

# A Periadriatikus vonal kutatása az Alpokban MT szondázással

ÁDÁM ANTAL\*—GERALD DUMA\*\*—RUDOLF  
GUTDEUTSCH\*\*\*—VERŐ JÓZSEF\* WALLNER ÁKOS\*

*A Periadriatikus lineamens (vagy „Insubriai lineamens”) mint fő tektonikai zóna elválasztja a nem metamorfizált Déli Alpokat a metamorfizált Nyugati és Keleti Alpektől. Egyik folytatása kelet felé a Balaton-vonal.*

*Három részén — a Gailvölgyben, a Karavanka- és a Balaton-vonal mentén — a mély magneto-tellurikus szondázások a kéregben keskeny jólvezető formációt mutatta ki, amelynek mélysége 7 és 15 km között változik a felszíni hőárammal összhangban. Így, a Periadriatikus lineamens egy mélytörés, amelynek repedései és pórusai hőmérsékletfüggő elektrolittal vannak telítve.*

*Az értelmezés alap-modelljét, valamint az EM torzulásokat is tárgyalja a cikk.*

*Периадриатический глубинный разлом как основная тектоническая зона разделяет неметаморфизованные Южные Альпы и метаморфизованные Западные и Восточные Альпы. Одно из его продолжений к востоку — Балатонский разлом.*

*В трех частях — в долине Гаил, по линиям Караванка и Балатон — глубинные магнетотеллурические зондирования выявили в коре узкую проводящую формацию, глубина которой изменяется от 7 до 15 км согласованно с поверхностным тепловым потоком. Таким образом Периадриатический глубинный разлом является разломом, поры и трещины которого заполнены зависящим от температуры эл. электролитом.*

*В статье рассматриваются основы интерпретации и искажения EM.*

*The “Periadriatic lineament” (or “Insubric lineament”) as a main tectonic zone separates the unmetamorphosed Southern Alps from the metamorphosed Western and Eastern Alps. One of its continuations to East is the Balaton-line.*

*In three parts of it — along the Gail-valley, the Karawanrn- and Balaton lines- deep magneto-telluric soundings have shown a narrow conducting crustal formation in it, depth varies between 7 and 15 km in accordance with the surface heat flow. Thus the Periadriatic line is a deep fracture zone, cracks and pores in it are saturated by temperature dependent electrolytes.*

*The basic model of the interpretation and the EM distortions are discussed, too.*

## Bevezetés

1981 és 1983-ban „Geofizikai kutatások az Alpok és a Pannonikum között” téma keretében osztrák—magyar közös magnetotellurikus kutatásokat végeztünk a *Periadriatikus vonal* két szakaszán, a Gailvölgyi és Karavanka lineamens mentén e jelentős tektonikai zavar-zóna geoelektromos sajátosságainak tanulmányozása végett.

## A Periadriatikus lineamensről

Az alpi tektonika egyik sokszor misztifikált lineamense a *Periadriatikus lineamens*, vagy „alpi-dinári sebhely” (alpi-dinári határ), amely a Pó-síkság Ny-i részén levő Lanzo-tól a jugoszláviai Pohorje-ig terjedő lineamens-rendszerhez tartozik. Korábban teljesen azonosították az alpi metamorfózist szenvedett Nyugati és Keleti Alpokat az alpi metamorfózistól mentes Déli Alpektől elvá-

\* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron.

\*\* Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.

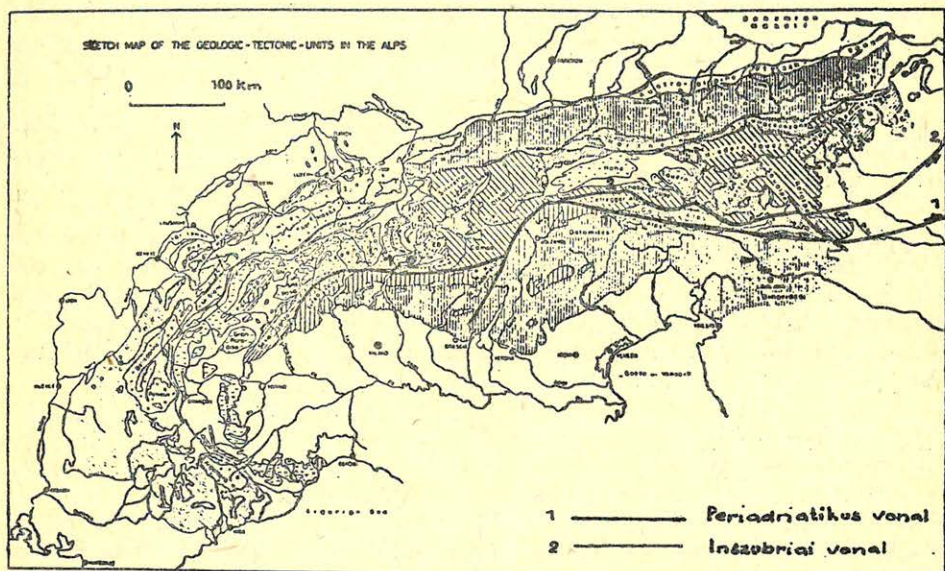
\*\*\* Universität Wien.

lasztó *Insubriai-vonallal*. Az újabb vizsgálatok azonban (*Ahrendt, 1980*) kiderítették, hogy az Insubriai-vonal a Tauern-ablak közelében a Periadriai vonaltól elágazik és nem a Pusteria – Gailvölgyi-vonalban, hanem a DAV-ban (Deferegental – Auterselve – Valles) folytatódik. Keleten az ausztroalpi gyökérvonalától közvetlenül délre húzódik és szerepét – az eredeti definíció szerint (*Kovács, 1983*) – a *Rába-vonal* tölti be, amely a pennini, alsó-keletalpi és felső-keletalpi egységeket elválasztja az alpi metamorfózist nem szenvedett és nem tartós szerkezetű déli vergenciájú Dunántúli-középhegységtől. A szűkebb értelemben vett *Periadriatikus lineamens* pedig a *Balaton-vonalban* folytatódik. *Kovács (1983)* szerint valószínű, hogy a Karavanka lineamensben 3–5 km-re szélesedő tektonikai zóna KÉK-felé még inkább kiszélesedik (*1. ábra*) és ilyen értelemben ír egy *Gailvölgy – Balaton-lineamens*ről, vagy keskeny övről. Feltételezi, hogy a periadriatikus magmatitok 800 km-es láncolata folytatódik a hosszan elnyúló, keskeny balaton – velencei késővariszkuszi gránitömbben, valamint a hahót – pusztaszentlászlói, velencei és recski paleogén andezitekben.

Éppen a fent említett késő-variszkuszi gránit intruziók kora utal arra, hogy a Periadriatikus lineamens vagy előfutára már abban az időben aktív volt és az alpi tektogenezis folyamán megújult.

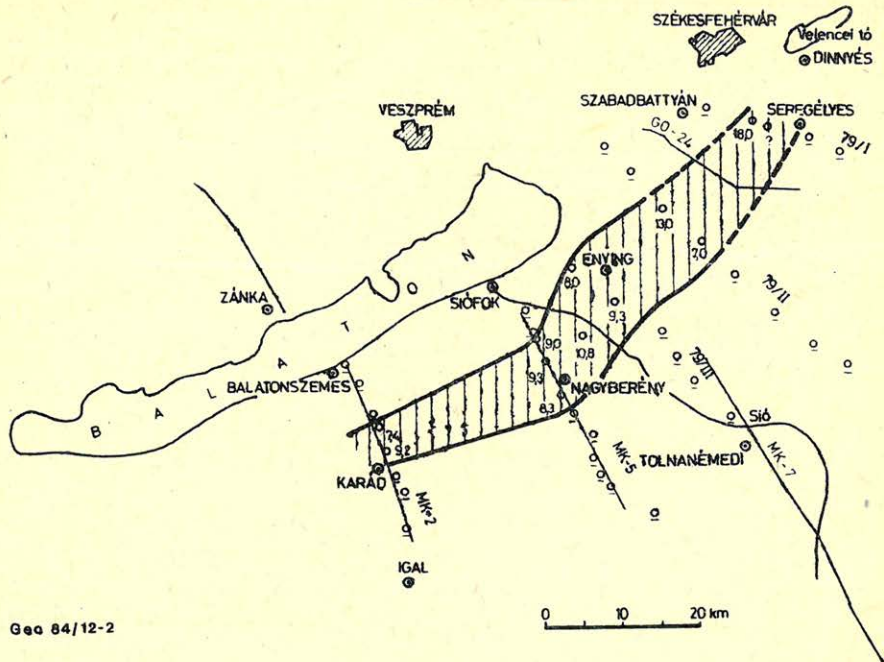
### A geofizikai kutatás alapja

A Periadriatikus-vonal mentén lejátszódott jelentős horizontális és vertikális mozgások, amelynek mértékéről még vitatkoznak, nagymérvű elvonszolódási szerkezeteket hoztak létre. Ezek hatásának a fizikai paraméterekben is meg



1. ábra. Az Alpok geológiai és tektonikai egységeinek térképe Frey et al. (1974) szerint  
 Рус. 1. Карта геологических и тектонических единиц Альп по Фрею и др. (1974г)

Fig. 1. Geological and tectonic map of the Alps according to Frey et al. (1979)



Geo 84/12-2

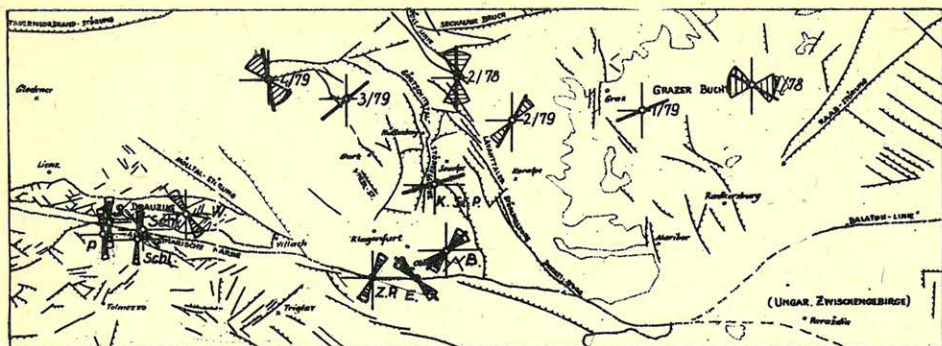
2. ábra. A Balaton-vonal mentén mért vezetőképesség-anomália mélységértékei Varga (1979) szerint  
 Рис. 2. Значения глубин аномалии проводимости вдоль линии Балатон (Варга, 1979г.)  
 Fig. 2. Depth values of the conductivity anomaly measured along the Balaton line according to Varga (1979)

kell nyilvánulnia, tehát a tektonikai zóna geofizikai módszerekkel is követhető és mélybeni szerkezetére és az abban lejátszódó fizikai folyamatokra is következtethetünk.

E feltevésünket igazolta a *Balaton vonal* egy rövid szakaszán végzett magnetotellurikus kutatás is. Ennek révén a MÁELGI a Balaton-vonalhoz kapcsolódóan egy keskeny kb. 10 km széles vezetőképesség-anomáliát mutatott ki a földkéregben átlagosan 10 km mélységben (L. 2. ábrát Varga (1979) szerint). Az ábrán látható nagy mélységértékek ( $\geq 13$  km) feltehetően a szerkezet oldalhatásának a következményeként jelentkeznek. (L. a továbbiakban az értelmezés alapját képező 2 - D modellt.)

### Mérés és adatfeldolgozás

A magnetotellurikus és tellurikus méréspontok helyét a Gailvölgyi- és a Karavanka-lineamens mentén a 3. ábra mutatja a Tollmann-féle tektonikai térképen. 3 MT szondázás történt a Karavanka-vonal közelében (Ebriach, Blasnitzen és Zell Pfarre) és egy vonatkozási pontot mértünk be attól északra kb. 40 km-re Klein St. Paulnál. A Gail-völgyben 2 MT szondázást végeztünk (Schlanitzen és Sittmoos) egy-egy tellurikus szatellit ponttal (Schimanberg és Plöckenhaus). A vonatkozási pont itt Weissensee volt kb. 10 km-re a Gail-völgytől, de a DAV-tól délre.



3. ábra. Tollmann tektonikai térképe a Keleti Alpokról és a magnetotellurikus impedancia maximumának iránya ( $Z_{xy\max}$ ) periódikus ( $T$ ) szerinti változásával együtt

Рис. 3. Тектоническая карта Восточных Альп Толлмана совместно с изменением в зависимости от периода ( $T$ ) направления максимума магнитотеллурической жесткости ( $Z_{xy\max}$ )

Fig. 3. Tollmann's tectonic map of the Eastern Alps and the directions of maxima of the magnetotelluric impedances ( $Z_{xy\max}$ ) together with its change in dependence on the period ( $T$ )

A magnetotellurikus műszer tellurikus és mágneses érzékelőkből és egy analóg 4 csatornás regisztrálóból állt. A fotopapír továbbítási sebessége nappal 2 cm/perc, éjjel pedig 6 mm/perc volt. Az elektromos csatornák minimális skáláértéke  $10 \mu V/mm$ , míg az MTV – 2 mágneses variométerké  $0.02 nT/mm$  volt. A mérőrendszer  $T = 15$  sec-os változásoktól lineáris átvitelt biztosít. Az analóg regisztrálás lehetővé teszi, hogy vizuálisan a legzavartalanabb szakaszokat választhassuk ki feldolgozás céljából a regisztrátumokból, amelyeket azután digitalizálunk.

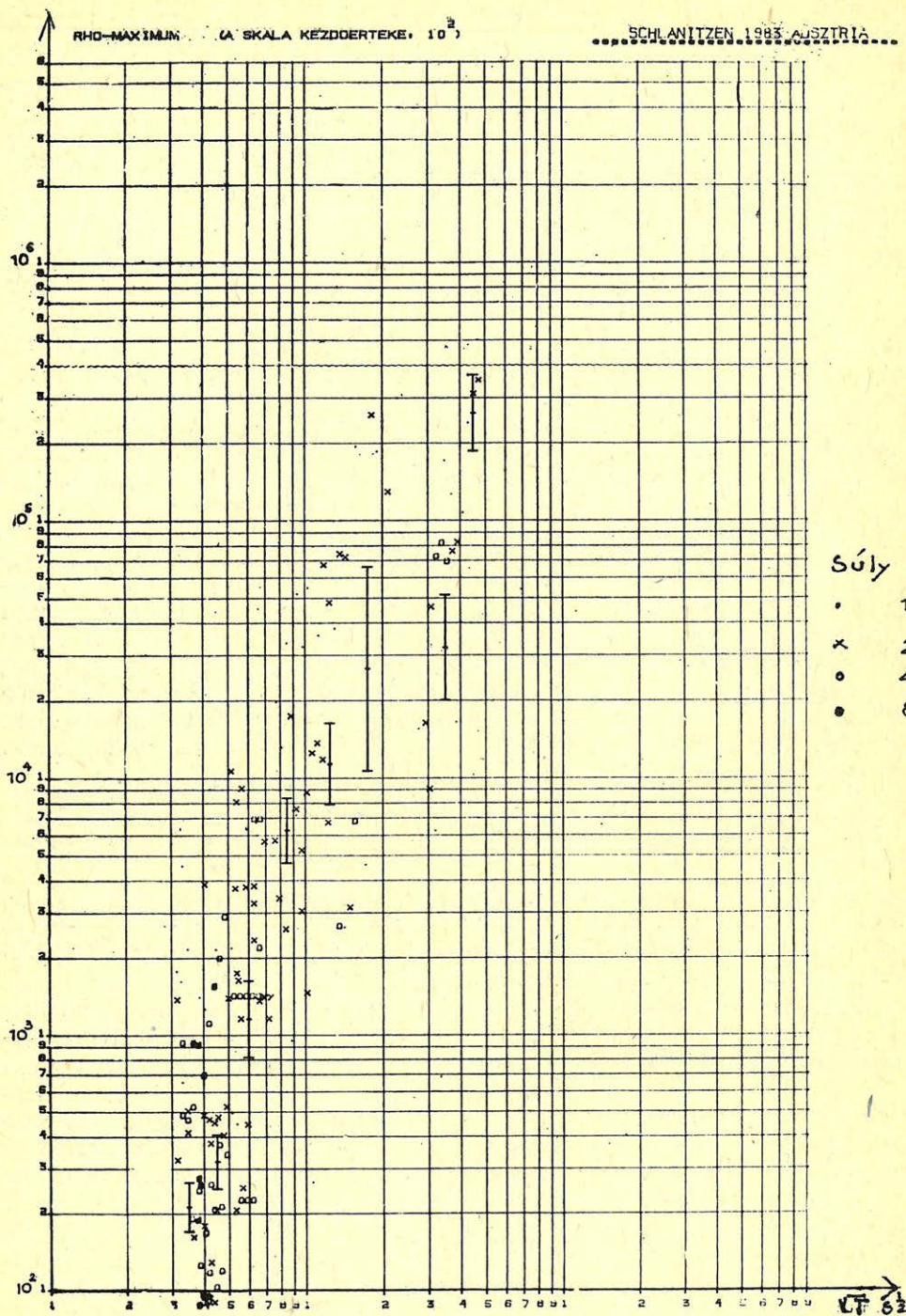
A magnetotellurikus program szigorú koherenciafeltételekkel –  $Coh(E_x H_y)$  és  $Coh(E_y H_z) \geq 0.9$  – tovább szűkíti a felhasználható elektromágneses változások körét.

A HP 2100 számítógépen futtatott program kimenetén az impedancia polárdiagramok, a fajlagos ellenállás ( $\rho$ ) súlyozott szélső értékei jelennek meg fázisukkal ( $\varphi$ ) és irányukkal együtt.  $\rho$  és  $\varphi$  adatokból középértékeket számítottunk szórással együtt a periódus függvényében.

A tellurikus és a bázisukat képező magnetotellurikus pontokon egyidejűleg regisztráltunk. Szűrt amplitúdókból abszolút ellipsziseket és ezekből relatív ellipsziseket számoltunk (lásd  $[T]$  mátrixot a Függelékben), amelyek a két pont geoelektromos szerkezetének kapcsolatát jellemzik. A relatív ellipszisek paraméterei lehetőséget adnak – a „bázis” MT impedanciakomponenseinek ismeretében ( $[Z^B]$ ) – a „mozgó” tellurikus pont MT impedancia  $[Z^M]$  polárdiagramjainak meghatározására is, ha feltételezzük, hogy a bázis és a mozgó pont mágneses térváltozása megegyezik.

$$[Z^M] = [T][Z^B]$$

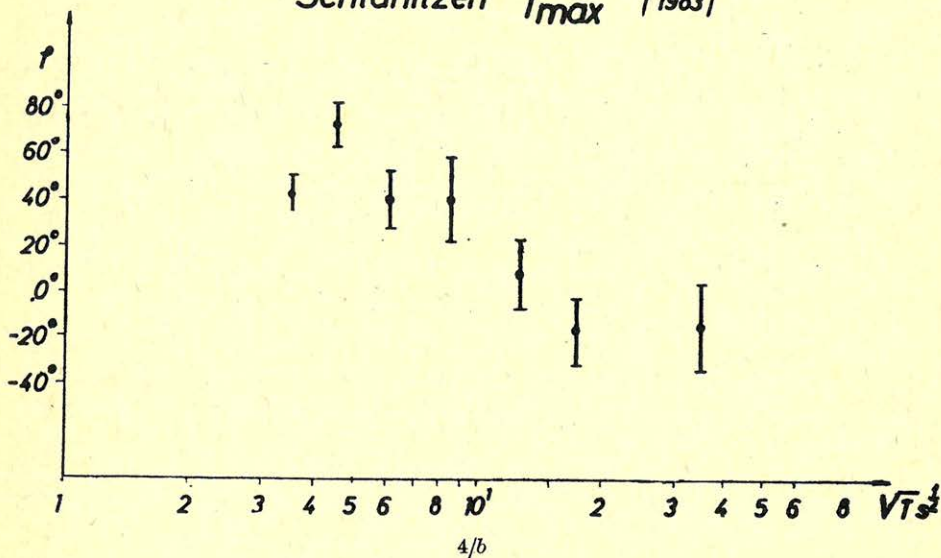
$$\text{ha } H^B = H^M.$$



Súly

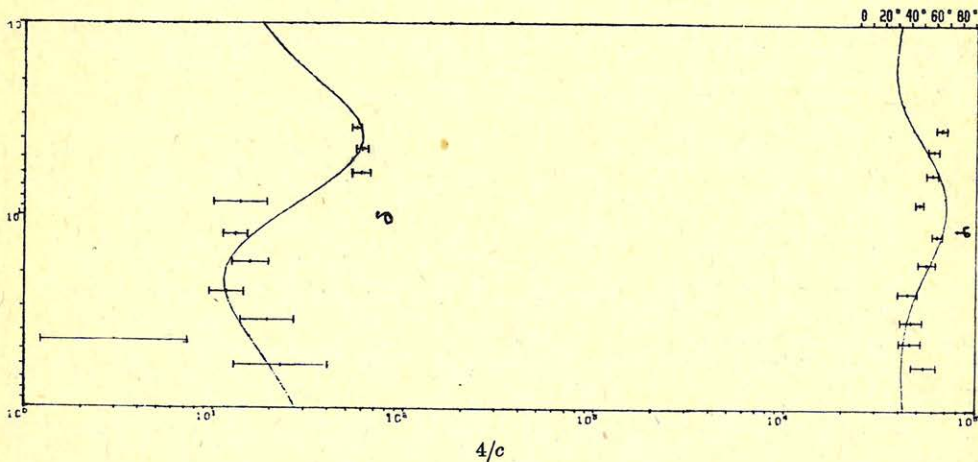
- 1
- x 2
- ◻ 4
- ◉ 8

# Schlanitzen $\gamma_{max}$ /1983/



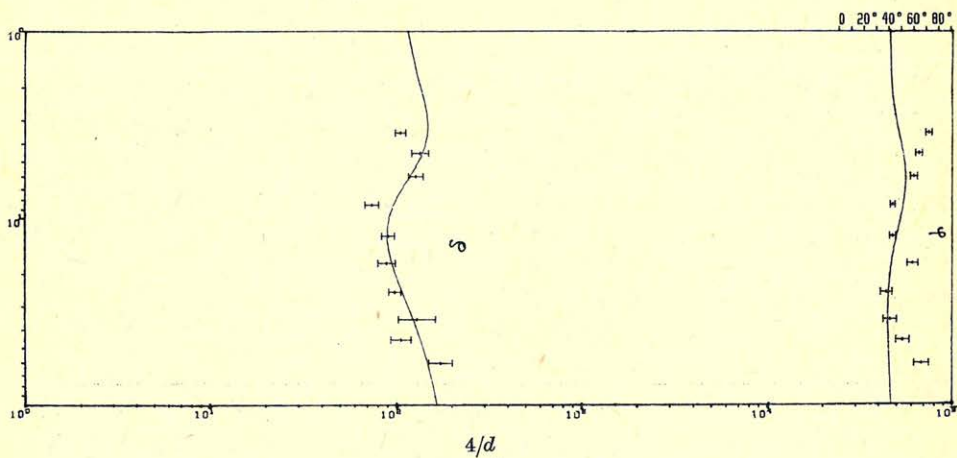
## ZELL-PFARRE RO-MIN

NR= 4 H 0000: 1.20 14.00 4.50 10000.  
 RD: 15.0 100.0 1.8 50.0



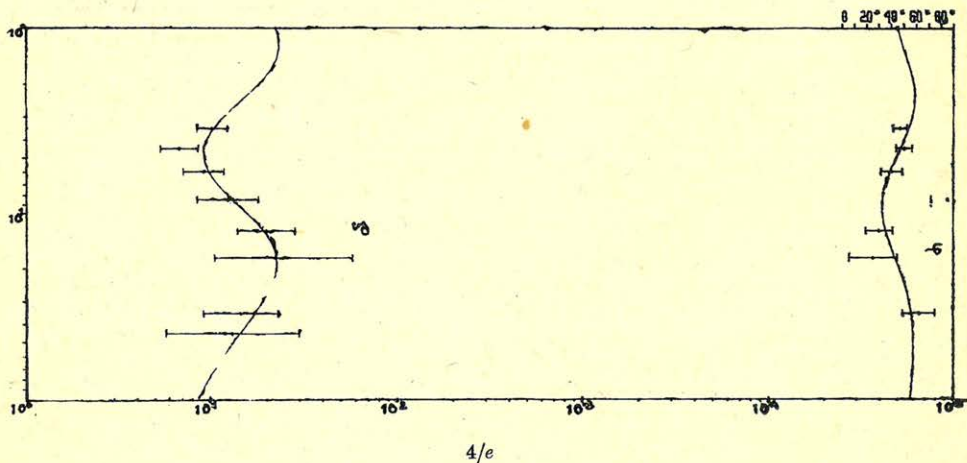
ZELL-PFARRE RO-MAX

NR= 4 H(KM): 1.00 20.00 20.00 10000.  
 RD: 80.0 150.0 50.0 200.0



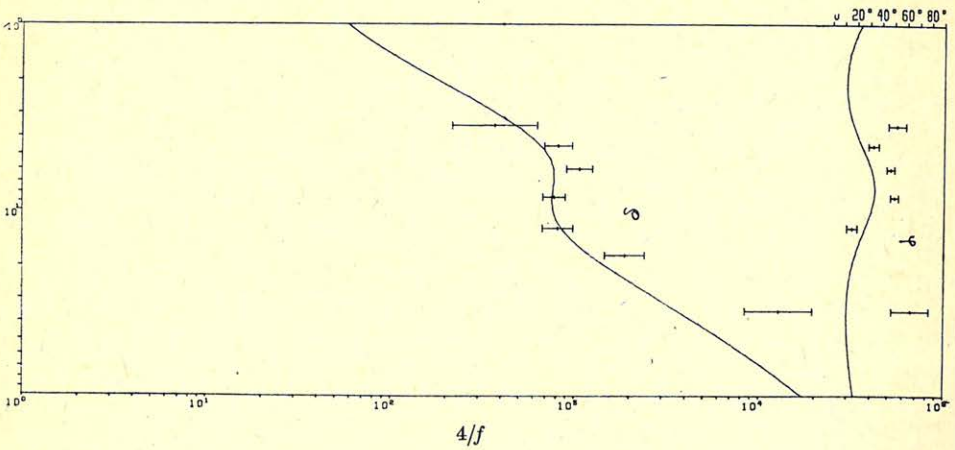
SCHLANITZEN RU-MIN

NR= 4 H(KM): 3.50 1.10 35.00 10000.  
 RD: 20.0 2.0 60.0 5.0



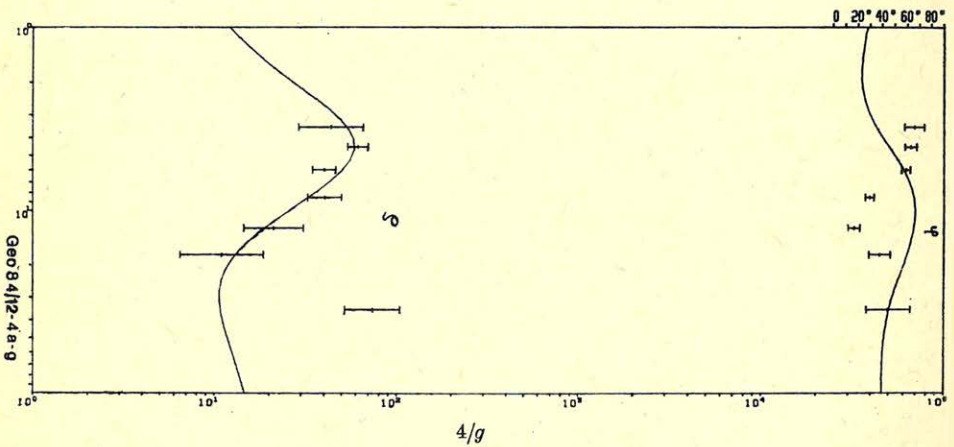
# SITTMODS RO-MAX

NR= 4 H KM: 2.80 100.00 12.00 10000.  
 RD: 55.0 10000. + 100.0 100000



# SITTMODS RO-MIN

NR= 4 H KM: 1.00 16.00 4.00 10000.  
 RD: 10.0 120.0 1.5 20.0



4. ábra. A mért fajlagos ellenállás ( $\rho$ ) és fázis ( $\varphi$ ) értékek a periódus függvényében középhibájukkal és a hozzájuk illesztett 1-D-os rétegmodellnek megfelelő görbék. (Kivételt képeznek Schlanitzner erősen torzult adatai, amelyekhez nem tudtunk 1-D modellt illeszteni.)

Рис. 4. Значения измеренного удельного сопротивления ( $\rho$ ) и фазы ( $\varphi$ ) в зависимости от периода совместно с их средними ошибками и совмещенными с ними кривыми 1-D слоистых моделей. (Исключение составляют сильно искаженные данные Шланитцера, которые не аппроксимируемы моделью 1-D)

Fig. 4. The measured resistivity ( $\rho$ ) and phase ( $\alpha$ ) values as function of the period with their standard deviation and the curves of 1-D layer models fitted to them (with except of Schlanitzner where n 1-D model could have been fitted to the strongly distorted data)



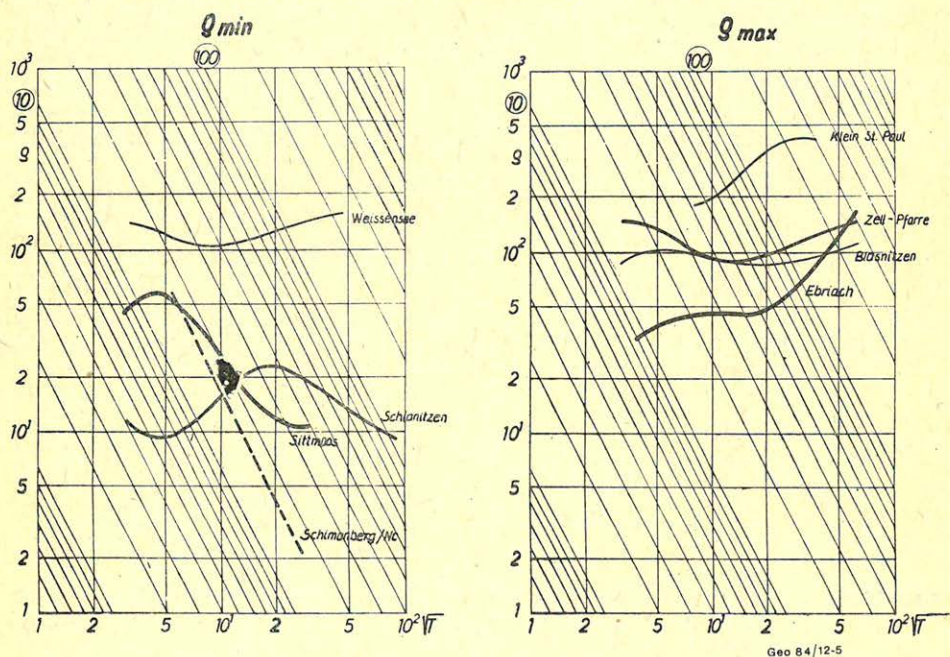
A MTSZ pontok  $\rho$  és  $\varphi$  szondázási görbéit a 4. ábrán mutatjuk be Schlanitz-  
nen kívül mindkét területről  $I - I$  pontra (Zell Pfarre- és Sittmoos-ra). A fajlagos  
ellenállás és a fázisgörbék együttes értelmezése egy  $I - D$  inverziós eljárással, pl.  
a Fischer et al.-féle programmal (1981) általában nem vezet célhoz. Ennek oka  
nyilvánvaló: ilyen erősen tektonizált szerkezeteknél kedvező esetben is legfeljebb  
 $2 - D$  modellel közelíthetők a geoelektromos adatok.

$I - D$  elméleti modellszámítással ezért első lépésként csak a  $\rho_{\min}$  és  $\rho_{\max}$   
értékekhez legjobban illeszkedő modelleket határoztuk meg. A  $\rho$  és  $\varphi$  adatok  
között e modelleknek megfelelő szondázási görbéket ábráztunk. A  $\varphi$  görbéknél  
jelentkező eltérés az inhomogenitás mértékének tekinthető. Táblázatba foglaltuk  
a kéreg jólvezető rétegének mélységét és horizontális vezetőképességét.

A Gail-völgyben és a Karavanka-vonalon kapott görbéket egy-egy ábrán  
összefoglalóan is bemutatjuk a referencia pontok görbéivel együtt a kapcsolatok  
szemléltetése végett (5. és 6. ábra).

A Tollmann-féle tektonikai térképen (L. 3. ábrát) az impedancia maximum  
( $Z_{xy\max}$ ) irányát is ábráztuk.

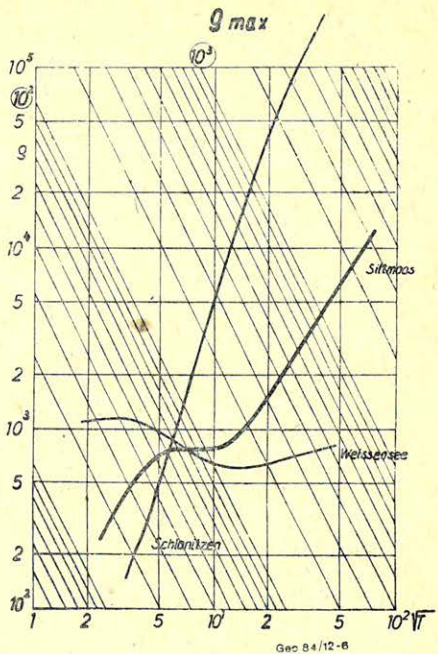
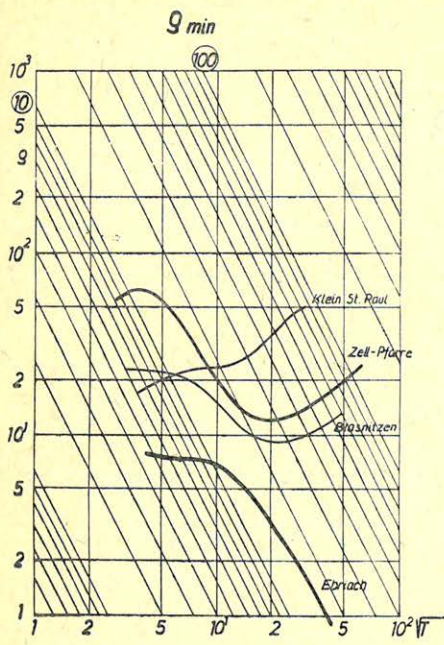
Plöckenhaus-ban csak erős zajimpulzusokat tudtunk feldolgozni, amelyek  
a természetes tellurikus jeleket elnyomták. A zajimpulzusokból számított abszo-



5. ábra.  $\rho_{\min}$  és  $\rho_{\max}$  görbék a Karavanka-lineamens területéről és egy távoli referenciapontról  
(Klein St. Paul)

Рис. 5. Кривые  $\rho_{\min}$  и  $\rho_{\max}$  с площади Караванка и с опорной удаленной точки (Клейн  
Св. Пауль)

Fig. 5.  $\rho_{\min}$  and  $\rho_{\max}$  curves of the Karavanka lineament area and of the distant reference point  
Klein St. Paul



6. ábra.  $q_{min}$  és  $q_{max}$  görbék a Gail-völgy területéről és egy távoli referenciaponttól (Weissensee)  
 Puc. 6. Кривые  $q_{min}$  и  $q_{max}$  с площади долины Гайл и удаленной опорной точки (Вейсензе)

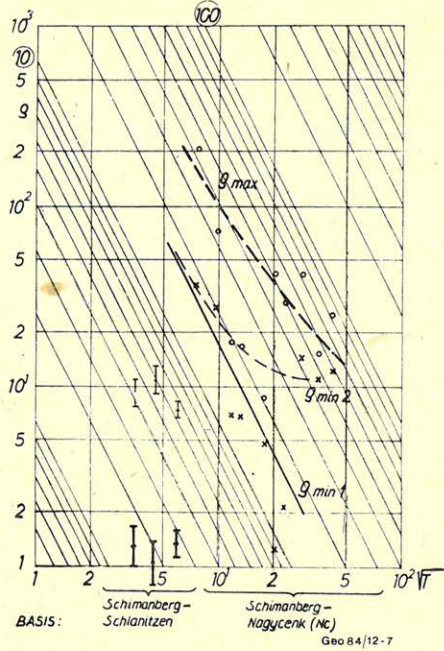
Fig. 6.  $q_{min}$  and  $q_{max}$  curves from the area of the Gail Valley and of the distant reference point Weissensee.

lút ellipszisek nagytengelyének irányát szintén feltüntettük a 3. ábrán. Ez a periódus függvényében csak néhány fokot változik.

Schimanberg esetében először a bázist képviselő Schlanitzen mágneses regisztrátumával számoltunk MT adatokat. Utána a Nagycenk (Nc) melletti obszervatóriumra vonatkozóan határoztuk meg a relatív ellipszisét és ezzel az obszervatórium MT impedanciájából a schimanbergi magnetotellurikus  $q_{min}$  és  $q_{max}$  értékeket. E kétféle úton nyert szondázási görbepárok egymástól jelentősen eltérnek (7. ábra), ami az obszervatórium és Schlanitzen mágneses térváltozásainak különbségéből származik. Kérdéses, hogy ezek közül melyik egyezik meg Schimanberg mágneses térváltozásaiival. Megállapítható a 6a. ábra szerint, hogy a nagycenki mágneses térváltozásokkal számított  $q_{min}$  görbe jól megközelíti a lineamens több pontján, így Sittmoosban mért  $q_{min}$  görbét. Ez a Nc adatok használatát igazolja.

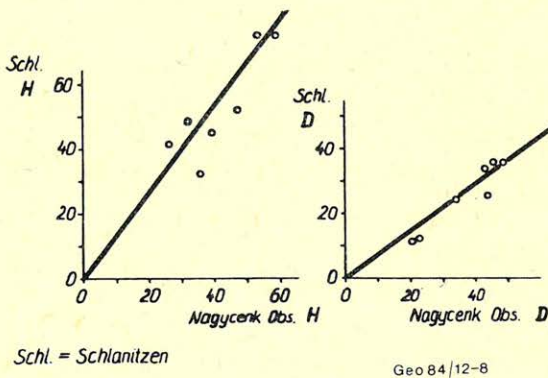
Schlanitzenben az elektromos inhomogenitás hatására a horizontális mágneses komponensekben eltérő előjellel kb. 30%-os változás van az obszervatóriumhoz viszonyítva (8. ábra). Schlanitzeni pont sajátos jellegére utal még a  $q_{max}$  görbének a megengedett  $+62,5^\circ$ -nál meredekebb emelkedése és a rendkívüli,  $10^5 \Omega$  m-nél nagyobb fajlagos ellenállás értékek, valamint  $q_{min}$  és  $q_{max}$  értékek nagy különbségében kifejezésre jutó, periódussal együtt növekvő anizotrópia (L. 4. ábrán).

Schimanberg



7. ábra. Schimanberg MT adatai Nagycenk és Schlanitzen mágneses térváltozásaival számítva  
Рис. 7. Данные MT Шиманберга, вычисленные по изменению магнитного поля Надыценка и Шланитцена

Fig. 8. MT data of Schimanberg as calculated with the magnetic field variations in Schlanitzen and in Nagycenk



8. ábra. Schlanitzen és Nagycenk mágneses H és D térváltozásainak összehasonlítása

Рис. 8. Сравнение изменения магнитного поля H и D в Надыценке и Шланитцене

Fig. 8. Comparison of the magnetic field variations of H and D in Schlanitzen and in Nagycenk

Több tanulmányunkban a keskeny törésez zónákba ágyazott jólvezető kéreganomáliákat jólvezető dyke-okra (keskeny rétegekre?) *Tátrallyay (1977)* FDM-el levezetett modellgörbéivel értelmeztük (*Ádám, 1981; Ádám et al. 1981*). A dyke szélessége a Tátrallyay-modellben 10 km. Amint a Periadriatikus vonalról *Kovács (1983)* írta, a Karavankákban a zóna 3–5 km-re szélesedik, tehát más szakaszán keskenyebb lehet. A Balaton-vonal mentén észlelt vezetőképesség-anomália szélessége nem haladja meg a 10 km-t. Ezért e dyke-modell alkalmazása a Periadriatikus vonal mentén mért erősen anizotróp magnetotellurikus szondázási görbék értelmezésénél is indokolt. A keskeny dyke modell esetében a jólvezető test mélységére és horizontális vezetőképességére a megbízhatóbb információt a csapásirányú, azaz E polarizációs  $\rho_{\min}$  görbék adják. E polarizációnál a felszíni üledék vastagságának változásából adódó S-hatás is kisebb. A  $\rho_{\max}$  görbékét, amint azt a  $Z_{xy\max}$  irányítottága esetünkben is egyértelműen mutatja (*L. a 3. ábrán*), a lineamensre merőleges irányban mérjük. A dyke-tól távolodva, az oldalhatás (indukciós hatás) következtében, a jólvezető test látszólagos elmélyülése és horizontális vezetőképességének csökkentése mutatkozik.

A Karavanka-lineamensnél a Klein St. Paul-i, a Gailvölgyi lineamensnél pedig Weissensee-i MTSZ határozottan jelzi mind a szondázási görbék eltérő jellegével, mind az oldalhatásból származó látszólagos jólvezető réteg növekvő mélységével és csökkenő S értékével, hogy e vonatkozási pontok a tektonikai zónán kívül fekszenek.

Említettük már a *schlanitzeni*  $\rho_{\max}$  görbe nagy meredekségét és igen nagy  $\rho$  értékeit, valamint a periódussal növekvő anizotrópiát. E sajátosságok a modellkísérleteink (*Ádám et al., 1983*) és modellszámítások szerint is (*L. pl. Praus, 1976*) közvetlenül az ellenálláskontrasztok mellett alakulnak ki a H polarizációs szondázási görbéken a töltések hatására.

Az *1. táblázat* adatai szerint a Karavanka lineamensben a jólvezető réteg 12–15 km mélyen fekszik és horizontális vezetőképessége Ebriachban a legnagyobb. (Közelítő érték szerint  $S \geq 50\,000 \Omega^{-1}$ ). A Gailvölgyi lineamensben a jólvezető képződmény valamivel mélyebben van (16–17 km). E mélységértékeket összehasonlíthatjuk a kéreganomáliának a lavanttali törésekben, valamint a Dunántúlon mért mélységével. Mind a Lavanttalban (*Ádám et al., 1981*), mind a Dunántúlon (*Ádám, 1981*) 6–10 km-es mélységet határoztunk meg. (Lásd a *2. ábrán* a MÁELGI adatát is a Balaton törésre vonatkozóan.) A különböző területeken észlelt mélységek különbsége levezethető az eltérő hőáramokból. Ismeretes, hogy a Lavanttalban és a Dunántúlon a hőáram értéke eléri a  $100 \text{ mWm}^{-2}$ -es értéket, míg a Periadriatikus-vonal mentén a *Čermák* és *Hurtig-féle* hőáramtérkép (*1979*) ennél kb.  $30-40 \text{ mWm}^{-2}$ -el kisebb értékeket ad meg. Ha törések pórusaiban és repedéseiben nagy sótartalmú oldatok vezetéseinek tulajdonítjuk a kéreganomália kialakulását, akkor az oldatok maximális vezetőképességét  $300^\circ$ -os izoterma mélységében várhatjuk *Quist et al. (1970)* vizsgálatai szerint.  $300^\circ \text{C}$  a Dunántúli anomália esetében, a legmélyebb fúrásokban végzett hőmérsékletmérésekből következtetve, éppen a kéreganomália mélységében valószínűsíthető. Minthogy a Periadriatikus lineamensben a  $300^\circ \text{C}$ -os izoterma – a felszíni hőáramból következtetve – mélyebben helyezkedik el, a kéreganomália itt észlelt nagyobb mélysége valószínű érték. Mind a hőáramból, mind a vezetőképesség-eloszlásból feltételezhetjük, hogy a periadriatikus zóna egy idősebb tektonikai képződményt képvisel, mint a Dunántúl törései, vagy a

Lavanttal közismerten ma is szeizmikusan aktív zónája, amely mentén a Periadriatikus lineamens el is tolódik.

A Periadriatikus vonal mentén végzett MT kutatások tehát igazolják a MTSZ-módszer használhatóságát jelentős tektonikai zónák követésére és fizikai állapotának vizsgálatára még az Alpok erős felszíni tagoltsága mellett is.

\* \* \*

A szerzők köszönettel tartoznak az Osztrák és a Magyar Tudományos Akadémiának a mérésekhez nyújtott elvi és anyagi támogatásért, továbbá munkatársainknak, elsősorban Szendrői Juditnak a nagymennyiségű gépi számítás gondos elvégzéséért.

1. Táblázat – Таблица – Table

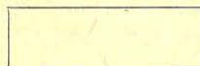
A jólvezető formáció mélysége (h) és S értéke PERIADRIATIKUS-lineamensben

I. Karavanka-vonal

II. Gailvölgyi-vonal

| Pont   | $\epsilon_{\min}$ | MTSz-görbe alapján |       |                  | $\epsilon_{\max}$ |
|--|-------------------|--------------------|-------|------------------|-------------------|
|  | h(km)             | $S(\Omega^{-1})$   | h(km) | $S(\Omega^{-1})$ |                   |
| I. Ebriach .....   | 12,5              | > 50 000 ?         | 17    | 875              |                   |
| Blasnitzen .....   | 13,0              | 2700 – 3000        | 30    | 430              |                   |
| Zell Pfarre .....  | 15,3              | 25000              | 21    | 400              |                   |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Klein St. Paul</div> | 18,2              | 525                | 20    | 257              |                   |
| II. Sittmoos .....   | 17                | > 2650 ?           | 103   | 120              |                   |
| Schimanberg* .....   | 16                | ?                  | 40    | ?                |                   |
| Schlanitzen .....  | 3,5               | 550                | –     | –                |                   |
|  | 39,6              | ?                  |       |                  |                   |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Weissensee</div>     | 21                | 200                | 55    | 150              |                   |

Jelmagyarázat:



feltehetően csak oldalhatás a lineamensen kívül!

\* TT alapján számítva

? jólvezető aljzatként jelentkezik a meghatározott MTSz szakaszon

#### IRODALOM

- Ádám A., 1981: Statistische Zusammenhänge zwischen elektrischer Leitfähigkeitsverteilung und Bruchtektonik in Transdanubien (Westungarn). Acta Geod. Geophys. Mont. Hung., 16, 97 – 113.
- Ádám A. – Márcz F. – Verő J. – Wallner Á., 1981: Magnetotelluric Sounding in the Transitional Zone Between the Eastern Alps and Pannonian Basin. J. Geophys., 50, 37 – 44.
- Ádám A. – Szarka L. – Varga M., 1983: Physical and mathematical modelling of crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. Acta Geod. Geophys. Mont. Hung., 18, 467 – 488.
- Ahrend H., 1980: Die Bedeutung der Insubrischen Linie für den tektonischen Bau der Alpen. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 160, 3, 336 – 362, Stuttgart.
- Čermák V. – Hurting E., 1979: Heat flow map of Europe. Enclosure for Terrestrial Heat Flow in Europe. Ed. by V.Čermák, L. Rybach. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg.

- Fischer G. – Schmegg, P. A. – Peguiron M. – Le Quang, B. V., 1981: An analytic one-dimensional magnetotelluric inversion scheme. Geophys. J. R. astr. Soc., 67, 257–278.
- Frey M. et al. 1974: Alpine Metamorphism of the Alps. A Review Schweiz. minipetr. Mitt., 54, 2–3, 247–290, Zürich.
- Kovács S., 1983: Az Alpok nagyszerkezeti áttekintése. Általános Földtani Szemle, 18, 77–155, Budapest.
- Praus O., 1976: Numerical solutions of the MT field in inhomogeneous structures. In: A. Ádám (ed) Geoelectric and Geothermal Studies. KAPG Geophys. Monograph, Akadémiai Kiadó, Budapest, 231–245.
- Quist A. S. – Marshal W. L. – Franck E. U. – v. Osten M., 1970: A reference solution for electrical conductance measurements to 300 C° and 12 000 bars. Aquaeous 0.01 demal potassium chloride. J. Phys. Chem. 74, 2241–2243.
- 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, 279–285.
- Varga G., 1979: Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. I. Jelentés az 1979. évi tellurikus és magnetotellurikus mérésekről. MÁELGI Kézirat.
- Verő J., 1960: Die Bestimmung der tellurischen Stations-ellipsen. Ger. Beitr. z. Geophys. 69 (4), 257–268.

### Függelék

A földmágneses és tellurikus abszolút ellipsziseket használhatjuk arra, hogy transzformáljuk a mágneses és tellurikus értékeket egyik pontról a másikra, hogy az utóbbi esetében meghatározzuk a MTSz görbét (vagy számítsuk a földmágneses tér torzulását). Alapul az egyidejű szűrt komplex földmágneses és tellurikus tér szolgál a két (vagy több) állomáson. A négyzet, vagy szorzatösszegek reális és imaginárius része a két ponton

$$\begin{aligned} X^r2 + X^i2 &= X^2; & Y^r2 + Y^i2 &= Y^2 \\ X^r Y^r + X^i Y^i &= XY \end{aligned} \quad (1)$$

lehetővé teszi a földmágneses vagy tellurikus abszolút ellipszis meghatározását. (Az  $U$  és  $Y$  értékeket, azaz az északi és keleti komponenseket a szűrt jel közelítőleg egy periódusnyi idő távolságában mintavételezzük.)

Az abszolút ellipszis adatai Verő (1960) szerint

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2XY}{X^2 - Y^2} \quad (2)$$

$$A, B = \sqrt{\frac{X^2 + Y^2 \pm \sqrt{(X^2 - Y^2)^2 + 4(XY)^2}}{n}} \quad (3)$$

Itt  $\alpha$  az abszolút ellipszis nagy tengelyének az iránya,  $A$  és  $B$  a nagy és kis tengely hossza,  $n$  az adatszám.

A tenzor komponensei, amelyek egy ideális körpolarizált hullámot a mért értékbe transzformálnak:

$$\begin{aligned} a &= A \cos^2\alpha + B \sin^2\alpha \\ d &= A \sin^2\alpha + B \cos^2\alpha \end{aligned} \quad (4)$$

$$b = c = 0,5(A - B) \sin 2\alpha$$

Ezekben a képletekben feltételezzük, hogy torzulás csak a nagy és kis tengely irányában történik, azaz a fenti tenzor szimmetrikus. Így a pillanatnyi állomás ellipszis a bázison ( $o$ ) és a mozgó (index nélküli) állomáson a következő alakú, ha a körpolarizált tér komponenseit  $x$  és  $y$ -al jelöljük:

$$\begin{aligned} X &= a \cdot x + b \cdot y & X_0 &= a_0 \cdot x + b_0 \cdot y \\ Y &= b \cdot x + d \cdot y & Y_0 &= b_0 \cdot x + d_0 \cdot y \end{aligned} \quad (5)$$

Eliminálva  $x$  és  $y$  értéket az egyenletből, megkapjuk a relatív ellipszist a bázis és a mozgó állomás között:

$$\begin{aligned} X &= a_R \cdot X_0 + b_R \cdot Y_0 \\ Y &= c_R \cdot X_0 + d_R \cdot Y_0 \end{aligned} \quad (6)$$

ahol a relatív ellipszist képviselő  $[T]$  mátrix elemei:

$$\begin{aligned} a_R &= (a \cdot d_0 - b \cdot b_0) \cdot 1/t_0 \\ b_R &= (b \cdot a_0 - a \cdot b_0) \cdot 1/t_0 \\ c_R &= (b \cdot d_0 - d \cdot b_0) \cdot 1/t_0 \\ d_R &= (d \cdot a_0 - b \cdot b_0) \cdot 1/t_0 \\ t_0 &= a_0 \cdot d_0 - b_0^2 \end{aligned} \quad (7)$$

$$(8)$$

A (6) egyenlettel a földmágneses vagy tellurikus változásokat egy másik (vagy több) pont változásává lehet transzformálni. A momentán abszolút ellipsziseket felhasználhatjuk vagy MT, vagy földmágneses szondázás céljaira is.

A fenti transzformálási eljárással szigorúan egyidejű adatok biztosítása elkerülhető és az eredeti MT adatfeldolgozási program használható az (1)–(8) egyenleteket tartalmazó szubrutinnal.