

K. SEBESTYÉN und L. SAJTI

GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG DER WASSERERSCHLIESSEN- DEN BOHRUNGEN MITTELS BOHRLOCHKAROTTAGE

Die Verfasser besprechen die bei der Untersuchung der wassererschliessenden Bohrungen mittels Borlochkarottage in Ungarn angewendeten Verfahren. Dabei werden folgende Feststellungen angeführt:

1. Die PS-Kurve eignet sich—den theoretischen Betrachtungen entsprechend — nicht nur zur Markierung der zur Wasserspeicherung fähigen Sand- und Sandsteinschichten, sondern auch zur angenäherten Bestimmung der Eigenschaften des Schichtwassers.

2. Aus den Kurven des scheinbaren Widerstandes kann man — im Besitze eines umfangreicheren Erfahrungsmaterials — die Porosität der Schichten errechnen; für die Permeabilität kann eine qualitative Schätzung gewonnen werden.

3. Das natürliche γ -Profil kann die IS-Kurve bei der Erkennung und Eingrenzung der Sandschichten, sehr vorteilhafterweise ersetzen: es ist nämlich unabhängig von den Eigenschaften des Schichtwassers und kann auch in verrohrten Bohrungen aufgenommen werden.

A VÍZKUTATÓ FŰRÁSOK MÉLYFŰRÁSI GEOFIZIKAI VIZSGÁLATA*

SEBESTYÉN KÁROLY — SAJTI LÁSZLÓ

A vízkutató fúrások feladata az átfúrt rétegsor mentén a víztermelésre alkalmas rétegek mélységének, vastagságának és termelési tulajdonságainak meghatározása.

Ezt a feladatot a fúrások legközvetlenebbül azzal tudnák megoldani, ha folyamatos magvétel segítségével az átfúrt rétegsorról teljes képet tudnának szolgáltatni. Ennek azonban a rendkívüli nagy költségek miatt gyakorlati akadályai vannak, azonkívül elvi nehézség is mutatkozik. Ez abban áll, hogy a rétegsor egyes tagjai egyáltalán nem adnak összefüggő magot, mások viszont lényegesen megváltoztatják tulajdonságaikat a fúróiszappal történő intenzív érintkezés hatására. Az első csoportba tartoznak pl. a víztermelés szempontjából elsődlegesen fontos homokok.

Ilyen esetekben a mélyfúrási geofizikára hárul a feladat, hogy a közvetlenül meg nem szerezhető földtani ismereteket a megfelelő fizikai paramétereknek az átfúrt rétegsor mentén történő meghatározása és értelmezése segítségével megadja.

A mélyfúrási geofizika által vízkutató fúrásokban megoldandó feladatokat a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A víztárolásra alkalmas rétegek kimutatása,

* A kézirat 1959. február 23-án érkezett.

2. a rétegsor egyes rétegei — különösen pedig a víztároló rétegek — határainak és mélységének meghatározása,

3. a víztároló rétegben levő oldat ionkoncentrációjának meghatározása,

4. a víztároló réteg porozitásának megadása,

5. a víztároló közet agyagosságának meghatározása,

6. a víztároló réteg permeabilitására következtetések.

A következőkben a homokos víztárolók vizsgálatának módszereit foglaljuk össze, de nem foglalkozunk az egyéb (pl. karbonátos) tárolók kérdésével.

A módszerek és értelmezésük elvi alapjainak kidolgozottságát figyelembe véve a víztároló rétegek kutatásában az alábbi eljárásokat alkalmazzák:

1. A természetes potenciál mérés (PS),

2. fajlagos ellenállásmérés különböző behatolású szondákkal,

3. természetes gamma-sugár mérés,

4. csak különleges esetekben alkalmazzák a gerjesztett potenciál mérést,

5. kísérleti stádiumban van a gamma-gamma eljárás és a neutron forrás alkalmazásával végrehajtható mérés.

A PS görbe felhasználása

A PS görbe azt a potenciálkülönbséget ábrázolja, mely a felszíni vonatkozási pont és a fúrólukban mozgó elektróda között fellép. Ez két komponensből tevődik össze:

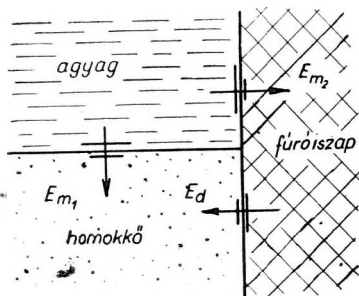
1. Az elektródák polarizációjának különbségéből,

2. a fúróiszap és a felszíni vonatkozási pont között fellépő potenciálkülönbségből.

Mint hogy ez a két komponens egymástól általában el nem választható, a méréseknek és a kiértékelésnek alapjául azt a különbséget tekintik, mely a homokok és az agyagrétegek között jelentkezik.

Ezt a potenciálkülönbséget a fúróiszap mentén folyó PS áramok hozzák létre. A PS áramokat viszont a PS elektromotoros erő (vagy sztatikus PS) indítja.

A sztatikus PS keletkezésének elektrokémiai és elektrokinetikus okai lehetnek. A jelenségeket a Schlumberger testvérek és utánuk mások számos vizsgálatban elemezték. Ezekből a vizsgálatokból tudjuk, hogy a homok- és agyagrétegek határain a fúróiszap jelenléte következtében a következő koncentráció határok és ennek megfelelően potenciál keletkezési helyek lépnek fel (1. ábra):



1. ábra. Fázishatár-potenciálok a fúrólukban

1. Az agyagréteg és a fúróiszap

határán létrejön egy elektrokémiai potenciál, melyet a fúróiszap és az agyagban levő rétegvíz, továbbá az agyag kolloid tulajdonságai szabnak meg.

2. Az agyag- és a homokréteg határán az előzőkhöz hasonló jellegű potenciál keletkezik, de a homokrétegben levő rétegvíz tulajdonságainak megfelelően.

3. A rétegvíz és a fúróiszap határán is létrejön egy diffúziós potenciál, mely a két oldat ionkoncentrációi (ionaktivitása) különbségének következménye.

Az így létrejövő potenciált a következő képlet adja:

$$E_{e \text{ kém}} = \frac{RT}{F} \cdot \frac{2 \alpha_a}{\alpha_a + \alpha_k} \cdot \ln \frac{\varrho_i}{\varrho_v} = K \log \frac{\varrho_i}{\varrho_v} \dots 1.$$

ahol R , T , F a kémiából ismert jelentésűek, α_a és α_k az anion és kation mozgékonyaság, továbbá ϱ_i az iszapfiltrátum fajlagos ellenállása a réteg hőmérsékletén, ϱ_v a rétegvíz fajlagos ellenállása a réteg hőmérsékletén.

A K tényezőt a hőmérséklet függvényében táblázatból vehetjük:

Necsaj szerint

C°	20	30	40	50	60
K	50	60	70	79	89

(A megadott összefüggés csak a vizkutatás területén fellépő ionkoncentrációkig adja meg a PS elektrokémiai komponensét. Olyan koncentrációnál, ahol a fajlagos ellenállások helyett az ionaktivitások figyelembevétele szükséges, az összefüggésbe egy további korrekciós tényező bevétele célszerű.)

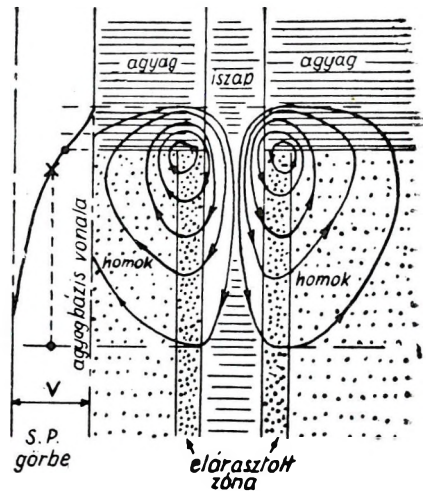
Az elektrokémiai potenciálokon kívül a fúrólyukban még elektrokinetikus (filtrációs) potenciálok is jelentkezhetnek. A vizkutató fúrások azonban legtöbbször rotary-rendszerű fúrásmóddal mélyülnek, ezeknél az iszaplepleny képződése következtében a filtrációs potenciálok csak alárendelt szerepet játszanak, ezért további számításainkban ezeket figyelmen kívül hagyjuk.

A PS anomália kialakulása szempontjából a sztatikus PS mint elektromotoros erő szerepel, mely áramot indít a fúróiszap, a homokréteg és az agyagrétegből álló áramkörben:

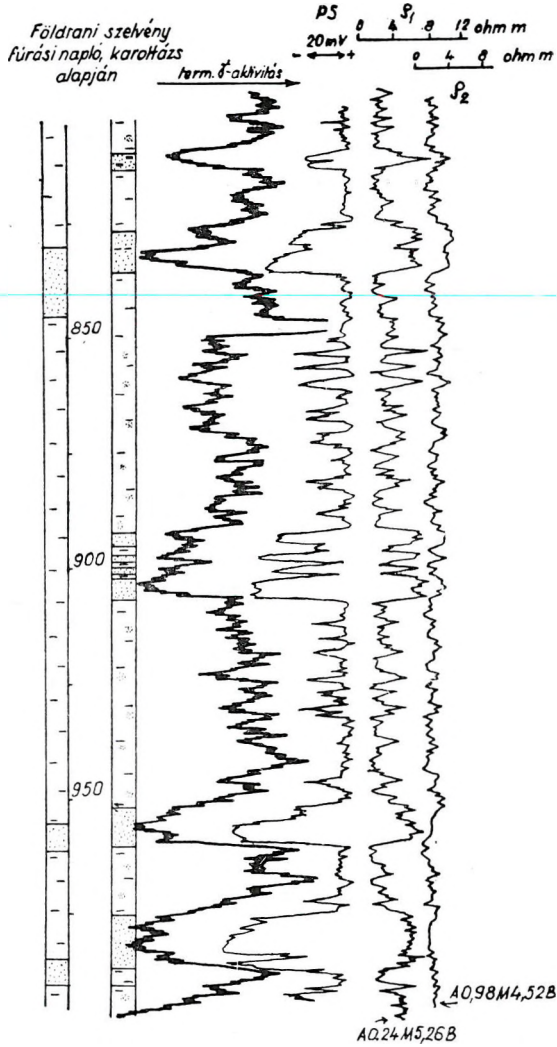
$$PS_{\text{sztat}} = i (R_i + R_h + R_a) \dots \dots \dots 2.$$

Az áramvonalak kialakulását és a fúróiszap mentén mérhető anomáliát 2. ábránk mutatja.

Az áram irányára a rétegvíz és a fúróiszap ionkoncentrációinak vi-



2. ábra. PS áramok és potenciál-eloszlás a fúrólyukban



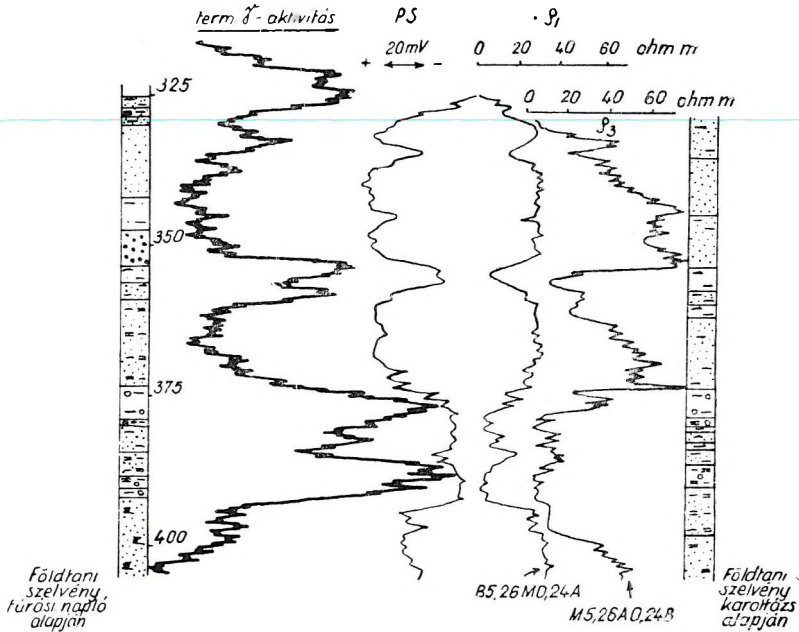
FÖLDTANI JELKULCS:

homok	iszapos agyag	homokos márga
agyag	iszapos homok	kavicsos agyag
homokos agyag	márga	kavicsos homok
agyagos homok	agyagos márga	tufa
iszap	kőpados agyag	

3. ábra. A hajdúnánási fúrás karottázsgörbéi: 1. radioaktív természetes gamma, 2. PS, 3. ρ (A 0,24 M 5,26 B) 4. ρ_2 (A 0,98 M 4,52 B)

szonya a döntő. Ha a rétegvíz ionkoncentrációja (ionaktivitása) nagyobb, akkor az áram az iszaphból a homokréteg felé, majd az agyagon keresztül az iszaposzlopba folyik. A fúróiszap mentén negatív anomália alakul ki.

A homok és agyagréteget elválasztó határ mentén a *PS* áramok sűrűsége a legnagyobb. A határtól távolodva az áramsűrűség csökken.



4. ábra. Pozitív *PS* anomáliák a csökmői fúrásban

Ebből következőleg diagramjainkban a *PS* anomáliagörbén a réteg határral szemben inflexió pont van.

Fentiek alapján a vizkutató fúrásokban észlelt *PS* anomáliák kiértékelése a következő szempontok szerint történik:

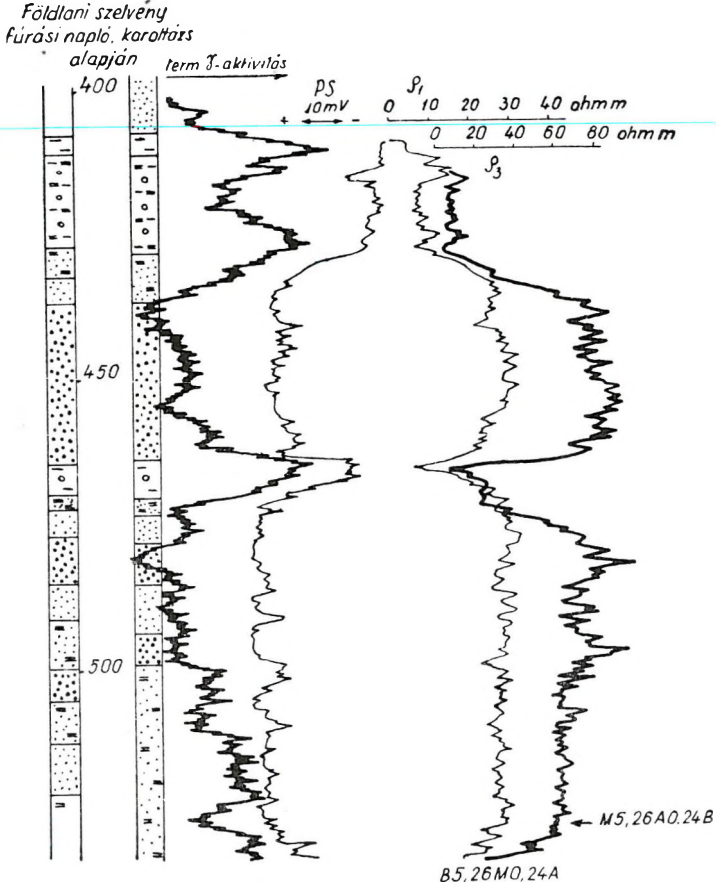
1. A *PS* anomália a homokréteg legmegbízhatóbb indikációja. A *PS* anomália megjelenése (homokosagyagos rétegsorban) homokréteg jelenlétére utal.

2. A *PS* anomália amplitudója (illetve az ezt létrehozó sztatikus *PS*) a homokréteg rétegvízének és a fúróiszapnak az ionkoncentrációjától függ.

Ezt mutatja a 3. ábra, mely a hajdúnánási fúrás 800 és 1020 méter közötti szakaszán készült felvételeket ábrázolja. A rétegvizek ionkoncentrációja a mélység felé fokozatosan növekszik. Ennek megfelelően a 840, 900, 950, 970 és 1000 méter körüli mélységeken mutatózó jelentős vastagságú homokok *PS* anomáliái fokozatosan növekszenek (kb. 10 mV-os lépésekben).

3. Ha a rétegvíz ionkoncentrációja nagyobb, mint a fűróiszapé, akkor a PS anomália negatív, fordított esetben pozitív. Emberi fogyasztásra alkalmas rétegvizek esetén a fűróiszap ionkoncentrációja gyakran nagyobb, mint a rétegvizé, ezért az agyagvonalhoz viszonyítva pozitív PS anomáliát hoz létre.

Ezt mutatja a 4. ábra, ahol a természetes gamma és az ellenállás-



5. ábra. Különböző permeabilitású rétegek azonos PS anomáliával egy makói fűrásban

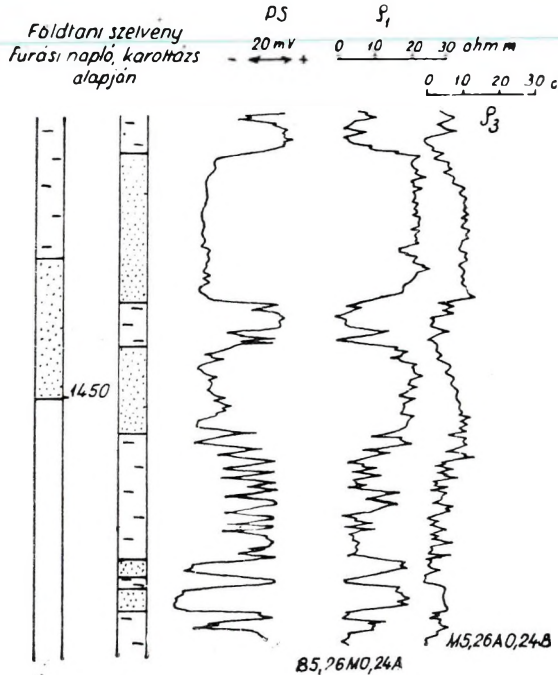
görbék által meghatározott homokokat fordított PS anomáliák kísérik. A homokkal szemben az agyagvonalhoz viszonyított pozitív anomália tapasztalható.

4. A PS anomália amplitudója tiszta homokok esetében nincs összefüggésben a réteg permeabilitásával, csupán azt feltételezi, hogy bizonyos mértékű permeabilitás létezik.

Az 5. ábra egy makói fúrás alsó szakaszát ábrázolja. A fúrás adatai szerint a rétegsor durva és finomszemű homokokból és iszapos homokból áll. Ez a természetes gamma- és az ellenállásszelvényeken is jelentkezik. A PS görbén (amely egyébként fordított előjelű) aránylag kis változások jelentkeznek.

5. A réteghatárok kijelölése a PS anomália inflexiók pontjai alapján történhet.

6. A 2. képletből látható, hogy a rétegek PS anomáliája azonos sztatikus PS (tehát rétegvíz tulajdonságok) mellett függ a réteg vastag-



6. ábra. Réteghatárok kijelölése a PS görbe alapján

ságától. Vékony rétegek PS anomáliája kisebb. Ugyanazon képletből látható, hogy a fúróiszap fajlagos ellenállása és a furat átmérője is befolyásolja a PS anomália amplitudóját. Az összefüggéseket a 7. ábra adja.

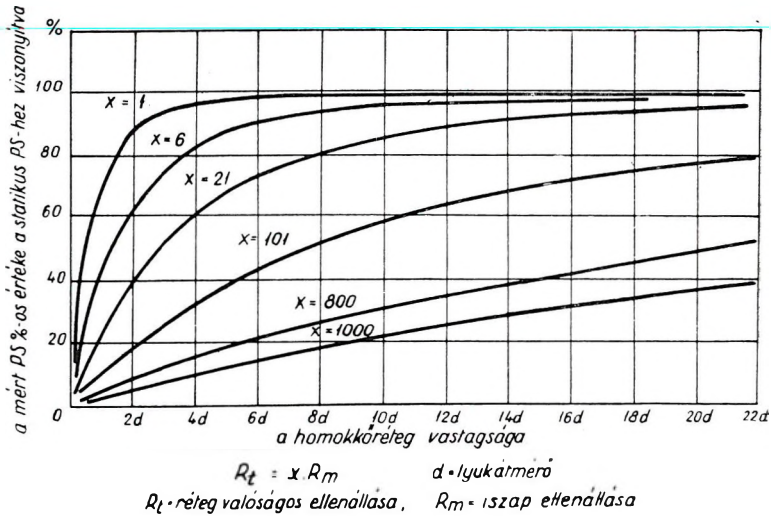
Ez az ábra lehetőséget ad a PS anomáliának a sztatikus PS -re való korrigálására.

A rajzon a vékony rétegekkel szemben mutatkozó PS anomália-csökkenésre igen sok példát találunk, megfigyelhető ez a 3. ábrán közölt szelvényeken is.

7. Az 1. formula lehetőséget ad a rétegvíz ionkoncentrációjának (ion aktivitásának) kiszámítására. Ismernünk kell az iszap fajlagos ellenállását, a réteg hőmérsékletét, a PS anomália amplitudóját és a réteg vastagságát.

Az I. táblázatban a néhány hazai fúrásban felvett *PS* anomália segítségével végzett számítások eredményeit közöljük, összehasonlítva a rendelkezésünkre álló laboratóriumi elemzések adataival.

A táblázatot végigtekintve több helyen, így pl. a Nyíregyháza—Sóstó II. és Kemecse fúrásoknál jelentékeny eltérés tapasztalható. Az elsónél az eltérés onnan adódhat, hogy a kifolyó víz az alsó 900—1000 m-ig terjedő homokból is táplálkozik, amelyek a kifolyó víz ionkoncentrációját növelik, míg a számításnál csak a 760 m-nél levő rétegvíz ionkoncentrációját vettük figyelembe.



7. ábra. A mért *PS* %-os értéke a sztat. *PS*-hez viszonyítva

A második esetben a kemecsei fúrásnál az agyagosság okozhatja az eltérést, de mindkét esetben lehet az ok filtrációs potenciálok fellépése is.

Mindezek a megfontolások csak „tisztá” homokok esetére érvényesek. Az agyaggal „szennyezett” homokok esetében a viszonyok lényegesen megváltoznak:

1. A *PS* anomália görbe az agyagosság következtében megváltoztatja alakját.

2. A *PS* anomália amplitudója csökken a „tisztá” homokkal szemben tapasztalhatóhoz viszonyítva.

A *PS* anomália csökkenésének mértéke összefüggésbe hozható az agyagtartalommal. Ha a tiszta homokok adott viszonyok közötti sztatikus *PS*-e ismeretes, akkor elvileg számítás végezhető az agyagos homok agyagtartalmára. Hazai viszonylatban megfelelő földtani adatok hiányában ilyenirányú számítások nem voltak végezhetőek, csak becslések történhetnek.

I. táblázat

Fúrás helye	PS(E) mV	Iszap R_m ohm. m.	Réteg- viz R_{10} ohm. m.	Oldott anyag mg/l	Vizminták alapján kémiai elemzésből		
					R_{10}	mg/l	mélység m
Cegléd C—6013 125—137 m.	+ 40	5,8	21,5	350,—			
Csökmő 4081 360 m 380—393 m	+ 23	2	4,3	1742			
	+ 30	2	6,2	1210			
Makó Patai-tér 340 m 365 m 450 m 510 m	+ 35	4,3	13,6	550	5,52	1358	Makó fürdő 755—771, 868—886
	+ 30	4,3	11,6	645			
	+ 25	4,—	9,1	825			
	+ 18	3,5	6,2	1210			
Szentés, 1200 m kórház 1420 m 1715 m	— 28	4,5	2,5	3000			
	— 32	5,5	2,—	3750			
	— 36	5,—	1,9	3950			
Tiszanána 315—321 343—348	+ 14	4,5	6,2	1210	6,3	1186,1	72—100 m
	+ 11	4,4	6,2	1210			
Nyíregyháza Sóstó II. 730 m.	— 20	2,2	1,3	5760	0,93	8024,3	Sóstó I. 730—998
Kemese 414 m	+ 15	7,2	15	500	8,3	896,7	307—414
Abony 287 m	+ 20	5,2	12	625	8,—	937,9	287
Hajdúnánás 1000 m	— 54	3,3	0,72	10415	0,54	13698,4	Hajdú- bószörmény 991 m

Az ellenállásgörbék felhasználása

A vizkutatófúrásokban felvett látszólagos fajlagos ellenállásgörbék alapján történő rétegazonosításnál számba kell venni azokat a tényezőket, melyek az ellenállás nagyságát befolyásolják. Abból az alaptételből kell kiindulnunk, hogy az üledékes kőzetekben az áramvezetést ionok mozgása okozza. Tehát ha a pórusokat kitöltő ásványi oldatokat tartalmazó víz és az oldott só mennyisége növekszik, nő a vezetőképesség és csökken az ellenállás.

A hőmérséklet is ellenállásbefolyásoló tényező. Ha emelkedik a hőmérséklet, csökken az ellenállás, mivel növekszik az ionok mozgékonyága.

Az első tényezőtől már következik, de fontossága miatt külön említendő, hogy a kőzetszerkezet fontos szerepet játszik a kőzet vezetőképességében. Minél nagyobb a kőzetek porozitása, annál nagyobb teljes folyadéktelítettség esetén a vezetőképesség. Itt az „effektív porozitás” jöhet számításba, mivel áramvezetés csak az ionok szabad mozgása folytán jöhet létre.

A homokokban, homokkövekben „szennyezés” formájában jelenlevő agyag is befolyásolja a fajlagos ellenállás értékét. Az agyag különálló vezető utat jelent még azonfelül, amelyet a sóoldat a kőzetszűrésben képvisel.

Még más tényezők is befolyásolják a porózus anyag ellenállását, mit pl. a szemcsenagyság, az ellenállás mérésének iránya stb.

Fenti általános elvek alkalmazásával a vizkutató fúrások fajlagos-ellenállás-szelvényeihez különböző megfontolásokat fűzhetünk. Vegyük pl. a szentesi kórházi, 1925 m mély fúrást (8. ábra): ezt három szakaszban szelvényeztük: 387 m-től 973 m-ig, 987 m-től 1,494 m-ig és 1400 m-től 1725 m-ig. A kismélységű vizek általában édesvizek, elég alacsony ionkoncentrációval, ennek megfelelően nagy fajlagos ellenállással rendelkeznek. A kórház területén levő másik, sekély fúrásnál a 330 m mélységben levő rétegből nyert vízben 563,5 mg/l az összes oldott anyag mennyisége. A rétegvíz ellenállásának kiszámítására a következő tapasztalati képletet alkalmazhatjuk:*

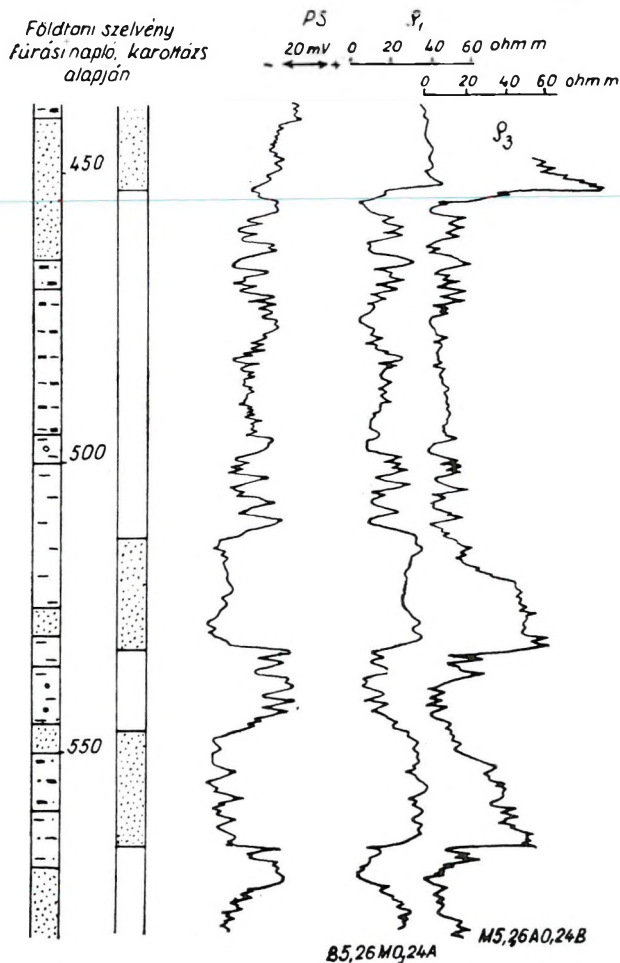
$$R_w = \frac{7500}{n},$$

ahol „n” az oldott anyag mennyisége mg/l-ben, R_w a fajlagos ellenállás ohm-méterben. Esetünkben a számítás szerint a rétegvíz fajlagos ellenállása 13,3 ohm·m. Ehhez közeleső fajlagos ellenállású rétegvíz mellett 450 m-ben a nagybehatolású gradiens szondával mért látszólagos fajlagos ellenállás 60 ohm·m; ez az adott feltételek között a fentebbi értékkel megfelelőzésbe hozható.

Ezek alapján kiszámítható a formáció-faktor (l. később) és az effektív porozitás. A nagybehatolású gradiens szondával mért látszólagos fajlagos ellenállás-érték közelesik a valódi fajlagos ellenálláshoz. Tapasztalataink

* A tapasztalati formulát Scher Áron, az Országos Közegészségügyi Intézet kutatójának közlése alapján alkalmazzuk.

szerint a felső agyagszennyeződéstől mentes homokrétegek, melyek édesvízzel vannak telítve, 60–120 m ohm értékkel jelentkeznek. Ha a szelvényen lényegesen alacsonyabb értékeket kapunk a felsőbb homokoknál (15–20 ohm m), ez elsősorban agyagszennyezettségre utal.



8. ábra. A szentesi kórházi fúrás egy részletének karottázs-görbéi

A tiszta (agyagmentes) kifejlődésű víztároló homokok tulajdonságainak tisztázására az ellenállásgörbék adatai felhasználhatók. A rétegvíz fajlagos ellenállása és a réteg valóságos fajlagos ellenállása a következő összefüggésben vannak egymással

$$F = \frac{R_t}{R_w}$$

ahol R_t a réteg valóságos fajlagos ellenállása

F egy arányossági tényező (formáció faktor)

R_w a rétegvíz fajlagos ellenállása.

Ez az összefüggés lényegében azt a tapasztalati tényt fejezi ki, hogy üledékes kőzetek fajlagos ellenállása arányos a bennük levő rétegvíz fajlagos ellenállásával. Az F arányossági tényező a porózus kőzetek szerkezeti tulajdonságaitól függ; az összefüggés a következő alakba foglalható:

$$F = \frac{1}{\varphi^m},$$

ahol φ a porozitás, m állandó.

Az összefüggést m különböző értékeire a 9. ábra mutatja be.

F ismeretében m értékét tapasztalati úton megállapítva — a réteg effektív porozitása kiszámítható.

II. táblázatunk a néhány fúrás vízadó rétegére kiszámított porozitásértékeket mutatja.

Többen vizsgálták azt, hogy milyen változóktól függ az áteresztőképesség. *Kozeny* (1927) adta az egyik alapvető összefüggést. Formulája, amelyet elméleti és fizikai megfontolások alapján vezetett le, a következő:

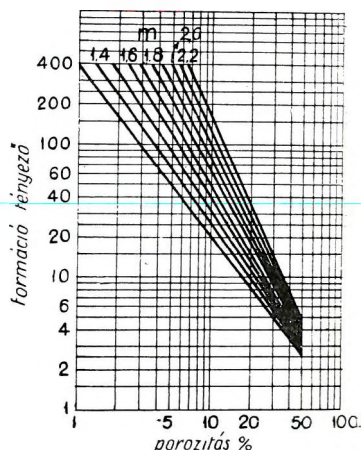
$$k = cd^3 \cdot \frac{\varphi^3}{(1 - \varphi)^2} \quad \text{ahol: } \begin{array}{l} \varphi = \text{a porozitás,} \\ d = \text{a szemcseátmérő,} \\ c = \text{konstans.} \end{array}$$

Ezt az egyenletet lehet még finomítani, ha bevisszük azokat a tényezőket (részecskék egyöntetűsége, a részecskék eloszlása, irányított-sága, rétegzettség stb.), melyek jellemzőek a porózus anyagra.

Amint a képlet is mutatja, k egyenesen arányos a szemcseátmérő négyzetével. Nagyobb szemcséjű homokok áteresztőképessége tehát nagyobb.

A durvaszemű, nagy áteresztőképességű kavicsok esetében a fúróiszap filtrátuma könnyen beáramlik a rétegbe. Az iszap-filtrátum általi elárasztott zóna fajlagos ellenállása általában nagyobb lesz, mint a nagyobb ionkoncentrációjú rétegvizet tartalmazó érintetlen rétegé. Ez azt jelenti, hogy két különböző behatolású szondával mért látszólagos fajlagos ellenállás közül a kisebb behatolási mélységű lesz nagyobb, jó permeabilitású réteg esetében. Jellemző példát mutat erre a Szentés Berki-iskolai fúrás-ban felvett szelvény 250 m körüli homokrétege (10. ábra).

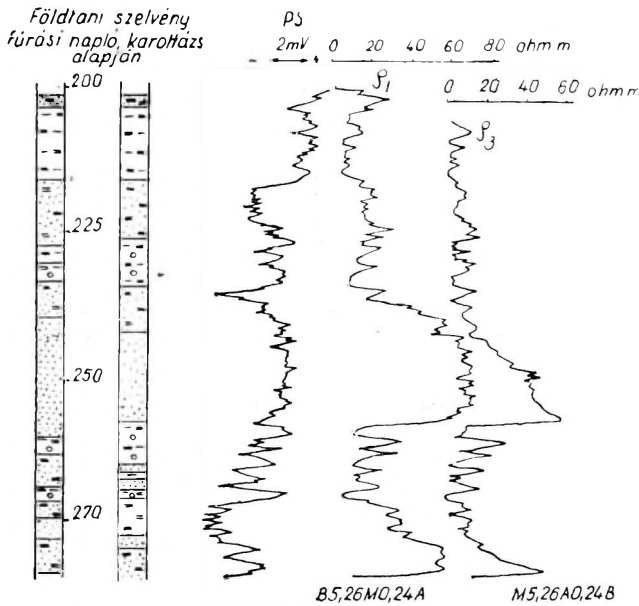
Ha viszont a fúróiszap filtrátumának fajlagos ellenállása kisebb, mint a rétegvizé, akkor a nagyobb behatolású szondával mért látszólagos fajlagos ellenállás lesz nagyobb, mint a kis behatolású szondával mért. Erre ad példát a Berettyóújfalú-fürdő-i szelvény (11. ábra).



9. ábra. Diagram a porozitás leolvasására

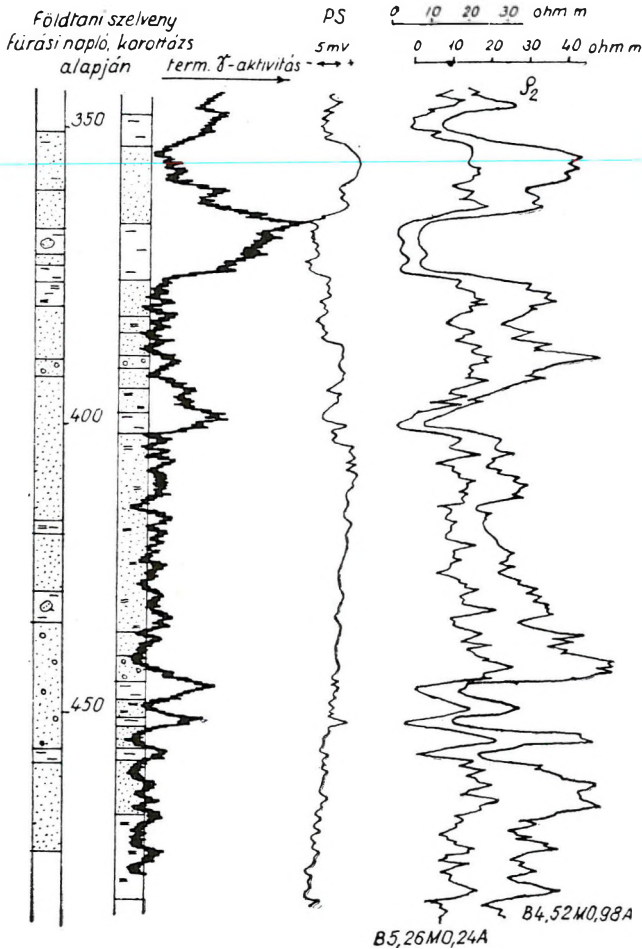
II. lóblázat

Fúrás helye	Mélység m	R_l ohm·m	R_w ohm·m	Kémiai elem R_w ohm·m	F	φ %
Újszeged	920	23	5,3	5,9	4,3	38
	980	19	4,7		4,—	39
Makó, fürdő	525	65	5,7	5,5	11,4	20
	875	18	3,8		4,7	35
Szentes, kórház	1200	18	5,3	5,5	3,4	44
	1120	12	3		4,—	39
Gyoma, fürdő	991—1001	8,2	1,8		4,5	37
Sóstó II.	725—735	4,8	1,4	0,93 (730—998) m	3,4	44
Hajdúnánás fürdő	830	4,3	2,3		1,9	65
	900	2,8	1,3		2,15	60
	1000	2,4	1,3		1,85	66



10. ábra. A Szentes-Berki iskolai fúrás szelvénye

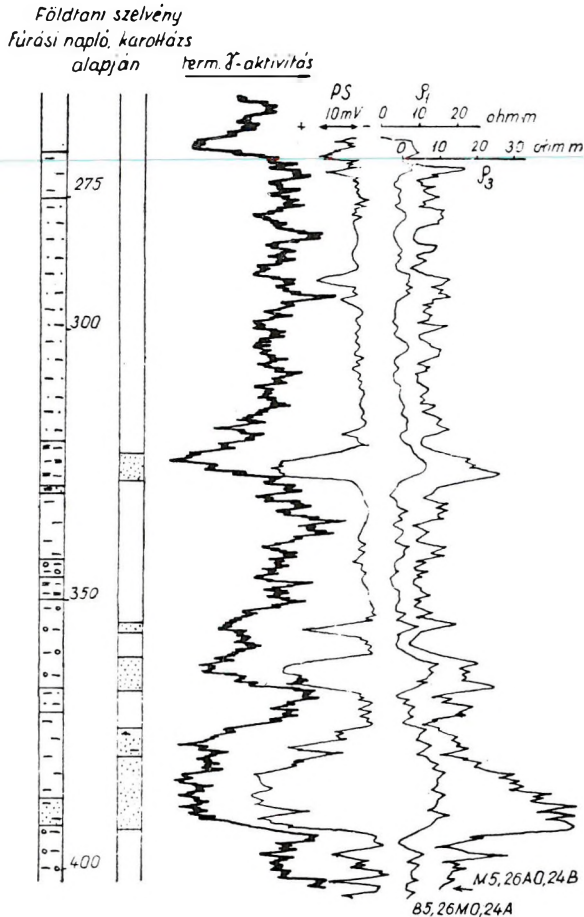
Általánosságban az állapítható meg, hogy ha a furatban közel azonos időben felvett különböző behatolási mélységű látszólagos fajlagos ellenállásgörbék jelentősen eltérnek egymástól, akkor a réteg jó áteresztőképességgel rendelkezik.



11. ábra. A berettyóújfalui fúrás karottázs-szelvényei

Az áteresztőképességre tett előző megállapítások csak agyagos szennyezéstől mentes homokokra érvényesek. Vizsgáljuk meg az agyag „szennyezés” formájában való jelenlétét fajlagos ellenállás-szelvényeinken. Az, hogy az agyagaggregátumok milyen mértékben befolyásolják a kőzet fajlagos ellenállását, az az agyagnak a kőzetekben előforduló mennyiségétől és megjelenésének módjától függ. A vezetőképesség, melyet az agyag képvisel, viszonylag független a kőzetrészekben fenn-

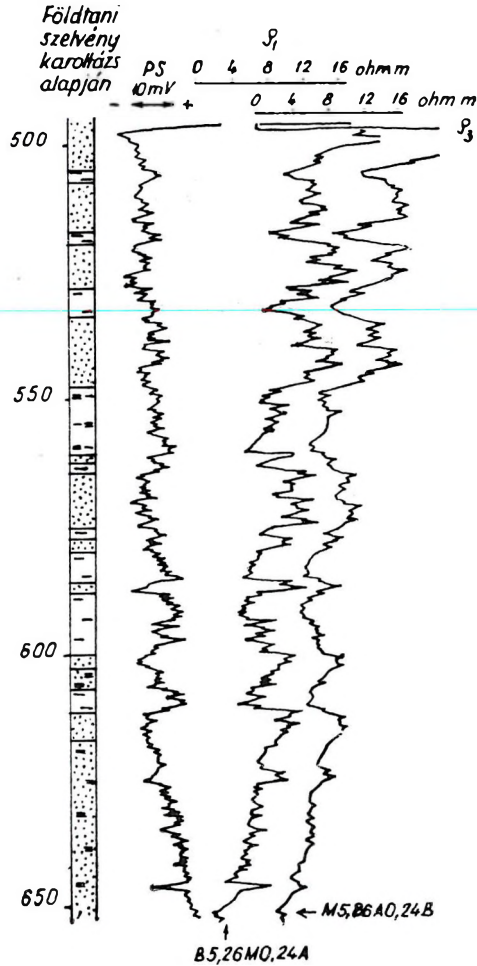
álló körülményektől. Vagyis, hiába tartalmaz a szennyezett homok viszonylag nagy fajlagos ellenállású édesvizet, a homok fajlagos ellenállása nem léphet túl egy korlátot, amely a szennyező agyag jelenlétéből ered. Ez a hatás a felső homokok esetében igen nagy lehet, mikor is



12. ábra. A csökmői fúrás szelvényei

az agyagszennyezés a homok fajlagos ellenállását erősen csökkenti. Szembetűnő ez a csökmői fúrásnál és ez nyilvánul meg az alacsony fajlagos vízhozamú kutak szelvényein is. (12., 13. ábrák)

Mindkét fúrás bemutatott szakaszán a homokok fajlagos ellenállása a várhatónál alacsonyabb, és a homokok vízhozama is a várhatónál alacsonyabb. Feltételezés szerint ezt a homokokban levő agyagos szennyezés okozza.



13. ábra. A berettyóújfalui vizkutató fúrás alsó szakasza

Radiológiai módszerek

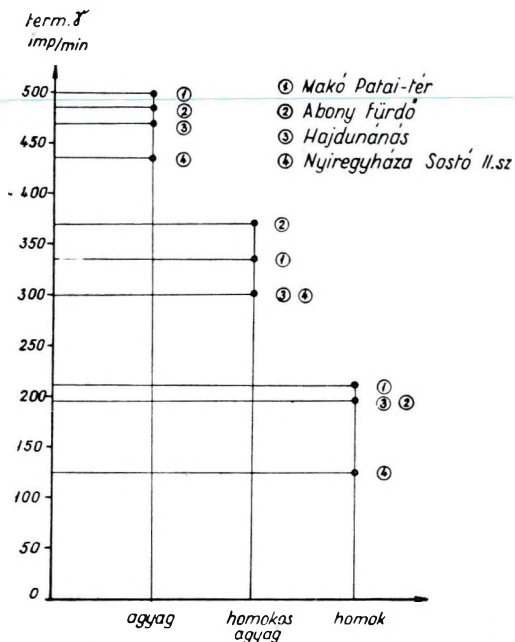
Vizkutató fúrások vizsgálatában gyakran alkalmazott módszer a természetes gamma-sugárzás mérése. Hazai tapasztalatok is igazolják azt az irodalmi megállapítást, hogy a természetes gamma-szelvény a PS görbével egyenértékű. A rétegsor tulajdonságainak megállapításánál a gamma-szelvény ugyanúgy alkalmazható, mint a PS görbe. Önálló interpretációt éppúgy mint az, ez is csak ritkán tesz lehetővé. Ez az egyenértékűség számos ábránkon látható, pl. a 3–4 stb.

Két jelentős előnnyel rendelkezik azonban a γ -szelvény a PS görbe felett:

1. A természetes gamma-sugár-görbe független azoktól az elektrokémiai viszonyoktól, melyek a fúrólukban előállnak, valamint az esetleg fellépő egyenáramú zavaroktól.

2. A természetes gamma-sugár-görbe csövezett fúrólukban is felvehető.

A természetes gamma-sugár-szelvény elsősorban kvalitatív vizsgálatokra és korrelációs célokra használható (de megfelelő földtani



14. ábra. A rétegek γ aktivitási sorrendje hazai fúrások vizsgálatai alapján

ismeretek segítségével kisebb területegységeken belül a kvantitatív interpretáció is lehetséges).

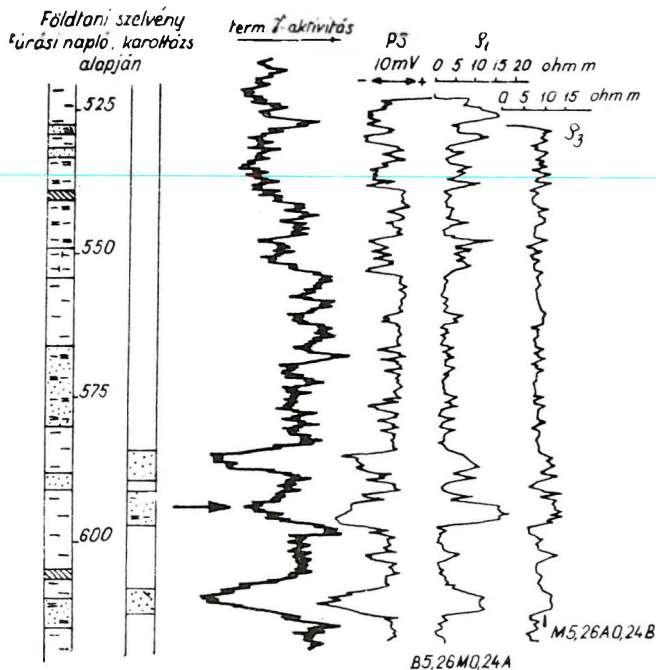
A kvalitatív interpretáció alapjait *Russel* 1943-ban megjelent alapvető dolgozatában rakta le. Megállapította, hogy a törmelékes kőzetek természetes gammasugár aktivitásukat figyelembevéve, mely sorrendben következnek egymásra. Ábránk hazai tapasztalataink alapján készült (14. ábra).

Ebből az ábrából a vizkutató fúrások gamma-sugár-szelvényeinek interpretálásához az az alapvető megállapítás tehető, hogy a tiszta kvarchomok gamma-sugárzás szempontjából inaktív, viszont az agyagok K^{40} -es izotóptartalmuknak megfelelően jelentős gamma-sugárzást mutatnak. Ez az interpretáció szép egyezést mutat a *PS* és a fajlagos ellenállás görbe alapján adhatóval (l. pl. 3. ábra).

Az interpretációt vizkutató fúrások esetén zavarhatják a mészkövek és az erősen meszes márgák, de ugyancsak téves interpretációt okozhat a furat kavernásodása is (mely a sugárzás jelentős változását idézheti

elő). Példa erre a Mezőtúri Technikum tangazdaságában és az abonyi fúrásban omlás után felvett gamma-szelvény. (15., 16. ábra.)

Mindkét fúrásban az elektromos mérések után a furat a nyíllal jelölt helyen beomlott. A kitisztítás után felvett természetes γ -szelvény



15. ábra. A Mezőtúr-technikumi vízkutató fúrás karottázs-szelvényei

a kiöblösödés helyén nagyobb aktivitást jelez, mint a fölötte levő és az elektromos szelvények alapján azonos tulajdonságúnak vehető homokrétegnél. A jelenség magyarázatául a homoknál nagyobb aktivitást mutató fúróiszaposzlop megvastagodása vehető.

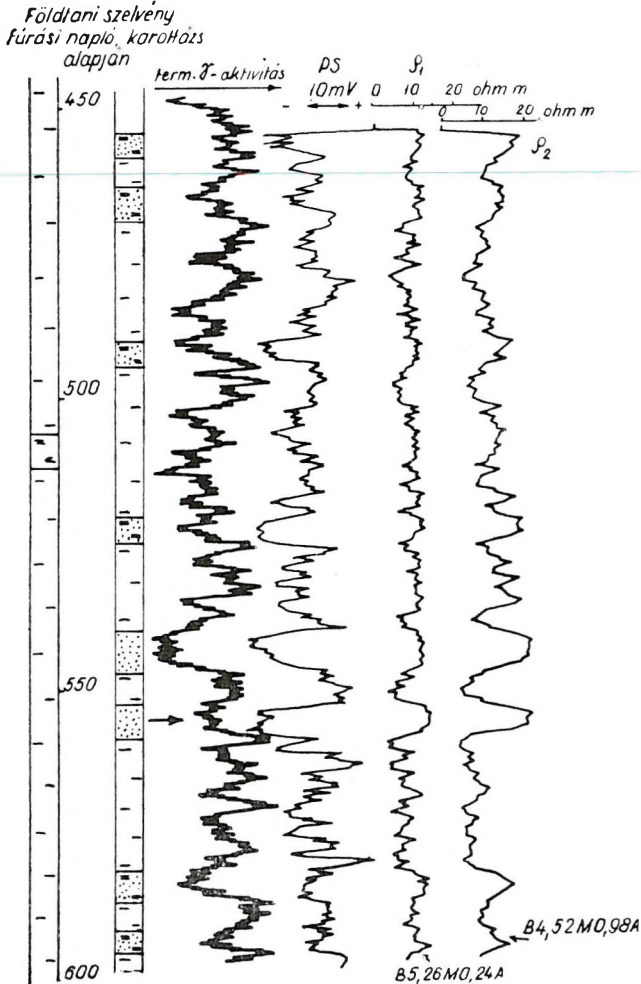
Dahnov vizsgálataiból ismeretes, hogy a kb. 1 m-nél vékonyabb rétegeknél a természetes gamma-anomália nem éri el azt a szintet, mely a réteg rádium-ekvivalens mutatója alapján várható lenne. Vízkutató fúrásokban azonban a vizsgált rétegek túlnyomóan 1 m-nél vastagabbak és így ebből interpretációs hiba nem származik.

A réteghatárok meghatározásánál elméleti vizsgálatok azt mutatják, hogy az anomáliák felezőpontjához tartozó mélységek adják a réteghatárokat. Itt mindenesetre figyelembe kell venni azt, hogy a sonda időállandója meghatározza a megengedhető legnagyobb vontatási sebességet, mellyel még torzulásmentesen regisztrálható a természetes gamma-sugár-görbe.

Irodalmi adatok szerint összefüggés állapítható meg az üledékes kőzetek radioaktivitása és agyagtartalma között (1). Minthogy homokokban és homokkövekben az agyagtartalom az effektív porozitás és per-

meabilitás csökkenésére vezet, ezért a rétegek radioaktív gamma-sugárzása fenti paraméterekkel empirikus kapcsolatba hozható.

A radioaktív gamma-sugárzás agyagos homokkal szembeni növekedését mutatja 5. ábránk.



16. ábra. Az abonyi vízkutató fúrás szelvényei

Kvantitatív kiértékelésre alkalmas összefüggés csak földtani tájegységekként adható, ahol föltételezhető, hogy a szennyező agyagok ásványi összetételében jelentős változás nem állt elő. Itt is korrekcióba kell azonban venni a gamma-sugár fúrólukbeli észlelése következtében fellépő számos zavaró tényezőt.

Fentiekben ismertettük a homokos víztárolók réteghatárainak és termelési tulajdonságainak meghatározására szolgáló módszereket.

További kutatásaink több irányban folynak:

1. A neutron-gamma (neutron-neutron) módszer segítségével a száraz homokoknak a víztároló homokoktól való megkülönböztetése,
2. A neutron-gamma módszer segítségével a víztárolók porozitásának meghatározása,
3. Az $F = \frac{R_t}{R_p}$ összefüggés nyújtotta számolási lehetőségek kiaknázása a réteg tulajdonságainak meghatározására.
4. A gamma-gamma módszer nyújtotta kvantitatív vizsgálati lehetőség az alábbi megfontolások alapján:

Egy homokrégteg sűrűsége és abszolút porozitása között az alábbi összefüggés állapítható meg:

$$\delta = (1 - \varphi) \delta_{\text{anyag}} + \varphi \cdot \delta_{\text{folyadék}}, \text{ ahol } \delta \text{ a sűrűség jele.}$$

Homokkövek, homokok esetén $\delta_{\text{anyag}} \approx 2,65 \text{ g/cm}^3$ -nek vehető, míg víztelítettség esetén $\delta_{\text{folyadék}} \approx 1 \text{ g/cm}^3$.

δ értékét γ - γ mérésből meghatározva lehetőség adódik a φ értékének meghatározására.

(Irodalmi utalások szerint a módszer csak nagyobb porozitások esetén használható eredményesen; 10–15% porozitáson felül.)

Köszönetünket fejezzük ki Dombai Tibornak, a M. Á. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet igazgatójának a mérési anyag leközlésének engedélyéért.

I R O D A L O M

1. *Dahnov V. N.*: Interpretacija rezultatov geofiziceszkih stb., Gosztoptehizdat Moszkva, 1955.
2. *Komarov*: Geofiziceszkiy metod iszledovánija stb. Gosztoptehizdat Moszkva, 1952.
3. *Doll H. G.*: The SP Log: Theoretical Analysis and Principles of Interpretation. Trans AIME 179, 146 (1948).
4. *Archie G. E.*: The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. Trans AIME 146 54 (1942).
5. *Wyllie M. R. J.*: A Quantitative Analysis of Electrochemical Component of the SP Curve. Trans AIME 186 17.
6. *Wyllie M. R. J.*: The Fundamentals of Electric Log Interpretation. 2. Edition. Academic Press Inc. Publishers. New York, 1957.
7. *Barlai Z.*: Olajkutató fúrások elektromos szelvényezésének kiértékelési problémái. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó V. Bpest, 1954.
8. *Necsaj A. M.*: Kőzetek litológiai tulajdonságainak meghatározása fúrólyukban végzett geofizikai vizsgálatok eredményei alapján (oroszul). Prikladnaja Geofizika Vüp. 11 (1954) P. 3–49. Moszkva, Gosztoptehizdat.
9. *Wayne A. Pryor*: Quality of Groundwater Estimated from Electric Resistivity Logs. (Division of the Illinois State Geological Survey, Urbana 1956. Circular 215).
10. *Russell, W. L.*: The Total Gamma Ray Activity of Sedimentary Rocks as indicated by Geiger-Mueller determinations, Geophysics, V. 9., n. 2. April 1944.
11. *Chombart I. G.*: Reconnaissance et évaluation des formations par diagraphies électriques et nucléaires. Radio-activité naturelle. Rev. Inst. Franc. Pétr. V. 11, n. 11, Novembre 1956.