

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.

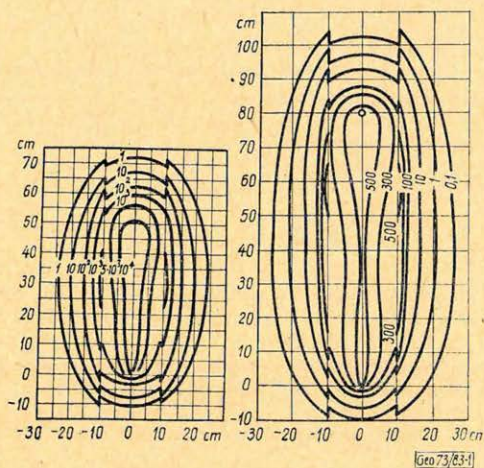
Das Interpretationsverfahren wird an praktischen Beispielen vorgeführt und die Zuverlässigkeit der für die einzelnen Bildungen berechneten Raumgewichtswerte analysiert. Aus den erhaltenen Raumgewichtswerten wird die Porosität errechnet.

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

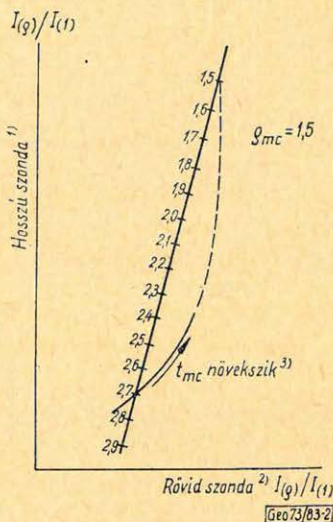
A gamma-gamma eljárásnak térfogatsúly-meghatározásra történő felhasználása igen széles körű irodalommal rendelkezik. A mérések folyamán lejátszódó folyamatokat, a gamma-sugár és a lyukkörnyezetben levő anyag eloszlásának és érintett fizikai állandóinak szerepét elméleti számításokkal és modellezéssel 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 túlyomó 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 fúróluk 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 fúróluk környezete hatásának mennyiségi figyelembevételét – különösképpen akkor, ha pl. falhosszorítással és árnyékolással a fúróluk 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.

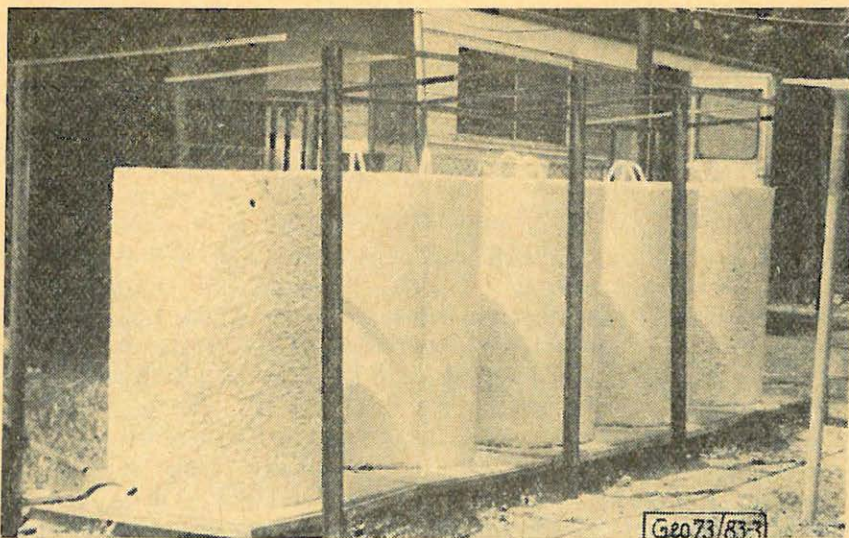
Az alap-egyenes menete és a különböző iszaplepeny-viszonyokat reprezentáló elágazó görbék helyzete és alakja függ a mérőelrendezés geometriai és mérési tulajdonságaitól és csak modellezéssel határozható meg. Erről, valamint a kiértékelés módszeréről később számolunk be.

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 mm , magasságuk pedig 1200 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.

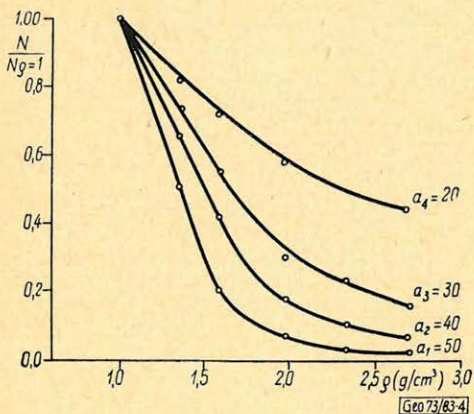
a) A rövid szonda a_r és hosszú szonda a_h méretének meghatározása céljából különböző hosszúságú szondákkal végeztünk az etalonsorban méréseket. A 4. ábrán a térfogatsúly (ρ_b) és a mért beütésszámok normált értékeit $\left(\frac{N}{N(\rho_b = 1)} \right)$ a szondahossz függvényében ábrázoltuk Cs^{137} 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.

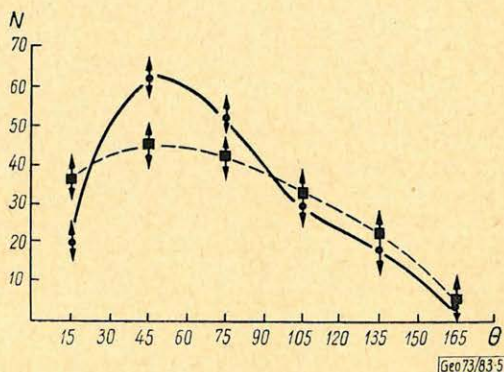
A KRG-2-120-60 típusú radioaktív berendezés 60 mm átmérőjű, 120 °C hőmérsékletig működtethető. A detektálást egymás felett elhelyezett – az ELGI-ben kifejlesztett – 4–4 különböző GM csőből álló kötegekkel oldottuk meg. A radioaktív berendezés rugóval ellátott, az izotóp az iszap felé árnyékol.

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 Θ 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.

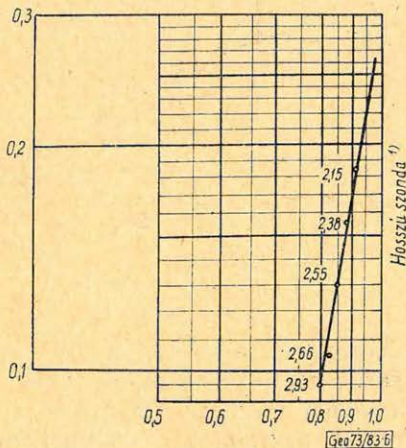
A fentiekben leírt mérés technikai paraméterek ismeretében a radioaktív berendezések térfogatsúlyra történő hitelesítése elvégezhető. A mérési eredmények feldolgozásának módszerét (az itt részleteiben nem közölt) 2. táblázat fejlece mutatja.

2. táblázat – маатлуга – Tabelle

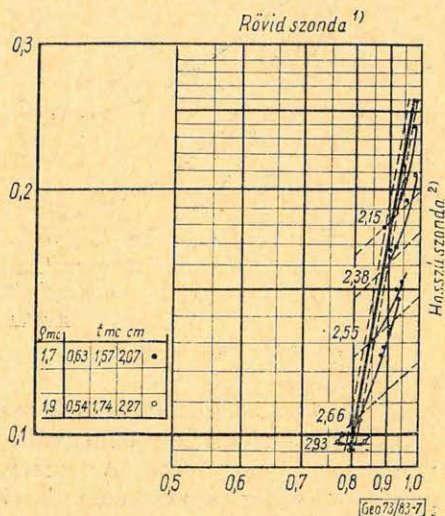
b g/cm ³	$a_r = 20$ cm					$a_h = 50$ cm				
	T_r cpm	N_r cpm	$\pm r$ cpm	$N_r - T_r$ cpm	$\frac{N_r - T_r}{(N_v)_r} \pm a_r$	T_h cpm	N_h cpm	$\pm h$ cpm	$N_h - T_h$ cpm	$\frac{N_h - T_h}{(N_v)_h} \pm a_h$

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 ρ_b térfogatsúly-értékei határozzák meg.

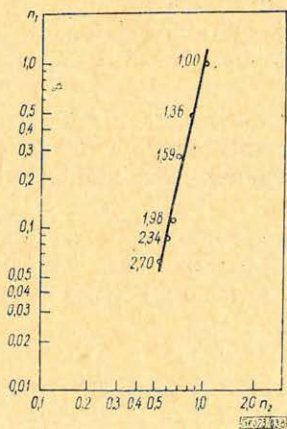
A gamma-gamma szelvényezéskor mért indikációk nagyságát lényegesen befolyásolja az izzaplepeny jelenléte.



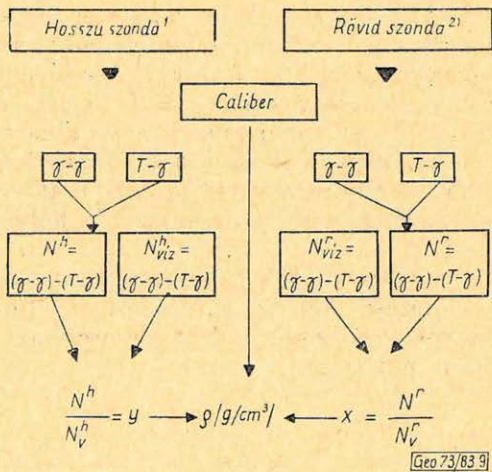
6. ábra – puc. – Abb.



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 δ , akkor a $\operatorname{tg} \alpha = 1$, azaz 45° -os egyenest fektetjük át a $P(x, y)$ ponton. Ennek a hitelesítő egyenessel adott metszéspontja a ρ_b értéket adja.

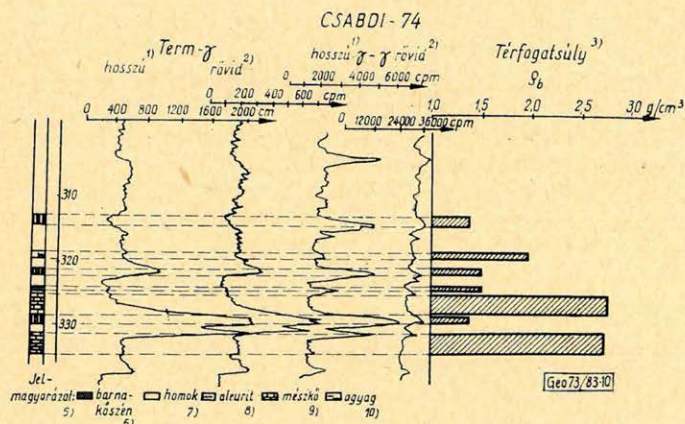
b) ha $d > \delta$, akkor a pont az ábrán jelölt 2δ szélességű sávon kívül helyezkedik el. Megnézzük, hogy az értelmezendő $P(x, y)$ pont melyik iszaplepeny-eltérési görbéhez esik közelebb, s azzal párhuzamosan hozzuk le a hitelesítő egyenesre, ahol leolvasható a ρ_b értéke.

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

A δ 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 δ -nak fogadjuk el.

„ δ ” 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 fel dolgozását 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 ³
				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

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

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 (Φ_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° -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 ϱ_M érték (r_i, ϱ_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 matematiceszkovo modelirovanyija gamma-gamma karotázsa dlja uszlovij neftyanüh szkvaszin. *Jadernaja Geofizika*, Trudü VNIIJAGG No 7. Moszkva, Nyedra 1969.
- [3] *Ju. A. Belocerkovec*: 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 mezdsu konsztrukciej 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 plotnosztново 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.