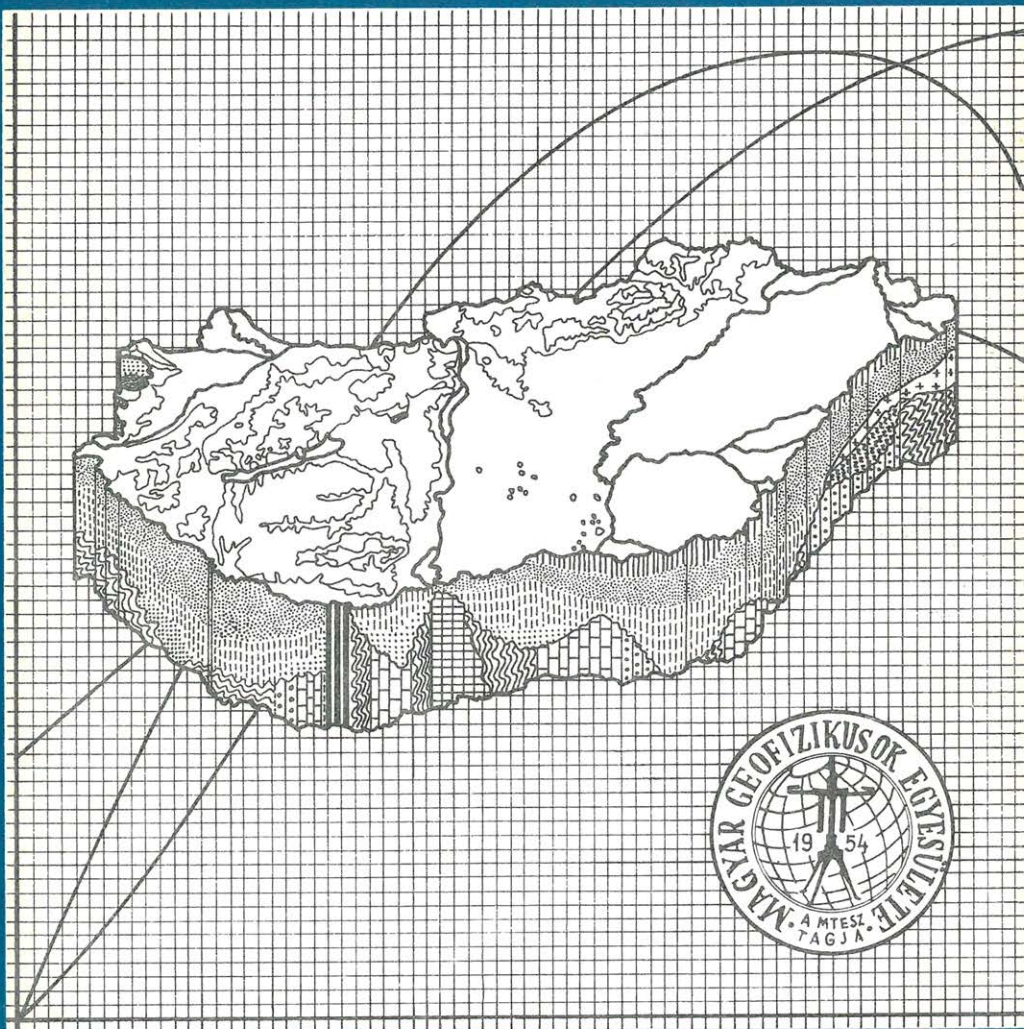


# MAGYAR 3 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1980. XXI. ÉVFOLYAM, 3. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>M. Berdicsevszkij</i> : A magnetotellurika legújabb eredményeiről (2. rész) .....	81
<i>Pogácsás György</i> : Délnyugat-Magyarország mélyföldtani szerkezete a szűrt gravitációs adatok tükrében .....	86
<i>Ádám Antal</i> : Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség-eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon .....	95
<i>Ádám, A., Márcz F., Verő J., Wallner Á., Duma G., Gutdeutsch, R.</i> : Elektromágneses szondázások a Keleti Alpok és a Pannon-medence közötti átmeneti zónában .....	108
Lapszemle .....	120
Könyvszemle .....	120

---

Főszerkesztő: Dr. Sebestyén Károly, az MGE társelnöke

Szerkesztő bizottság: Dr. Bencze Pál, Dr. Bodoky Tamás, Czeglédi István, Deres János, Gerzson István, Dr. Horváth Ferenc, Hursán László, Lakatos Sándor, Marton Tibor, Dr. Posgay Károly, Rádler Béla, Tóth Géza, Dr. Tóth Péter

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest, VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.

# A magnetotellurika legújabb eredményeiről (2. rész)\*

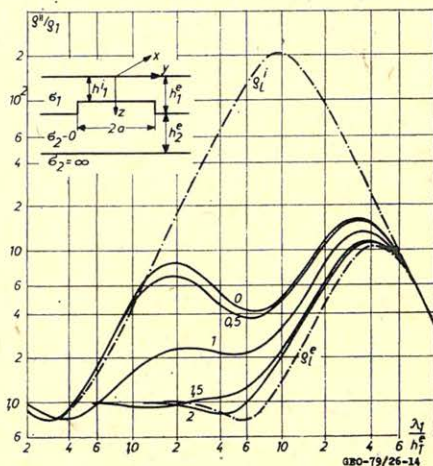
M. BERDICSEVSZKIJ

A 14. ábrán ugyanazt a szerkezetet találjuk, de az MT görbéket a csapásirányú elektromos komponensre számítottuk. Jelölésük  $\rho^{\parallel}$ . Látható, hogy a süllyedő ágak találkoznak. A formális értelmezés a jól vezető aljzat felszínére horizontális réteghatárt ad. A görbék középső részén azonban mély minimum jelenik meg. Ezt a sasbértől jobbra és balra folyó áramok indukciós hatása hozza létre. A formális értelmezés ezen a görbe-szakaszon a minimum alapján fiktív jól vezető réteget hoz ki. A gyakorlatban gyakran találkozunk ilyen esettel.

14. ábra.  $\rho^{\parallel}$  görbék sasbérc fölött  
 $h_1^e/h_1^e = 0,05$ ;  $h_2^e/h_1^e = 20$ ;  $d/h_1^e = 1$ ;  
 görbeparaméter  $|y|/h_1^e$ ;  $\rho_i^e$ ;  $\rho_e^e$   
 normál görbék.

Рис. 14. Кривые  $\rho^{\parallel}$  над Шашберцем  
 параметр кривой  $|y|/h_1^e$ ;  $\rho_i^e$ ;  $\rho_e^e$   
 $h_1^e/h_1^e = 0,05$ ;  $h_2^e/h_2^e = 20$ ;  $d/h_1^e = 1$ ;  
 нормальные кривые  $|y|/h_1^e$ ;  $\rho_i^e$ ;  $\rho_e^e$

Fig. 14.  $\rho^{\parallel}$  - curves over an uplift  
 $h_1^e/h_1^e = 0,05$ ;  $h_2^e/h_2^e = 20$ ;  $d/h_1^e$ ;  
 curve parameter  $|y|/h_1^e$ ;  $\rho_i^e$ ;  $\rho_e^e$   
 normal curves



A 15. ábrán a  $\rho^{\parallel}$  és  $\rho^{\perp}$  görbéket látjuk a sasbérc fölötti pontra. Fel van tüntetve a normál görbe is, ami horizontálisan homogén modellre vonatkozik. Hasonlítsuk össze ezeket a görbéket. A  $\rho^{\perp}$  görbéknek nem torzul az emelkedő ágak, viszont torzul a süllyedő ágak. A  $\rho^{\parallel}$  görbéknek torzul az emelkedő ága és torzítatlan a süllyedő ága. E jelenségnek egyszerű fizikai magyarázata van. A  $\rho^{\perp}$  görbe esetén az áram a szerkezetre merőlegesen halad. Ilyenkor a szerkezet feltöltődik. A töltéstöbblet a forrása az anomális térnek. Az ilyen hatást galvanikus hatásnak nevezzük. A frekvencia csökkenésével a galvanikus hatás nem tűnik el. A  $\rho^{\parallel}$  görbéknek megfelelő esetben az áram a szerkezettel párhuzamosan folyik. Most nincs feltöltődés. Az anomália oka az a többletáram, ami az elektromágneses indukció miatt jön létre. Ez a hatás az indukciós hatás. A frekvencia csökkenésével az indukciós hatás csökken és el is tűnik.

A csapásirányban végtelen sasbérc a kétdimenziós szerkezetnek egy példája. A kétdimenziós elektromágneses feladatok viszonylag könnyen megoldhatók, és így meglehetősen teljes képünk van a MT tér torulásairól ilyen esetben. Dimitrijevič 5 albumot publikált az MT szondázás elméleti görbéiről különböző kétdimenziós szerkezetekre. Ezen albumok katalógusa a 2. táblázatban szerepel, (lásd a 82. oldalon).

\* Az 1. rész az 1. számban van.

A legtöbb modellnél az integrál-egyenletek módszerét használták, amivel egyszerű esetekre tömeges számítás végezhető. Összetettebb modellekre, amelyeknél több vertikális határfelület van, a véges különbségek és a véges elemek módszerét használhatjuk. A számítások nagy számú eredménye most már lehetővé teszi a MT tér torzulásainak megfelelő ismeretét a két dimenziós esetre. Arra a következtetésre jutottunk, hogy két dimenziós esetben a  $\rho^{\pm}$  görbékkel a nagy fajlagos ellenállású rétegek reliefjét, a  $\rho^{\parallel}$  görbékkel pedig a jól vezető rétegek felületét követhetjük. Ennek alátámasztására néhány gyakorlati eredményt mutatok be a nagy mélysgű kutatások vonatkozásában.

II. TÁBLÁZAT

SZERZŐ	MODELL	SZÁMÍTÁS MÓDJA	POLARIZÁCIÓ	PUBLIKÁCIÓ
1	2	3	4	5
DMITRIJEV KOKOTUSKIN		Vetítés	H-Polarizáció	AKMTZ, 1, 1971
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	---

II. TÁBLÁZAT folyt.

1	2	3	4	5
DMITRIJEV KOKOTUSKIN		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	AKMTZ, 1, 1971
ZAHAROV		---	---	AKMTZ, 2, 1973
DMITRIJEV KOKOTUSKIN		---	H-Polarizáció	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	E-Polarizáció	AKMTZ, 3, 1975

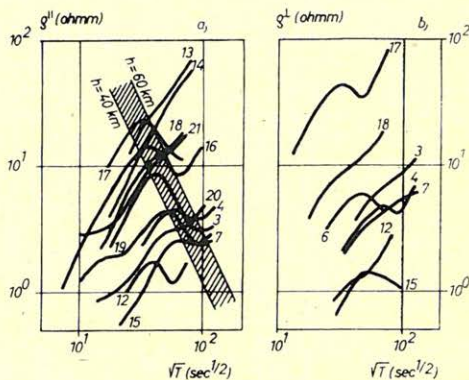
II. TÁBLÁZAT folyt.

1	2	3	4	5
DMITRIJEV KOKOTUSKIN		Vetítés	H-Polarizáció	AKMTZ, 4, 1975
---		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	---
DMITRIJEV TAVARTKI- LANDZE		Vetítés	H-Polarizáció	AKMTZ, 5, 1975
---		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	---
---		Vetítés	H-Polarizáció	---
---		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	---
---		Vetítés	H-Polarizáció	---
---		---	---	---
---		Integrál egyenlet	E-Polarizáció	---
---		---	---	---
---		---	---	---

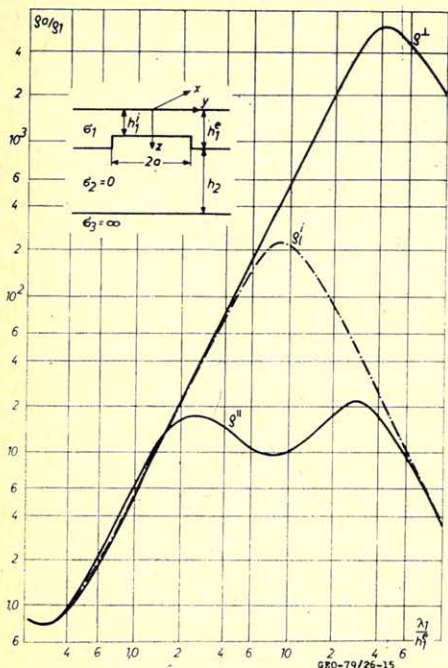
15. ábra.  $\rho_{\perp}$  és  $\rho^{\parallel}$  görbék a sasbérc fölött ( $\rho_{\perp}^i$  normál görbe)

Рис. 15. Кривые  $\rho_{\perp}$  и  $\rho^{\parallel}$  над Шашберцем (нормальная кривая)

Fig. 15.  $\rho_{\perp}$  and  $\rho^{\parallel}$  curves over an uplift ( $\rho_{\perp}^i$  normal curve)



GEO-79/26-16



16. ábra. MT frekvenciaszondázási görbék a Dél-Káspi depresszió területén

a -  $\rho^{\parallel}$                       b -  $\rho_{\perp}$

Рис. 16. Кривые частотного зондирования MT в районе Южно-Каспийской депрессии

a -  $\rho^{\parallel}$                       b -  $\rho_{\perp}$

Fig. 16. Magnetotelluric frequency sounding curves on the area of the South-Kaspien depressions

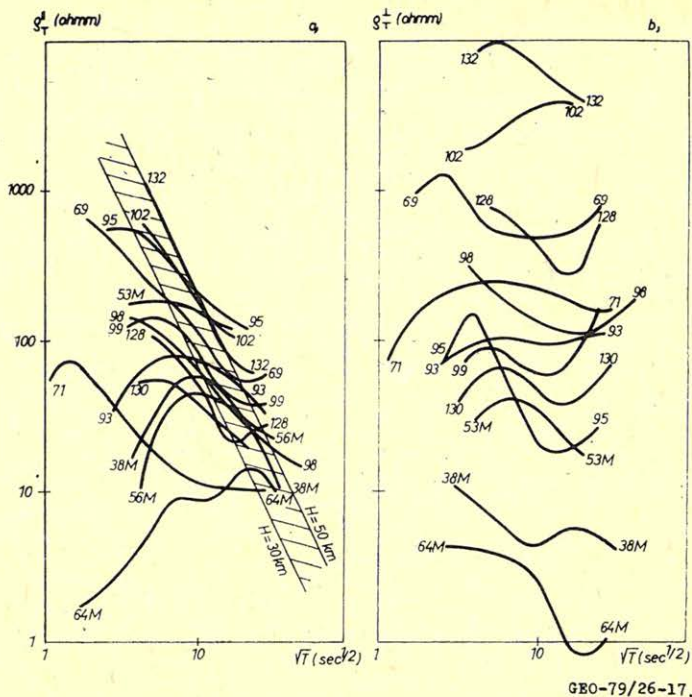
a -  $\rho^{\parallel}$                       b -  $\rho_{\perp}$ .

A 16. ábra  $\rho_{\perp}$  és  $\rho^{\parallel}$  görbéit a Dél-Káspi Depresszió területén kapták. Látható, hogy milyen jól korrelálhatók a  $\rho^{\parallel}$  görbék süllyedő ágai — a vezető rétegre 40 és 60 km közötti mélységet adnak — és mennyire rendezetlenek a  $\rho_{\perp}$  görbék.

Sok ilyen példa van. A 17. ábra görbéi Kamcsatkából származnak. A  $\rho^{\parallel}$  görbék rendezettek és a jól vezető réteg mélységét 30–50 km mélységtartományban adják, viszont a  $\rho_{\perp}$  görbék rendezetlenek a felszínközeli inhomogenitások miatt. Nyilvánvaló, hogy a  $\rho_{\perp}$  görbékből hamis eredményeket kapnánk Kamcsatka mély szerkezetéről.

A kétdimenziós eset meglehetősen egyszerű. Jó eredmények akkor kaphatók, ha a megfelelő irányú MT görbét választjuk az értelmezéshez. Sajnos nem minden szerkezet tekinthető kétdimenziósnek.

A háromdimenziós eset tanulmányozása csak most kezdődik. Néhány egyszerű modellt vizsgáltak. Úgy látszik, hogy háromdimenziós esetben megbízható eredményt az impedancia effektív értékéből számított görbék adnak,



17. ábra. Jellemző MT frekvenciaszondázási görbék K-Kamcsatkán

a -  $\rho_{\perp}^{\parallel}$ ; b -  $\rho_{\perp}$

Рис. 17. Характерные кривые частотного зондирования MT на в Камчатке

a -  $\rho_{\perp}^{\parallel}$  b -  $\rho_{\perp}$

Fig. 17. Characteristic frequency sounding curves in East Kamchatka

a -  $\rho_{\perp}^{\parallel}$  b -  $\rho_{\perp}$ .

tehát

$$\rho_{\text{eff}} = \frac{|Z_{\text{eff}}|^2}{\omega \mu_0}$$

és

$$Z_{\text{eff}} = \sqrt{Z_{xx} Z_{yy} - Z_{xy} Z_{yx}}$$

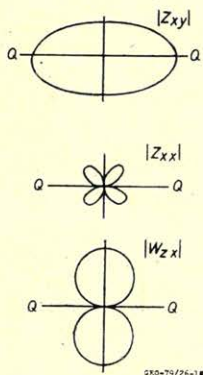
Az említett alapelvek lehetővé teszik az egyértelmű és földtanilag helyes értelmezést. Az értelmezés folyamata tehát három fázisban valósul meg, melyek a következők:

1. A  $\rho_{\perp}$ ,  $\rho_{\parallel}$  és  $\rho_{\text{eff}}$  görbék formális értelmezése; a tektonika fő irányait a földtani adatokból vesszük, majd pontosítjuk a polárdiagramokkal (impedancia, mágneses). A 18. ábrán  $Z_{xy}$ ,  $Z_{xx}$  és  $W_{zx}$  mágneses paraméter polárdiagramjai láthatók. A 00 vonal a csapás irányát jelöli.

2. A formális értelmezés eredményeinek összehasonlító elemzése, az ellentmondások feltárása, a torzító hatások megítélése, ismert modellekkel való összevetés, a kevésbé torzított görbék kiválasztása és újraértelmezése, a geoelektromos metszet megszerkesztése.

3. A modell javítása és pontosítása a mért görbék és modellgörbék összevetésével a számítást kétdimenziós vagy közel kétdimenziós esetre végeztük.

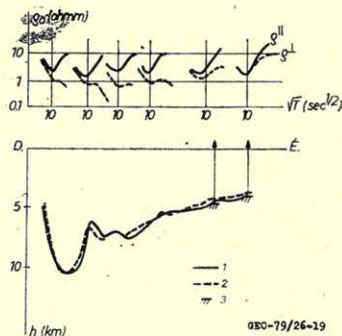
A fenti úton nyertük azokat a földtani adatokat, amelyeket a bevezetésben bemutatam.



18. ábra. MT polárdiagramok

*Puc. 18.* Полярные диаграммы MT

*Fig. 18.* Magnetotelluric polar diagrams



19. ábra. Mérési eredmények a Kaukázus előté-  
rében a paleozoós aljzat mélységére

1 –  $\rho^{\parallel}$  alapján; 2 – szeizmika alapján; – 3  
fúrás alapján

*Puc. 19.* Результаты измерений на глубину  
палеозойского фундамента в предкавказье

1 – на основании  $\rho^{\parallel}$ , 2 – на основании  
сейсмики, 3 – на основании бурения

*Fig. 19.* Measuring results for the depth of  
palaeozoic basement in the foreground of Caucasus

1 – based on  $\rho^{\parallel}$ , 2 – based on seismics,  
3 – based on well loggings

Befejezésül még egy példát mutatok be (19. ábra). A mérési profil átszelte a Kaukázus előterének süllyedékét. A  $\rho^{\perp}$  görbék a pontozottak. Jobbról balra mozogva, azaz a hegység felé közeledve egyre jobban lefelé tolódnak. Ez a torzulás a Kaukázus hegyvonulatának a hatása, az úgynevezett part-hatás. A  $\rho^{\parallel}$  görbék gyakorlatilag torzításmentesek és megbízhatóságukat a szeizmika is alátámasztja.

A MT lehetőségei még távolról sem kihasználtak. Most fontolgatjuk a kétdimenziós, sőt közel kétdimenziós inverzió lehetőségeit. Érdekes terület a szinkron MT mélyszondázás. Sokat várunk a MT és magnetovariációs módszerek együttes alkalmazásától. Ki kell dolgozni a MT és a mesterséges áramterű frekvenciaszondázás komplex használatának alapelvét. Ezek mind, a MT további fejlődésére utalnak.

# Délnyugat-Magyarország mélyföldtani szerkezete a szűrt gravitációs adatok tükrében

POGÁCSÁS GYÖRGY

## Bevezetés

A gravitációs anomáliatér és a földtani felépítés kapcsolata elvi lehetőséget ad a gravitációs mérésekkel történő szerkezetkutatásra, de gravitációs inverz probléma megoldásának elvi határozatlansága miatt általában kerülő utak keresésére kényszerülünk.

A sokfajta eljárás közül a szénhidrogénkutatásban a mérésadatok térfrekvenciás szűrésével szétválasztott anomáliaterek vizsgálata jut mind nagyobb szerephez. Alkalmasan megválasztott szűrőparaméterek mellett a kapott anomáliatér tengerszintre számolt relatív értékeiből szerkesztett izovonalak helyzete figyelemreméltó kapcsolatot mutathat a nagyobb sűrűségugrásokkal jelentkező diszkordanciafelületek térbeli helyzetével.

A dolgozat a mélyszerkezeti képet alapvetően meghatározó diszkordanciafelületek morfológiai képe és a szűrt gravitációs anomáliáké közötti korreláció vizsgálatáról számol be. Áttekinti az anomáliaképekben is feltehetően tükröződő geológiai viszonyokat. Beszámol a korrelációs vizsgálatok céljaira szerkesztett kainozoos medencealjzat és pannon fekü térkép, valamint a szűrt gravitációs kép előállításáról. Ismerteti az izovonalak irányainak, horizontális gradienseinek és az egyes részterületeken az izovonalak összességéből kialakuló relíefek korrelációs vizsgálatainak eredményeit és az ezekből levont következtetéseket.

Связь гравитационного аномального поля и геологического строения даёт теоретическую возможность разведки глубокозалегающих структур гравитационными измерениями, но теоретическая неопределенность решения инверсной гравитационной проблемы обычно принуждает к поиску окружных путей.

Среди многочисленных методов в разведке углеводородов все большее значение приобретает исследование аномальных полей, разделенных фильтрацией частоты поля. На ряду с правильно выбранными Фильтрационными параметрами заслуживает внимание связь положением изолинии, между построенных по относительным велучнам полуценного аномального поля, пересчитанного на уровень моря, а пространственным положением поверхностей дускорданции, проявляющейся большими скачками плотностей.

Работа останавливается на исследовании корреляции морфологической картины поверхностной дускорданции и картины отфильтрованной гравитационной аномалии, определяющей в основном картину глубинной структуры. Рассматривает геологические условия, очевидно отражающиеся в картине аномалий. Описывает составление карты кайнозойского дна бассейна и паннонской подошвы, а также о получении отфильтрованной гравитационной картины, используемых для корреляционных исследований. Описывает результаты корреляционных исследований рельефов, получающихся из сведения направлений изолиний, горизонтальных градиентов и изолиний отдельных частей площади, а также вытекающие из этого выводы.

A gravitációs anomáliatér és a földtani felépítés Eötvös Loránd torziós ingás méréseivel kimutatott kapcsolata elvi lehetőséget ad a gravitációs mérésekkel történő szerkezetkutatásra.

A gravitációs inverz probléma megoldásának elvi határozatlansága évtizedek óta kerülő utak keresésére kényszeríti a kutatókat. A sokfajta eljárás közül a szénhidrogénkutatásban a mérésadatok térfrekvenciák szerinti szűrésével kapott anomáliatér jut mind nagyobb jelentőséghez.

Az anomáliatér földfelszínre számolt relatív értékeiből térképet szerkesztve, az izovonalak helyzete figyelemreméltó kapcsolatot mutathat a nagyobb sűrűségugrásokkal jelentkező diszkordancia felületek térbeli helyzetével. A szénhidrogének migrációja és csapdázódása jórészt e felületek mor-

foliógiájához kapcsolódik, ezért azt várjuk, hogy alkalmasan megválasztott térhullám-hossz tartományban a szűrt gravitációs kép és a szénhidrogén tárolásra alkalmas földtani alakzatok morfológiai képe között kapcsolat lesz. E kapcsolat jellemzőinek megismerése nagymértékben befolyásolhatja a további kutatások eredményességét.

A földtani modell alapján kiválasztott, a szerkezeti viszonyokat legjobban tükröző diszkordancia felületekről térképeket szerkesztettünk. A szűrt gravitációs adatrendszer az áteresztett sávba eső laterális földtani változások hatását is tartalmazza. Első megközelítésben feltételeztük a geometriai hatások dominanciáját és figyelmünket a mélységtérképek és a szűrt gravitációs tér morfológiájának összehasonlítására fordítottuk. Jelen dolgozatban a mélyszerkezeti térképek előállításáról, valamint Kloska Károllyal közösen végzett összehasonlító vizsgálataink előkészítéséről, lefolytatásáról és eredményeiről számolok be.

### *Regionális mélyföldtani modell*

Délnyugat-Magyarország medencealjzatára vonatkozóan a mélyfúrások és a környező hegységek szerkezete alapján különböző: öves, takarós, vagy pikkelyes felépítést valószínűsíthetünk.

A térség földtani fejlődésének jelenlegi stádiumát az jellemzi, hogy viszonylag szűk, 3–6 kilométer mélységű süllyedékek váltakoznak relatíve magas helyzetű hátságokkal.

A kéreg mélyebb részeit jellemző inhomogenitások kapcsán az anomáliaterben megjelenő alacsony frekvenciás komponensek nagy részét az alkalmazott szűrési mód eltávolította.

A felső kéreg képződményei négy szerkezeti emelethez tartoznak.

a) Felső permnél idősebb képződmények

Prekambriumi (bajkáli) mezo- és katametamorfitek alkotják a medencealjzatot a Dráva-medence nyugati és déli részén. Ó-paleozoós varisztdi epimetamorfitek találhatók a Zala-medence déli részén. Az újpaleozoikum során a metamorf kőzetek közé gránit, granodiorit és kvarediorit intrúziók nyomultak. A Dráva-medence keleti részén karbon korú anchimetamorf homokkövek és agyagpalák alkotják az aljzatot.

b) Felső perm – alsó kréta üledékciklus során képződött nagy vastagságú, utalkodóan karbonátos, alárendelten törmelékes képződményeket tártak fel a Zala-medencében és a Dráva-medence északi részén.

c) Felső kréta-paleogén ciklus üledékei csupán lokális elterjedésben ismertek.

A felsorolt képződmények jelenlegi szerkezeti helyzete az ó- és mezoalpi tektonociklusok során alakult ki. E képződmények három egységhez tartoznak, a szerkezeti öveket szerkezeti vonalak választják el egymástól. Északon helyezkednek el a Magyar Középhegységi vályút kitöltő paleomezozoós kőzetek. A Tethys bezáródása során ezek az üledékek rátolódtak a Tethys óceáni kérgét képviselő Penninikumra. A középhegységi üledékgyűjtőt kitöltő képződményeket a Balaton–Darno vonal választja el az Igal–Bükki vályú üledékeitől (Wein, 1969). E szerkezeti vonal mentén

pikkelyes feltolódásokkal, átbuktatott redőkkel, esetleg kisebb takarók létrejöttével számolhatunk.

Az Igal – Bükki zónához tartozó képződményeket a Zágráb – Kulcs vonal választja el az Alpok helvétikumával rokonított déli szerkezeti egységtől. Az eocén végén a terület kiemelkedett és az idősebb képződmények részben erodálódtak. A miocénben meginduló transzgresszió képződményei már új fejlődési ciklushoz tartoznak.

Az ismertetett fejlődéstörténet alapján feltételezhető, hogy a hosszú eróziós időszakhoz regionálisan jelentkező diszkordancia felület kapcsolódik. A diszkordancia felület elválasztja a paleogén és az annál idősebb képződményeket a rájuk települő harmadidőszaki üledékektől. A medencealjzat felszíne olyan felület, amely jelentős sűrűség-különbséggel ( $0,3 - 0,5 \text{ g/cm}^3$ ) rendelkező képződményeket választ el egymástól.

d) A neogén üledékciklus képződményei

A neogén üledékképződés az idősebb regionális szerkezeti vonalak által határolt süllyedékek területén kezdődött. Az üledékciklus szerkezeti mozgásokkal elválasztott alciklusokra osztható:

1. helvét-alsó torton (Kárpáti);
2. torton szarmata (Bádeni-szarmata);
3. Pliocén-pleisztocén-holocén

A szarmata és a rátelepülő pliocén képződmények között a mélyterületeken folyamatos üledékképződés tétélezhető fel. Másutt a pannon alkonglomerátum réteg közbeiktatódásával transzgressziósan települ az idősebb rétegekre. A pannon képződmények talpán eróziós diszkordancia felület húzódik. Ez a felület a folyamatos üledékképződéssel jellemezhető területeket kivéve, mind mélyfúrások, mind felszíni geofizikai mérések alapján jól azonosítható és térképezhető. E felülethez ott járul nagy sűrűségugrás, ahol a pliocén képződmények közvetlenül a paleozoós-mezozoós-paleogén medencealjzatra települnek.

A terület földtani felépítését és fejlődéstörténetét figyelembevéve összehasonlító vizsgálatainkhoz, két diszkordancia felületet választottunk ki; a harmadidőszaki üledékek medencealjzatának felszínét és a pannóniai képződmények bázisfelületét.

#### *A diszkordancia felületek térképének megszerkesztése*

A DNy-Dunántúlon fedezték fel a század első harmadában az ország első CH-telepeit. Azóta e területen elsősorban szénhidrogénkutatási céllal több ezer mélyfúrás mélyült. Túlnyomó többségük az antiklinálisok tetőzónájára koncentrálódott és a szénhidrogéntárolás szempontjából perspektivikus rétegcsoport fekéjét elérve megállt. A mélyterületekre ennél nagyságrendekkel kevesebb jut, sőt az ultramély zónákban még nem sikerült elérni a medencealjzatot.

Csupán mélyfúrási adatok alapján tehát nem lehet részletes és nagy pontosságú mélyszerkezeti térképeket szerkeszteni, ezért felhasználtuk a szeizmikus és tellurikus eredményeket is.

Az ötvenes és hatvanas években bemért refrakciós profilok és fotoregisztálású reflexiós mérések kiértékelése során az általunk térképezni kívánt szintekről általában nem készült mélységtérkép. A magasabb helyzetű területeken végigkorrelált időhorizontok egy részéről viszont már feltételezhető

volt, hogy az általam vizsgált felületek közelében elhelyezkedő szeizmikus szintek valamelyikével azonosíthatók.

A mélyszerkezeti térképek megszerkesztésénél elsősorban a hatvanas években elkezdett analóg és hetvenes évek elején általánossá vált digitális reflexiós mérések eredményeire támaszkodtunk.

A CH-kutató szeizmikus mérések végtermékét jelentő 25 000-es és 50 000-es méretarányú időtérképeket lekicsinyítettük és vonalas elemeiket generalizáltuk. A szeizmikus szelvények időadatai és a mélységadatok között kapcsolatteremtő sebességfüggvényeket mélyfúrásokban végzett szeizmokarotázs mérések és szonikus szelvényezések eredményeiből határoztuk meg. Egyes részterületeken magunk hajtottuk végre az időtérképek mélységtranszformációt, illetve a területre vonatkozó újabb sebességadatok alapján helyesbítettük a régebben transzformált térképeket. Néhány részterületen a nagy mélységek és a rossz szeizmogeológiai adottságok miatt mélyebb szintekről az ipari feldolgozás során nem lehetett térképeket szerkeszteni. E területeken újraértelmeztük a töredékes mélyreflexiókat és ezek alapján szerkesztettük meg (100 000-es léptékben) a diszkordancia felületek szintvonalait.

Ahol nem állt rendelkezésre szeizmikus anyag, vagy az nagyon rossz minőségű volt, figyelembe vettük a tellurikus és magnetotellurikus adatokat is. Nehézségek adódtak a különböző elszigetelt részmedencék reflexiók horizontjairól készített térképek összeszerkesztésénél. Sok esetben csak földtani megfontolások alapján tudtuk illesztésüket megoldani. A méretarány növelésének a rendelkezésre álló információsűrűség és az alapadatok megbízhatósága szab határt. Vizsgálatainkhoz több ezer kilométer szeizmikus profil és hasonló számú mélyfúrás adatainak felhasználásával 100 000-es léptékben szerkesztettünk mélységtérképeket.

A szerkesztési munkák során megvizsgáltuk a fellépő hibaforrásokat és a hibahalmazódási lehetőségeket. Az anomáliák, korrelációit vizsgáltuk, ezért a valószínű hibaintervallumnál kisebb anomáliákat nem vettük figyelembe. A mélységtérképek esetében az elvileg elérhető maximális pontosságot, a felhasznált mélyfúrási adatok, valamint a mélység- és a reflexiós időadatok közt kapcsolatot teremtő sebességfüggvények megbízhatósága szabta meg.

### *A szűrt gravitációs kép előállítás*

A graviméteres méréseket részben szabályos hálózatban, részben utak mentén végezték  $\pm 0,05$  mgal átlagos pontossággal. Ez utóbbi esetben a mérések csak az úthálózat mentén állítják elő a gravitációs teret a mintavételi távolságnak megfelelő spektrumszélesséig. A mérésadatokat számítógépen dolgozták fel. A szabályos hálózatban mért adatok erre közvetlenül alkalmasak voltak. Az utak mentén végzett mérések adataiból a térfüggvényt izovonalaival állították elő. Az izovonalakkal adott térfüggvényt interpolálták és az 1 km-es távolságban fekvő rácpontokban interpolált értékeket vitték számítógépre. Az 1 km-es mintavételi távolság a mintavételi törvény értelmében a 2 km-nél nagyobb hullámhosszúsággal jelentkező, mérésekkel alátámasztott jeleket már egyértelműen leképezi.

A Bouguer anomália adatok szűrésére (lineáris átalakítására) használt átviteli függvény irányfüggetlen átvitelt biztosított. A szűrt gravitációs képből tehát nem jöhetnek létre az alkalmazott rácshálózat irányításával kitüntetett irányok. A rövid súlyfüggvény következtében a bemenő adatrendszer nem szenvedett túl nagy méretcsökkenést.

Az átviteli függvény (amplitúdó-karakterisztika) 0 és 1 között sima változása a kvatitativ értelmezést segítette elő. A szűrőprogram a Bouguer anomália teret reziduális és regionális anomáliákra választotta szét. A reziduális anomáliatér adataiból TIOPS számítógépekhez csatlakozó TNR plotter rajzolt izovonalas képet.

### *A mélyszerkezeti térképek és a reziduál kép morfológiai elemeinek összehasonlító vizsgálata*

Szűrt gravitációs térképünk 0,1 mgal értékkel szerkesztett anomália kép. Mélyszerkezeti térképeinket a tengerszinthez viszonyítva, 100 méteres szintvonalasűrűséggel rajzoltuk meg. Egyes közel szintes területrészekben a jobb térhatás érdekében az 50 m-es szintvonalakat is megszerkesztettük. (A közölt ábrákon 250 méterenként húztuk ki a szintvonalakat). 100 000-es léptékű térképeinket fóliára másoltuk, majd morfológiai elemeiket átvilágító asztalon vetettük össze a szűrt gravitációs anomália kép morfológiájával. Vizsgáltuk az izovonalak irányának, horinontális gradienseinek, valamint az egyes részterületeken az izovonalak összességéből kialakuló relief hasonlóságát. Az egyezés fokát 1 és 5 közötti értékekkel, ún. hasonlósági indexekkel jellemeztük. Egyes értéket adtunk a hasonlóság teljes hiányára, 5-ös értéket a rendkívül jó egyezésre. A hasonlósági indexeket a vizsgált lokális területek szerint táblázatba rendszerezve mellékeljük. A területi felbontás mértékét térképeink információ tartalma alapján határoztuk meg. A lehető legkisebb számú részterület elkülönítésére törekedtünk, de minden olyan körzetet szétbontottunk, ahol együttesen fordultak elő igen rosszul és igen jól korreláló részterületek. Az elkülönített területrészeket helységnevekkel azonosítottuk. Kategorizáltuk az egyes térképrészek megbízhatóságát. A gravitációs térképen 5-ös minősítést a szabályos hálózatban telepített mérések alapján szerkesztett térképrészek, 3-ast pedig az utak menti mérésekből szerkesztett részek kaptak. A mélyszerkezeti térképeken ötösnek minősítettük a térképezett szintet elérő nagyobb számú mélyfúrás alapján szerkesztett területrészeket, hármast, négyest a különböző sűrűségű és minőségű szeizmikus mérésekkel felmért zónák, egyes-kettést pedig a tellurikus és magnetotellurikus mérések alapján megszerkesztett térképrészek kaptak.

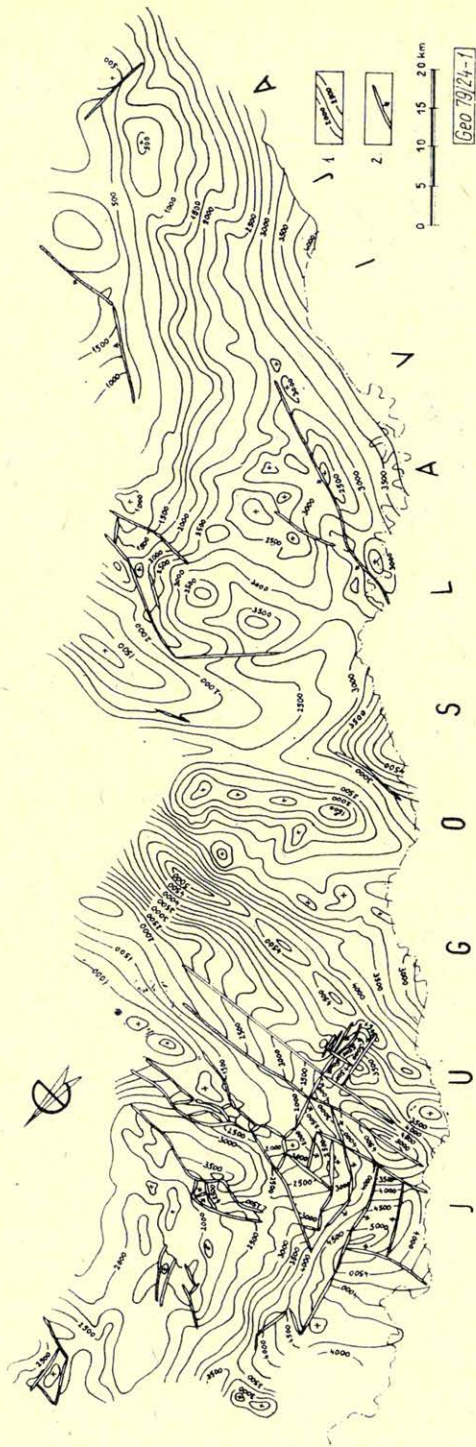
A mélyszerkezeti térképeken kijelölhető tektonikai elemek jelentkezését megvizsgáltuk a gravitációs térképeken.

A mélyszerkezeti és gravitációs kép élességét a térképezett, sűrűség-ugrással jelentkező felületek átlagmélysége is befolyásolja, ezért a vizsgálatok során elkülönített részterületek átlagmélységét táblázatunkban is feltüntettük (3. ábra).

### *Megállapítások*

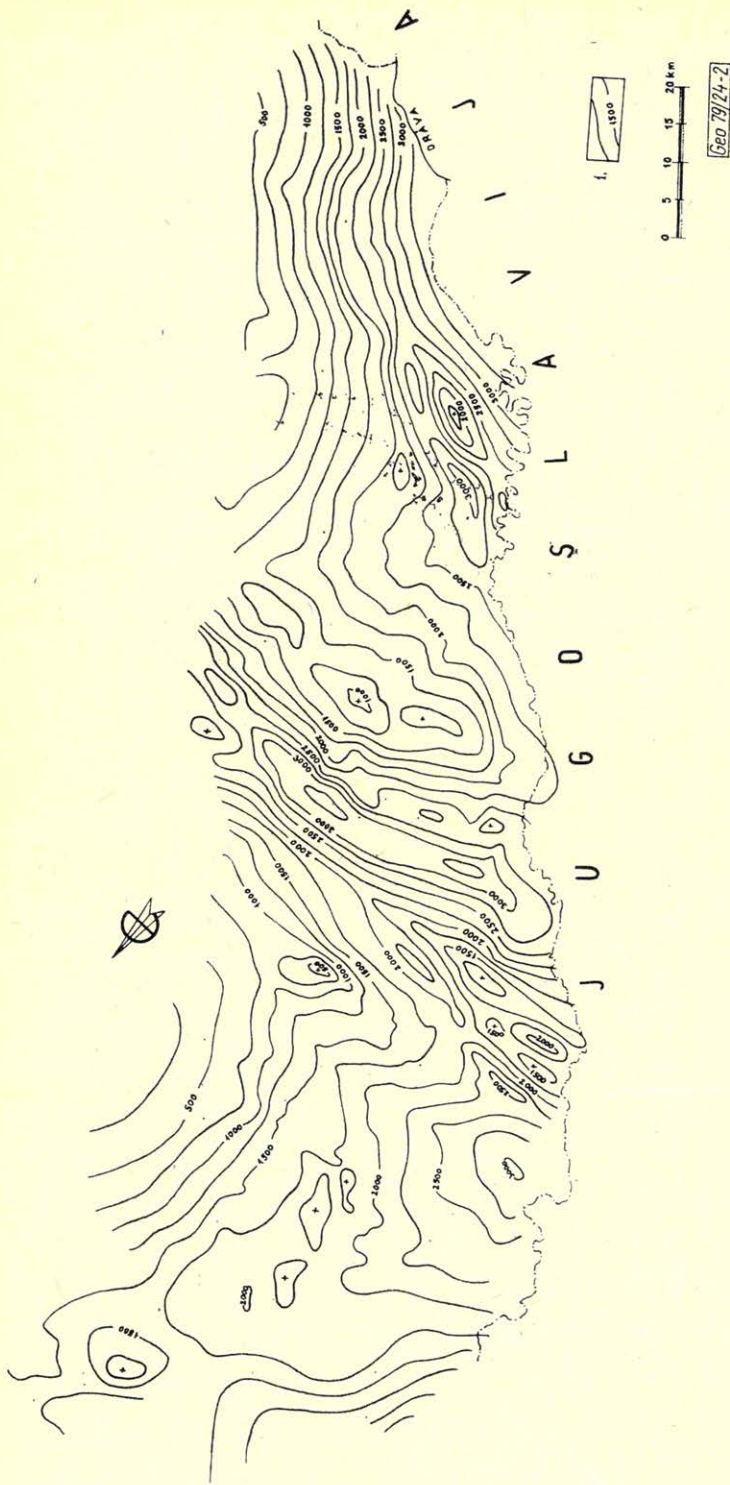
Munkánk során független adatrendszerekből, eltérő módszerekkel megszerkesztett izovonalas térképek és a szűrt gravitációs kép morfológiai elemei közti hasonlóságot vizsgáltuk. A hasonlósági értékek elemzéséből megállapítható, hogy a szűrt gravitációs anomáliakép és a medencealjzat térképének morfológiája között jobb az egyezés, mint az anomáliakép és a pannon fekvő térképe között.

Az összehasonlított jellemzőket (horizontális gradiens, izovonalak iránya, relief) külön-külön vizsgálva is erősebb a medencealjzat jellemzőinek hasonlósága.



I. ábra. A Kainozoos üledékek medencealjzatának szintvonalas térképe (szerk. Pogácsás György)  
 1. mélységtérkékek a tengerszinttől számítva, 2. törésvonal

Рис. 1. Структурная карта дна бассейна кайнозойских осадков (составил Дёрдь Погачаш)  
 1. величины глубин отсчитаны от уровня моря, 2. линии разломов



2. ábra. A pannóniai üledékek medencealjzatának szintvonalas térképe (szerk. Rogácsás György)  
 1. mélységértékek a tengerszinttől számítva

Рис. 2. Структурная карта дна бассейна паннонских осадков (составил Дёрдь Погачаш)  
 1. величины глубин отсчитаны от уровень моря

Körzet név	Megbízhatósági minősítés			Hasonlósági indexek I és II között			Hasonlósági indexek I és II között			Átlagmélység (m)	
	Szűrt gravitációs térkép I	Kainozos medencealjzat térképe II	Pannon üledékek medencealjzatának térképe III	Horizontális gradiens	Izovonalak iránya	Relief	Horizontális gradiens	Izovonalak iránya	Relief	Kainozos medencealjzat II	Pannon üledékek medencealjzata III
1 Viszák	5	3	3	5	5	5	3	4	1	3000	1700
2 Csesztreg	5	3	5	5	5	4	2	2	1	3600	24,00
3 Lenti	1	1	2	3	2	1	4	4	4	4500	3000
4 Gersekarát-Nádasd	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2300	1900
5 Salomvár-Ny	5	4	5	5	5	4	3	4	4	2600	2000
6 Salomvár-K	4	4	4	3	4	2	2	2	2	2200	2000
7 Barabásszeg-Szilvagy	5	5	5	5	5	3	3	3	4	2500	1900
8 Nagylengyel	4	5	5	4	4	4	1	3	3	2000	1700
9 Bak-Nova	4	4	3	4	4	4	1	3	3	3400	1600
10 Ortaháza	5	3	5	5	5	4	4	4	4	2600	1800
11 Hahót-Kiliman	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1000	800
12 Lovászi	3	2	5	4	5	1	5	5	5	4800	1500
13 Újfalú	3	4	5	4	4	5	4	5	4	3500	1500
14 Pusztamagyaröd	5	3	5	4	3	2	4	4	3	2800	1600
15 Budafa	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4800	1400
16 Óltárc	5	4	5	4	4	4	3	4	3	3500	1800
17 Letenye	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3700	2800
18 Bajcsa-Semjénháza	3	4	5	4	4	4	4	3	2	3600	2800
19 Nagykanizsa	4	4	2	5	5	4	3	4	2	4500	3500
20 Belezna-Zákány	3	3	5	3	3	2	3	2	2	3000	2200
21 Nagybakonak-Sávoly	5	5	4	3	4	4	2	3	1	2500	1900
22 Zalaszentjakab	5	3	3	2	4	3	3	4	2	4600	3600
23 Nagyrécsce-Bagolásánc	5	4	4	3	4	4	3	4	3	3000	2800
24 Inke-É	5	4	5	3	2	2	3	3	1	2600	1800
25 Inke-Iharosberény	4	3	5	5	5	5	3	3	3	1800	1300
26 Csurgó	3	2	3	3	2	3	4	2	1	3000	1900
27 Szentabolhas	3	2	4	2	2	3	4	3	2	2500	2000
28 Nagyatád-Tarany	3	3	5	2	1	2	3	2	1	3600	2300
29 Nagykopárd	3	4	4	2	1	3	3	3	1	2300	1600
30 Vizvár	3	5	5	5	5	5	4	4	4	2400	2200
31 Somogyudvarhely	3	3	3	3	1	2	4	4	2	3000	2600
32 Görgeteg	3	3	5	3	4	5	2	3	3	2500	1900
33 Babócsa	3	3	5	4	5	5	5	5	5	2300	2200
34 Homokszentgyörgy	3	3	3	4	3	2	3	3	4	2300	2100
35 Darány	3	3	2	4	4	3	3	1	1	2700	2600
36 Szigetvár	3	3	3	2	3	2	3	3	1	1000	700
37 Sellye	3	4	3	2	3	2	4	3	2	2500	1700

[Ran 70/76-3]

3. ábra. Morfológiai elemek hasonlósági indexeinek összesítő táblázata

Рис. 3. Таблица суммирующая индексы сходства морфологических элементов

Mind a két térkép esetében legerősebb az egyezés az izovonalak irányát illetően, kevésbé jó a horizontális gradienseknél, leggyengébb a reliefeknél.

Érdekes módon a hasonlóság erőssége nem függ szorosan össze a vizsgált körzetek átlagmélységével. Pozitív és negatív irányban egyaránt tapasztalhatunk eltéréseket.

A medencealjzatot jóval nagyobb sűrűségugrás jellemzi, ez dominál a szűrt gravitációs képből. Morfológiájának hasonlósága a megszerkesztésért kísérő nagyobb bizonytalanság ellenére is jobb, mint a pannon feké. Az utóbbi térképe elvileg pontosabb, de a felület mentén fellépő sűrűségugrás kisebb. Térképeink a szerkesztésük idején legvalószínűbb mélyszerkezeti helyzetet ábrázolják, újabb mérések és fúrások kapcsán a kép finomodhat, sőt egyes helyeken (különösen a mélyzónákban) jelentős mértékben változhat. Szabályos hálózatban végzett részletező graviméteres mérések után az anomáliatérben hasonló változások várhatók.

### *Következtetések*

Feltételezhető, hogy az alacsony hasonlósági értékekkel jellemzett területeken:

- az ott feltételezett mélyszerkezeti kép és a tényleges földtani felépítés között kisebb-nagyobb ellentmondás van,
- ezekben a zónákban más (optimálisan megválasztott paraméterekkel) kell a szűrést elvégezni, illetve újabb graviméteres mérésekre van szükség.

Számolnunk kell azzal, hogy a medencealjzatot különböző földtani kifejlődésű (eltérő sűrűségű) képződménycsoportok alkotják. A geológiai változások térfrekvenciája nagy valószínűséggel beleesik a szűrésnél átengedett frekvencia sávba. A regionális diszkordancia felületek főbb geometriai és morfológiai jellemzőinek (1. és 2. ábra) ismeretében optimálisabb (és területenként valószínűleg eltérő) szűrőparaméterek tervezhetők. Az így feldolgozott adatokból előállított szűrt gravitációs képen meg fogjuk vizsgálni az egyes eltérő földtani kifejlődésű képződménycsoportok és az azokat elválasztó tektonikai elemek azonosíthatóságát.

### IRODALOM

- Dank, V.* – *Bodzai, I.*: A magyarországi potenciális szénhidrogén készletek földfejlődés történeti háttere. MTA 10. osztályának közleményei 2–4. 1971.
- Kovács, F.* – *Meskó, A.*: Kétváltozós digitális szűrés gyakorlati alkalmazása Bouguer anomáliatérképek átalakításában. Magyar Geofizika, XII. évf. 1. szám.
- Wein, Gy.*: Tectonic Review of Neogene Covered Areas in Hungary. Acta Geol. Ac. Sc. Hung. T. 13. 1969.

# Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség-eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon

Á D Á M A N T A L

MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, Sopron

*Az előadás a dunántúli vezetőképesség-anómália kapcsán a töréses zónák fizikai sajátosságai közül a vezetőképesség-eloszlás rendellenességére hívja fel a figyelmet.*

*A Dunántúl rendkívül változatos felszíni földtani viszonyai és topográfiája mellett először statisztikus módszerekkel keresi a szerző a torzításmentes információt képviselő MT/Sz görbéket. Megállapítja, hogy a  $\rho_{\min}$  görbék adják a jól vezető képződmény valószínűbb paramétereit. Ebből a sajátosságából, valamint a vezetőképesség-eloszlás anizotrópiájának a terület lineáris tektonikájával való kapcsolatából azt a következtetést vonja le, hogy a vezetőképesség-anómália a Dunántúlon elsősorban az alpi hegységképződés során szétnyílt törésrendszerekhez kapcsolódik.*

*A tanulmány az anomália földtani-földrajzi elterjedésével és mélybeni reliefjével kapcsolatban utal néhány jelentős litológiai tényező szerepére is.*

*Автор исследует распределение электрической проводимости в Задунайских разломах (Венгрия), на территориях которых в последние годы магнитотеллурическими зондированиями обнаружили большую геоэлектрическую аномалию.*

*В первую очередь автор поясняет проблемы магнитотеллурического метода. После этого, на основании связи направления разломов и анизотропии электрической проводимости приходит к выводу, что геоэлектрическая аномалия находится в сильной связи с разломами, образованными вследствие альпийского орогенного цикла.*

*The distribution of the electric conductivity in the fractures has been investigated mainly in Transdanubia where a great electric conductivity anomaly was detected by deep magnetotelluric soundings in the last years.*

*First of all the methodical problems of the magnetotellurics (MT) are discussed. After the selection of the most informative MT sounding curves ( $\rho_{\min}$ ) one comes to the conclusion on the basis of the character of these curves and of the relation between the direction of the fractures and the magnetotelluric anisotropy that the conductivity anomaly is in close connection with the fractures of the Alpine orogenic cycle in Transdanubia.*

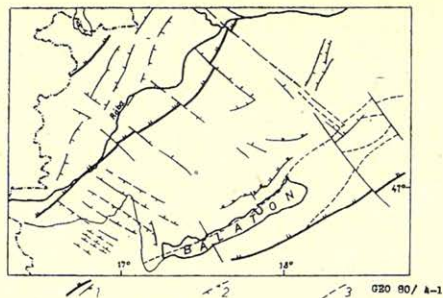
## 1. Bevezetés

A Dunántúl ÉNy-i részéről szerkesztett tektonikai térkép (1. ábra), valamint a nagy fajlagos ellenállású és sűrűségű medencealjzat formációtérképe (2. ábra) a terület erős tektonikai tagoltságát mutatja. Jelentős lineamensek (pl. Rába-vonal, Balaton-vonal), riftszerű árkok (pl. Móri árok) és mozaikszerű blokkok képe rajzolódik ki („basin and range” szerkezet) rajtuk.

A terület geodinamikai fejlődésének Stegena et al. (1975) féle modelljében a fejlődés utolsó fázisában, a pliocénben, a terület erős húzási igénybevétel szenvedett és törései jórészt szétnyíltak. A húzási feszültségnek megfelelően a pliocénben-pleisztocénben bazaltos vulkanizmus jelentkezett. A blokkhatárok ma is jórészt nyitottak. E gyenge zónákra a terület tektonikájához kapcsolódó bauxitelfordulások is utalnak.

A főbb törési irányok Balla (1967) szerint a következők:

1. alpi szerkezetek iránya: KÉK-i
2. hercini csapású varisztid törések iránya: ÉÉNy-i



1. ábra. Tektonikai térkép a Dunántúl ÉNy-i részéről 1: feltolódás; 2: vető; 3: törés

Рис. 1. Тектоническая карта о Задунайской С-3 части 1: шарьяж; 2: нарушение; 3: разлом

Fig. 1. Tectonic map of the NW-Transdanubia 1: upthrust; 2: fault; 3: fracture



2. ábra. A medencealjzat formációtérképe a Dunántúl ÉNy-i részén a vezetőképesség-anomália területéről 1: perm a felszínen; 2: triász a felszínen ; 3: triász a felszín alatt; 4: jura a felszínen; 5: jura a felszín alatt; 6: alsó kréta a felszínen; 7: alsó kréta a felszín alatt; 8: felső kréta a felszínen; 9: felső kréta a felszín alatt

Рис. 2. Карта формации дна бассейна о территории проводимости аномалии на С-3 части Задунайского края 1: пермь на поверхности; 2: триас на поверхности; 3: триас под поверхность; 4: юра на поверхности; 5: юра под поверхность; 6: нижний мел на поверхности; 7: нижний мел под поверхность; 8: верхний мел на поверхности; 9: верхний мел под поверхность

Fig. 2. Geologic formations of the basement NW-Transdanubia in the area of the conductivity anomaly

1: Permian rocks at the surface; 2: Triassic rocks at the surface; 3: Covered Triassic rocks; 4: Jurassic rocks at the surface; 5: Covered Jurassic rocks; 6: Lower Cretaceous rocks at the surface; 7: Covered Lower Cretaceous rocks; 8: Upper Cretaceous rocks at the surface; 9: Covered Upper Cretaceous rocks

3. prevarisztid törések iránya: KDK-i

4. rajnai törésirány: ÉÉK-i.

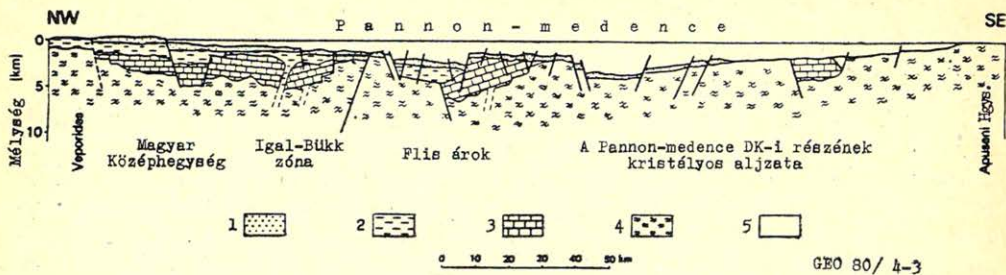
Ezek egy része több tektonikai ciklus során újjáéledt.

Az északnyugat-dunántúli törések fizikai sajátosságai közül a közelmúltban részletesen vizsgáltuk az *elektromos vezetőképesség eloszlását*. Ehhez az indítást részben saját kutatásainkból, részben irodalmi példákból kaptuk. Az irodalom több elsődrendű tektonikai vonal mentén jelzett jelentős vezetőképesség-növekedést. Ilyen anomáliákat észleltek szinte valamennyi nagytektonikai egységen, a fiatalokú alpi gyűrt zónától (pl. a Kárpát-anomália) a táblás területeken (Szibériai táblán a Bajkál rift-zóna) keresztül a kristályos pajzsokig (az Ukrán pajzson a Kirovgrad-i anomália). A hazai elektromágneses indukciós kutatások egyik megállapítása is éppen a Kárpát-medence hosszanti töréseire visszavezethető regionális MT anizotrópia volt (Ádám, 1969). Ennek az alapján megfogalmaztuk az indukciós módszerekkel nyert regionális iránymennyiségek (MT anizotrópia, indukciós nyilak) általános alkalmazhatóságát a spreading-kutatásban, mivel a lemezszegélyek, a transzform törések (faults), általában a hosszú lineáris szerkezetek nagy területen észlelhető regionális geoelektromos anizotrópiát okoznak (Stegena et al., 1971).

A blokkok határait képező ún. „gyenge zónákról” írja Olszak (1967): „eine Zone relativ hoher seismischer, magnetischer (basischer) und geothermischer Aktivität, die von tiefen Störungszonen begleitet und begrenzt wird und in der sich intensivere vertikale Krustenbewegungen abspielen”. Ezt a meghatározást tehát ki kell egészíteni azzal, hogy a törési zónákat nagy elektromos vezetőképesség is jellemezheti, amelynek kialakulásához a felső kéregrészen sajátos földtani formációk szükségesek a töredezett kőzettel és vetőagyaggal kitöltött, vízzel átjárt laza zónák mellett. Ennek érdekes példáját látjuk a Dunántúlon, ahol a törési zónákhoz kapcsolódó vezetőképesség-anomália a mezozoós karbonátok elterjedéséhez kötődik és azzal együtt ki is ékelődik. A mélyebb kéregrészekben a vezetőképesség-anomália megjelenése feltehetően elsősorban a geotermikus anomáliával, mégpedig konvektív hőszállítással van összefüggésben (részleges olvadás?).

## 2. A MTSz görbék torzulásáról és információtartalmáról

Az ÉNy-dunántúli törési zónákban az elektromos *vezetőképesség-eloszlás kvantitatív kutatása* sajátos problémákat vetett fel. A földtani szelvény (3. ábra) szerint a vizsgált területen az üledékösszlet vastagsága pár m és néhány km között változik. Bár körvonalazható az üledék regionális csapásvonala, a Bakonyban kialakult kis tektonikai eredetű részmedencékben jelentős lokális változásai vannak. Ha ilyen területen jólvezető aljzatot kutatunk – Berdichevsky és Dmitriev (1976) vizsgálata szerint – az E-polarizációs magnetotellurikus szondázási görbékből kapunk megbízhatóbb rétetparamétereket. Több egymás közelében levő és véges kiterjedésű törési zónában, azonos vagy enyhén változó mélységben jelentkező jól vezető képződmények csak abban az esetben közelíthetők meg a Berdichevsky és Dmitriev-féle jól vezető aljzatmóddel, ha a törések csapása párhuzamos (?), sűrűségük elég nagy a mélységükhöz képest, tehát a szondázás összefüggő réteggént látja a jól vezető testek mozaikját. E feltételek rendszerint nem teljesülnek, főként azért, mert a törésekben levő jól vezető képződmények önálló testekként különülnek el, amelyeknek még a csapásvonala is különbözhet az üledékes medence csapásától, tehát



3. ábra. Sematikus földtani szelvény a Pannon-medencén keresztül Wein (1973) után; egyszerűsítette Boccaletti et al. (1976)

1: miocén vulkanitok és üledékek; 2: kréta és paleogén kőzetek; 3: mezozoós kőzetek; 4: prezomezoós komplexum; 5: pliocén-negyedkori üledék

Рис. 3. Схматический геологический профиль через бассейн Паннон (После Вайна (1973); упростил Бокалетти и др. (1976))

Fig. 3. Schematic geological cross-section of the Pannonian basin after Wein (1973) (simplified by Boccaletti et al., 1976)

1: Miocene volcanites and sediments; 2: Cretaceous-Paleogene rocks; 3: Mesozoic rocks; 4: Pre-Mesozoic complex; 5: Pliocene-Quaternary sediments

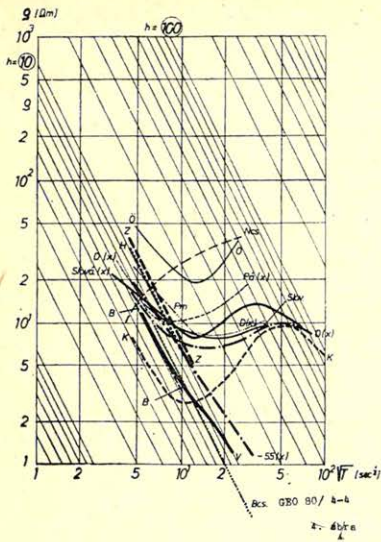
a szerkezete összességében háromdimenziós. Tátrallyay (1977) számításai szerint, ha az üledékes medence csapása megegyezik a törés által képviselt jólvezető test csapásával, akkor az E-polarizációs MTSz görbék a jólvezetőtest paramétereit is jól meghatározzák.

A H polarizációjú görbék, mint ismeretes, nagyobb valószínűséggel a felszíni geoelektromos szelvényt adják meg.

Bár a fenti megfontolások alapján háromdimenziós szerkezeteket vártunk az anomália területén, első közelítésben mégis megkíséreltük az E- és H-polarizációs görbék szétválasztását. A medencealjzat szerkezetének változékonysága miatt a szondázási görbék polarizációjának hagyományos meghatározása a csapás- és dőlésirány alapján azonban nem vezetett eredményhez a Dunántúlon. Legcélszerűbbnek látszott a  $\rho$  szélső értékeivel szerkesztett MTSz görbék ( $\rho_{\min}$  és  $\rho_{\max}$ ) rétegmodelljei és a felszínközeli geoelektromos szerkezet kapcsolatát keresni. A torzulási elmélet szerint, mint említettük, a H-polarizációs görbék mutatják a szorosabb kapcsolatot a felszínközeli szerkezettel. Az alábbi bizonyítékokkal igazoljuk, hogy érdekes módon szinte egyöntetűen a  $\rho_{\max}$  görbék mutatják a H-polarizáció fenti sajátságait:

— A Bakony északi, vastag üledékkal fedett előteréből kiinduló és a Bakony felszíni mezozoós karbonátjait, valamint a Balaton környékét is átszelő szelvény  $\rho_{\min}$  görbéi a  $\rho - \sqrt{T}$  diagram ún. „h” mélységvonalai-val közel párhuzamos összefüggő nyálábót alkotnak, míg a  $\rho_{\max}$  görbék helyzete a  $\rho$ -tengely mentén a felszíni földtani formációtól függően változik (4. és 5. ábra).

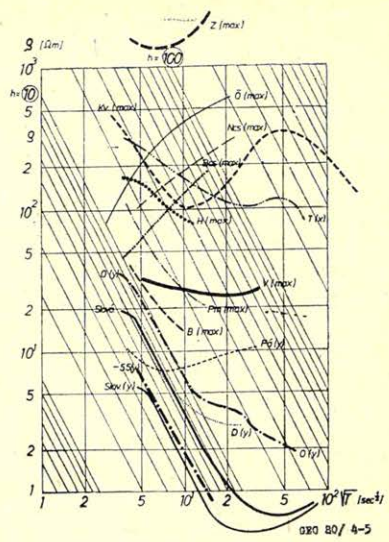
— A  $\rho_{\max}$  görbékből számítva a jól vezető „réteg” mélységértékei ( $h_{e_{\max}}$ ) a földtani formációknak megfelelően különböző gyakorisági csúcsokat mutatnak. A  $\rho_{\min}$  görbék esetében ezt nem észleltük (6. és 7. ábra).



4. ábra.  $q_{\min}$  görbék a dunántúli anomália területéről

Рис. 4.  $q_{\min}$  кривые о территории задунайской аномалии

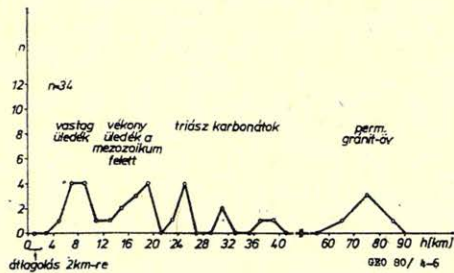
Fig. 4.  $q_{\min}$  curves from the area of the Transdanubian conductivity anomaly



5. ábra.  $q_{\max}$  görbék a dunántúli anomália területéről

Рис. 5.  $q_{\max}$  кривые о территории задунайской аномалии

Fig. 5.  $q_{\max}$  curves from the area of the Transdanubian conductivity anomaly



6. ábra. A  $q_{\max}$  görbék alapján számított rétegmélység ( $h_{e\max}$ ) gyakorisági eloszlása

Рис. 6. Многократность распределения ( $h_{e\max}$ ) глубины слоя, вычисленного на основании кривых  $q_{\max}$

Fig. 6. Occurrence frequencies of  $h_{e\max}$  calculated on the basis of the  $q_{\max}$  curves

– A  $h_{e\max}$  értékek a felszíni réteg horizontális vezetőképességével ( $S_1$ ) az alábbi formális, és nem okozati, a torzítási elmélet szerinti összefüggést adják:

$$h_{e\max}^{[km]} = -0,04 S_1^{[\Omega^{-1}]} + 28,3 \quad (1)$$

Ezzel szemben a  $h_{e\min}$  értékek látszólagos függése  $S_2$ -től lényegesen (kb. 40-szer) kisebb:

$$h_{e\min} = -8,6 \cdot 10^{-4} S_{1e\min} + 9,1 \quad (2)$$

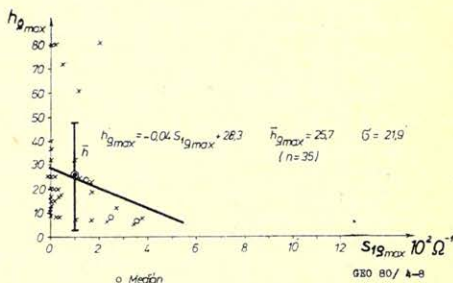
(8. és 9. ábra).



7. ábra. A  $q_{\min}$  görbék alapján számított rétegmélység ( $h_{q\min}$ ) gyakorisági eloszlása  
 - - - - - távhatás nélkül (csak a  $q_{\min}$ -ban)

Рис. 7. Многократность распределения ( $h_{q\min}$ ) глубины слоя, вычисленного на основании кривых  $q_{\min}$  - - - - - без дальнего действия (только в  $q_{\min}$ )

Fig. 7. Occurrence frequencies of  $h_{q\min}$  values calculated on the basis of the  $q_{\min}$  curves - - - - - without side-effect (only in the  $q_{\min}$  curves)



8. ábra. A  $h_{e\max}$  értékek kapcsolata a felszíni réteg (üledék) horizontális vezetőképességével ( $S_1$ )

Рис. 8. Связь величин  $h_{q\max}$  с горизонтальной проводимостью ( $S_1$ ) поверхностного слоя (осадка)

Fig. 8.  $h_{e\max}$  values vs. the horizontal conductivity of the uppermost layer

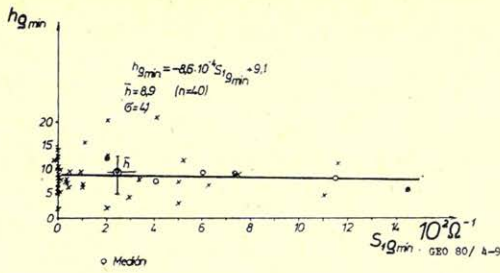
$$\left( S_1 = \frac{h_1}{\rho_1} \right)$$

(1) és (2) alapján összefüggésnek kell lennie a  $q_{\min}$  és  $q_{\max}$  görbékől számított mélységértékek között is. A kapcsolatot a 10. ábra regressziós egyenesei, illetve azok egyenletei adják meg, amely szerint a  $h_{e\max}$  torzult értékének csak jelentéktelen része szűrődik át a  $h_{e\min}$  értékeibe, pl.  $S_1 = 0 - 20 \Omega^{-1}$  esetében:

$$h_{e\min} = 0,04 h_{e\max} + 7,8 \quad (3)$$

Ebben nyilatkozik meg általában a szerkezet eltérése a kétdimenziós modelltől.

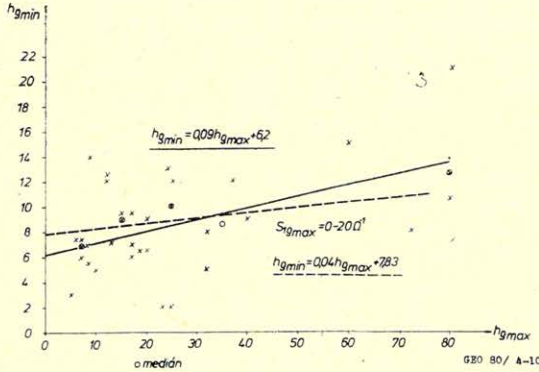
- A jólvezető réteg horizontális vezetőképességének mélység szerinti eloszlása is jellegzetes sajátosságokat mutat a  $q_{\min}$ , illetve  $q_{\max}$  görbe esetében. Míg a  $q_{\min}$  görbékől számított  $S_{\max}$  értékeknek határozott maximuma van a réteg két főbb mélységtartományában, addig a  $q_{\max}$  görbékől számított  $S_{\min}$  értékek a mélységgel exponenciálisan csökkennek. A  $q_{\min}$  görbék esetében a 11. ábra  $S_{\max}$ -csúcsait  $S_{\max} = ae^{-1/2 \Delta h^2}$



9. ábra. A  $h_{e_{\min}}$  értékek kapcsolata a felszíni réteg (üledék) horizontális vezetőképességével ( $S_1$ )

Рис. 9. Связь величин  $q_{\min}$  с горизонтальной проводимостью ( $S_1$ ) поверхностного слоя (осадка)

Fig. 9.  $h_{e_{\min}}$  values vs. the horizontal conductivity of the uppermost layer ( $S_1$ )



10. ábra. A  $h_{e_{\min}}$  és  $h_{e_{\max}}$  értékek kapcsolatát kifejező regressziós egyenesek

Рис. 10. Линии регрессии, выражающие связь величин  $h_{g_{\min}}$  и  $h_{g_{\max}}$

Fig. 10. Connection between  $h_{e_{\min}}$  and  $h_{e_{\max}}$  values

alakú valószínűségi eloszlási függvénnyel közelítettük meg, míg a 12. ábra szerint a  $q_{\max}$  görbék esetében az  $S_{\min}(h)$  összefüggés

$$S_{\min} = 914.8 e^{-0,02 h} \quad (4)$$

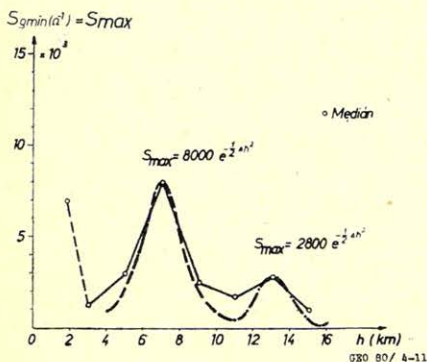
alakú.

### 3. A töréses tektonika hatása a vezetőképesség-eloszlásra

A  $q_{\max}$  és  $q_{\min}$  görbéknek a fenti sajátos viselkedése és egymástól való elkülönülése – megítélésünk szerint – kifejezi, hogy

1. a jól vezető képződmény lineáris törési zónákhoz kapcsolódik, amelynek csapásiránya határozza meg a  $\rho_{\min}$  irányát (Ádám, O., 1977),
2. a jól vezető képződményeket magukban foglaló töréseknek jelentős szerepük van a felszíni medenceszerkezet, a „basin and range” kialakításában is, tehát ezek a törések egyben a blokkokat is határolják.

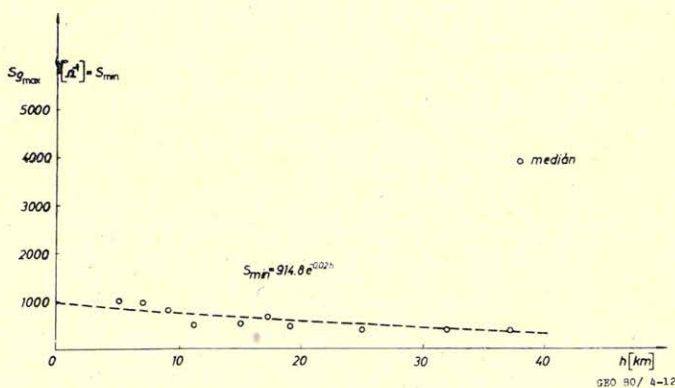
Csak a 2. pont fennállása esetén képzelhető el, hogy a  $\rho_{\min}$  görbék statisztikusan, túlnyomó többségükben az E-polarizációt képviselik, tehát a törések, valamint a blokkok és a medencék csapásiránya párhuzamos.



11. ábra. A  $\rho_{\min}$  görbék alapján meghatározott  $S_{\max}$  értékek eloszlása a jól vezető réteg mélységének függvényében

Рис. 11. На основании кривых  $\rho_{\min}$  распределение определенных  $S_{\max}$  величин в функции глубины хорошо проводящего слоя

Fig. 11. Maximum values of the horizontal conductivity ( $S_{\max}$ ) of the conducting layer vs. depth of its upper edge calculated on the basis of  $\rho_{\min}$  curves



12. ábra. A  $\rho_{\max}$  görbék alapján meghatározott  $S_{\min}$  értékek eloszlása a jól vezető réteg mélységének függvényében

Рис. 12. На основании кривых  $\rho_{\max}$  распределение определенных величин  $S_{\min}$  в функции глубины хорошо проводящего слоя

Fig. 12. Minimum values of the horizontal conductivity ( $S_{\min}$ ) of the conducting layer vs. depth of its upper edge calculated on the basis of  $\rho_{\max}$  curves

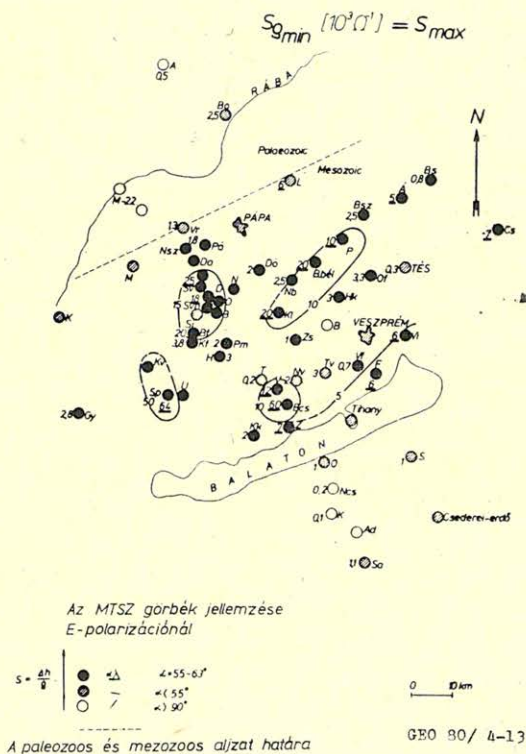
A lineáris tektonika egyik mértékéül az elektromos anizotrópiát választ-hatjuk, pl. annak egyik változatát a  $\rho_{\min}$  és  $\rho_{\max}$  görbék alapján számított  $S$  értékek hányadosát a jól vezető képződményre nézve ( $S_{\max}/S_{\min}$  érték).

A 13. ábrán látható  $S_{\max}$  [ $10^3 \Omega^{-1}$ ] értékek és a 14. ábrán a  $Z_{xy\max}$  impedanciáirányok mellé írt  $S_{\max}/S_{\min}$ -értékek összehasonlításából megállapítható,

hogy az esetek 2/3 részében a legnagyobb  $S_{\max}$  értékek a legnagyobb S-anizotrópia értékekhez kapcsolódnak. (Lásd mindkettőn az aláhúzott értékeket!)

Ezen összefüggés érvényességét az egész adathalmazon is tanulmányoztuk. Az  $S_{\max}$  értékeket az S-anizotrópia függvényében a 15. ábrán ábrázoltuk. Mind a kisebb S-anizotrópia értékek mediánjai közé szerkesztett egyenes, mind a teljes S-anizotrópia tartományra nézve számított regressziós egyenes szerint a jól vezető képződmény horizontális vezetőképessége lineáris kapcsolatban van az S-anizotrópiával. (A két egyenes eltérését a nagy  $S_{\max}/S_{\min}$  értékekhez kapcsolódó pontok nagy szórása magyarázza.)

A jól vezető képződmény kialakulásának mértéke, a csapásirányú horizontális vezetőképesség tehát összefüggést mutat a lineáris tektonikával.

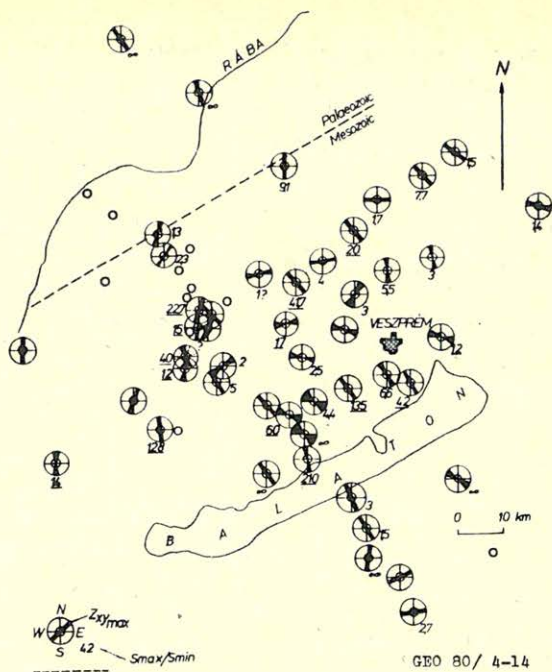


13. ábra. S értékek eloszlása a Dunántúli anomália területén

Рис. 13. Распределение величин S на территории Задунайской аномалии

Fig. 13.  $S_{\max}$  values given for the area of the Transdanubian conductivity anomaly

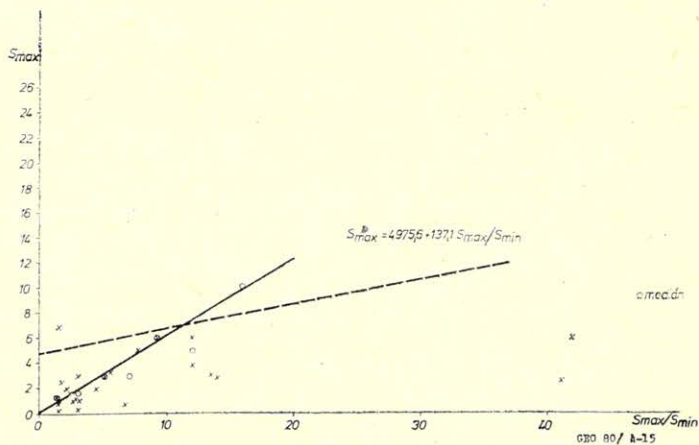
A  $Z_{xy\max}$  irányok és az S-anizotrópia közös térképe (14. ábra) lehetőséget ad annak a megvizsgálására is, hogy milyen  $Z_{xy\max}$  irányokban jelentkeznek a jól vezető képződmény maximális S-anizotrópiával. Megállapítható, hogy az aláhúzott  $S_{\max}/S_{\min} > 10$  értékek 70%-ánál a  $Z_{xy\max}$  iránya É és ÉNy között fekszik, tehát a Pannon-medence hosszanti töréseire (lásd Ballánál (1967) az



14. ábra. A  $Z_{xy\max}$  irányának és az  $S_{\max}/S_{\min}$  anizotrópiának térképe a Dunántúli anomália területén

Рис. 14. Карта направлений  $Z_{xy\max}$  и анизотропий  $S_{\max}/S_{\min}$  на территории Задунайской аномалии

Fig. 14. The directions of  $Z_{xy\max}$  impedances and the  $S_{\max}/S_{\min}$  anisotropy values on the anomaly area



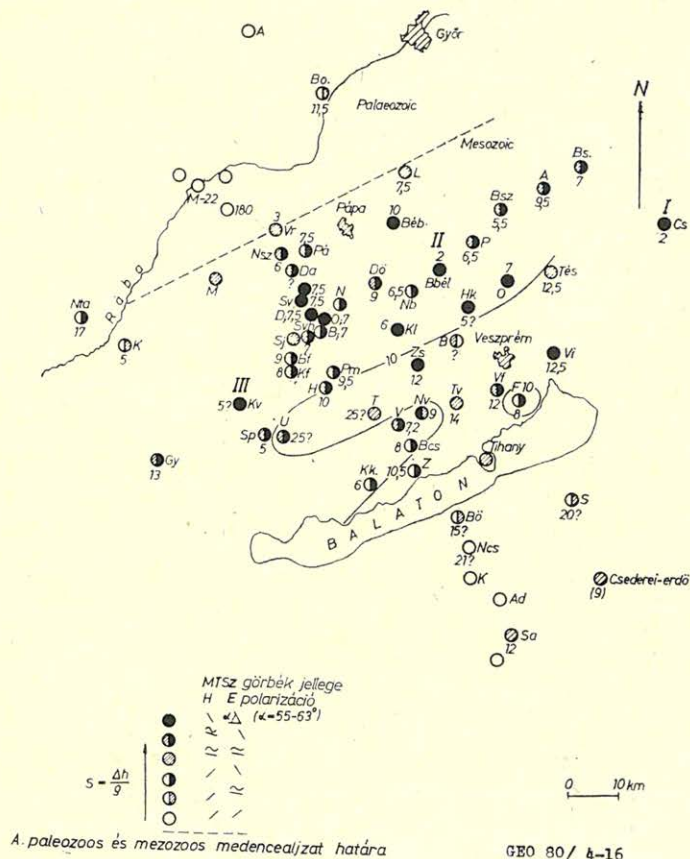
15. ábra.  $S_{\max}/S_{\min}$  anizotrópia összefüggése az  $S_{\max}$  értékkel

Рис. 15. Связь анизотропии  $S_{\max}/S_{\min}$  с величиной  $S_{\max}$

Fig. 15.  $S_{\max}/S_{\min}$  anisotropies vs.  $S_{\max}$  values

alpi szerkezetek irányát) merőlegesen. A jólvezető képződmény tehát a törésekben fejlődik ki legerősebben, összhangban a Pannon-medencére levezetett regionális magnetotellurikus anizotrópiával (Ádám, 1969).

A dunántúli vezetőképesség-anomália és a tektonika kapcsolatát kifejezi a törési zónák szeizmicitása és a jólvezető képződmény mélységi helyzete között észlelt összefüggés is, amellyel külön tanulmányban foglalkoztunk (Ádám, 1976).



16. ábra. A jól vezető réteg mélységének térképe

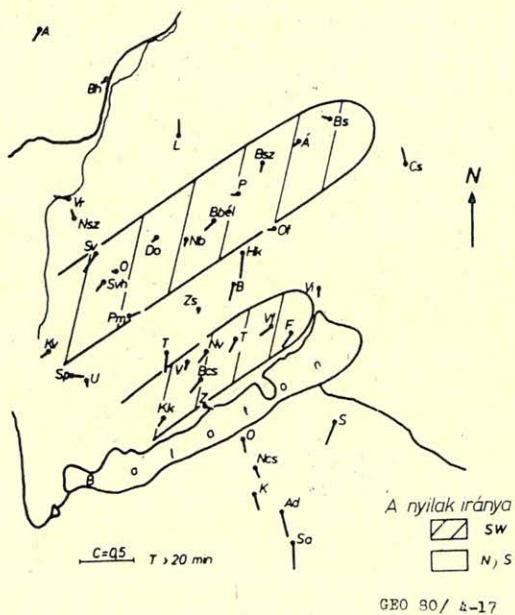
Рис. 16. Карта глубины хорошо проводящего слоя

Fig. 16. The depth of the conducting layer (body) on the anomaly area

#### 4. A dunántúli vezetőképesség-anomália földrajzi-földtani helyzete és kialakulásának tényezői

Bár a „regionális magnetotellurikus anizotrópiából” következik, hogy az egész Pannon-medence tektonikáját sajátos elektromos vezetőképesség-eloszlás jellemzi, a Dunántúl ÉNy-i részén, főként a Bakony térségében ennek jelentős felerősödését észleltük. Az okát, amint már a bevezetőben is említettük, föld-

tani, geokémiai és nem utolsó sorban geotermikus tényezőkhöz látjuk. A 16. ábra sajátos jelkulcsával világosan mutatja az anomália ÉNy-i határát a mezozoós és a paleozoós medencealjzat váltásánál. DK-en a Balaton északi peremén ugyancsak paleozoós képződmény kibúvásánál van az anomália határa. ÉNy-on a kiékelődés összefüggésbe hozható a Rába elsőrendű tektonikai vonalával is. A 16. ábrán a mérőpontok mellett az E-polarizációs  $\epsilon_{\min}$  görbék alapján számított mélységértékeket találjuk. Az 5 km-es izovonal a területet durván ÉNy-i és DK-i részre osztja. Nagyjából ugyanezek az anomaliasávok figyelhetők meg a Wiese-féle indukciós nyilak térképén is (l. 17. ábra), amelyeket  $T > 20$  perces változásokból határoztunk meg (Ádám és Wallner, 1975; Wallner, 1977). Részletesen elemeztük a mélységlépcső lehetséges módszertani okait (Ádám, 1978). Ha feltételezzük, hogy az S-hatás még a  $\epsilon_{\min}$  értékekből számított mélységeket is torzítja [lásd a (3) összefüggést], akkor is valószínűsíthető pár km-es elmélyülés az anomália DK-i részén a MTSz és a GDS közös értelmezése alapján.



17. ábra. A Wiese nyilak ( $T \geq 20$  min változásokból számítva) térképe

Рис. 17. Карта стрел Визе (вычисленная минимум из вариаций  $T \geq 20$ )

Fig. 17. Wiese induction arrows calculated from electromagnetic variations with  $T \geq 20$  Min

## 5. Összefoglalás

A dunántúli nyitott törésekben néhány km mélyen jelentős elektromos vezetőképesség-növekedés van, amint azt az elektromágneses szondázások statisztikus feldolgozása igazolja. A vezetőképesség-anomália megjelenése mezozoós felszíni, vagy felszínközeli karbonátok (triász mészkő, földolomit) előfordulásához kötődik, de nem azokban, hanem csak alattuk, feltehetően a paleozoós rétegekben alakul ki. Jelenleg a jól vezető anyagi mibenlétére csak fel-

tevéseink vannak. Az egyik elképzelés szerint grafittelérek okozzák az elektromos anomáliát, a másik elképzelés pedig elektrolitok feldúsulására vezeti azt vissza. Ezek a részkérdések további vizsgálatokat (fúrásokat) igényelnek.

A dunántúli esetet általánosítva megállapíthatjuk, hogy a tektonikai vonalak leírásánál, jellemzésénél nem nélkülözhetjük az elektromos sajátságainak vizsgálatát.

## IRODALOM

- Ádám, A.*, (1969): Appearance of the electrical inhomogeneity and anisotropy in the results of the complex electrical exploration of the Carpathian Basin. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 4 (1–2), 187–197.
- Ádám, A.*, (1976): Distribution of the electrical conductivity in seismic (deep) fractures in Transdanubia. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 11 (1–2), 277–285.
- Ádám, A.*, (1978): A dunántúli vezetőképesség-anomália főbb sajátságai. Összefoglaló tanulmány, MTA GGKI. Kézirat.
- Ádám, A., Wallner, Á.*, (1975): Influence of tectonics on the direction of induction arrows in the Carpathian Basin. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 10 (3), 199–205.
- Ádám, O.*, (1977): A földtani-geofizikai előkutatások feladatai a Dunántúli Középhegységben. *Magyar Geofizika*, XIX/1, 231–236.
- Balla, Z.*, (1967): A Magyar Középhegység szerkezeti főirányai. *Földtani Közlöny*, XCVII, 3, 256–277.
- Berdichevsky, M. N., Dmitriev, V. I.*, (1976): Distortion of magnetic and electric fields by near-surface lateral inhomogeneities. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 11 (3–4), 447–483.
- Boccaletti, M., Horváth, F., Loddo, M., Mongelli, F., Stegena, L.*, (1976): The Tyrrhenian and Pannonian Basins: a comparison of two Mediterranean interarc basins. *Tectonophysics*, 35, 45–69.
- Olszak, G.*, (1967): Zu einigen Beziehungen zwischen Magmatismus-Tektonik und geologisch-geophysikalischer Tiefenstruktur. In: *Tektonik und Magma*, Teil 1, Freiburger Forschungshefte, R. C. Leipzig, 215.
- Stegena, L., Horváth, F., Ádám, A.*, (1971): Spreading tectonics investigated by magnetotelluric anisotropy. *Nature*, 231, 442–443.
- Stegena, L., Géczy, B., Horváth, F.*, (1975): Late Cenozoic evolution of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 26, 71–90.
- Tátrallyay, M.*, (1977): On the interpretation of EM sounding curves by numerical modelling using the S.O.R. method. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 12 (1–3), 279–285.
- Wallner, Á.*, (1977): The main features of the induction arrows on the area of the Transdanubian conductivity anomaly. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.*, 12 (1–3), 145–150.
- Wein, G.*, (1973): Zur Kenntnis der tektonischen Struktur im Untergrund des Neogens von Ungarn. *Jahrbuch Geol. Bundesamt*, 116, 85–101.

# A Pannon-medence és a Keleti Alpok közötti átmeneti zónában végzett elektromágneses szondázások eredményei

## (Előzetes közlemény)

ÁDÁM A., MÁRCZ F., VERŐ J., és WALLNER Á.

MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron

DUMA, G. és GUTDEUTSCH, R.

Bécsi Egyetem Meteorológiai és Geofizikai Intézete

*A magnetotellurikus szondázások a Keleti Alpok határán a szeizmikusan aktív töréseket rendkívüli elektromos vezetőképesség-növekedéssel jelzi kb. 7 km mélységben. A Pannon-medence és az Alpok közötti átmeneti zóna ezen a töréses szakaszon a mély kéregben is jelentkezik egy jólvezető zóna átlagosan 35 km mélyen, amelynek a kialakulása a terület nagy hőáramával ( $\sim 100 \text{ mWm}^{-2}$ ) hozható kapcsolatba. Érdekes összefüggés van e területen a földkéreg elektromos szeizmikus sajátosságai között is.*

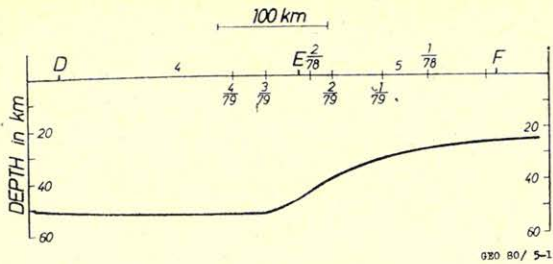
*Магнитотеллурические зондирования на границе Восточных Альп указывают сейсмически активные разломы с чрезвычайным увеличением электрической проводимости на глубине приблизительно 7 км. В среднем на глубине 35 км также появляется хорошо проводящая зона в глубоинной коре на участке разлома переходной зоны Бассейна Паннон и Альп, образование которой может быть связано с большим потоком тепла территории ( $\sim 100 \text{ мВтм}^{-2}$ ). На этой территории интересная зависимость имеется также между электрической особенностью земной коры и сейсмической особенностью.*

*Magnetotelluric soundings detected the main seismically active zones at the boundary of the Eastern Alps in form of extreme conductivity increase in a depth of about 7 km. The relatively high position (about 35 km) of the conductivity anomaly of the deep crust could be in connection with the increased heat flow in this part of the transitional zone between the Pannonian Basin and the Alps. A close relation between the electric and seismic crustal models seems to exist, too.*

### 1. Bevezetés

1978 és 1979-ben összesen 6 nagymélységű MT szondázást végeztünk az Alpi Mélyszeizmikus Hossz-szelvény F és D pontja között, tehát a 4. és 5. szakaszon (1. ábra) az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron és a Bécsi Egyetem Meteorológiai és Geofizikai Intézetének együttműködésében. A méréspontokra vonatkozóan néhány jellegzetes földtani-topográfiai adatot az 1. táblázatban, illetve a 2. ábrán mutatunk be.

Mint az 1. ábrán látható, a szeizmikus földkéreg-szelvénynek ezen a szakaszon a Pannon-medence viszonylag vékony, 25 km vastag földkérgre a Keleti Alpok peremétől Ny felé fokozatosan kivastagszik és eléri az 50 km-t. A szeizmikus mérések szerint a kéreg maga sem homogén; 24–34 km között a szeizmikus sebességnek egy inverzióját mutatták ki (Alpine Explosion Seismological Group, 1976). A Keleti Alpok K-i peremét szeizmikusan aktív törési zónák alkotják. Feltehető, hogy ezek mentén lépcsősen vastagszik a földkéreg és alakul ki az Alpok gyökere az izosztáziának megfelelően. A terület geodinamikailag tehát nagy változásokat mutat.



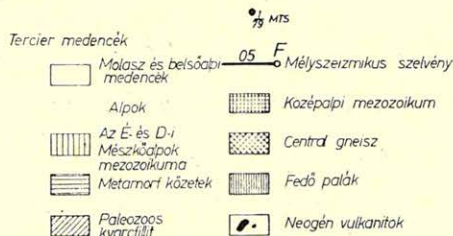
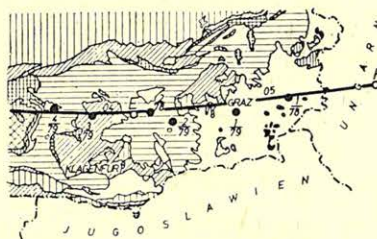
1. ábra. Az alpi kéregszelvény a magnetotellurikus (MT) pontok helyével (Alpine Explosion Seismology Group, 1975)

Рис. 1. Альпийский профиль коры с расположением магнитотеллурических точек (MT) Alpine Explosion Seismology Group, 1976)

Fig. 1. The Alpine Crustal Profile with the magnetotelluric (MT) measuring sites projected to the profile line. (Alpine Explosion Seismology Group, 1976)

DK – Ausztria  
Geológiai térképe

P Beck-Mangetta 1964  
Geologische Bundesanstalt



2. ábra. Geológiai térkép DK-Ausztriáról a MT pontok helyével és az Alpi Kéregkutató Szelvénnel

Рис. 2. Геологическая карта Южно-Восточной части Австрии с расположением магнитотеллурических точек MT и Профилем исследования Коры Альп

Fig. 2. Geologic map of SE Austria with the MT soundings points and the Alpine Seismic Crustal Profile

Hely	Magasság	Topográfia	Földtani helyzet	Kőzet
Rehgraben (Burgenland)	250 m	hegyes	Grazi-medence	Tercier üledék (egy devon korú test közelében)
Breitenbuch (Steiermark)	400 m	hegyes	Grazi-medence	Tercier üledék
St. Georgen (Steiermark)	1100 m	lankás	Oberostalpini kristályos hegység	paragneisz
Oberpreitenegg (Kärnten)	1100 m	plató	Oberostalpini kristályos hegység	paragneisz
Lassnitz (Steiermark)	1100 m	völgyfenék	Oberostalpini kristályos hegység	Ó-paleozoós kvarcfillit, amfibolit
Lasaberg (Salzburg)	1250 m	lankás	Oberostalpini kristályos hegység	kristályos pala

A szeizmikus és szeizmológiai információkat hasznosan egészítik ki a geoelektromos szondázások, mivel többnyire más fizikai változásokat jeleznek, mint a rugalmas hullámok. Így pl. a kőzetek folyadéktartalma, a hőmérséklet a legfontosabb tényezők, amelyek az elektromos vezetőképességet kialakítják. Ezekre a szeizmikus sebesség kevésbé érzékeny. Így célszerűnek látszott az elektromos vezetőképesség-változások tanulmányozása az Alpi Hossz-szelvény mentén is a földkéreg és a felső köpeny fizikai sajátosságainak és geodinamikai jelenségeinek teljesebb megismerése végett.

A Keleti Alpokban, ismereteink szerint, az első elektromágneses mélyszondázásokat egy észak-déli szelvény mentén a Münchener Egyetem Geofizikai Tanszéke végezte Chiemsee és a Höhe Tauern között (Berkold et al., 1976). Eredményeikre visszatérünk.

## 2. A mérési módszer

Az elektromos vezetőképesség eloszlásának meghatározására a *magneto-tellurikus szondázást* használtuk (Cagniard, 1953). Mint az jól ismert, ennél a módszernél az elektromágneses tér horizontális komponenseinek változását kell regisztrálni, hogy annak spektrumából az impedancia ( $Z$ ), illetve a fajlagos ellenállás ( $\rho$ ) periódus szerinti függvényét kiszámíthassuk.

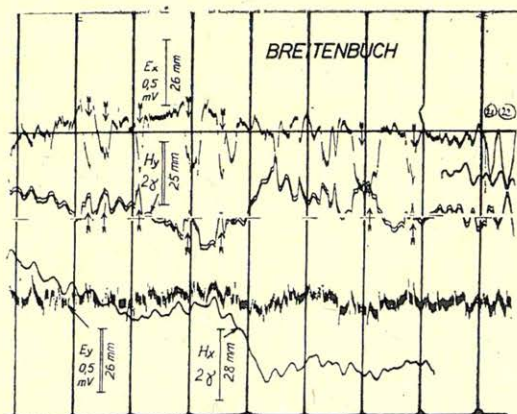
A *mérőberendezésünk* tellurikus és földmágneses érzékelőkből és analóg 4 csatornás regisztráló műszerből áll. Ez utóbbival 16 cm széles filmre (fotopapírra) 2 cm/perc (nappal), illetve 0,6 cm/perc (éjjel) filmsebességgel és max: 10  $\mu\text{V/mm}$ -es érzékenységgel elektromos potenciálváltozásokat regisztrálhatunk. A mágneses térerősség-változások érzékelésére, illetve elektromos jellé való átalakítására az MTV-2 típusú magyar gyártmányú variométerek szolgálták, amelyek max. érzékenysége 0,01 nT/mm a fenti regisztráló alkalmazásával.

Ausztria területén az Alpi Hosszprofil mentén több tényezőtől adódóan jelentős *zavarsszinttel* kellett számolnunk. A regionális zavar forrása az ipar, a bányászat, a villamosított közlekedés stb. Ha ezeket el is kerüljük, nem kerülhetők el az egyéni kisfogyasztók (általában a lakosság), de különösen a gépesített parasztgazdaságok lokális zavarai. Ezeket a zavarokat hegyvidéken a vékony üledéktakaró jelentősen felerősíti, magába sűrítve a kóboráramokat. Érdekes jelenség, hogy az esti órák legnagyobb zavarforrása a televízió. Általános tapasztalatunk szerint zavartalanul a nagyperiódusú változásokat (főként „substorm”-okat) csak 23 órától tudtuk regisztrálni hajnalig, míg a pulzációkat csak a korareggeli órákban (általában 7 óráig). A nap többi időszakában a zavar erősen változott.

A zavar elsődlegesen a tellurikus komponensekben jelentkezett, többnyire különböző időtartamú és alakú impulzusok formájában. Megítélésünk szerint ezeket egy digitális regisztrátumból kiszűrni rendkívül bonyolult feladat. Éppen ezért racionálisnak bizonyult az analóg regisztrálás és a regisztrátumok nyugodt szakaszainak utólagos digitalizálása.

Egy sajátos zavarról külön megemlékezünk. A grazi medencében, Breitenbuchnál az impulzusok egy sajátos fajtája csak egy komponenspárban jelentkezett, a  $H_y - E_x$ -ben (3. ábra). Ezeknek az impulzusoknak az amplitúdójából számítottuk a fajlagos ellenállásértékeket ( $\rho$ ). Az így kapott szondázási görbe párhuzamosan fut a természetes változásokból számított  $\rho(T)$  görbével, tehát a zavar forrásához viszonyítva a méréspont már a hullámmzónában feküdt (4. ábra). Sajnos, idő hiányában a forrás okát nem sikerült lokalizálnunk.

A digitalizált adatok számítógépes feldolgozása a MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben kidolgozott programrendszer segítségével történt,

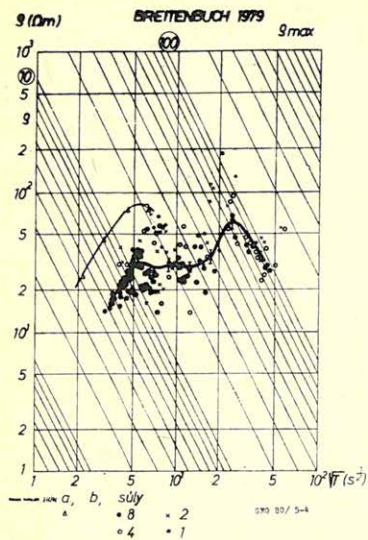


020 80/ 5-3

3. ábra. MT regisztrátum egy része mesterséges impulzusokkal az  $E_x$  és  $H_y$  komponensben Breitenbuchról

Рис. 3. Часть магнитотеллурической записи, сделанной при помощи искусственных импульсов в компонентах  $E_x$  и  $H_y$  при Брайтенбух

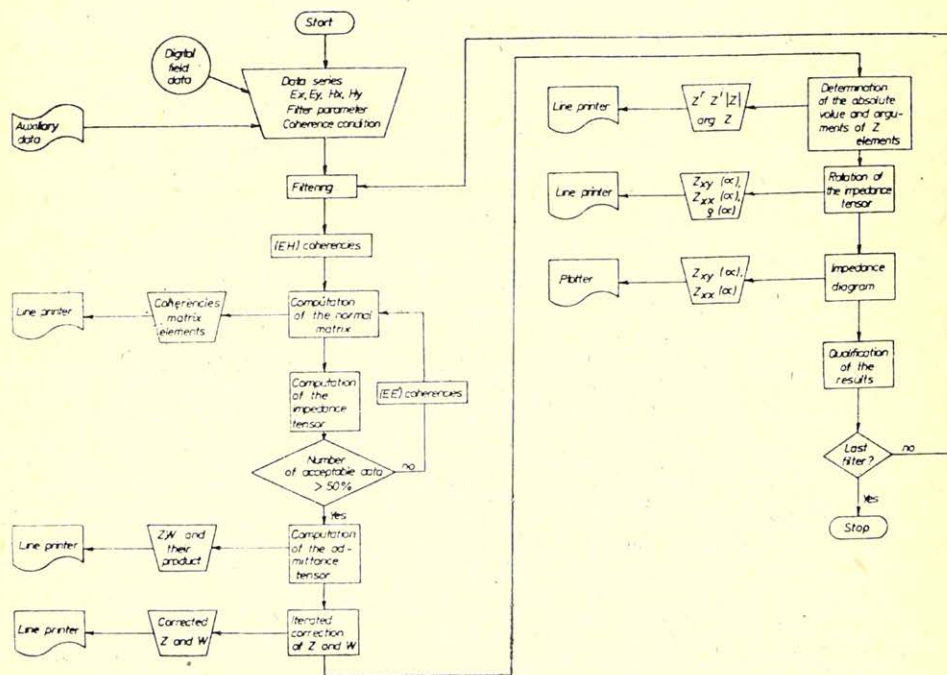
Fig. 3. A part of the MT record with artificial-impulses in  $E_x$  and  $H_y$  components made in Breitenbuch



4. ábra. Mesterséges impulzusszerű zavarjelekből (a) és természetes változásokból számított MT szondázási görbék súlyokkal (b) és középhibával

Рис. 4. Кривые MT зондирования, вычисленные из искусственных импульсоподобных сигналов помех и из естественных вариаций

Fig. 4. MT sounding curves computed from artificial impulses (a) and natural variations (b) with weights and error bars



5. ábra. A MTA GGKI, Sopron-ban használt MT adatfeldolgozási program folyamatábrája

Рис.5. Схема программы обработки данных MT, используемых в Шопроне в НИИГиГ ВАН

Fig. 5. Flow chart of the MT data processing used in the GGRI, Sopron

amelynek blokkdiagramja az 5. ábrán látható. (Az alkalmazott számítógép HP 2100 típusú). A program végül kirajzoltatja a  $Z_{xy}$  és  $Z_{xx}$  polárdiagramokat és megadja a  $\rho$  szélső értékeit ( $\rho_{max}$  és  $\rho_{min}$ ) és azok irányát, valamint a fáziskülönbséget az analizált változás periódusának függvényében, tehát a szondázási görbék megszerkeszthetők.

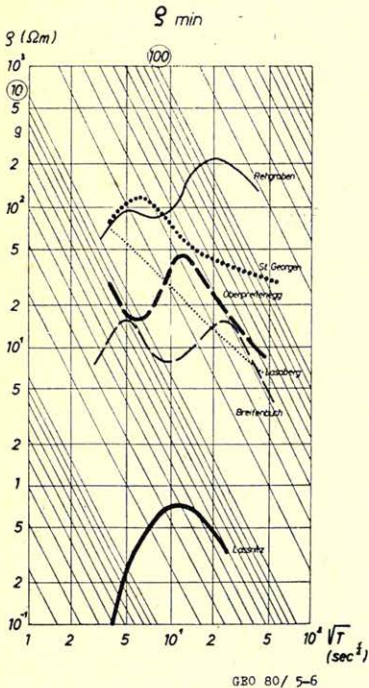
### 3. A magnetotellurikus kutatások eredményei

A magnetotellurikus adatfeldolgozás eredményeként rendelkezésünkre áll a 6 méréspontról:

- a  $\rho_{min}$  és  $\rho_{max}$  szondázási görbe (6. és 7. ábra)
- $\varphi_{Z_{xy}max}$  ( $= \varphi_{max}$ ) és  $\varphi_{Z_{yx}min}$  ( $= \varphi_{min}$ ) fázisgörbe (8. ábra)
- a  $Z_{xy}$  és  $Z_{yx}$  főimpedancia iránydiagramja a  $T$  függvényében (L. pl. Oberpreitenegg-re a 9. ábrán).

A görbék alapján elméleti rétegmodelleket számoltunk (L. pl. St. Georgen-ra a 10. ábrán).

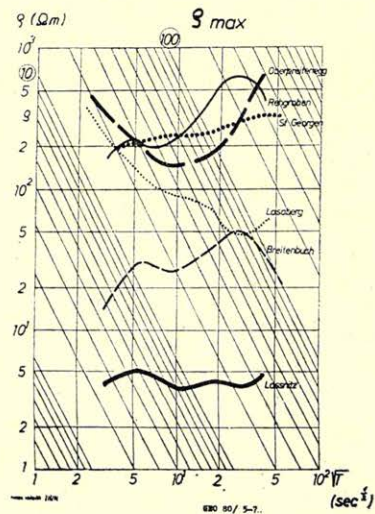
A  $\rho$  szondázási görbék általában két jól vezető réteget (zónát) jeleznek a felszíntől a felső köpenyig. Ezek közül az első az általánosabb, míg a mélyebb réteg indikációja néhány ponton „elvész” a folyamatosan csökkenő görbeágban.



6. ábra.  $\rho_{min}$  szondázási görbék DK-Ausztriából

Рис. 6. Кривые зондирования  $\rho_{min}$  из Ю - В Австрии

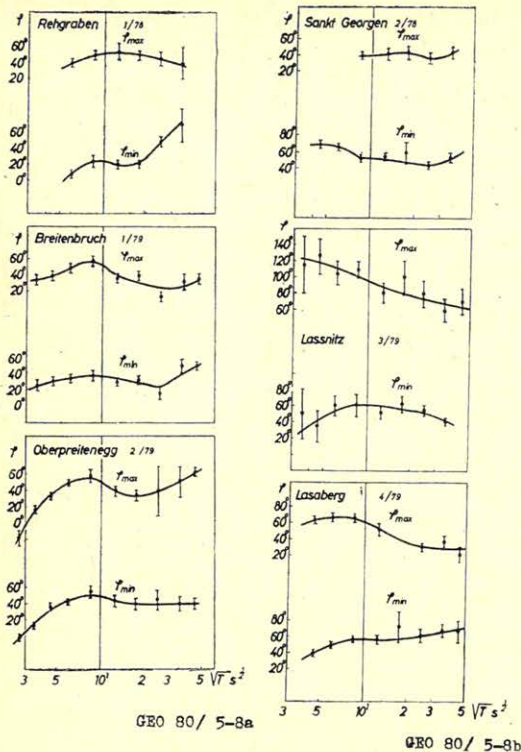
Fig. 6.  $\rho_{min}$  MT sounding curves measured in SE Austria



7. ábra.  $\rho_{max}$  szondázási görbék DK-Ausztriából

Рис. 7. Кривые зондирования  $\rho_{max}$  из Ю - В Австрии

Fig. 7.  $\rho_{max}$  MT sounding curves measured in SE Austria



8. ábra.  $\varphi_{\max}$  és  $\varphi_{\min}$  fázisgörbék

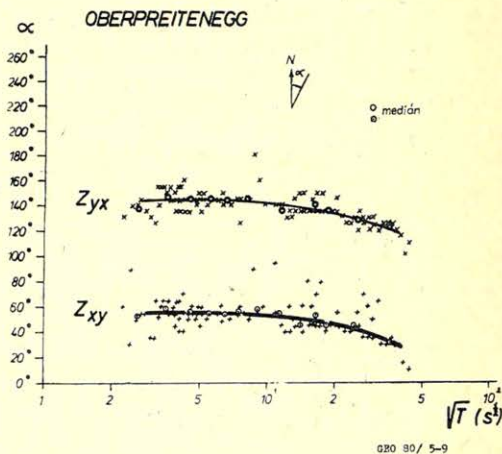
Рис. 8. Кривые фаз  $\varphi_{\max}$  и  $\varphi_{\min}$

Fig. 8.  $\varphi_{\max}$  and  $\varphi_{\min}$  phase curves

9. ábra. A  $Z_{xy}$  és  $Z_{yx}$  irányváltozása a periódus függvényében Oberpreiteneggen

Рис. 9. Изменение направлений  $Z_{xy}$  и  $Z_{yx}$  как функция периода в Оберпрайтене

Fig. 9.  $Z_{xy}$  and  $Z_{yx}$  directions in function of the variation-period at Oberpreitenegg



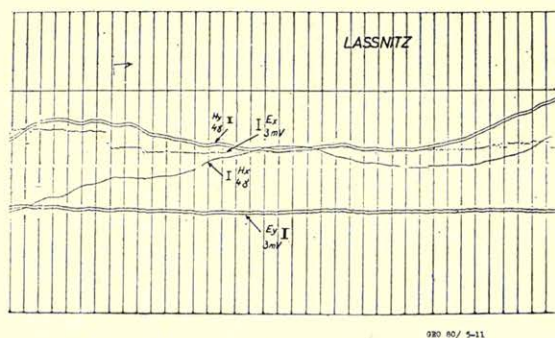
A mélységértékek szórása mindkét jólvezető réteg esetében a csökkenő görbeágak alapján közvetlenül megítélhető. Látható, hogy a szórás  $\varrho_{\min}$  görbék esetében lényegesen kisebb, mint a  $\varrho_{\max}$  görbéknél. A felszíni inhomogenitások torzító hatása, az ún. S-effektus a  $\varrho_{\max}$  görbéknél tehát nagyobb, mint a  $\varrho_{\min}$  görbék esetében. Ezt igazolja a 2. táblázat is, amelyben a modellszámításokból



származó mélységértéket mutatjuk be a pontok szelvénymenti helyzetének megfelelően a mélységek középértékével és hibájával együtt. A  $\varrho_{\min}$  és  $\varrho_{\max}$  görbéknek ez a jellegzetes elkülönülése – a Rehgraben-i görbék kivételével – egyértelműen jelzi, hogy az E-polarizációt a  $\varrho_{\min}$  görbék képviselik. Ez a jelenség – a dunántúli (Magyarország) példák alapján (Ádám, 1977) – akkor jelentkezik, ha a jólvezető képződmények töréses tektonikához kapcsolódnak. Az E-polarizációt a lineáris tektonika (törés-, vetőzóna) csapásvonala határozza meg (Ádám, 1980).

A jólvezető réteg tehát átlagosan 7 km és 35 km mélyen jelentkezik a földkéregben, illetve a kéreg és a köpeny határán. Ettől az átlagértéktől jelentős pozitív eltérést csupán a Rehgraben-i pont MTSz görbéi mutatnak. Földtani térkép alapján valószínűsíthető, hogy egy, az üledékből kiemelkedő devonkori nagyellenállású tömzs hatására e görbék jelentősen torzultak (elcsúsztak a  $\rho$  tengely mentén és így a mélységértékek megnöttek). E feltevést igazolják a grazi-medencében mért Breitenbuch-i pont adatai. Itt az MTSz görbék teljesen hasonló jellegűek, mint a Rehgraben-i MTSz görbék, de kb. 1 nagyságrenddel kisebb ellenállás-tartományban fekszenek.

Kisebb mélységet mutat a Lassnitz-i szondázási görbe, amelyet a Lassnitz patak völgyében egy szűk (kb. 3 km széles) medencében, a Metnitz–Strassburg–St. Veit-i szeizmoaktív törésvonal felett mértünk. A fajlagos ellenállás értéke  $T = 20$  s-os pulzációknál min  $0,01 \Omega\text{m}$ , max  $5 \Omega\text{m}$ . Nagyobb periódusoknál ennél kisebb értéket is elér. A nagy mágneses változások is alig követhetők a két elektromos komponensben, amint a 11. ábrán látható regisztrátumszakasz mutatja.



11. ábra. Éjszakai MT regisztrátumszakasz Lassnitzi

Рис. 11. Часть ночной МТ записи из Лашница

Fig. 11. A part of the night time MT record in Lassnitz

Szélsőségesen kis ellenállásértékek szokatlan nehézségeket okoztak itt az adatfeldolgozásban. A mérési hely ráadásul még meglehetősen zavart is. Ennek megfelelően a számított impedanciák egy részét, úgy tűnik, hogy e zavarok befolyásolják. A koherenciára nézve bevezetett határértéket 0,9-ről 0,6-ra kellett csökkenteni, ezért a tisztán véletlen jellegű zajok egy része is kielégítette ezt a követelményt. Azonban néhány lehetőség adódott a helyes értékek megválasztásához (pl. általában a kis ellenállásértékek; koherenciák, amelyek nem csökkennek, ha a teljes impedanciatenzort használjuk a számításukban; a kohe-

renciaáknak nem szabad csökkenniök, ha a regisztrátum különböző szakaszait összeadjuk stb.). Reméljük, hogy végül is a rendkívül kis E amplitúdók ellenére sikerült megbízható szondázási görbét szerkesztenünk.

Az első jól vezető réteg horizontális vezetőképessége több ezer  $\Omega^{-1}\cdot\text{t}(\text{S})$  is eléri, míg a második – nagyobb periódusú adatok hiányában – jó lvezető aljaként jelentkezik a szondázási görbén.

A mérésponatoknak 2/3-ad része 1000 m felett fekszik (fennsíkokon, vagy völgyekben). A topográfia változása néhány km-en belül néhány 100 m-t is eléri. A tértorzító hatásukat jelenleg még pontosan nem ismerjük. Folyamatban van a modellszámítás, véges differenciák módszerével. Amint a különböző topográfiai viszonyok mellett végzett szondázások jól egyező adatai mutatják, a topográfiai hatás jól vezető testek kutatásánál nem lehet jelentős.

Berkhold et al. (1976) a Chiemsee és a Hohe Tauern között mért szelvényében a  $\rho$  szondázási görbéket a felszíni fajlagos ellenállás-anomáliák jelentősen torzítják. „Therefore its interpretation is rather problematic” írják a szerzők és rétegmódeljeiket a 3 hasonló fázisgörbe alapján számították. A Keleti Alpok keleti peremén általunk néhány km mélyen észlelt jól vezető rétegek nyomát jelzik a Keleti Alpok centrális részében is, bár lényegesen kisebb horizontális vezetőképességgel.

A 8. ábrán látható fázisdiagramok és a  $\rho$  görbék közötti kapcsolatot a  $\varphi_T = 45^\circ \left( 1 - \frac{d \log \rho_T}{d \log T} \right)$  közelítő összefüggéssel vizsgáltuk. A magashegységben fellépő sokféle torzítás miatt e kapcsolat csak részben mutatható ki. Lassnitznál a felszínközeli kis fajlagos ellenállásértékeknek megfelelően a  $\varphi$  görbe jelentős szakasza  $90^\circ$  közelében fut.

A  $Z_{xy}$  polárdiagram nagytengelyének  $Z_{xy\max}$  irányát a mérési terület tektonikai térképén ábráztoltuk (12. ábra).

A  $Z_{xy\max}$  irány közeli jelentős elektromos inhomogenitások esetében a periódustól függetlenül és az inhomogenitásra jellemző irányban, pl. a jólvezető közeget tartalmazó törésekre merőlegesen jelentkeznek.

Ha az inhomogenitás a mérésponttól távolabb helyezkedik el, akkor a periódus növekedésével a  $Z_{xy\max}$  irány beforog a karakterisztikus irányba. 6 méréspontunk közül 4 esetben ez a helyzet.

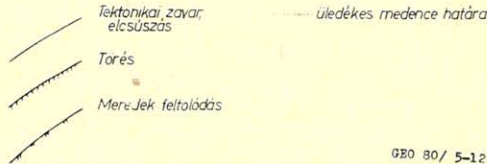
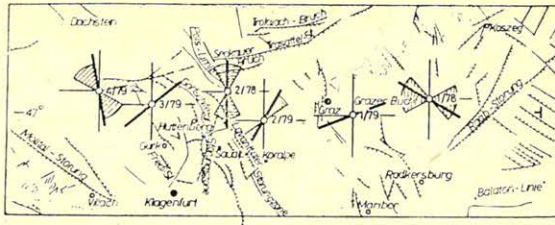
A töréses tektonikával való kapcsolat az Oberostalpin területén legtöbb esetben nyilvánvaló:

Így a leghatározottabb összefüggés a szélsőséges ellenállásviszonyokat is mutató Lassnitz esetében mutatkozik. A  $Z_{xy\max}$  irány a *Metnitz – Strassburg – St. Veit-i* szeizmikus aktív törészónára merőleges. Oberpreiteneggen a polárdiagram nagy valószínűséggel a *Lavant-i törészóna* hatására alakul ki. (A méréspont nem közvetlenül a Lavant völgyében van, hanem attól K-re egy fennsíkron).

Lasabergen (Tamsweg mellett) a szatellitképen látható *Ramingstein – Königstuhl* között jelentkező törés befolyását véljük felfedezni.

A St. Georgen-i irány a „Tauern-fault”-ra merőleges, amely a Mura folyó medencéjével párhuzamos.

A Graz-i medencében levő Breitenbuchon a periódustól független  $Z_{xy\max}$  irány a tektonikai térképén látható törések csapására merőleges. Ezek a törések *ÉÉNy-i irányúak* a Lavant-i és Metnitz-i törészónával együtt amely a leg-erősebb befolyást gyakorolták a vezetőképesség-eloszlásra.



GEO 80/ 5-12

12. ábra. Tektonikai térkép DK-Ausztriáról Tollmann szerint és a  $Z_{xy}$  polárdiagramok nagy-tengelyének iránya a periódus szerinti változást is figyelembe véve

Рис. 12. Тектоническая карта из Ю – В Австрии по Толману и направление большой полуоси полярных диаграмм  $Z_{xy}$ , учитывая и изменения по периоду

Fig. 12. Tectonic map of the SE part of Austria after Tollmann with the major axis of the  $Z_{xy}$  polar diagrams and their variations with the periods at the MT stations

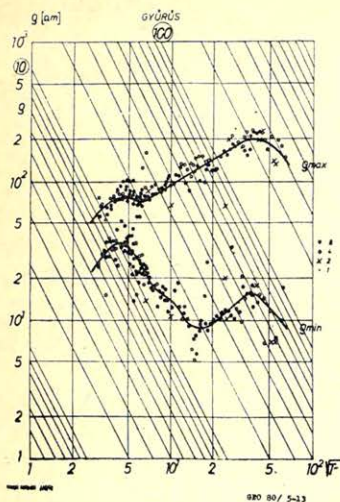
A rehgrabeni pontban a  $Z_{xy\max}$  iránya hasonló a nyugat-magyarországi szondázások által kijelölt anizotrópiarányhoz, amelyet elsősorban a Rába elsőrendű tektonikai vonala jelöl ki.

### Következtetések

Az Alpi Szeizmikus Hossz-szelvény a Pannon-medencétől Ny-ra Ausztriában először a Graz-környéki terciér-medencét (Inneralpines Tertiär) harántolja. E terület földtani felépítése a Pannon-medencével rokon vonásokat mutat. A Rehgraben-i és Breitenbuch-i magnetotellurikus szondázások is ezt igazolják. Az itt mért MTSz görbék jellege hasonló a Pannon-medencében a pontokhoz legközelebb mért gyűrűsi pont MTSz görbéhez (13. ábra). A gyűrűs MTSz görbe azonban a felső köpenyben mélyebben (~60 km) jelzi a jól vezető réteget, mint a Breitenbuch-i. Ez utóbbi pontban majdnem a kéreg-köpeny határán (37 km) jelentkezik, összhangban a tőle Ny-ra fekvő többi szondázás eredményeivel.

Kérdés az, hogy azonosíthatók-e jól vezető rétegek, tehát ugyanannak a rétegnek megemelkedéséről beszélhetünk-e pl. a geotermikus viszonyok megváltozásával, a hőáram, illetve a mélybeni hőmérséklet megnövekedésével összefüggésben (Ádám, 1978). Erre a Keleti Alpok K-i peremén levő törési zónák (pl. Lavanti törészóna) területén észlelt 100  $mWm^{-2}$ -es hőáram-anomália magyarázatot adhat (Čermák és Hurtig, 1977).

Az átlagosan 7,6 km mélyen jelentkező jól vezető képződmény az aktív töréses tektonika jellegzetes velejárója, amint az a Dunántúli vezetőképesség-anomália, vagy akár a Külső és Belső Kárpátok közötti kéregtörés területéről ismert. Ezek tényleges okának felderítése a kutatás egyik napirenden levő kérdése.



A Lassnitz-i 0,1–0,03  $\Omega\text{m}$ -es fajlagos ellenállást csak nagy ásványi só tartalmú hévforrások (thermal and mineral spring), illetve ércesedés magyarázhatja meg a felszín közelében. Nagyobb kéregmélységben részleges olvadásra is gondolhatunk.

A mélyszeizmikus kutatás is kimutatott ebben a mélységtartományban (7–10 km között) de csak a fenti töréses területen egy kisebbességű zónát. A földkéregben a másik kisebbességű zóna azonban kisebb mélységben (20–30 km) K felé elvékonyodva, de folyamatosan jelentkezik (Gutdeutsch és Arik, 1979).

A MT kutatás tehát feltárta a Keleti Alpok peremén levő szeizmikusan aktív (Drimmel, 1979) töréses terület rendkívüli elektromos vezetőképesség-eloszlását, amely a földrengés mechanizmusának kutatását is segíti a jövőben. Meghatározta a földkéreg általános geoelektromos szerkezetét az Alpok és a Pannonikum közötti átmeneti zónában.

#### IRODALOM

- Alpine Explosion Seismology Group*: A lithospheric seismic profile along the axis of the Alps, 1975 I: First Results, Pageoph. 114, 1109–1130, 1976.
- Ádám, A.: The Transdanubian crustal conductivity anomaly. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 12, 73–79, 1977.
- Ádám, A.: Geothermal effects in the formation of electrically conducting zones and temperature distribution in the Earth. Phys. Earth Planet. Int. 17, P21–P28, 1978.
- Ádám, A.: Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség-eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon. (Magyar Geofizikához beküldve 1980-ban)
- Berdichevsky, M. N., Dmitriev, V. I.: Distortion of magnetic and electric fields by near-surface lateral inhomogeneities. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 11, 447–483, 1976.
- Berkold, A., Beblo, M., Kemmerle, K.: On the distribution of the electrical conductivity below the Eastern Alps. Geologische Rundschau. 65, 716–732, 1976.
- Cagniard, L.: Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting. Geophysics. 18, 605–635, 1953.
- Čermák, V., Hurlig, E.: Preliminary HEAT FLOW MAP of EUROPE 1:500 000, Presented at the IASPEI/IAVCEI Assembly Durham, England, 1977.
- Drimmel, J.: On the assessment of maximum earthquakes in the Alps and adjacent areas. Tectonophysics. 55, T1–T5, 1979.
- Gutdeutsch, R., Arik, K.: Eine Diskussion geophysikalischer Modelle des Grenzbereiches zwischen Ostalpen und Pannonischem Becken. Acta Geologica Hung. 21, 287–296, 1979.

# Lapszemle

**Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat 112. évf. 7. sz.**

*Csókás János:* Bemutatjuk Alma Materünk tanszékeit. A geofizikai tanszék, 433–436. old.  
A geofizikummérnök-képzés a Népgazdasági tanács 1951-ben hozott határozata értelmében, a Soproni Egyetemi Karok kebelében 1951-ben létrehozott geofizikai tanszéken szerveződött meg. 1959-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem felállításával kapcsolatban a soproni Bányamérnöki Kar Miskolcra költözött és a geofizikai tanszék akkor a bányamérnöki karhoz szegődve szintén Miskolcra helyeződött át. A cikk ismerteti a tanszék szervezetét és munkásságát.

T. G.

**Pécsi Műszaki Szemle, XXIV. évf. 1–2. sz. 1979.**

*Gerzson István:* Eötvös Loránd és a magyar geofizika, 36–40. old.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Baranya megyei Csoportja és a Magyar Geofizikusok Egyesületének Mecseki Csoportja az 1979. évi műszaki és közgazdasági tudományos hetek keretében Eötvös Loránd emlékülést rendezett. A cikk az ott elhangzott előadás anyagát tartalmazza. A szerző elsősorban Eötvös Lorándnak a geofizika terén végzett tudományos munkájával foglalkozott, majd röviden összefoglalta a magyar geofizikai kutatás fejlődését Eötvöstől napjainkig.

T. G.

## Könyvszemle

**K. E. Bullen:** *An Introduction to the Theory of Seismology* (Bevezetés a földrengéstanba); a harmadik kiadás alapján készült első puhakötéses kiadás, Cambridge University Press, Cambridge 1979. 382 old. 5,50 angol font.

A geofizikai, közelebről a szeizmológiai szakirodalom egyik klasszikus, először 1947-ben publikált és azóta több kiadást megért és páratlan népszerűségű műve jelent most meg új, a széles szakközönségnek könnyebben hozzáférhető alakban, izléses puhakötéses (paperback) formában. A kiadvány alapja az 1963-ban megjelent harmadik kiadás, de még maga a szerző – aki nemrég hunyt el – eszközölt kisebb módosításokat az 1965-ben megjelent újranyomáson. Így pl. a rendkívül bő – 33 oldalra terjedő – irodalmi utalásokban már 1964-ben megjelent művek is szerepelnek.

A könyv beosztása a megszokott és a szakemberek által jól ismert elrendezés. Az első fejezetek tartalmazzák az elméleti – matematikai – alapokat, elsősorban a rugalmasságtanból szükséges ismereteket, a hullámok elméletét és annak alkalmazását a földrengések terjedési jelenségeire. Az ezt követő rész az adatgyűjtés és a szeizmikus adatok elemzésének módszereit ismerteti. Végül az eddig kifejtettekre alapozva megmutatja a szerző, hogy a szeizmológia hogyan vezet el a föld belső szerkezetének megismeréséhez. A szerző vizsgálatai olyan általánosan ismert „földmodellek”, sűrűség-eloszlási típusok kialakításához vezettek, melyek hosszú idő óta világszerte alapul szolgálnak a legkülönbözőbb földszerkezeti kutatásoknál.

A könyv így továbbra is a legmesszebbmenő módon alkalmas mind a fiatal geofizikus, szeizmológus nemzedék számára a tárgykörbe való bevezetésül, mind az érett szakembereknek is a tudományágba való elmélyülés, gondolateltetés céljára: igazi klasszikus képviselője a szeizmológiai, de általánosabban is, a földszerkezeti szakirodalomnak.

T. G.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Проф. М. Вердичевский</i> : Новейшие результаты магнито-теллурических исследований	81
<i>Дёрдь Погачаш</i> : Отражение глубокозалегающих структур юго-западной Венгрии в отфильтрованных гравитационных данных	86
<i>Адам А.</i> : Статистическая зависимость между распределением электрической проводимости и тектоникой разлома Задунайского края	95
<i>Адам А., Мярц Ф., Верё Й., Валлиер, А., Дума Г., Гутдётч Р.</i> : Электромагнитные зондирования в переходной зоне между Восточными Альпами и Бассейном Паннон (Предварительная публикация)	108
Обзор журналов	120
Обзор книг	120

## CONTENTS

<i>M. Berditshevszki</i> : On recent results of magnetotellurics (Part 2.)	81
<i>G. Pogácsás</i> : The geologic structure of SW Hungary on the base of filtered gravity data	86
<i>A. Ádám</i> : Statistical relationship between electric conductivity distribution and fracture tectonics in Transdanubia	95
<i>A. Ádám., F. Márcz, J., Verő, Á., Wallner, G., Duma, R., Gutdeutsch</i> : EM soundings in the transitional zone between Eastern Alps and Pannonian Basin (Preliminary report)	108
Reviews of books and periodicals	120

---

### MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9–11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest. Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

80.381. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Bresztovszky Péter igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

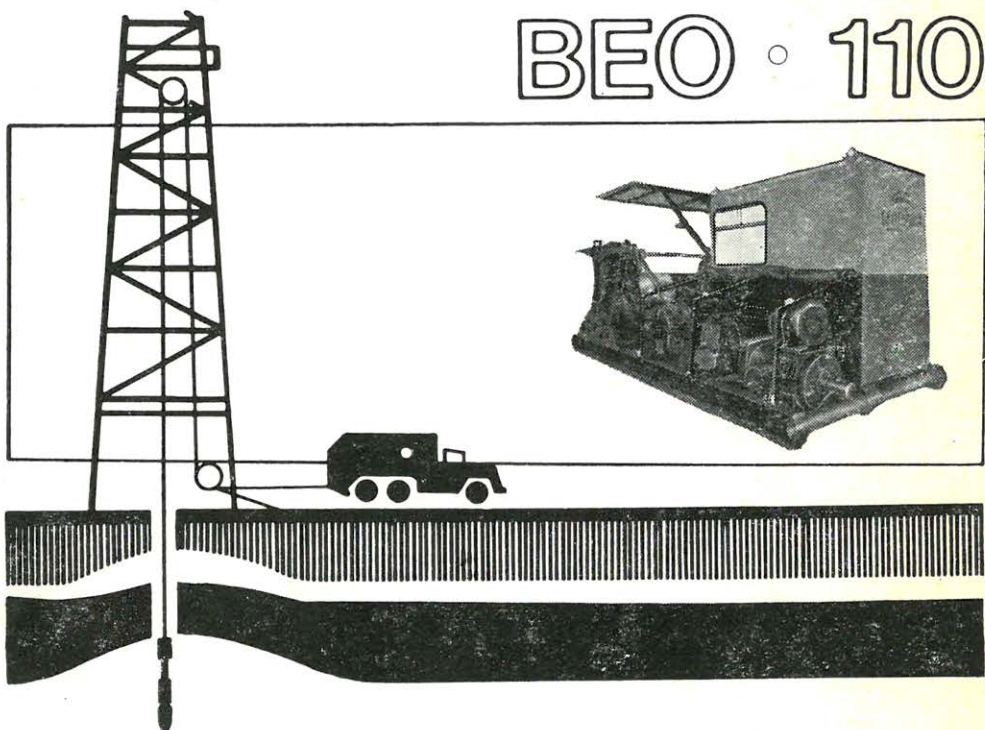
Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

**Index: 26 507**

ENERGIAKUTATÁS ÉS FELTÁRÁS  
HATÉKONY MÓDSZEREKKEL!

# STABIL CSÖRLŐ BEO · 110



- Karotázkábelek átcserélése állandó terhelés mellett
- Nagymélységű fúrólukákban mérés állandó telepítés mellett
- Kábelsebesség: 3 – 10 m/perc
- Megengedett legnagyobb forgatónyomaték a dob tengelyén: 32 kN · m

- Kábeldob kapacitása ( $\varnothing$  14 esetén) 8500 m
- A meghajtó villamosmotor teljesítménye 55 kW

Ennek a berendezésnek a segítségével a világon először, a Kola-félszigeten 9700 m mélységben végeznek rétegvizsgálatokat!

GAMMA MŰVEK

Budapest. Pf. 1., 1509

Telefon: 853 – 144

Telex: 22 – 4946

  
BUDAPEST