

A Dunántúli Középhegység mélyszerkezetének vizsgálata inhomogén MT modellel (Az „S”-hatásról)

Á D Á M A N T A L

A szerző a középhegységi kutatások jelentőségének méltatása után bemutatja a Bakonyt ÉNy – DK-i irányban átmetsző szelvény mentén a kéregben észlelt jól vezetőképű képződmény mélységváltozását. A felszíni üledék vastagságváltozása („S-hatás”) miatt jelentkező torzulásokat transzformációs eljárásokkal korrigálja és így az elméletileg legjobban megalapozott mélységértékeket adja meg. Ezeket az „E polarizációhoz” tartozó mélységértékeket a vázolt elméleti megfontolások szerint a medencealjzat ($\rho = \infty$) csapásirányában mért elektromos komponens segítségével határozta meg. A medencealjzatnak ezen (a gravitációs izovonalakétól kissé eltérő) elektromos anizotrópia-irányának pontos kijelölése végett az impedancia-polárdiagramok $[Z_{xy}(\alpha)]$ és az impedancia-ellipszisek $[Z(\alpha)]$ összehasonlító elemzését is bemutatja.

Feltételezi, hogy a jólvezető képződmény a paleozoikum valamelyik emeletéhez tartozik, amely a középhegységi vályú tektonikai kialakulásában részt vett, tehát reliefjéből a Középhegység mélyszerkezetére következett. Egyik lényeges megállapítás szerint ez a kéregben jólvezető horizont a Bakony felé (D-re) hasonló jellegű elmélyüléssé, mint a milyen a Mohorovičić diszkontinuitás.

Оцени в значение разведки в районе Средневенгерских гор, автор показывает изменение глубины залегания хорошо проводящей формации, наблюдаемое в коре вдоль профиля, пересекающего Баконьские горы по направлению от СЗ к ЮВ. Искажения, связанные с изменениями мощности осадочного чехла („эффект S”), поправляются трансформационными способами и, таким образом, получают значения глубины, имеющие наилучшее теоретическое обоснование. Эти значения глубины, относящиеся к „поляризации E”, в соответствии с теоретическими соображениями были определены при помощи электрической компоненты, измеренной по простиранию основания бассейна ($\rho = \infty$). Для точного намечания направления электрической анизотропии основания бассейна (которое немного отклоняется от гравиметрических изолиний) был проведен сравнительный анализ полярных диаграмм импеданса $[Z_{xy}(\alpha)]$ и эллипсов импеданса $[Z(\alpha)]$.

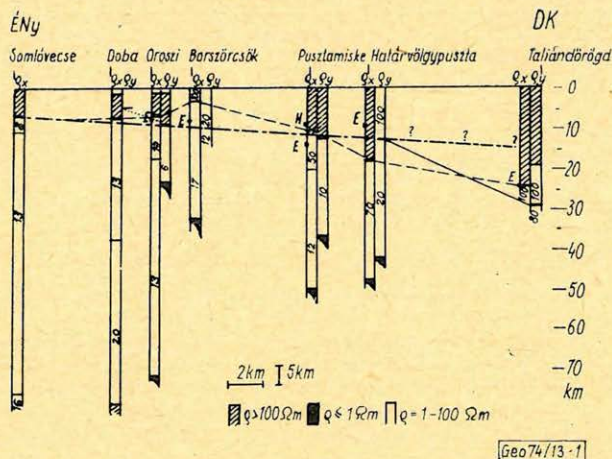
Предполагается, что хорошо проводящая формация относится к одному из ярусов палеозоя, который принял участие в образовании среднегорной впадины, значит, по его рельефу можно сделать вывод о глубинной структуре Средневенгерских гор. По одному из существенных соображений проводящий горизонт в коре погружается к Баконьским горам (к югу) подобно разделу Мохоровичина.

Having appreciated the survey carried out in the Middle Range, the author shows depth changes of the conductive formation observed along a profile crossing the Bakony mountain in NW – SE direction. Distortions due to thickness variations of the superficial sediments (“S-effect”) are corrected by transformation procedures thus the indicated depth values are best supported theoretically. These depth values belonging to the “E-polarization” were determined with the help of the electric component measured along the strike of the basin’s bottom ($\rho = \infty$) in accordance with the mentioned theoretical considerations. In order to define the accurate direction of this electric anisotropy of the basin’s bottom (slightly deviating from the gravity isolines) a comparative analysis of the impedance polar-diagrams $[Z_{xy}(\alpha)]$ and of the impedance ellipses $[Z(\alpha)]$ was also carried out.

It is assumed that the conductive formation belongs to one of the Paleozoic stages, taking part in the formation of the Middle Range trough, thus its relief permits conclusions as to the deep structure of the Middle Range. According to one of the important conclusions this conductive horizon in the crust sinks towards the Bakony mountain (to South) similarly to the Mohorovičić discontinuity.

A Dunántúli Középhegységben és annak előterében a preausztriai medencealjzat, valamint a kristályos alaphegység felszínének és belső szerkezetének kutatása mind módszertani, mind földtani értelmezés tekintetében sok problémát rejt magában. Ez igazolja azoknak a geofizikai vizsgálatoknak a szükségességét, amelyek a fenti földtani képződményeknek a mélységtartományában hatékonyaknak bizonyulnak.

A Bakony ÉNy-i előterében és a Déli Bakonyban végzett tellurikus (RTFSZ) és magnetotellurikus szondázások (MTSZ), mint ismeretes [1], [2], jólvezető réteget jeleznek a földkéregben. Ennek mélysége a Somló környéki, főként \bar{E} -ra fekvő üledékes területen átlagosan 7 km. Megfontolásunk szerint a jólvezető képződmény grafit, grafitos pala és feltehetően a mezozoos karbonátos rétegsor alatt van [3], a paleozoikum egyik emeletéhez sorolható és így térbeli helyzetének meghatározása a Középhegység mélyszerkezetének vizsgálatakor előnyösen felhasználható. E területtől D-re a hagyományos MT-elrendezés mellett $\bar{E}-D$ -i (x) és $K-Ny$ -i (y) irányban mért szondázási görbék a jólvezető réteg elmélyülését mutatják. Elméleti modellszámítás az 1. ábrán



1. ábra. MT rétegszelvény a Bakony ÉNy előterében és a Déli Bakonyban
 Рис. 1. Разрез МТЗ в северо-западном форланде Южных Баконьских гор
 Fig. 1. MT section in the NW foreland of the Southern Bakony mountain

látható rétegsort adta. A ρ_x és ρ_y görbéknek megfelelő rétegsor a magneto-tellurikus anizotrópiából adódóan különbözik.

Melyik a reális, illetve mi a reális mélység?

A választ a szondázási görbék jellegéből, a $\rho - \sqrt{T}$ koordinátarendszerben elfoglalt relatív helyzetükből, valamint a mérési terület földtani és geoelektromos sajátágaiból adhatjuk meg.

A 2. ábrán látható szondázási görbék ρ értékei annál nagyobbak, minél délebbre mértük azokat a Somlótól. Ez a jelenség az ún. „S-hatásra” utal, amely kifejezi a felszíni jólvezető üledék vastagságváltozásának torzítását a $\rho = \infty$ szint alatti jólvezető képződmény (aljzat) mélységének meghatározására.

Az „S-hatás” csak H polarizációnál jelentkezik, amelynél a mágneses komponens csapásirányú (x).

A határfeltételekből levezetett differenciálegyenlet megoldását Tyihonov és Dmitrijev [4] több feltétel mellett adta meg. Ezek közül kiemeljük az

1. „S” változásának behatárolását dőlésirányban (y)

$$S(y) \begin{cases} S_1 = \text{const} & y > d \\ S_{(y)} & y \leq d \end{cases}$$

ahol d az inhomogenitás, azaz a változó vastagságú üledékes medence szélessége.

2. a

$$|K^2| hH^+ = \omega \mu H^+ S \left(\frac{y}{H^+} \right) \ll 1$$

elektrodinamikai feltételt. Ebben „ h ” a $\rho = \infty$ szint (medencealjzat), H^+ pedig az alatta levő jólvezető réteg mélysége, ω = körfrekvencia, μ = mágneses permeabilitás (MKSA rendszerben).

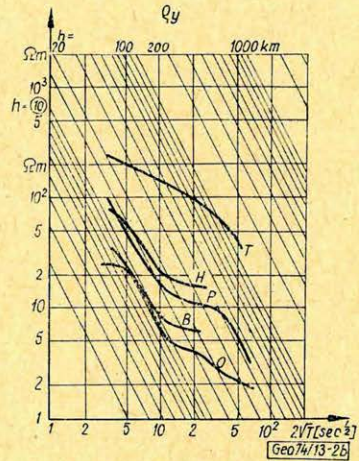
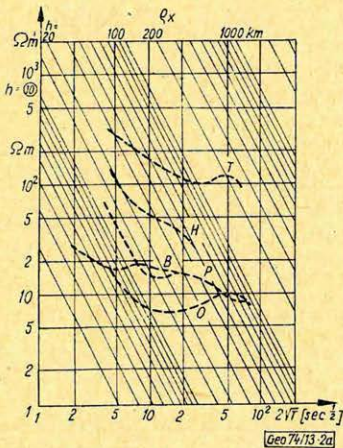
Az impedancia aszimptotáját a

$$Z(y) = -i \omega \mu H^+ \frac{S_1}{S(y)}$$

kifejezés adja, ellentétben a homogén viszonyokat, illetve az E polarizációt jellemző

$$Z = -i \omega \mu H^+$$

összefüggéssel. H -polarizációnál tehát az impedancia, illetve a belőle számított H^+ érték a jólvezető aljzat állandó mélysége mellett ($H^+ = const$) is megváltozik $S(y)$ -al fordított arányban.



2/a. ábra. Q_x magnetotellurikus szondázási görbék (L. 3. ábrán a mérési pontokat)

2/b. ábra. Q_y magnetotellurikus szondázási görbék (L. 3. ábrán a mérési pontokat)

Рис. 2/а. Кривые Q_x МТЗ (См. пункты измерения на рис. 3.)

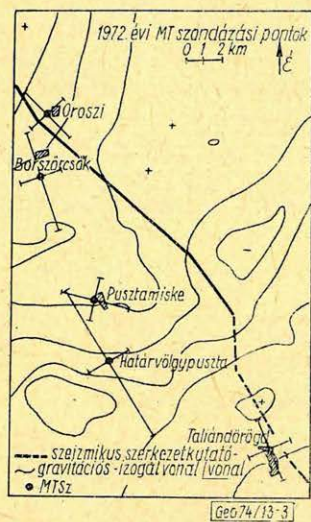
Рис. 2/б. Кривые Q_y МТЗ (См. пункты измерения на рис. 3.)

Fig. 2/a. Q_x diagrams of magnetotelluric sounding. (For sounding points refer to fig. 3.)

Fig. 2/b. Q_y diagrams of magnetotelluric sounding. (For sounding points refer to fig. 3.)

A fentiek alapján az „ S -hatás” kiküszöbölése végett az E polarizációnak megfelelő görbékkel számítjuk a rétegsort. Célszerű azonban meggyőződni arról is, hogy a mélységtorzítás valóban az „ S ” változás következménye-e? Ez a H^+ és $\frac{S_1}{S(y)}$ lineáris összefüggéssel bizonyítható, amelynek a vizsgált területen való

meghatározását azonban a jelenlegi adathiány megnehezíti. Ellenőrizni kell a [4]-ben szereplő feltételek teljesülését is. Kutatási területünkön a Bakony mezozoos tömegének ($\rho \geq 1000 \Omega m$) felszínre bújása a hegység hosszánál lényegesen kisebb távolságon belül történik, ami a jelentős változás szakaszát illeti. Így a megadott térbeli feltétel ($y \leq d$) teljesül. A második feltétel nem –, vagy csak részbeni – teljesülése abból következik, hogy a földkéregbeli (kis-mélységű) jólvezető képződmény már a kis periódusoknál indikálódik. Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy az elméletet jólvezető aljzatra és nem közbe-települt rétegre dolgozták ki. Ez a réteg S értékétől függően eltérést okozhat az elméletben.



3. ábra. Szondázási pontok elhelyezkedése a mérési területen. ~ 50 sec periódusra számított impedancia-ellipszisek tengelyei

Рис. 3. Распределение пунктов зондирования в районе работ. Оси эллипсов импеданса, вычисленных для периода ~ 50 сек.

Fig. 3. Distribution of sounding points over the survey area. Axes of impedance ellipses calculated for periods of ~ 50 sec

Megjegyezzük, hogy a $Z_{xy}(\alpha)$ - és a $Z(\alpha)$ -diagramok elsősorban az irány-sajátságokra nézve egyenértékű információkat adnak. Az irányeltérések leg-feljebb erősen változó jellegű MTSZ esetében jelentkeznek, mint amilyent Borszörcsögnél mértünk. Ezt a következtetést az 1. táblázat adatainak össze-

A 3. ábrán látható izogalvonalak a mérési területen feltételezhetően a medencealjzat csapásvonalának megváltozását mutatják. A Borszörcsögtől É-ra fekvő pontokban az É–D-i, a D-re fekvő pontokban pedig a K–Ny-i irányú csapásvonal az uralkodó.

Így az E polarizációnak hol a ρ_x , hol pedig a ρ_y görbe felel meg. Ezt figyelembe véve az 1. ábrán Somlóvecse és Határvölgypuszta között a jólvezető réteg mélységváltozására egyenes lefutási vonalat kapunk. Taliándörögdnél ez a vonal a nagyobb mélységek felé letörik.

Feltételezve, hogy a medencealjzat ($\rho = \infty$ szint) gravitációs és elektromos reliefje között eltérés lehet, meghatároztuk

a $Z_{xy}(\alpha)$ impedanciadiagramokat és a $Z(\alpha)$ impedanciaellipsziseket [5].

A $Z_{xy}(\alpha)$ impedanciadiagramok szélső értékei alapján különböző periódusokra kiszámítottuk a maximális és minimális fajlagos ellenállás értékeit.

Ezek a medencealjzat dőlésének vagy csapásának közelében fekvő irányokban adják meg a fajlagos ellenállás mélységi változását $\rho - \sqrt{T}$ koordinátarendszerben.¹ Az elektromos anizotrópia-irányok és az izogalvonalak egyezésének, illetve eltéréseinek szemléltetése végett a $\rho(\sqrt{T})$ görbék csökkenő szakaszát jellemző $T = 50$ sec-hoz tartozó impedanciaellipszisek tengelyeit is felrajzoltuk a 3. ábrára.

¹ A ρ értékeket csak akkor ábrázolhatjuk a $\rho - \sqrt{T}$ koordinátarendszerben, ha az impedanciadiagram szélső értékének iránya nem változik a periódus függvényében. Ellenkező esetben a $\rho(\sqrt{T})$ szondázási görbe eltorzul.

hasonlításából is leszűrhetjük. Ellenpéldája lehet ennek az Orosziban kapott elég jól egyező két adatsor (2. táblázat).

(Néhány kiüti értéket megkérdőjeleztünk.)

1. táblázat – таблица – Tabelle

Borszörcsög

Periódus (Sec)	Zxy max		Zxx	Zxy min		Zxx	Zxy max	ϱ_{\max}		ϱ_{\min} érték	$\sqrt{\frac{\varrho_{\max}}{\varrho_{\min}}}$
	érték	irány		Zxy min	érték		irány	érték	irány		
17	3,49	60°	1,05	1,29	130°	1,72	2,7	194	47°	31	2,5
22	2,65	60°	0,33	1,74	125°	1,17	1,5	147	135°	29	2,2
29	2,37	65°	0,45	1,35	145°	0,95	1,76	36	130°	12	1,7
38	1,63	165°	0,35	1,17	90°	0,49	1,4	20	144°	10	1,4
51	1,52	170°	0,23	0,72	85°	0,17	2,1	22	160°	5	2,1
68	1,01	20°	0,25	0,35	120°	0,46	3,3	17	163°	0,9	4,3
89	1,02	25°	0,34	0,31	120°	0,43	3,4	19	6°	2,0	3,1

2. táblázat – таблица – Tabelle

Oroszi

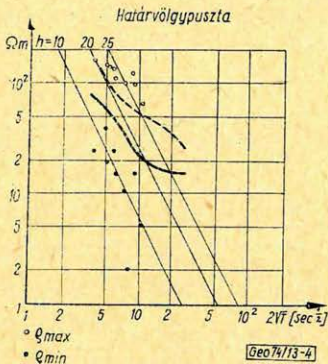
Periódus (Sec)	Zxy max		Zxx	Zxy min		Zxx	Zxy max	ϱ_{\max}		ϱ_{\min} érték	$\sqrt{\frac{\varrho_{\max}}{\varrho_{\min}}}$
	érték	irány		Zxy min	érték		irány	érték	irány		
15	2,99	135°	0,7	1,38	40°	0,6	2,1	31	125°	4	2,8
19	2,98	110°	0,58	1,75	20°	0,6	1,7	39	114°	11	1,9
25	2,69	120°	0,47	1,44	30°	0,34	1,87	39	123°	10	1,98
33	2,11	130°	0,53	1,3	35°	0,29	1,6	32	128°	18	1,3
38	2,42	135°	0,15	1,27	45°	0,4	1,9	34	42°?	24	1,19
44	1,53	135°	0,5	1,22	35°	0,4	1,25	27	135°	12	1,5
58	1,29	145°	0,45	0,85	35°	0,39	1,5	100?	134°	29?	1,87
68	1,4	115°	0,3	0,66	25°	0,4	2,1	313?	115°	21?	3,9
108	0,87	135°	0,05	0,5	20°	0,38	1,7	23,4	134°	1,05	4,7
124	0,95	150°	0,23	0,12	55°	0,24	7,9°	23,9	145°	0,64	6,1
152	0,83	125°	0,25	0,44	25°	0,32	1,9	30	127°	1	5,5

Pusztamiske kivételével valamennyi mérési pontban, amelyekben a jólvezető réteg elmélyülése mutatkozik, az E polarizációnak a ϱ_{\min} értékek felelnek meg, amint az az impedanciadiagramok és az izogalvonalak összehasonlításából kitűnik. Ezek kissé eltérnek a ϱ_x , illetve ϱ_y értékektől, amelyekkel az 1. ábrán a Határvölgypusztáig folyamatosan elmélyülő jólvezető szintet megszerkesztettük.

Az E és H polarizációhoz tartozó ϱ értékek segítségével (L. pl. Határvölgypuszta esetében a 4. ábrán) kapott mélységértékeket a 3. táblázatban adjuk meg. A 3. táblázatban szereplő adatokat az 1. ábrán grafikusán is bemutatjuk E , illetve H megjelöléssel. Ha a jólvezető képződmény, mint feltételezzük, a paleozoikum valamelyik emeletéhez tartozik, amely a középhegységi szinklinális tektonikai kialakulásában részt vett, akkor reliefjéből annak mélyszerkezetére következtethetünk. A jólvezető „réteg” felszíne az E polarizációs görbék alapján is fokozatosan elmélyül a Déli Bakony felé, bár a ϱ_x és ϱ_y görbe alapján számítottnál kisebb mértékben. Taliándörögdnél 10–15 km-es szint-

H+[km]

	E ¹	H ¹	x ²	y ²
I. Oroszi	8	15	6,8	9,2
Borszöröcsög	7	10	3	10
Somlóvásárhely ...	7	6,5	7	7
Pusztamiske	14	9–10	11	12,6
Határvölgypuszta	10	25	18,6	13,1
Taliándörögdt	25	?	25	25 (30)
II. Kisvásárhely	5,5	25	25	18 ¹
Sümegeprága	20		20 ¹	30 ¹

¹ = grafikusán meghatározva² = elméleti görbeszámítással meghatározva

4. ábra. A Határvölgypusztán mért ρ_{\min} és ρ_{\max} értékek \sqrt{T} függvényében, valamint a ρ_x és ρ_y szondázási görbék

Рис. 4. Зависимость значений ρ_{\min} и ρ_{\max} , измеренных в районе Хатарвельдыпуста, от \sqrt{T} , а также кривые ρ_x и ρ_y зондирования

Fig. 4. Values of ρ_{\min} and ρ_{\max} measured at Határvölgypuszta versus \sqrt{T} , and ρ_x and ρ_y diagrams of sounding

ÉNy–DK-i irányban, amely a Somlót és több más, a Balaton környékén fekvő bazalt-vulkánt is magában foglalja.

E jelentős földkéregbeli anomália sajátosságainak további vizsgálata, térbeli elterjedésének pontosítása a vázolt módszertani megfontolások révén, kapcsolata a mélyebb jellegzetes elektromos szintekkel, valamint földtani-földfizikai jelentőségének értékelése további kutatásokat igényel.

ugrás mutatkozik. Ezt, bár a Sümegeprágán és a Tihanyban mért $\rho(\sqrt{T})$ görbék is jelzik, tovább kell vizsgálnunk, mert a fenti feltevésünkkel ellentmondásban van (25 km mélységben valószínűtlen a paleozoikum?) és így felmerül egy mélyebb, az előbbtől független jólvezető réteg lehetősége is. Hasonló diszkordancia Devescértől D-re a Mohorovičić határfelület mélységében is mutatkozik. Feltételezhető tehát az ugrás egy, a felszínhez közelebb fekvő, és nem rugalmassági, hanem elektromos paraméterváltozás mélységében is. Valószínűsíti ezt az, hogy két paraméter között más szinteken (pl. az LVL esetében) jó korreláció van. Megjegyezzük ugyanakkor, hogy az ugrás a jólvezető szintben délebbre jelentkezik, mint a Mohóban.

Az 5. ábra a jólvezető képződmény vastagságváltozásra ad felvilágosítást. Az ábra a jólvezető képződmény horizontális vezetőképességének jelentős csökkenését mutatja D felé. A Somló környéki átlagos $S = 1000 \Omega^{-1}$ körüli érték helyett Taliándörögdon már csak az ötödét mértük. Az ellenállásnövekedés irányát mutató Wiese-féle indukciós nyilak ugyanakkor egy, a felszín közelébe nyúló és jólvezető képződményekkel kitöltött törési zónát is kijelölnek

