

# Elektródák helyének és két tápkör alkalmazásának hatása a geoelektromos szondázásnál

EGERSZEGI PÁL

A tanulmány vizsgálja a különböző elektródaelrendezésű szondázásoknál a „behatolás” változását. Ebből a szempontból két elrendezés mutat kiugró értéket, a potenciál elrendezés és a terelőáramú módszer. E módszereknek elsősorban a nagy pozitív ellenállás-kontrasztoknál van előnyük a többi elrendezéssel szemben, ugyanis nagyobb a felbontóképességük  $k > +0,8$  ellenállás-kontrasztnál. Általában a potenciál elrendezés használható, a terelőáramú szondázás csak akkor jöhet számításba, ha oldalhatást akarunk kimutatni, illetve korrekcióval megszüntetni.

В работе исследуется изменение «проникновения» при различном расположении электродов при зондировании. С этой точки зрения два расположения показывают слишком выдающиеся значения: потенциальное расположение и метод фокусированного тока. Преимущества этих методов по отношению к другим расположениям заключаются прежде всего в больших положительных контрастах сопротивления, поскольку у контраста сопротивления больше разрешающая способность  $k > \pm 0,8$ . Обычно можно использовать потенциальное расположение, а зондирование фокусированным током может использоваться только тогда, когда мы хотим выявить боковое влияние или исключить его с помощью коррекции.

The paper discusses the change „investigation depth” in case of soundings with various electrode arrangements. From this point of view two types of arrays show remarkable values: the potential arrangement and the method „focused current”. These methods have their advantages against other ones first of all in case of high positive contrast-resistivities, since they possess a higher resolving power at a resistivity contrast of  $k > +0,8$ . Generally the potential array can be used, while the sounding with focused current can be taken into account if we want to detect lateral effects, respectively eliminate them by means of corrections.

Vizsgálataink kiindulási alapjául a szimmetrikus, egyenközű négyelektródás (Wenner) elrendezést tekintjük (1. ábra). Több szerző foglalkozott ennek az elrendezésnek „behatolási” vizsgálatával, így Roy és Apparao, valamint Szaraniec is. Roy és Apparao azt a mélységet definiálta „behatolási mélység”-ként, amelyben egy vékony vízszintes réteg hatása maximális a felszínen mért jelre. Szaraniec az „effektív terítési távolságot” tekintette a „behatolás” mértékének, melyet  $k = +1,0$  ellenálláskontrasztú kétréteges esetben, a  $45^\circ$ -os egyenes és az  $R_2/R_1 = 1$  egyenes metszési pontjában a réteghatár-mélység és a terítési távolság hányadosa fejez ki.



1. ábra. Különböző elektróda-elrendezések

Рис. 1. Различные расположения электродов

Fig. 1. Various electrode-arrays

(Geo 80/11-1)

Wenner elrendezésnél a „behatolási mélység” ( $h_{be}$ ), homogén esetre számolva, Roy és Apparao szerint

$$(h_{be})_W = 0,11 \quad L = 0,11 \quad \text{AB},$$

ahol  $L$  két aktív elektróda közötti maximális távolság.

Az „effektív terítési távolság” ( $r_{eff}$ )  $k = +1,0$  ellenállás-kontrasztra számolva

$$(r_{eff})_{W+1} = 0,47 \quad \text{AB}.$$

$r_{eff}$  közelítő értékét  $k = -0,98$  ellenállás-kontrasztra is meghatároztuk az inflexiós ponton át húzott egyenes metszéspontjából

$$(r_{eff})_{W-0,98} \sim 0,25 \quad \text{AB}.$$

Első lépésként közelítsük egymáshoz a mérőelektródákat, azaz növeljük végtelen nagyra az AB/MN hányadost (Schlumberger vagy gradiens elrendezés, 1. ábra).

Az 1. táblázaton látható egy összehasonlítás a Roy és Apparao által megadott  $h_{be}$ , illetve Szaraniec és általunk meghatározott  $r_{eff}$  értékekre (2. ábra) két elrendezésre vonatkozólag.

1. táblázat

Elrendezés	Wenner	Schlumberger	Wenner behatolás „romlása”
$(r_{eff})_{+1}$	0,47 AB	0,5 AB	6%
$h_{be}$	0,11 AB	0,125 AB	12%
$(r_{eff})_{-0,98}$	$\sim 0,25$ AB	$\sim 0,3$ AB	16%

Ebből egyértelműen látszik, hogy a mérőelektródák közötti távolság csökkentésével nő a „behatolás”. Ez negatív ellenállás-kontrasztnál jelentkezik legmarkánsabban.

Következő lépésként a Wenner elrendezés egyik elektródáját távolítsuk a végtelenbe, majd a Wenner elrendezés egyik mérőelektródáját úgy, hogy a másik három elektróda a helyén marad. Szaraniec képletét alkalmazva az „effektív terítési távolság” változatlan marad, ha a Wenner elrendezés AB távolságára vonatkoztatjuk (1. ábra).

Ugrásszerűen megváltozik az „effektív terítési távolság” és a „behatolás” is, ha a Wenner elrendezés egy táp- és egy mérőelektródáját együttesen távolítjuk el a végtelenbe (potenciál elrendezés, 1. ábra). Erre az esetre Szaraniec képlete nem alkalmazható, és helytelenül adta meg  $(r_{eff})_{P+1}$  értékét. Potenciál elrendezésnél (2. ábra)

$$(h_{be})_P = 0,35 \quad L = 0,35 \quad \text{AM},$$

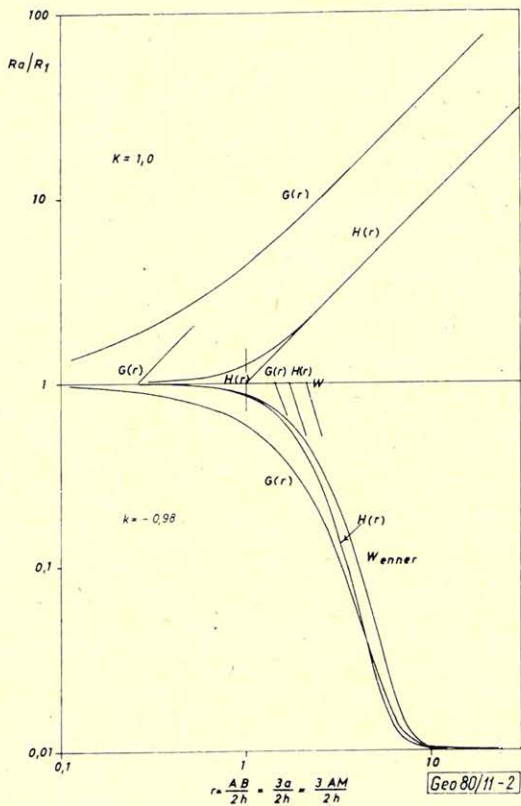
illetve

$$(r_{eff})_{P+1} = 5,7 \quad \text{AM és}$$

$$(r_{eff})_{P-0,98} \approx 1,0 \quad \text{AM}.$$

Ha egy potenciál-elrendezés véges távolságban levő tápelektrodáját ugyanolyan polaritással helyezzük az M mérőelektroda mindkét oldalára, akkor a módosított unipol elrendezéshez jutunk (1. ábra). A módosított unipol elrendezés „behatolása” az AM távolsághoz viszonyítva ugyanaz marad, mint a potenciál elrendezésnél.

Ezek után vizsgáljuk meg egy második (terelő) áramkör alkalmazásának hatását a „behatolás”-ra.



2. ábra. „Effektív terítési távolság” ( $r_{\text{eff}}$ ) meghatározása

Рис. 2. Определение «эффективного расстояния покрытия» ( $r_{\text{eff}}$ )

Fig. 2. Determination of the „effective spreading distance” ( $r_{\text{eff}}$ )

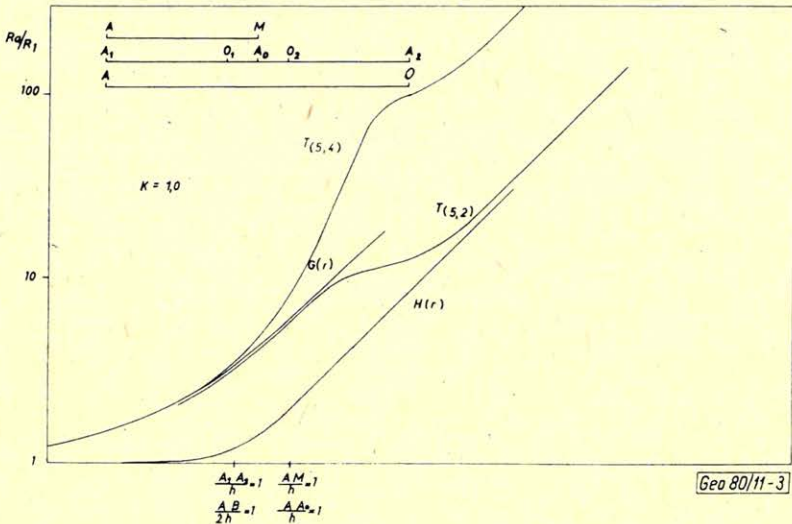
A vonal menti terelőáramos elrendezés (két terelő, 1. ábra)  $A_0$  áramelektrodáját egy potenciál elrendezés tápelektrodájának, míg  $A_1$  és  $A_2$  terelőelektroda-párt egy módosított unipol elrendezés tápelektroda-párjának tekinthetjük. Az MM' figyelő-elektrodapár helyzete – melynek felezőjét 0-val jelöltük – határozza meg a terelés milyenségét. Az

$$n = \frac{AA_0}{A_0O} \text{ hányadosot terítési hányadosnak nevezzük.}$$

$n$  értékét először 5-nek választjuk, azaz nagy terelőáramokkal dolgozunk.

$$(h_{be})_{T(5; 2)} = 0,135 \quad L = 0,135 A_1 A_2.$$

$k = +1,0$  ellenállás-kontrasztú, két réteges esetben egy összetett görbét kapunk kétszeres logaritmikus léptékben, mely két egymáshoz képest eltolt  $45^\circ$ -os szakasszal jelentkezik (3. ábra). A görbe bal oldali szakasza egy olyan potenciál elrendezés fajlagos ellenállás görbéjével helyettesíthető, melynél  $AM \sim AA_0$ . A jobb oldali szakasz egy gradiens elrendezésű fajlagos ellenállás görbével helyettesíthető, melynél  $AO \sim A_1 A_2$ .



3. ábra.  $n=5$  terítési hányadosú, terelőáramú elméleti görbék  $k = +0,1$  ellenállás-kontrasztnál

Рис. 3. Теоретические кривые фокусированного тока при  $n=5$  отношении покрытия и контрасте сопротивления  $\kappa = \pm 1,0$

Fig. 3. Focused current theoretical curves in case of  $n=5$  spread ratio and  $k = +1,0$  resistivity contrast

A bal oldali szakasz „effektív terítési távolsága”

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 2)+1} = 2,8 A_1 A_2,$$

a jobb oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 2)+1} = 1,1 A_1 A_2.$$

$k = -0,98$  ellenállás-kontrasztú két réteges esetben hasonlóan két eltolt szakaszból áll a fajlagos ellenállás görbe (4. ábra). A bal oldali szakasz olyan potenciál elrendezésű fajlagos ellenállás görbével közelíthető meg, melynél  $AM \sim A_1 O_1$ . A jobb oldali szakasz olyan gradiens elrendezésű fajlagos ellenállás görbével helyettesíthető, melynél  $AO \sim A_0 O$ .

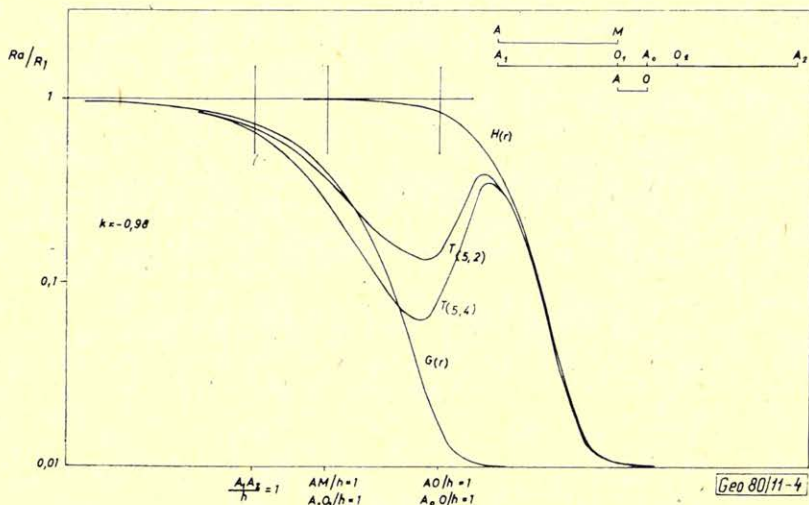
Az „effektív terítési távolság” a bal oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 2) - 0,98} \sim 0,43 A_1 A_2$$

a jobb oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 2) - 0,98} \sim 0,06 A_1 A_2.$$

Láthatjuk, hogy az „effektív terítési távolság” változik a tényleges terítési távolságtól és az ellenállás-kontrasztól függően.



4. ábra.  $n=5$  terítési hányadosú, terelőáramú elméleti görbék  $k=-0,98$  ellenállás-kontrasztnál

Рис. 4. Теоретические кривые фокусированного тока при  $n=5$  отношении покрытия и контрасте сопротивления  $k=-0,98$

Fig. 4. Focused current theoretical curves in case of  $n=5$  spread ratio and  $k=-0,98$  resistivity contrast

Vizsgáljuk a két terelős elrendezés „behatolását”-nak változását, ha változtatjuk a terítési hányados ( $n$ ) értékét. Ha  $n \rightarrow \infty$ , akkor a módosított unipól elrendezéshez jutunk. Ha csökkentjük  $n$  értékét, akkor csökken a „behatolás” is a bal oldali szakaszon, míg nő a jobb oldali szakaszon. Ezért nevezik a karotázsnál az  $n=5$  terítési hányadosú laterológót beljebb hatolóknak, míg az  $n=2,5$  terítési hányadosút optimálisnak.

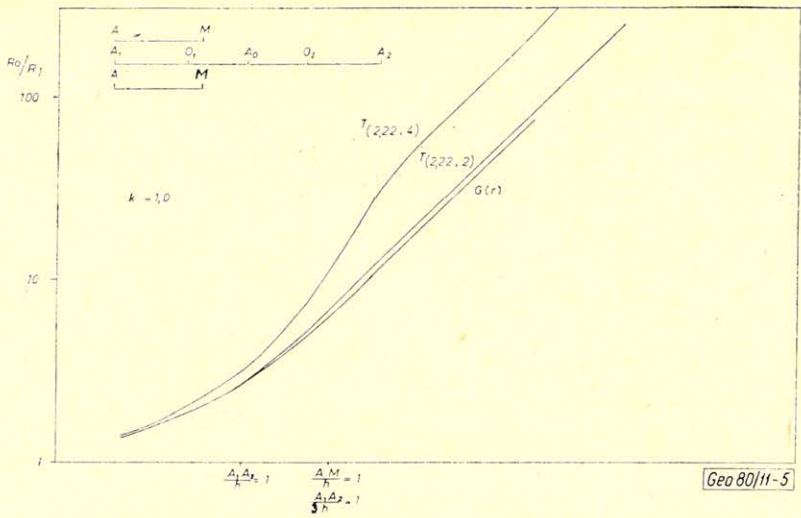
$n=2,22$ -nél a bal és jobb oldali szakaszon közelítőleg megegyezik az „effektív terítési távolság”.

$k=+1,0$  ellenállás-kontrasztnál (5. ábra).

$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 2) + 1} = 2,13 A_1 A_2.$$

$k=-0,98$  ellenállás-kontrasztnál (6. ábra)

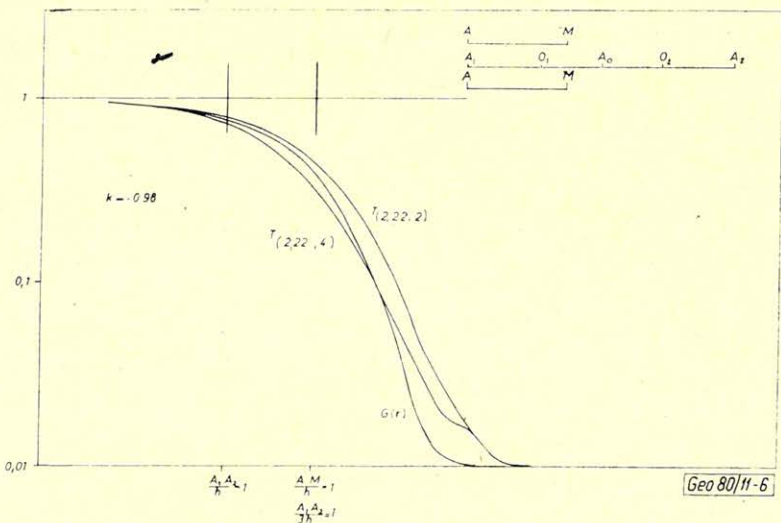
$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 2) - 0,98} \sim 0,3 A_1 A_2,$$



5. ábra.  $n=2,22$  terítési hányadosú, terelőáramú elméleti görbék  $k = +1,0$  ellenállás-kontrasztnál

Рис. 5. Теоретические кривые фокусированного тока при  $n=2,22$  отношении покрытия и контрасте сопротивления  $k = \pm 1,0$

Fig. 5. Focused current theoretical curves in case of  $n=2,22$  spread ratio and  $k = +1,0$  resistivity contrast

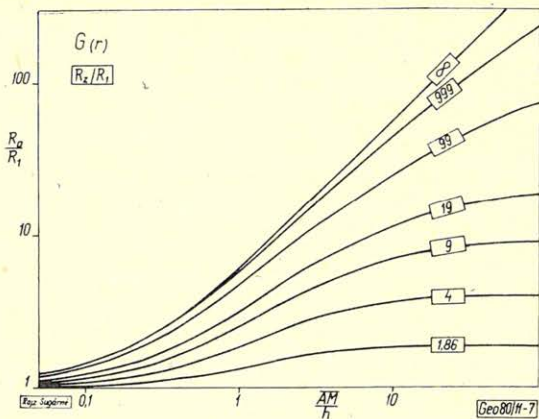


6. ábra.  $n=2,22$  terítési hányadosú, terelőáramú elméleti görbék  $k = -0,98$  ellenállás-kontrasztnál

Рис. 6. Теоретические кривые фокусированного тока при  $n=2,22$  отношении покрытия и контрасте сопротивления  $k = -0,98$

Fig. 6. Focused current theoretical curves in case of  $n=2,22$  spread ratio and  $k = -0,98$  resistivity contrast

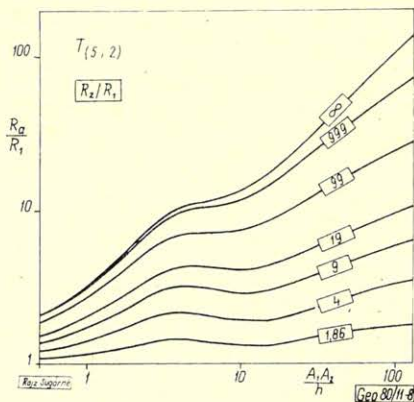
Elrendezés	Wenner	Gradiens	Potenciál	Módszertípus unipol	2 terelő		4 terelő	
					n=2,22	n=5	n=2,22	n=5
$(r_{eff})_{+1}$	0,47 AB	0,5 AB	5,7 AM	2,85 $A_1A_2$	bal	2,1 $A_1A_2$	bal	2,1 $A_1A_2$
$(r_{eff})_{-0,98}$	$\sim 0,25$ AB	$\sim 0,3$ AB	$\sim 1,0$ AM	$\sim 0,5$ $A_1A_2$	jobb	2,1 $A_1A_2$	jobb	5,7 $A_1A_2$
$(h_{eg})$	0,11 AB	0,125 AB	0,35 <sup>2</sup> AB	0,175 $A_1A_2$	jobb	$\sim 0,3$ $A_1A_2$	jobb	$\sim 0,42$ $A_1A_2$
								$\sim 0,06$ $A_1A_2$



7. ábra Két réteges, potenciál elrendezésű elméleti görbesereg

Рис. 7. Семейство теоретических двухслойных кривы для потенциального расположения

Fig. 7. Theoretical set of curves in case of a two-layers potential arrangement



8. ábra. Két réteges, n=5 terítési hányadosú, 2 terelő elméleti görbesereg

Рис. 8. Семейство теоретических двухслойных кривых при двойной фокусировке и n=5 отношении покрытия

Fig. 8. Theoretical set of curves in case of 2 focused currents with n=5 spread ratio

amely mindkét esetben megfelel egy olyan potenciál elrendezésnek, melynél  $AM \sim AA_0$ .

A „behatolást” növelhetjük, ha két egymásra merőleges irányban terelünk (négy terelő, 1. ábra). Pozitív ellenállás-kontrasztnál a jobb oldali szakasz „effektív terítési távolsága” nagyobb.  $n=5$ -nél relatív maximuma is van, ami  $n=2,22$ -nél eltűnik.

$k = +1,0$  ellenállás-kontrasztnál (3. és 5. ábra) bal oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 4)+1} = 2,8 A_1 A_2 \text{ és}$$

$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 4)+1} = 2,1 A_1 A_2,$$

jobb oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 4)+1} = 8,5 A_1 A_2 \text{ és}$$

$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 4)+1} = 5,7 A_1 A_2.$$

$k = -0,98$  ellenállás-kontrasztnál (4. és 6. ábra) bal oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 4)-0,98} \sim 0,56 A_1 A_2 \text{ és}$$

$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 4)-0,98} \sim 0,42 A_1 A_2,$$

jobb oldali szakaszon

$$(r_{\text{eff}})_{T(5; 4)-0,98} \sim 0,06 A_1 A_2 \text{ és}$$

$$(r_{\text{eff}})_{T(2, 22; 4)-0,98} \sim 0,42 A_1 A_2.$$

Az eddig tárgyalt elrendezésekre a „behatolási mélységeket” és „effektív terítési távolságokat” a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Láthatjuk, hogy egy mérő- és egy tápelektroda végtelenbe helyezése, vagy terelőáramkör alkalmazása megnöveli a „behatolást”. Szimmetrikus négyelektrodás elrendezéshez viszonyítva a „behatolás” rohamosan nő, ha  $k > +0,8$ .

A 7. és 8. ábrán, ahol a potenciál, illetve 2 terelő elrendezésre számított két réteges elméleti görbék láthatók, leolvasható egy másik sajátosság, ami  $k > +0,8$  ellenállás-kontrasztnál jelentkezik. Összehasonlítva a szimmetrikus négy elektrodás elrendezés elméleti görbéivel, azt tapasztaljuk, hogy  $R_2/R_1 > 9$ -nél javult a felbontóképesség a két elektrodás potenciál, illetve a 2 terelő elrendezésnél.

Az elmondottakból következik, hogy a potenciál elrendezést és a terelőáramú módszert akkor alkalmazhatjuk előnyösen, ha nagy ellenállású rétegeket akarunk szétválasztani, aminek a szétválasztására a szimmetrikus négy elektrodás és a dipol elrendezés alkalmatlan. Mivel a  $T_{(5; 2)}$  görbék bal oldali szakasza azonos lefutású a  $G(r)$  görbékével, és a potenciál elrendezés behatolása nagyobb, így elsősorban a potenciál elrendezés alkalmazása indokolt az előbb említett speciális esetben. A termelőáramos módszer nagyon érzékeny minden aszimmetriára, ezért szondázásánál akkor célirányos alkalmazni, ha oldalhatásokat akarunk kimérni, illetve korrekcióval kiküszöbölni.