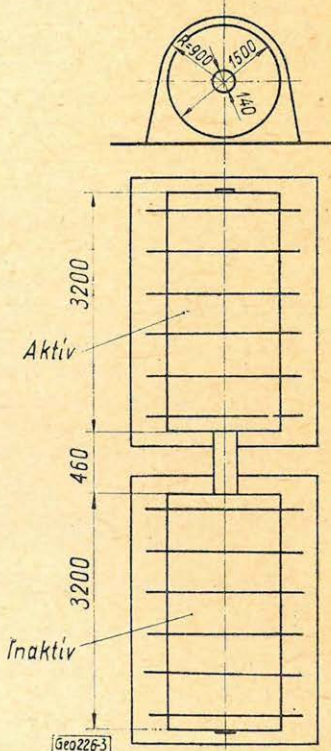
Abb. 2. Spektrum des Zementkernes mit  $K$ ,  $U$ ,  $Th$ -Mischung. (Nach Messung von Prof. Dr. R. Lauterbach)

A neutron-gamma és neutron-neutron mérések hitelesítése általában úgy történik, hogy a sonda által bizonyos körülmények között szolgáltatott jelet veszik egységnek. Így pl.: egységnek tekinthető a vízben (100% porozitás), vagy adott porozitású kőzetben kapott kitérés. Gyakorlati példák: A Schlumberger társaság egysége a vízben kapott kitérés 200-ad része; a Lane-Wells társaság egy meghatározott kalibrátorban mért kitérés 1/1000-ed részében kalibrálja a görbét, a Szovjetunióban és a népi demokratikus országokban a 100%-os porozitáshoz tartozó kitérés az egység.

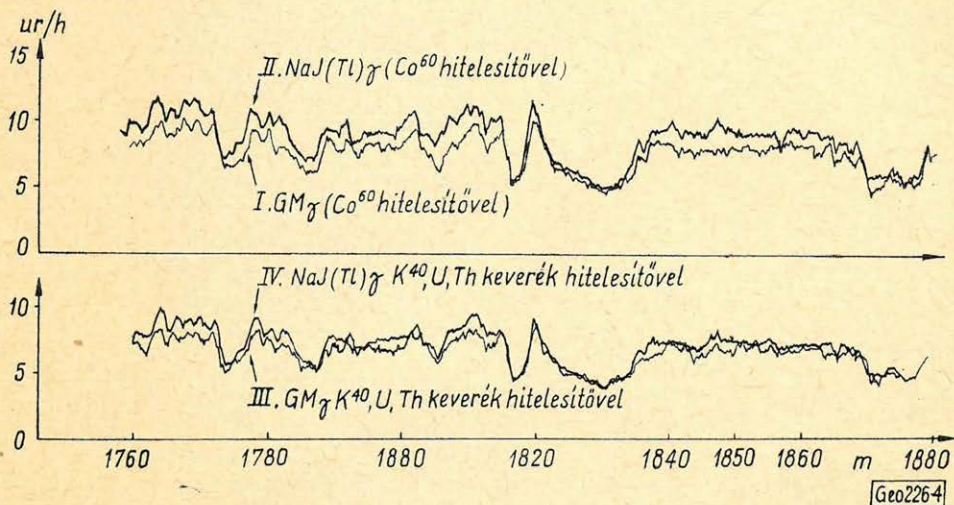
3. ábra. Az aktív és inaktív cementet tartalmazó hitelesítő berendezés vázlatos rajza

Фиг. 3. Схема эталонирующего устройства, содержащего активный и неактивный цементы

Abb. 3. Schematische Darstellung der Gamma-Eichvorrichtung mit aktivem und inaktivem Zement



Az önkényesen felvett egységekben regisztrált szelvények kiértékeléséhez olyan diagramokat használnak, melyek a választott egység és porozitás közti kapcsolatot ábrázolják meghatározott típusú műszerre. Ilyen diagramot mutat be az 5. ábra, melyen az általunk használt neutron-gamma és neutron-neutron szonda porozitásfüggvényei láthatók. Az  $I$  neutron-kitérés mindkét esetben  $I_{100\%} = I$  egységekben mérendő. ( $I$ -vel jelöljük a ténylegesen mérhető neutron értéket az indexben álló H-porozitású környezetben.) Az  $I_{x\%} = I$  egységekben hitelesített neutron szondák közös jellemzője, hogy a különböző szondahosszúságra, detektorra, tehát a különböző szondakonstrukcióra felépített  $I = f(m)$  függvények egy pontban metszik egymást. Ez a pont az  $I = I$  a hitelesítő  $x\%$  porozitásnál.



4. ábra. Különböző hitelesítési egységekben felvett természetes-gamma szelvények Algyőn  
 Фиг. 4. Кривые ГК, полученные в различных единицах эталонирования, в районе Алдыё  
 Abb. 4. Messungen der natürlichen Gamma-Intensität in verschiedenen Einheiten in Algyő

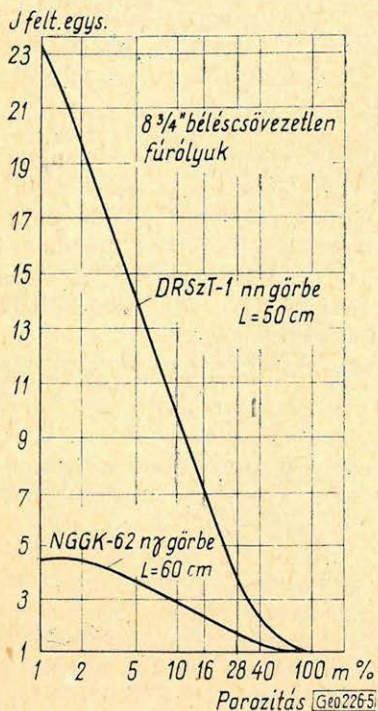
Célszerű tehát ezt az  $x\%$  porozitást a mérendő porozítások tartományába felvenni, mert ekkor itt a különböző szondakonstrukciókhoz tartozó porozitásfüggvények egymáshoz közeleső porozitásértékkel fognak bírni. (Így van ez pl. a PGAC cég neutron-hitelesítésénél is, ahol a hitelesítő H-tartalma által okozott neutron kitérés ugyanakkora, mint  $8 \frac{3}{4}$ '' csővezetlen vízzel töltött fúrásban  $7\%$  porozitású kőzetnél.)

Kézenfekvő az is, hogy ha a hitelesítés egységének két egymástól eltérő porozitás mellett kapott kitérések különbségét vesszük, akkor az  $I_{x\%} - I_{y\%} = I$  egységekre különböző szondakonstrukciókra felépített  $I = f(m)$  függvények két pontban fogják egymást metszeni. E két pont az  $I(m_y) = 0$  és  $I(m_x) = I$  helyen fekszik.

E két pont legkedvezőbb helyének kiválasztásához vizsgáljuk meg az SZI-4G(Cd) detektorokra,  $7 \frac{3}{4}$ '' lyukátmérőre és  $0,6$  m, ill.  $0,4$  m szondahosszra közölt Vendelstein porozitás függvényeket (6. ábra). Mint látható, a függvények  $I_{100\%} = I$  egységekben készültek és az alkalmazott fél-logaritmusos koordináta rendszerben legegyszerűbb szakaszuk  $5 - 40\%$  porozitás közé esik.

Ugyanezt állapíthatjuk meg más szondahosszakra, más detektorokra is. (4. ábra, neutron-neutron függvény.)

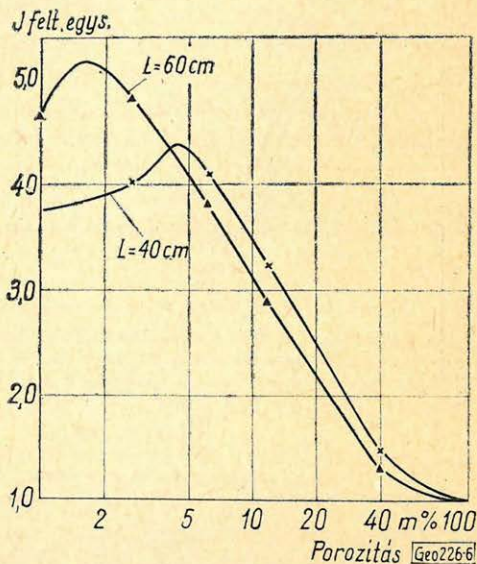
Ebből az következik, hogy bármely neutronszoonda  $I_{5\%} - I_{40\%} = 1$  egységekben megszerkesztett porozitás-függvénye e két porozitás-érték közötti tartományban ugyanazon egyenessel reprezentálható. Bizonyításul az 6. ábra két szondájára alapozva megszerkesztettük a 7. ábrát, fiktív  $imp/perc$  értékekre, majd  $I_{5\%} - I_{40\%} = 1$  és  $I_{40\%} - I_{100\%} = 1$  egységű koordináta-értékekre történt áttanszformálás útján. Megfigyelhető, hogy a függvények a hitelesítésre használt két pontban metszik egymást, és hogy a pontok helyes megválasztásával (5% és 40%) a függvény a homokkövek porozitás-tartományában gyakorlatilag a szondahossztól függetlené tehető.



5. ábra. Neutron-neutron, illetve neutron-gamma kitérés a porozitás függvényében

Фиг. 5. Зависимость показаний ННК и НГК от пористости

Abb. 5. Abhängigkeit des Neutron-Neutron-bzw. Neutron-Gamma Ausschlagess von der Porosität



6. ábra. Különböző szondahosszú neutron-gamma szondák kitérései a porozitás függvényében

Фиг. 6. Зависимость показаний зонда НГК различной длины от пористости

Abb. 6. Abhängigkeit des Neutron-Gamma-Wertes von der Porosität für verschiedene Sondenlängen

A kétpontos hitelesítés mellett szól az is, hogy a hitelesítési technológia egyszerűbb, biztonságosabb. A levegőben, forrással mérhető neutron-kitérés meghatározása, a legsugárveszélyesebb folyamat elmarad. A különbségképzés teljes mértékben kiküszöböli a háttér-hatást, a forrás közvetlen gamma sugárzását stb.

Jelenleg olyan kétpontos hitelesítést tudunk megvalósítani, ahol az egyik porozitást a természetes gamma hitelesítésnél ismertett inaktív cement, a másikat az ugyanolyan geometriájú tankban elhelyezett víz szolgáltatja. Becslésünk szerint ez az  $I_{40\%} - I_{100\%} = 1$  egységnek felel meg.

Az új elvi alapon nyugvó hitelesítési technológia kísérleti igazolása még folyamatban van. Várakozásunk beigazolása után a víz helyett 5% *H*-porozitású közeggel töltjük fel a vizes tankot.

Az ismertetett hitelesítési egységek és kalibrálási technológiák alkalmasak arra, hogy a mérési eredményeket messzemenően függetlenítsék a mérőrendszerek konstrukciójától. A magyar kőolajiparban jelenleg 8 eltérő radioaktív szondatípussal dolgoznak, nem számítva a bennük alkalmazott detektorok típuseltéréseit! A választott hitelesítési egységek jól tükrözik a mérendő paramétereket, és a kalibrálás technológiája egyszerű.

Meg kell még említeni, hogy – bár a szelvények hitelesítése elengedhetetlenül fontos annak, aki a radioaktív szelvények által jelzett paramétereket kvantitatíve értékelni akarja –, ezzel még csak az első lépést tettük meg. Megteremtettük a lehetőségeket:

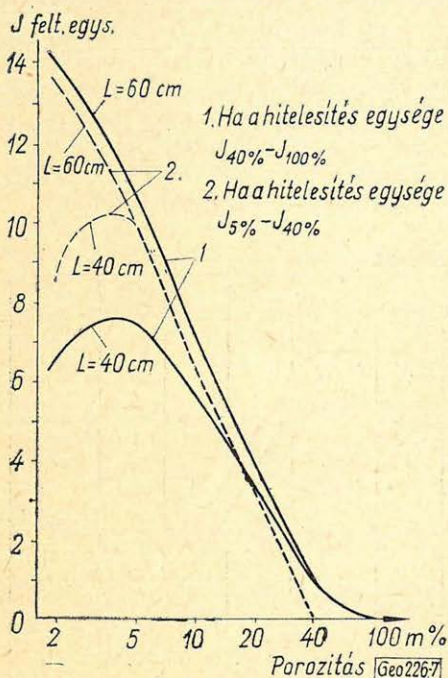
- a lyukkonstrukció, az iszap- és iszapleány-hatás figyelembevételéhez,
- az agyagtartalom – természetes gamma függvénykapcsolat feltárásához,
- a tárolóközetek területi petrofizikai elemzéséhez (izogamma térképek),
- a neutron-szelvényekből a hidrogénporozitás meghatározásához (a megfelelő függvény felépítése után).

Példaként említjük meg, hogy az algyői kőolaj- és földgázmező 7 kútjában felvett hitelesített termé-

szetes-gamma-szelvényeken megvizsgáltuk az egyik olajtermelő réteg gamma-intenzitásának változását. A leszűrt tapasztalatokat az agyagosodás irányára a geológiai adatok teljes mértékben alátámasztják.

## IRODALOM

- V. J. Mercier, W. H. Redford: New Calibration and Conversation Techniques for Radioactivity Log. Journal of Petroleum Technology. 1957. szept.
- Perforating Guns Atlas Corporation: Porosity evaluation charts for the PH-125 neutron/neutron log.
- B. Ju. Vendelstein: Albom nomogrammi i paletok dljá interpretacii dannih geofiziceszkih metodov isszledovannijá szkvazsin. Moszkva, 1963.
- Dr. E. Fünfer, Dr. H. Neuert: Zählrohre und Szintillationszähler. Verlag G. Braun, Karlsruhe.
- Dr. R. Lavuterbach 1968. szeptember 20-án kelt levele a szerzőkhöz.
- W. Löttsch, W. Gerstenberger: Zur Frage der Eichung der kernphysikalischen Bohrlochmessverfahren und zu ihren Entwicklungsmöglichkeiten. (Kézirat)



7. ábra. A hitelesítési egység hatása a neutron-gamma porozitás-függvény alakjára (Szerkesztve a 6. ábra alapján)

Фиг. 7. Влияние единицы эталонирования на форму кривой зависимости показаний НГК от пористости (по данным фиг. 6.)

Abb. 7. Der Einfluss der Einheit der Eichung auf den Verlauf der Neutron-Gamma-Porositätsfunktion (Konstruiert an Hand der Abb. 6.)