

# A potenciáltérkép elsődleges mélységtranszformációja $\rho_{\infty}$ aljzat esetén

ERKEL ANDRÁS

A dolgozat egy olyan új geoelektromos mérési-kiértékelési eljárást ismertet, mely ismert módszerek (1) továbbfejlesztésén alapul s amelyet már részben sikeresen alkalmaztak különböző szilárd ásványi nyersanyagok kutatásánál (2).

A mérés és kiértékelés elvi alapjainak kifejtése után a szerző számos ábrán mutatja be a végzett kísérletek eredményeit és megvizsgálja az elérhető pontosságot, szembeállítva ezt a hagyományos módszerekével.

За последние годы намечается значительное развитие в области венгерских электрозвездочных приборов и методов. Основные направления работ по разработке и усовершенствованию аппаратуры и методики электроразведки, начатых 3 года тому назад, сводятся к следующему:

1. Повышение — с использованием наиболее современных электронных схем — чувствительности и быстродействия стандартных видов аппаратуры, снижение веса источников питания и всей аппаратуры, а также их себестоимости. По таким соображениям строятся в настоящее время новые типы аппаратуры для изучения мелких и средних глубин.
2. Замена оптических регистрирующих устройств многоканальными магнитными регистраторами, благодаря чему обеспечивается возможность проведения машинной обработки получаемых записей.
3. Внедрение новых методов разведки, из числа которых на первом месте должны быть упомянуты методы, основывающиеся на изучении переходных процессов. Применение этих методов способствует значительному повышению эффективности и экономичности геофизической разведки как в области изучения глубинного строения (метод ЗС), так и при исследовании рудных месторождений (методы возбужденных потенциалов и ТТ).

В докладе описываются основные параметры новых видов аппаратуры, приводятся примеры получаемых результатов и рассматриваются дальнейшие направления исследований.

Im Aufsatz wird eine neue geoelektrische Mess- und Auswertungsmethode besprochen, die auf Grund der bekannten Methoden entwickelt und teilweise schon bei der Schürfung nach verschiedenen festen Mineralstoffen mit Erfolg angewendet wurde.

Nach einer Darlegung der theoretischen Grundlagen der Mess- und Auswertungsmethode werden anhand von Diagrammen die Resultate von Versuchsmessungen dargestellt und den Resultaten der bisherigen Messmethode gegenübergestellt. Es wird auch auf die Frage der erreichbaren Genauigkeit eingegangen.

Az alábbiakban egy olyan új geoelektromos mérési-kiértékelési eljárást ismertetünk, amely ismert módszerek (1) továbbfejlesztésén alapul, s amelyet már részben sikeresen alkalmaztak különböző szilárd ásványi nyersanyagok kutatásánál (2).

A potenciálszelvényezést Magyarországon először a  $\rho_{\infty}$  ellenállású medencealjzat térképezésénél alkalmazták. Az  $AB$  elektródák között és azzal párhuzamosan mért  $\Delta V$  szelvények értelmezése azon az egyszerű felismerésen alapult, hogy a felszínen mérhető potenciál ( $\Delta V'$ ) értéke homogén fedőösszlet esetén fordítottan arányos a  $\rho_{\infty}$  szintet fedő üledékek vastagságával ( $H_{\infty}$ ). Így például az 1a ábra 1 és 2 felszíni elektromos szondázási pontjai között jelentkező mélységkülönbséget a köztük végzett potenciálszelvény alapján úgy értelmez-

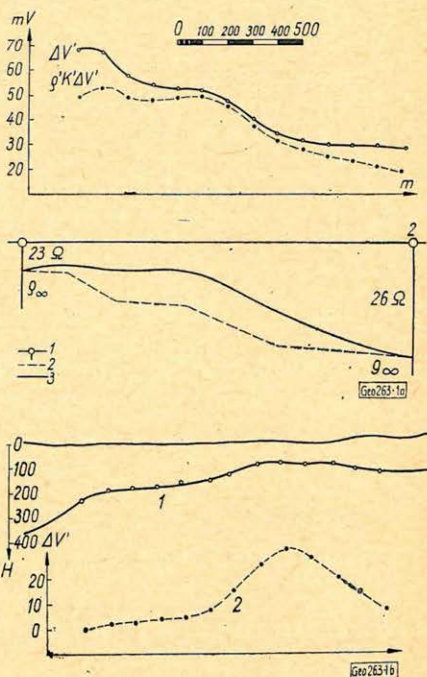


ték, hogy a jelentős szintkülönbséget a potenciálugrások helyén bejelölt vetődések hozták létre (lásd a vékony szaggatott vonalat). A vastag vonallal a következőkben ismertetett eljárással meghatározott  $H_{\infty}$  szint mélységváltozását ábrázoltuk. Az 1b ábrán egy szeizmikus kiemelkedés felett mért potenciálszelvény látható. Bár a potenciálszelvény a  $\varrho_{\infty}$  medencealjzat kiemelkedéseit igen jelentős potenciálanomáliával indikálja (2. görbe), a mélység kvantitatív változására nem lehet következtetni. Úgy hisszük, hogy a bemutatott két példa elégséges ahhoz, hogy e módszer szolgáltatta kiértékelésről véleményyt alkothassunk:

— *Előnye:* hogy amíg elektromos szondázások csupán egyetlen pontról adnak információt, addig a potenciálszelvényezés összefüggően és folyamatosan, szelvény mentén vagy nagy területre kiterjedően informál a mélység változásáról.

— *Hátránya:* hogy a  $\Delta V'$  és a  $H_{\infty}$  szint mélysége közötti korreláció igen gyenge, s ezt még tovább ronthatja az üledékes összlet eredő ellenállásának változása, a kis kiterjedésű szerkezetek áramterelő hatása stb.

A felsorolt hiányosságok legjelentősebb részének kiküszöbölésére, valamint a kvantitatív számítás lehetővé

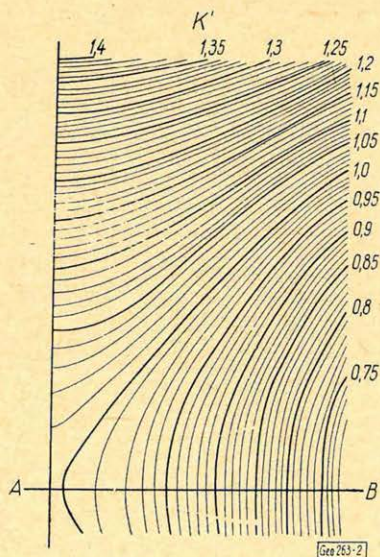


1a ábra.  $\Delta V$  szelvény felszíni szondázási pontok között  
1b ábra.  $\Delta V$  szelvény szeizmikus kiemelkedés felett

Рис. 1а. Разрез  $\Delta V$  между пунктами ВЭЗ

Рис. 1б. Разрез  $\Delta V$  над поднятием сейсмического горизонта

Fig. 1/a.  $\Delta V$ -Profil zwischen Sondierungs-Punkten an der Oberfläche  
Fig. 1/b.  $\Delta V$ -Profil über eine seismische Aufwölbung



2. ábra.  $K'$  százalékos változása ( $AB = 4000$  m,  $MN = 50$  m)

Рис. 2. Процентное изменение  $K'$  ( $AB = 4000$  m,  $MN = 50$  m)

Fig. 2. Prozentuelle Änderung von  $K'$  ( $AB = 4000$  m,  $MN = 50$  m)



tételére ajánljuk a most ismertetésre kerülő eljárást, amely lényegében három tényező hatását ( $A-B-C$ ) veszi figyelembe:

A) Az  $AB$  elektromos dipólnak egy adott helyzetű  $MN$  elektródapárral mért potenciálja homogén  $\rho = 1$  ellenállású közegben,  $I = 1$  erősségű áram esetén csupán a mérő elektródák kölcsönös helyzetétől függ:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}} = \frac{1}{K}. \quad (1)$$

Az  $I/K$  értékének a mérési középpontra vonatkoztatott százalékos változását ( $K'$ ) egy  $AB/6 \times AB/4$  nagyságú területre a 2. ábrán mutatjuk be. ( $AB = 4000 \text{ m}$ ,  $MN = 50 \text{ m}$ ).

B) A felszíni potenciálkülönbség értékét jelentősen befolyásolhatja az üledékes összlet hosszanti eredő ellenállásának ( $\rho_s$ ) horizontális változása is. Ezt a tellurikában alkalmazott módszerekhez (3) hasonlóan úgy vesszük figyelembe, hogy az egyes pontokon mért, vagy interpolált  $\rho_s$  értékét a mérési középponton meghatározott, vagy területi átlagból képzett  $\rho_0$ -hoz viszonyítjuk:

$$\rho' = \frac{\rho_0}{\rho_s}. \quad (2)$$

Ha a mért potenciál-értékeket ( $\Delta V'$ ) e két tényezővel ( $A-B$ ) korrigáljuk, úgy az már mentes minden horizontális irányú torzulástól és változástól:

$$\Delta V = \rho' \cdot K' \cdot \Delta V' \quad (3)$$

C) Ha valamely kétdimenziós (cilindrikus) szerkezetre merőlegesen igen távoli elektródák segítségével  $I$  nagyságú áramot vezetünk a  $\rho_s$  ellenállású üledékbe, úgy a felszínen  $\Delta x$  távolságon mérhető potenciál nagyságát a

$$\Delta V = \rho_s \frac{I \cdot \Delta x}{H_\infty} \quad (4)$$

egyenlet határozza meg, ahol  $H_\infty$  a  $\rho_\infty$  szintet fedő üledékek vastagsága. A (4) egyenlet legfőbb tulajdonságairól, a potenciálmélység-függvény összetartozó értékeiről az 1. táblázat adatai világosítanak fel. A 2. oszlop a felszínen mért potenciált, a 3. oszlop a vertikális gradienst, a 4. oszlop pedig az  $1 \text{ mV}$ -nak megfelelő mélységváltozást tartalmazza a  $H_\infty$  szint különböző értékeinél. A táblázatból egyértelműen világos, hogy a potenciál-értékek egyenlőközű ábrázolása, mint pl. az 1. ábrán, milyen jellegű helytelen következtetésekre vezethet.

1. táblázat

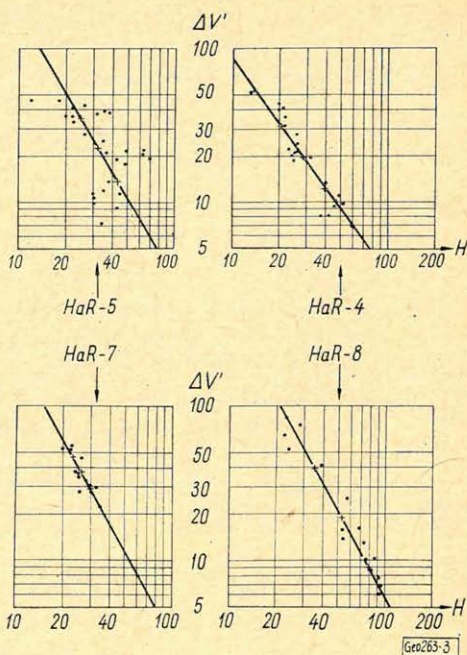
1.	2.	3.	4.
$H_\infty$	$\Delta V$	$\Delta V / \Delta H$	$\Delta H / \Delta V$
m	mV	mV/m	m/mV
10	250,0	98,00	0,73
20	32,8	1,30	1,42
50	8,9	0,20	3,33
100	0,37	0,05	20,30



A 4. oszlop külön kiemelését azért tartjuk szükségesnek, hogy a mérések végrehajtásához alkalmazott műszer érzékenységből a mérés és ezzel együtt a mélységszámítás pontosságára következtetni lehessen. Ha például az alkalmazott műszer pontossága  $1\text{ mV}$ , akkor a mélységmegtérítés hibája a 4. oszlop adatai szerint  $H_{\infty}$  nagyságától is erősen függő érték, s például  $100$  méterben már eléri a  $\pm 20\%$ -ot is. Megfordítva a tételt, ahhoz hogy a száz méter nagyságrendű mélységváltozást  $\Delta H = \pm 10\%$  alatti hibával határozhasuk meg, a műszer alapérzékenységét  $0,5\text{ mV}$ -ra kell növelni.

A 4 egyenlet ( $\Delta V - H_{\infty}$  függvény) linearizálására két lehetőség is adódik. Az egyik a (4) egyenlet logaritmálása  
 $\log \Delta V = \log (c_s \cdot I \cdot \Delta x) - \log H_{\infty}$ . (5)

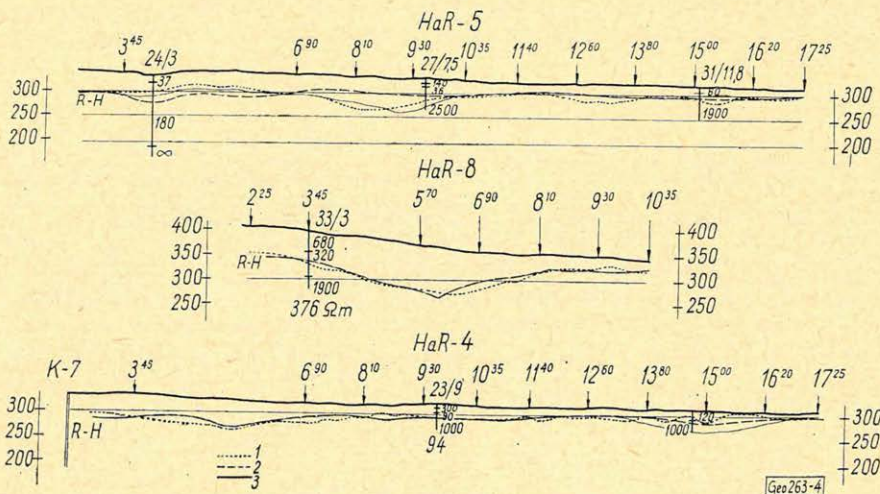
A 3. ábrán az (5) egyenletnek megfelelő olyan  $\Delta V - H$  függvényeket ábrázoltunk, ahol a mélységértékeket szeizmikus refrakciós adatok



3. ábra.  $\Delta V - H_{sz}$  függvények

Рис. 3. Функции  $\Delta V - H_{sz}$

Fig. 3.  $\Delta V - H$ -Funktionen



4. ábra.

Рис. 4.

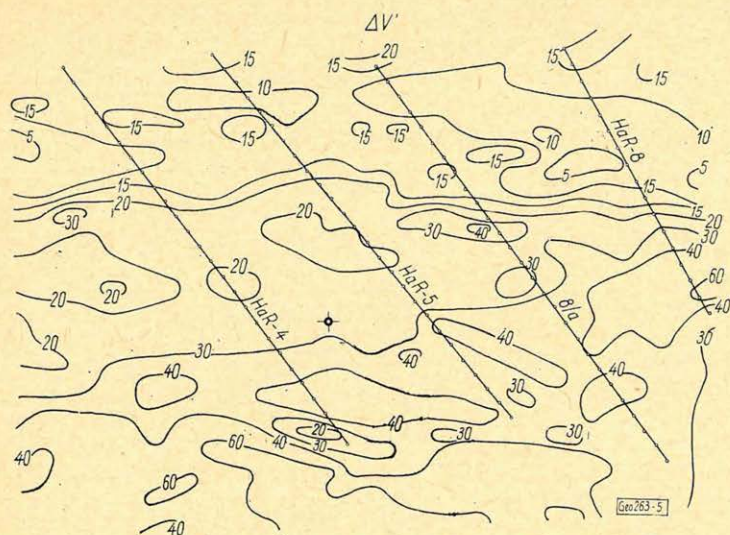
Fig. 4.

• • • • • szeizmikus szelvény  
 - - - - - korrigált  $\Delta V$  szelvény  
 —————  $H_{\Delta V}$  szelvény

сейсмический разрез;  
 исправленный разрез  $\Delta V$ ;  
 разрез  $H_{\Delta V}$

seismisches Profil  
 korrigiertes  $\Delta V$ -Profil  
 $H_{\Delta V}$ -Profil

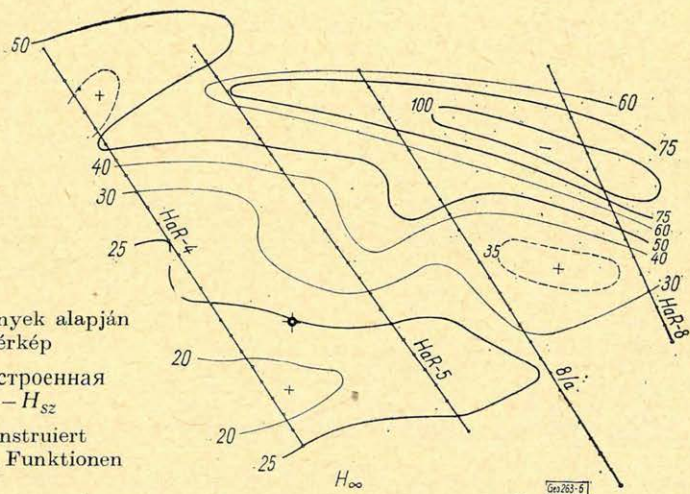




5. ábra.  
Izopotenciál térkép

Рис. 5. Карта  
изопотенциал

Fig. 5.  
Isopotential-Karte



6. ábra.  $\Delta V - H_{sz}$  függvények alapján  
szerkesztett  $H_\infty$  térkép

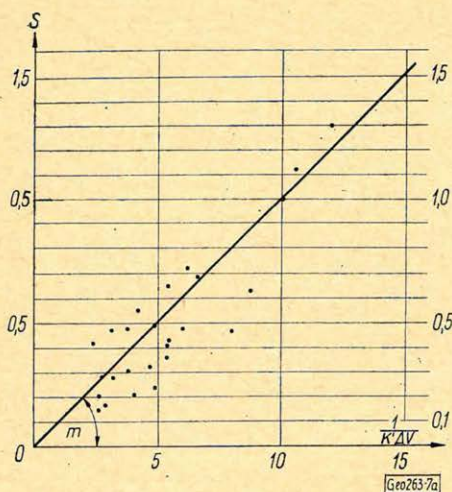
Рис. 6. Карта  $H_\infty$ , построенная  
по функциям  $\Delta V - H_{sz}$

Fig. 6.  $H_\infty$ -Karte, konstruiert  
auf Grund der  $\Delta V - H_{sz}$  Funktionen

szolgáltatták. Az egyenesek körüli nagy szórásokra a 4. ábrán bemutatott szelvények adnak magyarázatot. Az (5) egyenlet alapján meghatározott  $H_\infty$  szint (szaggatott vonal) a szeizmikus nagysebességű szinttől (pontosított vonal) jelentősen eltér ott, ahol  $q_s$  értékei a szelvénymenti átlagtól jelentősen eltérnek. (Pl. a  $HaR-5$  szelvényen a  $3^\circ$ ,  $6^\circ$  stb. pontok környékén.) A (3) egyenlet szerint végrehajtott  $q_s$  korrekció után (vékony folyamatos vonal) a  $H_\infty$  szint eltérése kisebb  $\pm 15\%$ -nál.

A módszer alkalmazására egy területi potenciálmérést mutatunk be. Az 5. ábrán egy korrigálatlan, egyenlőközzel szerkesztett izopotenciál térkép látható. Ha e térképet csupán a potenciál maximumok-minimumok csúcsértéke és alakja után értelmezzük, úgy tűnik, hogy az 5–10–15–20 mV-os izovonalak igen sok kis kiterjedésű medencealjzat-bemélyedést jelölnek ki. A  $\Delta V - H$  függvények megszerkesztésének módszerével számított  $H_\infty$  térképet a 6. ábrán

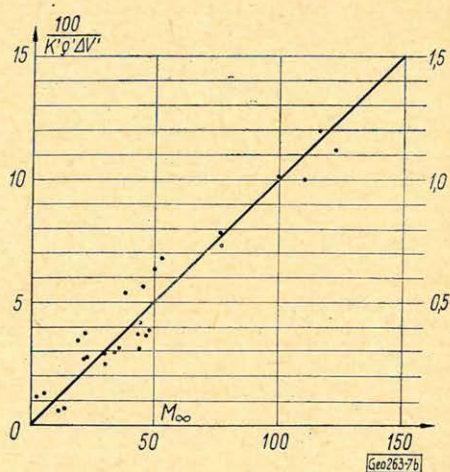




7a ábra.  $S - \Delta V$  diagram

Рис. 7а. Диаграмма  $S - \Delta V$

Fig. 7/a.  $S - \Delta V$ -Diagramm



7b ábra.  $\Delta V - M_{\infty}$  diagram

Рис. 7б. Диаграмма  $\Delta V - M_{\infty}$

Fig. 7/b.  $\Delta N - M_{\infty}$ -Diagramm

mutatjuk be [(5) egyenlet]. Látható, hogy a mérési területet csupán három 20–35 m mély kiemelkedés és egy hosszan elnyúlt bemélyedés jellemzi. Még néhány kisebb öböl alakult ki a kiemelkedések közötti térségekben. A két térkép (5. és 6. ábra) összehasonlítása szemtőlön rávilágít az egyszerű és a kvantitatív módszerrel kapott eredmények közti alapvető különbségekre.

Ezen módszer gyakorlati alkalmazása akkor célszerű, ha egy kutatási területen a költségesebb *nem geoelektromos* mélységadatok (pl. fúrási pontok vagy szeizmikus szelvények) közötti interpolációra van szükség.

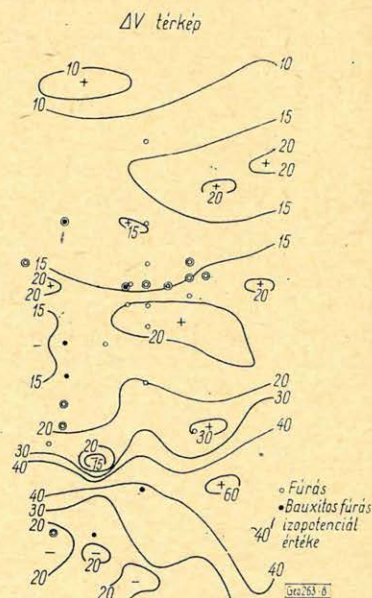
A második megoldáshoz úgy jutunk el, ha képezzük a (4) egyenlet reciprokát:

$$\Delta V^{-1} = \frac{H_{\infty}}{\rho_s \cdot I \cdot \Delta x} = mS, \quad (6)$$

amelyből a mélységszámítás egyenlete:

$$H_{\Delta V} = \frac{\rho_s}{m \cdot \Delta V' \cdot K'}. \quad (7)$$

A (6) egyenlet szerinti „ $m$ ” értékének meghatározását a 7a ábrán mutatjuk be. A felszíni szondázások „ $S$ ” adatai, valamint az ugyanezen pontokon mért  $100/K' \cdot \Delta V'$  értékek egy diagramban ábrázolva matematikai közepeléssel egy olyan egyenest határoznak meg, amelynek iránytangense a kere-



8. ábra.  $\Delta V$  térkép

Рис. 8. Карта  $\Delta V$

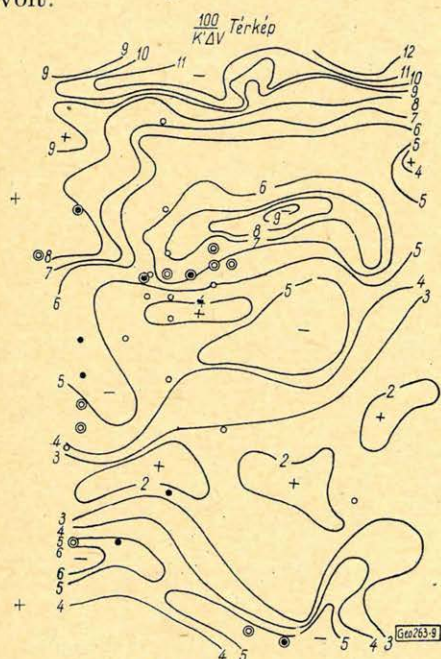
Fig. 8.  $\Delta V$ -Karte



sett „m” értéke. A 7b ábrán  $\rho_s = 100$  átlagértékre korrigált  $\Delta V$  és a geoelektromos módszerrel meghatározott  $M_\infty$  mélység adatokathasonlítottuk össze.

A következőkben a második módszer (7. egyenlet) alkalmazására mutatunk be egy gyakorlati példát. A 8. ábra egy  $AB = 4000\text{ m}$ ,  $MN = 50\text{ m}$  elektróda-rendszerrel mért  $\Delta V$  potenciáltérképet ábrázol. A mérési terület földtani modellje, valamint a megoldandó feladat röviden a következő:

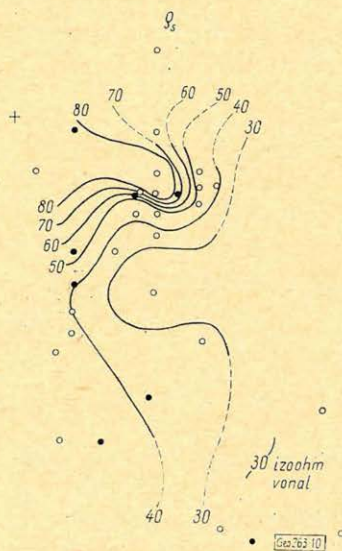
A kutatási területtől délre a felszínre bukkanó aljzatot triász dolomit, kőszéni összletek és dachsteini típusú mészkövek alkotják. Ennek mélyedéseiben felső-kréta korú bauxit telepek találhatóak ott, ahol azokat a lepusztulástól a fedő eocén mészkövek megvédték. Ezen töbrökre, valamint kisebb öblözetek elterjedésére sem a földtani térképezés adataiból, sem a felszíni morfológiából nem lehet következtetni. A néhányszor 10 méter kiterjedésű mélyedések fúrásos feltárása igen sűrű, és éppen emiatt igen költséges fúrási hálózatot igényelne. A potenciáltérképezés legfőbb feladata a triász-felszín domborzatának kimutatása, valamint az ennek felszínén elhelyezkedő kisebb mélyedések lehatárolása volt.



9. ábra.  $1/K' - \Delta V'$  térkép

Puc. 9. Kapra  $1/K' \Delta V$

Fig. 9.  $1/K' - \Delta V'$ -Karte



10. ábra.  $\rho_s$  térkép

Puc. 10. Kapra  $\rho_s$

Fig. 10.  $\rho_s$ -Karte

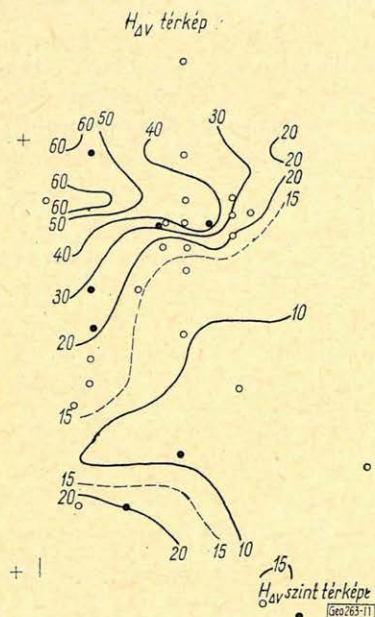
A feladat földtani-geofizikai modellje nem éppen a legkedvezőbb. A karbonátos triász aljzat fajlagos ellenállása igen nagy ( $\rho_\infty$ ). Az agyagos bauxitos telepek ellenállása kicsi ( $10-50\text{ ohmm}$ ), de kis vastagságuk ( $5-25\text{ m}$ ) és viszonylag nagy települési mélységük miatt a felszíni ellenállás-mérések alapján csak a legritkább esetben különíthetők el. A fedőösszletben a legnagyobb vastagságban, a repedezettség, a mállottság és a víztartalom függvényében igen változó ellenállású ( $25-76-145\text{ ohmm}$ ) középső- és felső-eocén korú mészkövek vannak.



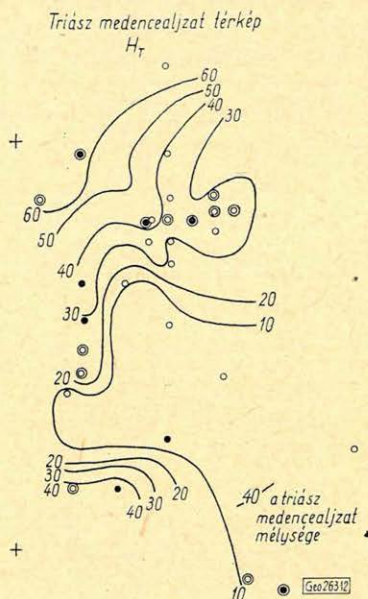
Az elmondottakból több olyan tényezőre következtethetünk, amelyek az elektromos mérések pontosságát nagymértékben korlátozhatják.

— Egyik az, hogy a  $\rho_{\infty}$  aljzatot fedő üledékes összlet hosszanti eredő ellenállása várhatóan igen tág határok között változhat. Ezért az ellenállásinhomogenitás pontos térbeli lehatárolása a mélységmeghatározás szempontjából döntő fontosságú.

— A másik tényező, amire számítanunk kell, hogy a kis mélység és a fedő üledék nagy fajlagos ellenállásának következményeként a hosszanti eredő vezetőképeségértékek ( $S$ ) kicsik, az azokban bekövetkező változások sem nagyok,



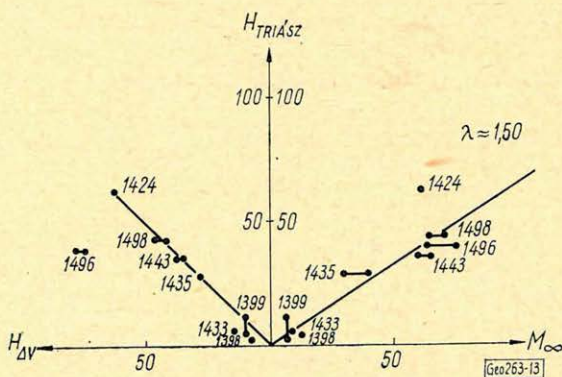
11. ábra.  $H_{\Delta V}$  térkép  
Рис. 11. Карта  $H_{\Delta V}$   
Fig. 11.  $H_{\Delta V}$  Karte



12. ábra. Triász medencealjzat ( $H_T$ ) térkép  
Рис. 12. Карта триасового основания ( $H_T$ )  
Fig. 12. Trias-Beckengrund-Karte ( $H_T$ )

ezért a potenciálmérések végrehajtásánál maximális pontosságra kell törekednünk.

— A harmadik, kedvezőtlennek mutató tényezőt az okozhatja, hogy a kis kiterjedésű szerkezetek miatt az ellenállásgörbéken fokozottan érvényesülnek a vető- és oldalhatások a potenciálméréseknél, az áramvezetések és egyéb torzító tényezők. Ezek a mélység-számítás pontosságát nagy mértékben leronthatják.



13. ábra.  $H_{\Delta V} - H_T - M_{\infty}$  összehasonlító diagramja  
Рис. 13. Сравнительная диаграмма  $H_{\Delta V} - H_T - M_{\infty}$   
Fig. 13.  $H_{\Delta V} - H_T - H_{\infty}$  vergleichendes Diagramm



Mindenekelőtt megszerkesztettük a  $K'$ -vel korrigált reciprok izopotenciál térképet (9. ábra) amely a (6) egyenlet értelmében már csak az  $S$ -el egyenesen arányos értékeket tartalmaz. Ezen térkép anomáliáit, valamint az előbb elmondottakat figyelembe véve 10 ponton, a térképen fekete körrel jelölt helyeken,  $AMNB$  szondázást végeztünk. Ezek kiértékelésének eredményeként szerkesztettük meg a 10 ábrán látható  $\rho_s$  térképet, amely a  $\rho_s$  változásával kapcsolatos előzetes feltevéseinket teljes mértékben igazolta. A  $\rho_s$  változása a mérési területen közel négyzertes, s az izoohm vonalak lokális, kis horizontális kiterjedésű anomáliákat jelölnek ki. A viszonylag ritka ponthálózat miatt (néhány mérési görbe ugyanis kiértékelhetetlen volt) az izoohm vonalak megszerkesztése csak nagy extrapolációval volt lehetséges. A (7) egyenletből számított  $H_{4V}$  térképet a 11. ábrán láthatjuk, a 12 ábrán pedig a fúrások alapján megszerkesztett triász medencealjzat ( $H_T$ ) térképe látható. E két utóbbi egybevetése egyuttal a bemutatott módszer kritikai elemzésére is módot nyújt:

- A medencealjzat regionális és lokális morfológiai elemei mindkét térképen azonos helyeken, azonos módon, azonos nagysággal jelentkeznek.

- Ha egyes szinguláris pontokon vizsgálják a mélységeltérés százalékos nagyságát, úgy gyakori a  $\pm 30-50\%$ -os eltérés a fúrási adatok és a számított értékek alapján interpolált mélységértékek között.

- A 13. ábra kettős diagramját az ordinátán a triász medencealjzat mélységadatait ( $H_T$ ), az ettől balra levő abszcisszán a számított ( $H_{4V}$ ), jobbra pedig a felszíni szondázásokból kiértékelte elméleti mélységadatokat ( $M_\infty$ ) tüntettük fel. Látható, hogy egy pont kivételével (1496) a mért és a számított adatok az elméletileg helyes középegyenesek körül egyenletesen, aránylag kis szórással helyezkednek el.

A bemutatott három példa, úgy hisszük, elegendő arra, hogy az ismertett eljárásról objektív véleményt alkothassunk.

- A  $\rho_\infty$  aljzatú medence regionális morfológiája a potenciálértékek mélyégi transzformációjával jól kimutatható. A mélységmeghatározás hibája általában nem nagyobb, mint a geoelektromos módszerek átlaghibája ( $\pm 10-15\%$ ).

- A mérési-kiértékelési módszerek pontossága fokozható a mérőműszer érzékenységeinek, a korrekciós szondázások számának növelésével, valamint a  $4V$  mérési hálózat sűrítésével.

- A mélységszámítás hibája olyan helyeken nagy ( $>25\%$ ), ahol a szerkezetek terelő hatása (formáció faktor), a lokális ellenállás-inhomogenitások stb. fokozottan érvényesülnek. E hatások az AB távolság csökkentésével, a több irányú  $4V$  komponens mérésével, a mérőáram irányának megváltoztatásával stb. elvileg szintén csökkenthetők lennének.

Úgy hisszük, hogy még nincs elegendő gyakorlatunk ahhoz, hogy a mérési pontosság – gazdaságosság helyes arányú meghatározására végleges szabályokat kialakíthassunk. Valószínű, hogy az elektromos mérések szaporítása és minőségi javítása mellett ebben a kérdésben az egyéb módszerek alkalmazásáé lesz a döntő szó.

## IRODALOM

- [1] G. Kunetz: Principles of Direct Current Resistivity Prospecting (Berlin – Wikolessco 1966.)
- [2] T. Nyitrai: Halimba – Kabhegyi mérések (ELGI 1968. évi jelentése).
- [3] L. Szabadváry: Ellenállás ( $\rho_\infty$ )-korrekció alkalmazása a tellurikus mérések értelmezésénél. (Magyar Geofizika IV. 2. sz.)