

Újabb eredmények a VESZ adatok 1.5-D inverziós kiértékelésében¹

GYULAI ÁKOS², ORMOS TAMÁS²

A dolgozat a 2-D geológiai struktúra meghatározására szolgáló együttes inverziós módszer újabb eredményeit mutatja be szintetikus és terepi VESZ adatokon. Ennek a módszernek az a lényege, hogy a geológiai szerkezet rétegvastagságait és fajlagos ellenállásainak horizontális változásait sorba fejtett egyváltozós függvényekkel (ún. bázisfüggvényekkel) írjuk le, majd a VESZ görbékből együttes L_2 inverzióval meghatározott függvényegyütthetők segítségével pontról pontra meghatározzuk a szelvény mentén a lokális rétetparamétereket. Az inverzióban 1-D előremodellezést alkalmazunk.

Az inverzió eredményeinek megbízhatóságát az együtthetők korrelációs mátrixával és a lokális modellparaméterekre meghatározott „hiba” értékekkel minősítjük.

Á. GYULAI, T. ORMOS: New results in the 1.5-D inversion of VES data

In this paper some new application results of the simultaneous inversion method for prospecting of 2-D geological structures are described by using synthetic and field VES data. The basic idea of the method says that horizontal changes in the layer thicknesses and the resistivities can be described by functions (base functions) of one variable, expanding in series. The coefficients of the functions are determined from the VES data by L_2 inversion technique. The local thicknesses and the resistivities of the geological structure are calculated from the coefficients from point to point along the profile. In the inversion the local 1-D forward modelling is applied.

To qualify the results of the inversion, the correlation matrix for the coefficients is calculated, and the error values for the local model parameters are used.

1. Bevezetés

A terepi VESZ méréseknél általános kiértékelési gyakorlat, hogy olyan inverziós módszereket alkalmaznak, amelyek 1-D előremodellezésen alapulnak, és a lokális paraméterekből utólagos szerkesztéssel határozzák meg a geológiai szerkezet szelvény menti vagy területi jellemzőit. Ennél az eljárásnál a szondázási görbéket „egymástól függetlenül” értékelik ki és inkább csak az interpretáció egy későbbi fázisában veszik figyelembe, hogy a kutatási területen a geológiai-geofizikai modelleknek vannak közös jellemzői. Az egyedi inverzióknál ugyan van lehetőség az a priori ismeretek figyelembevételére is például állandónak választott fajlagos ellenállás vagy vastagság értékekkel, illetve az előbbiekből valószínű értékeinek megadásával [CSEREPES et al. 1995]. Az általunk kidolgozott és 1.5-D inverzióknak nevezett módszernél a geológiai modell szelvény menti (illetve területi) „törvényszerűségeinek” figyelembevételére egy, az előbbiétől eltérő lehetőség adódik azáltal, hogy az összes VESZ állomás min-

den mérési adatát egy együttes inverzióban kapcsoljuk össze [GYULAI, ORMOS 1997a, 1997b, 1998]. Az új együttes inverziós módszert a geoelektromos kutatásban több területen és eltérő modellviszonyoknál végzett terepi adatokon kipróbáltuk és rendkívül kedvező tapasztalataink vannak az alkalmazásáról. A módszert egyben folyamatosan továbbfejlesztjük. Úgy tervezzük, hogy eredményeinkről időnként számot adunk a módszer gyakorlati elterjesztése érdekében. Ezt a célt szolgálja jelenlegi összeállításunk is.

2. Numerikus vizsgálatok, az inverzió minősítése

Emlékeztetve az 1.5-D együttes inverziós módszer elvi alapjaira [GYULAI, ORMOS 1997a, 1997b, 1998] itt most csak megemlítjük, hogy a rétegek vastagságait és fajlagos ellenállásait egyváltozós sorba fejtett függvények segítségével közelítjük. A rétetparamétereket (vastagságokat és fajlagos ellenállásokat) magában foglaló \vec{p} paramétervektor elemeire általánosan felírhatjuk:

¹ Beérkezett: 1998. február 20-án

² Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

$$p_k = \sum_{l=1}^{L(k)} C_{kl} \cdot F_{kl}(s), \quad (1)$$

ahol $k=1, \dots, 2N-1$, N a rétegek, $2N-1$ a rétegpárak-
terek összes száma;

$l=1, \dots, L(k)$, $L(k)$ a k -ik rétegpárak-
tegmenti függvény elemeinek száma,

C_{kl} a k -ik rétegpárak-
tegmenti függvény l -ik együtthatója,

$F_{kl}(s)$ a k -ik rétegpárak-
tegmenti függvény l -ik tagja, s szelvény menti távolságnál.

A C_{kl} értékeket — mint ismeretleneket — a szelvény menti összes VESZ állomás valamennyi mérési adatából együttes inverzióval határozzuk meg, majd az inverzió befejeztével pontról pontra kiszámítjuk a geológiai-geofizikai modell vastagság és fajlagos ellenállás értékeit. Megjegyezzük, hogy a határfelületek és fizikai paraméterek függvényekkel történő leírásán alapuló vertikális és horizontális inverziót, amelyekben a mérőállomások részmodelljei közös fizikai paraméterekkel kapcsolódnak össze — először DOBRÓKA [1996] alkalmazta szeizmikus probléma megoldására.

Az általunk alkalmazott inverziós technika az L_2 -norma minimalizálásán alapuló Marquard-Levenberg-algoritmus, amely lehetővé teszi az eredmények minősítését is [SALÁT et al. 1982], és amelyhez a következő relatív távolságokat használjuk [HERING et al. 1995]:

$$D = \sqrt{\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left(\frac{R_i^{(mért)} - R_i^{(számított)}}{R_i^{(számított)}} \right)^2} \quad (2)$$

a mért és a számított adat között az összes részmodellre, I – az összes mért adat száma;

$$d = \sqrt{\frac{1}{M} \frac{1}{(2N-1)} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{2N-1} \left(\frac{P_{mk}^{egzakt} - P_{mk}^{becsült}}{P_{mk}^{egzakt}} \right)^2} \quad (3)$$

a becsült és az egzakt modellparaméterek között (szintetikus adatokon történő vizsgálatok esetén);

$$d^* = \sqrt{\frac{1}{M} \frac{1}{(2N-1)} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{2N-1} \left(\frac{P_{mk}^{kezdeti} - P_{mk}^{becsült}}{P_{mk}^{kezdeti}} \right)^2} \quad (4)$$

a becsült és a kezdeti modellparaméterek között (terepi adatok esetén, M – a részmodellek száma).

Az együtthatók kovarianciamátrixát az alábbiak szerint definiáljuk:

$$\underline{\text{cov}} = \sigma^2 (\underline{\mathbf{G}} \underline{\mathbf{G}}^T)^{-1} \quad (5)$$

ahol σ a számított és a mért adatok közötti relatív eltérést, $\underline{\mathbf{G}}$ a derivált mátrixot jelöli.

A kovarianciamátrix elemeiből a függvény-együtthatók korrelációját megadó mátrix elemeit a következő összefüggés szerint kapjuk:

$$\text{corr}_{ij} = \frac{\text{cov}_{ij}}{\sqrt{\text{cov}_{ii} \cdot \text{cov}_{jj}}}, \quad (6)$$

ahonnan a korrelációs skalárakra az alábbi összefüggést definiáljuk:

$$S = \sqrt{\frac{1}{J} \frac{1}{(J-1)} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^J (\text{corr}_{ij} - \delta_{ij})^2}, \quad (7)$$

ahol δ_{ij} a Kronecker-szimbólum, és J az ismeretlenek száma.

A korrelációs mátrix az együttes inverzió egészére vonatkozik, mivel az együtthatók korrelációját határozzuk meg. A részmodellek megbízhatóságát a hibaterjedési szabály alapján számítjuk az (5)-ből:

$$\sigma_{pk} (\%) = 100 \frac{\sqrt{\sum_{l=1}^{L(k)} (F_{kl})^2 \Delta \sigma_{ckl}}}{p_k}, \quad (8)$$

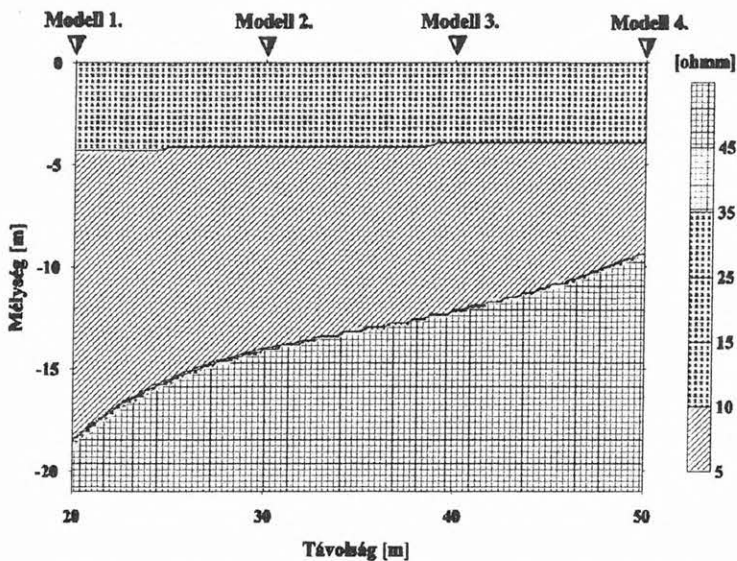
ahol $\Delta \sigma_{ckl}$ -ek az (5) egyenlet szerinti kovarianciamátrix főátlójának elemeit jelentik.

Numerikus vizsgálatokhoz szintetikus adatokat generáltunk. A szintetikus Schlumberger-VESZ adatokat az 1. táblázatban bemutatott részmodellekre számítottuk modellenként 22, logaritmikusan egyenközű elektród-távolságra, 1,6 m–200 m között. A négy részmodellből 2-D szerkezetet állítottunk elő az inverziós vizsgálatához. A számított adatokhoz 5% Gauss-zajt adtunk hozzá, hogy egy erősen zajos mérési adatrendszer szimuláljunk.

Modell	ρ_1 (Ωm)	ρ_2 (Ωm)	ρ_3 (Ωm)	h_1 (m)	h_2 (m)
1.	10	8	50	5	15
2.	10	8	50	5	10
3.	10	8	50	5	8
4.	10	8	50	5	5

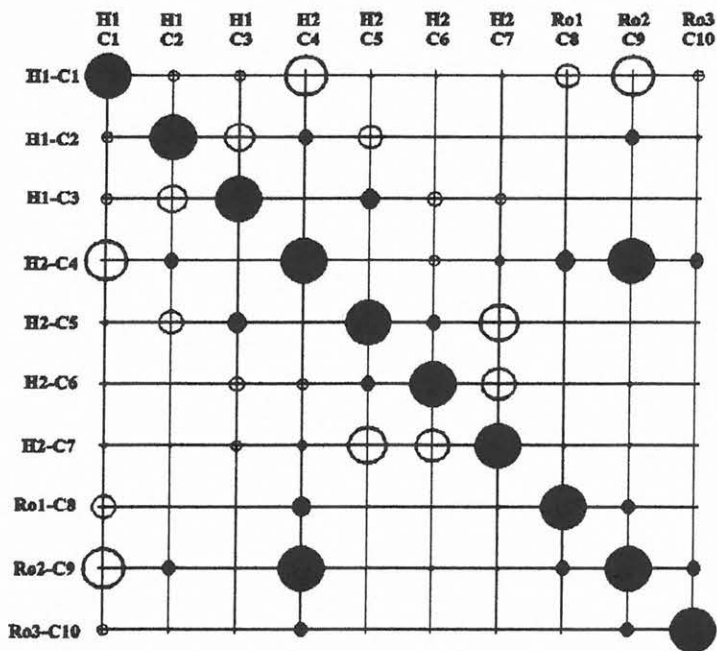
1. táblázat. A szintetikus vizsgálatokhoz használt részmodellek (1–4) vastagságai és fajlagos ellenállásai

Table 1. The resistivities and thicknesses of the local Models 1...4 used by the synthetic numerical investigations



1. ábra. Szintetikus VESZ adatokból 1.5-D együttes inverzióval lezárt geoelektromos szelvény

Fig. 1. Geoelectrical cross-section gained by 1.5-D simultaneous inversion of synthetic VES data



2. ábra. A szintetikus adatokból 1.5-D inverzióval számított C1...C10 együtthatók közti korreláció. A korrelációs mátrix pozitív értékeit ●, a negatívokat ○ jelöli. A szimbólumok mérete a korreláció abszolút értékével arányos. h_i és Ro_i a mellette álló együtthatók hovatartozását jelöli

Fig. 2. Correlation between the coefficients C1...C10 from the 1.5-D simultaneous inversion of the synthetic data. ● denotes the positive, and ○ the negative value of the correlation coefficients. The size of symbols are proportional to the absolute values of the correlation. h_i and Ro_i stand for the correspondent geoelectric model parameter

A szintetikus adatokból az 1.5-D együttes inverzióval számított 2-D eredménymodell az 1. ábrán látható. Az inverzió során a fájlagos ellenállások

A VESZ görbék a 3. ábrán láthatók. A görbét az ABEM SAS4-32 Multimac, Geomac rendszerrel mértük. A görbék nagyobb elektróda-

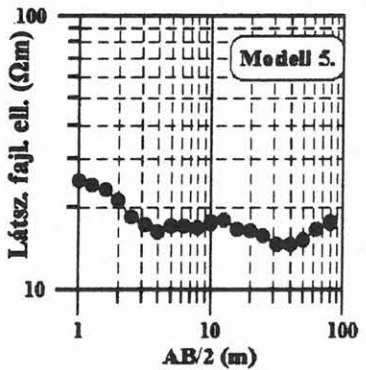
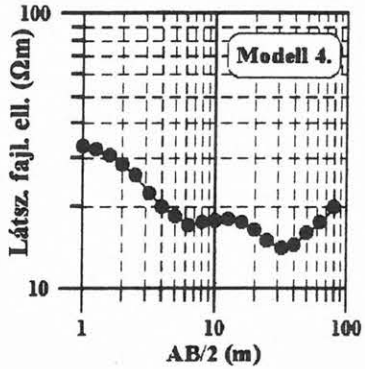
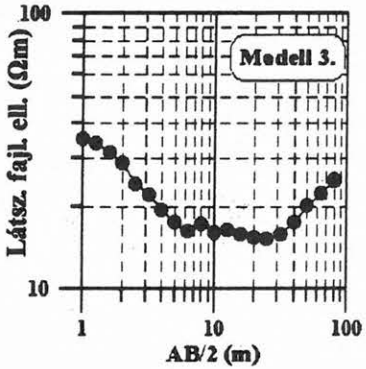
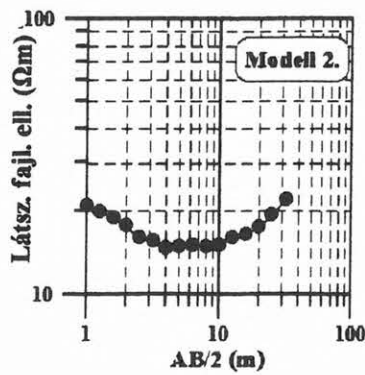
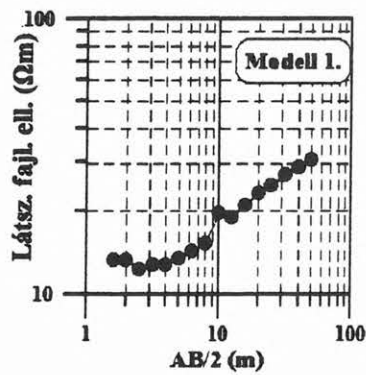
szelvény menti változását nem engedték meg, míg a rétegvastagságokat harmadfokú hatványfüggvényekkel írtuk le. A 2. táblázat tartalmazza a részmodellek paramétereit és azok megbízhatóságát az 1-D (egyedi inverzióból) és a 2-D (1.5-D együttes inverzióból) modellel.

Az 1-D inverz probléma „gyengesége” elsősorban a ρ_1 és ρ_2 közötti kis kontrasztból adódik. A paraméterbecslés megbízhatósága az 1-D modelleknél annál rosszabb, minél kisebb a második réteg vastagsága. Az 1.5-D együttes inverzió esetében ez a „gyengeség” csak kis mértékben jelentkezik, amint azt a becsült rétegpárparaméterek, és azok megbízhatósága mutatják. Figyelemre méltó, hogy az együttes inverzióban az összes részmodell megbízhatósága megjavul, amelyet a korrelációs skálár 0,381 értéke is mutat.

Az együtthatók korrelációs viszonyait a 2. ábra mutatja be. Érdekes megfigyelni a H_2 - ρ_2 közötti korrelációt, amely közismert a geoelektromos gyakorlatban három- vagy többretegű modelleknél. A ρ_2 (C_9 együtthatója által) erős korrelációban van a H_2 -re vonatkozó C_4 együtthatóval, azonban egyáltalán nem korrelál a H_2 -re vonatkozó többi együtthatóval (C_5, C_6, C_7). Mivel a H_2 - ρ_2 közötti korrelációt az 1.5-D együttes inverzióban az együtthatók korrelációi együttesen alakítják ki, ezért jelentősen megjavul a két rétegpárparaméter közötti korreláció. Amennyiben a 2-D modell 1-D modellé válik ($C_5=C_6=C_7=0$), a H_2 - ρ_2 közötti korreláció újra közel 1 lesz, azaz ebben az esetben az 1.5-D együttes inverzió sem javítja meg a korrelációt.

3. Terepi példák

Az első terepi példa adatait Korlát község (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) mellett mértük egy 100 m-es szelvény mentén 5 ponton [GYULAI, ORMOS 1998]. A szelvény a felszíni kibúvásban is megjelenő, majd fokozatosan elmélyülő vegyes vulkáni kőzet (andezit, andezittufa) feletti szakaszon húzódott. A görbék a 3. ábrán láthatók. A görbét az ABEM SAS4-32 Multimac, Geomac rendszerrel mértük. A görbék nagyobb elektróda-



3. ábra. A Korlát község mellett a „Modell 1.” – „Modell 5.” állomásokon mért VESZ adatok (ld. a 4. ábrát is)

Fig. 3. The measured VES data on the „Korlát” field belonging to station of „Model 1.” – „Model 5.” (see Fig. 4)

távolsághoz tartozó további szakaszát terepi akadályok miatt nem tudtuk megmérni. A szondázásokat csapásirányban mértük, amelyet a kibúvás domborzati viszonyai alapján jelöltünk ki. A geológia (rétegsor) a méréseink közelében végzett geofizikai kutatások alapján ismert volt [FERENCZY 1983].

A terepi VESZ adatokból (1.5-D együttes inverzióval) számított 2-D eredménymodell a 4. ábrán látható. Az inverzióban az első réteg fajlagos ellenállását másodfokú, a második réteg fajlagos ellenállását elsőfokú, a rétegvastagságokat negyedfokú hatványfüggvényekkel írtuk le, a harmadik és negyedik réteg fajlagos ellenállásait horizontálisan állandónak vettük.

Az 5. ábrán a relatív távolságok alakulása látható az inverziós eljárásban. A d^* (amely a kezdeti modell és az aktuális eredménymodell relatív távolságát jelenti) kb. 90%-os értéke azt bizonyítja, hogy az inverzió távoli kezdeti modelltől indítva is hamarosan stabil eredményt szolgáltat. Érdekes megfigyelni még, hogy az együtthatók nagy megváltozása az inverzióban az iteráció folyamán nem mindig jár együtt a modellparaméterek nagymértékű változásával, amely az együtthatók közötti korrelációból adódik.

A 3. táblázat a részmodellek 1-D (egyedi) inverziójának eredményét mutatja a RESIX PLUSTM (Interprex Ltd.) inverziós program felhasználásával. A táblázatban az ekvivalencia vizsgálat eredményét százalékos formában tüntettük fel. A táblázat azt mutatja, hogy a modellparaméterek olyan széles (nagy) ekvivalen-

Inverzió	Modell	ρ_1 (Ωm)	ρ_2 (Ωm)	ρ_3 (Ωm)	h_1 (m)	h_2 (m)	d (%)	S
1-D	1.	10,3 (3%)	7,6 (17%)	48,1 (9%)	4,3 (49%)	14,4 (34%)	6,99	0,641
1.5-D		10,3 (1%)	7,5 (14%)	49,3 (3%)	4,5 (20%)	14,3 (13%)	5,14	0,381
1-D	2.	10,2 (3%)	7,1 (48%)	48,8 (7%)	4,8 (71%)	8,8 (81%)	7,99	0,659
1.5-D		10,3 (1%)	7,5 (14%)	49,3 (3%)	4,3 (18%)	9,9 (13%)	6,98	0,381
1-D	3.	10,2 (3%)	6,3 (132%)	49,0 (6%)	5,2 (99%)	6,0 (193%)	14,9	0,672
1.5-D		10,3 (1%)	7,5 (14%)	49,3 (3%)	4,2 (20%)	8,1 (13%)	8,13	0,381
1-D	4.	10,3 (3%)	8,2 (43%)	49,9 (5%)	3,4 (117%)	6,6 (97%)	46,4	0,667
1.5-D		10,3 (1%)	7,5 (14%)	49,3 (3%)	4,0 (29%)	5,5 (20%)	10,3	0,381

2. táblázat. A számított szintetikus VESZ adatokból 1-D (egyedi) és 1.5-D (együttes) inverzióval meghatározott modellparaméterek és azok (százalékos) megbízhatóságai („hibái”), a relatív modelltávolság (d) és a korrelációs skalár (S) értékei

Table 2. The estimated model parameter with their percentage reliability („estimation error”), the relative model distance (d) and the mean spread of the correlation matrix (S) of the 1-D (single) and 1.5-D (simultaneous) inversion of synthetic VES data

Paraméter	Modell 1.	Modell 2.	Modell 3.	Modell 4.	Modell 5.
h_1 (m)	0,1 (+100%) (-200%)	0,6 (+19%) (-32%)	1,0 (+20%) (-15%)	1,0 (+20%) (-23%)	0,6 (+37%) (-45%)
h_2 (m)	0,4 (+200%) (-150%)	9,4 (+31%) (-34%)	12,1 (+39%) (-45%)	12,9 (+45%) (-57%)	14,3 (+76%) (-92%)
h_3 (m)	4,0 (+33%) (-28%)	8,4 (+147%) (-107%)	10,0 (+107%) (-93%)	20,8 (+101%) (-73%)	29,0 (+150%) (-95%)
ρ_1 (Ω m)	28,8 (+400%) (-99%)	23,8 (+9%) (-10%)	38,6 (+7%) (-8%)	36,3 (+10%) (-11%)	30,7 (+20%) (-30%)
ρ_2 (Ω m)	16,7 (+32%) (-48%)	14,3 (+4%) (-3%)	15,8 (+5%) (-5%)	17,4 (+7%) (-5%)	16,9 (+6%) (-5%)
ρ_3 (Ω m)	11,7 (+9%) (-9%)	20,5 (+24%) (-60%)	9,1 (+98%) (-47%)	9,4 (+52%) (-37%)	11,6 (+43%) (-28%)
ρ_4 (Ω m)	33,3 (+9%) (-11%)	48,9 (+46%) (-37%)	50,0 (+37%) (-60%)	55,3 (+77%) (-130%)	41,8 (+94%) (-175%)

3. táblázat. A Korlát község mellett mért VESZ adatokból 1-D (egyedi) inverzióval a RESIX PLUSTM programmal meghatározott modellparaméterek és azok (százalékos) megbízhatóságai („hibái”)

Table 3. The estimated model parameter with their percentage reliability („estimation error”) from the 1-D (single) inversion of the „Korlát” field VES data, using the RESIX PLUSTM program

Paraméter	Modell 1.	Modell 2.	Modell 3.	Modell 4.	Modell 5.
h_1 (m)	0,4 (999%)	0,8 (22%)	1,0 (5%)	1,0 (9%)	0,6 (18%)
h_2 (m)	0,9 (999%)	3,4 (990%)	11,4 (135%)	13,4 (91%)	14,3 (127%)
h_3 (m)	3,5 (471%)	6,0 (98%)	10,2 (388%)	18,8 (288%)	29,7 (412%)
ρ_1 (Ω m)	25,6 (999%)	22,5 (4%)	38,6 (2%)	36,1 (3%)	30,4 (10%)
ρ_2 (Ω m)	10,9 (425%)	13,9 (9%)	15,9 (2%)	17,3 (3%)	16,9 (2%)
ρ_3 (Ω m)	12,5 (59%)	14,1 (81%)	9,5 (244%)	9,0 (160%)	11,8 (106%)
ρ_4 (Ω m)	33,6 (4%)	29,7 (24%)	45,7 (32%)	50,3 (144%)	41,1 (367%)

4. táblázat. A Korlát község mellett mért VESZ adatokból 1-D (egyedi) inverzióval a szerzők által fejlesztett programmal meghatározott modellparaméterek és azok (százalékos) megbízhatóságai („hibái”)

Table 4. The estimated model parameter with their percentage reliability („estimation error”) from the 1-D (single) inversion of the „Korlát” field VES data, using the program developed by the authors

cia tartománnyal rendelkeznek (ez a modell és nem a kiértékelő program hibája), hogy ez az inverziós eredmény nem elfogadható a gyakorlati felhasználó számára.

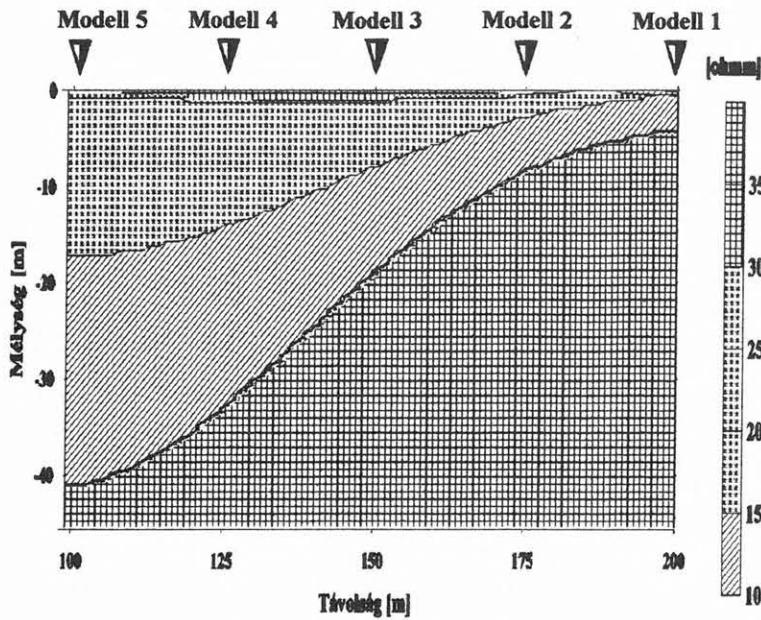
Hasonlóan rossz megbízhatóságú paraméterbecslést ad a saját fejlesztésű programmal végzett 1-D inverzió. Ennek eredménye a 4. táblázatban látható. A 100%-nál is nagyobb „hibaértékek” a paraméterek nagyon rossz meghatározottságát jelzik valamennyi modellnél, több paraméter esetében is.

Az 5. táblázatban látható az 1.5-D inverzió eredménye. Ennek az új inverziós módszernek az alkalmazása a paraméterek megbízhatóságában minőségi javulást eredményez, amint azt a 3. és 4. táblázattal való összehasonlításból láthatjuk.

A rétegparaméter becslés megbízhatóságának növekedése elsősorban abból adódik, hogy az 1.5-D

inverzióval a korrelációs viszonyok kedvezően alakulnak, amint az a 6. ábrán látható. Jelentősebb korrelációk ($corr_{ij} \geq 0,6$) elsősorban csak a rétegparaméterek egyes együtthatói között alakulnak ki. A korrelációs skalár, $S = 0,329$ még így is a geoelektromos gyakorlatban szokatlanul kedvező alacsony értéket mutat.

A másik terepi példa adatait Erdőbénye község (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) mellett, egy völgytalpon hosszirányban mértük. A 15 VESZ állomás adatainak 1.5-D együttes inverziós eredménye (Fourier-sorfejtést alkalmazva) a 7. ábrán látható. A sorba fejtett függvény elemeinek száma a vastagságok mindegyikénél 6, a fajlagos ellenállásoknál sorrendben 6, 1, 5, 4. A kutatás célja vízkutak optimális helyének meghatározásához a 30–40 Ω m-es törmelékes, görgeteges talajvíztartó



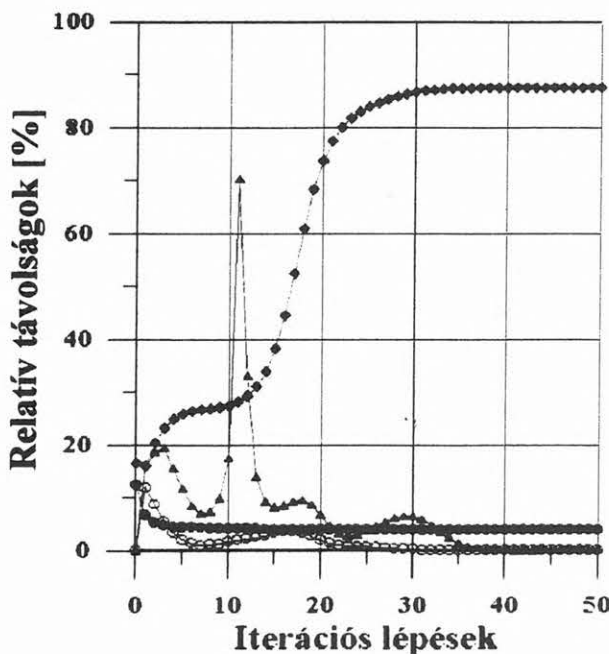
4. ábra. A Korlát község mellett mért VESZ adatokból 1.5-D együttes inverzióval meghatározott geoelektromos szelvény

Fig. 4. Geoelectrical cross-section obtained from 1.5-D simultaneous inversion of measured VES data on the „Korlát” field

Paraméter	Modell 1.	Modell 2.	Modell 3.	Modell 4.	Modell 5.
h_1 (m)	0,1 (80%)	0,4 (26%)	1,0 (7%)	1,0 (7%)	0,7 (26%)
h_2 (m)	0,6 (26%)	2,6 (18%)	7,1 (15%)	13,3 (15%)	16,6 (18%)
h_3 (m)	3,5 (49%)	5,6 (23%)	11,0 (18%)	18,9 (18%)	24,0 (23%)
ρ_1 (Ω m)	8,0 (54%)	27,0 (17%)	39,1 (4%)	35,4 (4%)	28,9 (17%)
ρ_2 (Ω m)	15,9 (3%)	16,1 (3%)	16,3 (2%)	16,6 (2%)	16,8 (3%)
ρ_3 (Ω m)	11,2 (7%)	11,2 (7%)	11,2 (7%)	11,2 (7%)	11,2 (7%)
ρ_4 (Ω m)	33,3 (4%)	33,3 (4%)	33,3 (4%)	33,3 (4%)	33,3 (4%)

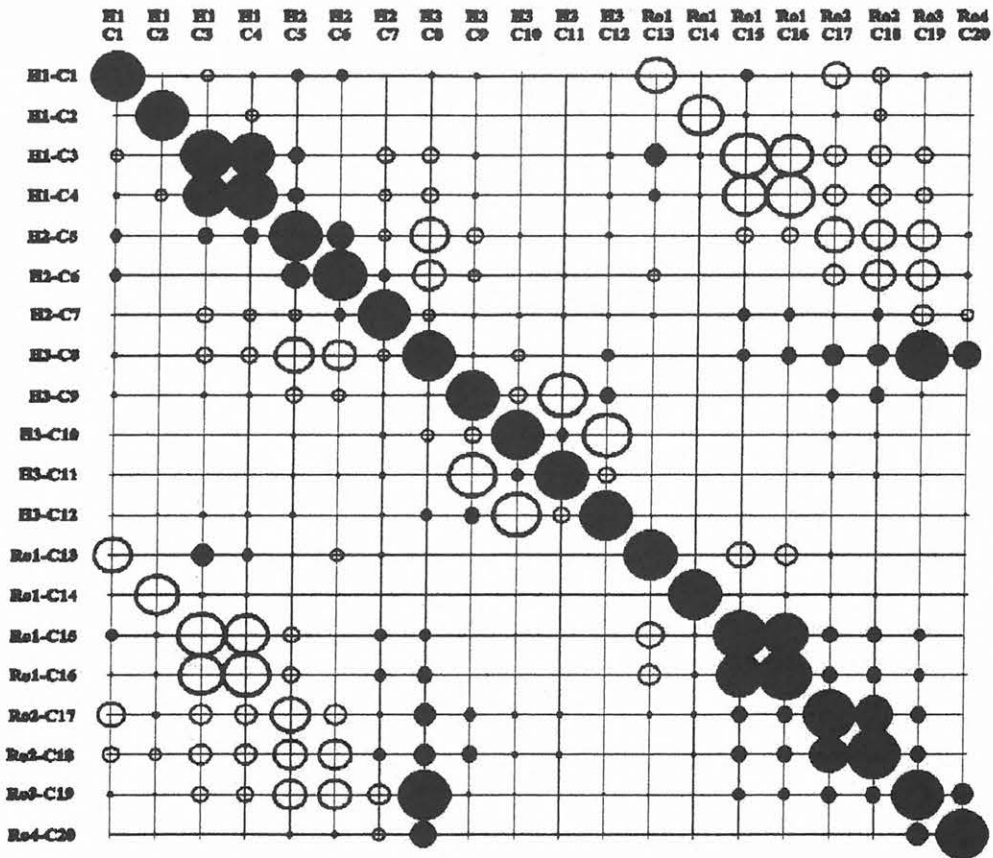
5. táblázat. A Korlát község mellett mért VESZ adatokból 1.5-D (egyedi) inverzióval a szerzők által fejlesztett programmal meghatározott modellparaméterek és azok (százalékos) megbízhatóságai („hibái”)

Table 5. The estimated model parameter with their percentage reliability („estimation error”) from the 1.5-D (simultaneous) inversion of the „Korlát” field VES data, using the program developed by the authors



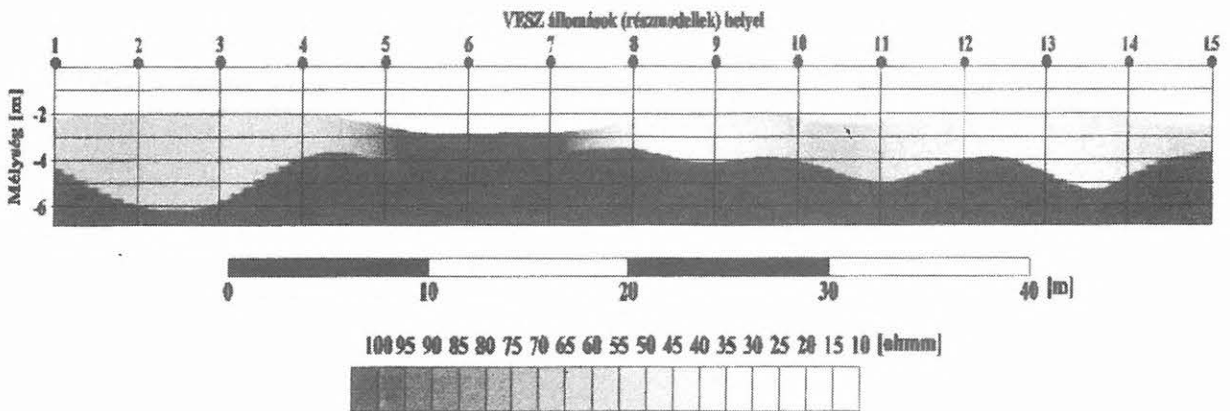
5. ábra. A Korlát község mellett mért terepi adatok inverziójának folyamata. ●—a mért és számított mérési adatok relatív távolsága (D), Δ —az együtthatók korrekciós vektorának normája, ○—a modellparaméterek korrekciójának normája, ◆—a számított és a startmodell relatív távolsága (d')

Fig. 5. The inversion process of the „Korlát” field survey data. ●—the relative distances (D) between the measured and calculated data, Δ —the norm of the coefficient correction vector, ○—the mean relative change of the model parameter, ◆—the main relative distance (d') between the initial and actual model)



6. ábra. A Korlát község mellett mért adatokból 1.5-D inverzióval számított $C_1 \dots C_{20}$ együtthatók közti korreláció. A korrelációs mátrix pozitív értékeit ●, a negatívokat ○ jelöli. A szimbólumok mérete a korreláció abszolút értékével arányos. h_i és Ro_i a mellette álló együtthatók hovatartozását jelöli

Fig. 6. Correlation between the coefficients $C_1 \dots C_{20}$ from the inversion of the „Korlát” field survey data. ● denotes the positive, and ○ the negative value of the correlation coefficients. The size of symbols are proportional to the absolute values of elements of the correlation matrix. h_i and Ro_i stand for the correspondent geoelectric model parameter



7. ábra. Az Erdőbénye község mellett mért VESZ adatokból 1.5-D együttes inverzióval meghatározott geoelektromos szelvény

Fig. 7. Geoelectrical cross-section obtained from 1.5-D simultaneous inversion of measured VES data on the „Erdőbénye” field

réteg — amely a tömör vulkáni kőzeten helyezkedik el — elterjedésének vizsgálata volt. Az eredményszelvényen jól látszik, hogy ez a vízvezető (vízartó) réteg az 5, 6, 7 pontoknál kiékelődik, ugyanis itt az aljzatban egy kiemelkedés található, amely gátolja a vízáramlást a 8–15 pontok felől az 1–4 pontok irányába.

4. Összefoglalás

A bemutatott 1.5-D inverziós módszerrel szintetikus és terepi adatokon végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy ezen új inverziós módszer alkalmazása jelentős javulást eredményez a geoelektromos gyakorlatban eddig ismert módszerekhez képest. Az inverziós módszer jól igazodik a terepi gyakorlat-hoz, amikor több VESZ görbe (szelvény mentén) együttes inverziójára alapoz. Az együtthatók korrelációs mátrixa és a részmodellek megbízhatósága („hibája”) együttesen alkalmas az inverziós eredmény megbízhatóságának jellemzésére. A példák azt mutatják, hogy a módszer olyan esetekben is eredményesen alkalmazható, amelyeknél az 1-D „egyedi” inverzióval nem kapunk megbízható paraméterbecslést. Az eredményes alkalmazásnak az a feltétele, hogy a kutatási területen vagy valamelyik réteg vastagsága, vagy valamelyik fajlagos ellenállása, vagy mindkettő változzék, ez a változás azonban lassú legyen.

5. Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Művelődési és Közoktatási Minisztérium FKFP 0914/1997. sz. projektje keretében végeztük. A terepi mérésekhez felhasználtuk az Országos Tudományos Kutatási Alap CO-215. sz. projektje keretében beszerzett MULTIMAC–GEOMAC geoelektromos mérő-adatgyűjtő rendszert. A szerzők köszönetüket fejezik ki a támogatásért.

HIVATKOZÁSOK

- CSEREPES L., DRAHOS D., SALÁT P. 1995: Vízkutató fúrások karotázs szelvényeinek minőségellenőrzött kiértékelése. *Geofizikai inverzió* c. tudományos anket. Magyar Geofizikusok Egyesülete, Miskolc-Tapolca, 1995. december 12–13.
- DOBRÓKA M. 1996: Változó rétegvastagságú inhomogén szeizmikus hullámvezetőben terjedő Love típusú hullámok diszperziós relációja; az abszorpciós-diszperziós relációk inverziója. Akadémiai doktori értekezés. Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék
- FERENCZY L. 1983: Vizsoly-Korlát községek ivóvízellátásával kapcsolatos geofizikai kutatás. Kutatási jelentés. Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék
- GYULAI Á., ORMOS T. 1997a: Vertikális elektromos szondázások kiértékelése 1.5-D inverziós módszerrel. *Magyar Geofizika* 38, 25-36
- GYULAI Á., ORMOS T. 1997b: Új inverziós módszer és annak alkalmazása geoelektromos adatok feldolgozására. Vándorgyűlés, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Sopron, 1997. szeptember 10–11.
- GYULAI Á., ORMOS T. 1998: A new procedure for the interpretation of VES data: 1.5-D inversion method. Közlésre megküldve a *Journal of Applied Geophysics* számára
- HERING A., MISIEK R., GYULAI Á., ORMOS T., DOBRÓKA M., DRESEN L. 1995: A joint inversion algorithm to process geoelectric and surface wave seismic data. Part I: basic ideas. *Geophysical Prospecting* 43, 135–156
- SALÁT P., TARCSAI GY., CSEREPES L., VERMES M., DRAHOS D. 1982: A geofizikai interpretáció információ-statisztikus módszerei. (Szerk.: SALÁT P.) Tankönyvkiadó