A tellurikus és magnetotellurikus mérések szerepe a Dunántúl földtani megismerésében*

*NEMESI LÁSZLÓ** – HOBOT JÓZSEF** – VARGA GÉZA***

A magyarországi medenceterületek áttekintő 1 : 200 000-es méretaránynak megfelelő geoelektromos kutatása – a szeizmikus és gravitációs mérésekhez képest megkésve – lényegében a 60-as évek elején kezdődött és a 70-es évek végére majdnem megszűnt, pedig a kutatható területeknek alig több, mint 50%-áról készültek el a térképek. (1. ábra)

Néhány dunántúli példán szeretnénk bemutatni, hogy e mérések eredményeinek a gravitációs és szeizmikus eredményekkel való összevetéséből olyan fontos földtani információkat szerezhetünk, amelyeket önállóan egyetlen módszer sem produkál. Ezért úgy gondoljuk, hogy célszerű lenne befejezni az ország áttekintő tellurikus-magnetotellurikus kutatását, mert a többi módszerrel együtt a korszerű, részletező szeizmikus, elektromágneses módszereknek nélkülözhetetlen alapját is képezik e mérések. E kutatások költségigénye a javasolt formában elenyésző a mai szeizmikus és elektromágneses költségekhez képest.

Рекогносцировочная (соответствующая масштабу 1:200 000) съемка электроразведочным методом бассейновых районов Венгрии началась в начале 60-х годов (с опозданием по, сравнению с сейсмо- и гравиразведкой) и почти полностью прекратилась к концу 70-х годов хотя карты были составлены по чуть не больше, чем 50% разведываемых районов (Рис. 1).

На некоторых примерах, взятых из Задунайского края, сделана попытка показать, что сопоставление данных электроразведки с результатами гравиметрии и сейсморазведки дает важные геологические информации, которые не могут быть доставлены никаким единстбенным методом в отдельности. Поэтому считается целесообразным завершить рекогносцировочную теллурическую и магнитотеллурическую съемку территории ВНР, так как эти работы в сочетании с остальными методами лежат в основу современной детальной сейсмической и электромагнитной разведки. Затраты на эти работы в предложенной Форме являются ничтожными по сравнение со стоимостью сейсмо- и электромагнитной разведки в наши дни.

Geoelectric reconaissance survey (corresponding to a scale of 1 : 200 000) of basin areas in Hungary started at the beginning of the 60-es (with a delay as compared to seismic and gravity measurements) and was almost totally interrupted by the end of the 70-es, though the maps were compiled for hardly more than 50 percent of explorable areas (Fig. 1).

An attempt is made to illustrate by several examples taken from the Transdanubian region of Hungary the importance of geological informations to be obtained from the comparison of geoelectric survey results with those of gravity and seismic measurements, which can not be achived by any single method in itself. Thus the authors suggest that it would be worth while to complete the reconnaissance telluric-magnetotelluric survey of the country's territory, since in combination with the other methods such work forms an indispensable foundation for up-to-date detailed seismic and electromagnetic prospecting. The costs of the suggested survey are minute as compared to expenses involved is seismic and electromagnetic operations of today.

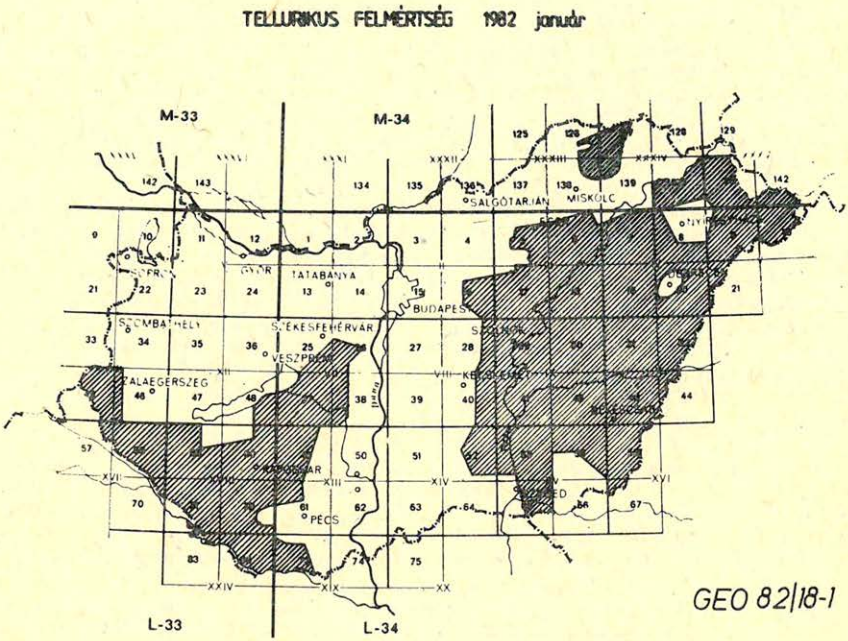
A Dunántúlon az első kísérleti tellurikus *(TE)* mérések az *1950*-es évek elejére, közepére tehetők. Ezeket a N. M. E. Geofizikai Tanszékének jogelődje a B. M. E. Földmérőmérnöki karának Geofizikai tanszéke, majd az MTA GGKI jogelődje, az MTA GKL végezte és az *50*-es évek második felében az ELGI is lemérte első kísérleti szelvényét Sopron – Celldömölk vonalban.

A kvázi-hálózatos áttekintő mérések *1961*-ben kezdődtek, amikor az ELGI tellurikus csoportja Szigetvár környékén kezdte meg rendszeres tevékenységét, ami a Dunántúlon azonban csak *1964*-ig tartott és akkor a kutatások súlypontja

* Elhangzott az MGE 13. Vándorgyűlésén, Nagykanizsán 1982. június 3–4-én
** MÁELGI, Budapest

az Alföldre került. Később az OKGT GKV Elektromos osztálya is megalakult. Első hálózatos méréseit Somogyban és Zalában végezte.

A mérések már *1960*-ban is a máig létező *T – 9* és *T – 14* típusú *Picard* galvanométereket felhasználó fotoregisztráló műszerekkel történtek. A kiértékelés főként a sok szubjektív elemet tartalmazó relatív-ellipszis, egyenes és totális ellipszis módszer elveit felhasználva, kézi eszközökkel történt. Ez a feldolgozási metodika az évek során tökéletesedett, amelynek eredményeként a feldolgozás szubjektív elemei, pl. a totális kiolvasó és HP-kalkulátorok alkalmazásával, lényegesen kisebb szerephez jutottak. A műszerezettséget illetően azonban csak *1981*-ben állt be változás, amikor a *TEM – 80* típusú ELGI fejlesztésű digitális



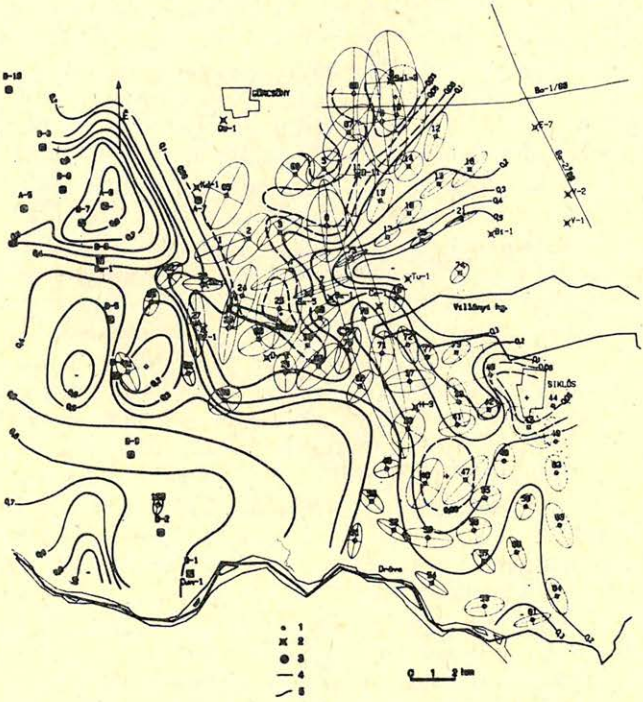
1. ábra. Tellurikus felmértség, 1982. január

Рис. 1. Участки, изучаемые по методу ТТ, январь 1982 г.

Fig. 1. Areas covered by telluric survey, January 1982

műszerekkel végezhettük méréseinket. Ezek a műszerek már szűrőket is tartalmaznak, amelyek segítségével a kutatási mélységnek, a földtani feladatnak megfelelő frekvenciatartományt beállíthatjuk. A mérés közben a műszerbe épített mikroprocesszor pedig a méréssel egyidőben megkezdi a feldolgozást is. Végül *HP – 9845* kisszámítógépen olyan feldolgozási módszereket is alkalmazhatunk, amelyeket egy-két igen munkaigényes és rutinszerűen nem alkalmazott kísérlettől eltekintve eddig csak a korszerű magnetotellurikus mérések nyújthattak (irányfüggő vezetőképesség adatok, földtani modellt leíró anizotrópiaellipszisek térképei stb.) *(2. ábra)*.

Az eddigiekből is érzékelhető, hogy a Dunántúlon eddig végzett tellurikus mérések adatszolgáltatása, megbízhatósága és sajnos mérési pontsűrűsége is erősen heterogén. Ehhez, mint látni fogjuk hozzájön a mérések értelmezésének számos nehézsége. Az Alföldön ugyanis a tellurikus anomáliák oka (statisztikusan legalább *90*%-ban) az üledékes kisellenállású összlet vezetőképességében (annak vastagságában és fajlagos ellenállásában bekövetkező horizontális változásaiban) keresendő. Ugyanez a Dunántúlon csak bizonyos területeken lehet igaz. Elsősorban a nagymélységű medencékben, mint pl. a Kisalföldön vagy a D-Dunántúlon számíthatunk a fiatal üledékes összlet jelentős szerepére a tellurikus anomáliák kialakulásában. Ugyanakkor jelentősek azok a területek, ahol a tellurikus anomáliák oka a harmadkor előtti aljzatban, esetenként lényegesen nagyobb mélységben keresendő. Ilyen információkhoz a gravitációs, szeiz-



GEO 82/18-2

2. ábra. Tellurikus izoarea térkép és anizotrópia ellipszisek a Villányi-hegység térségében
Jelmagyarázat: 1 – tellurikus állomás; *2* – mélyfúrás; *3* – magnetotellurikus állomás; *4* – szeizmikus szelvény; *5* – tellurikus izoarea vonalak

Рис. 2. Изоареальная карта ТТ и эллипсы анизотропии в районе Виланьских гор
Условные обозначения: 1 – станция ТТ, *2* – скважина, *3* – станция МТЗ, *4* – сейсмическая профиль, *5* – ТТ изоареальные линии

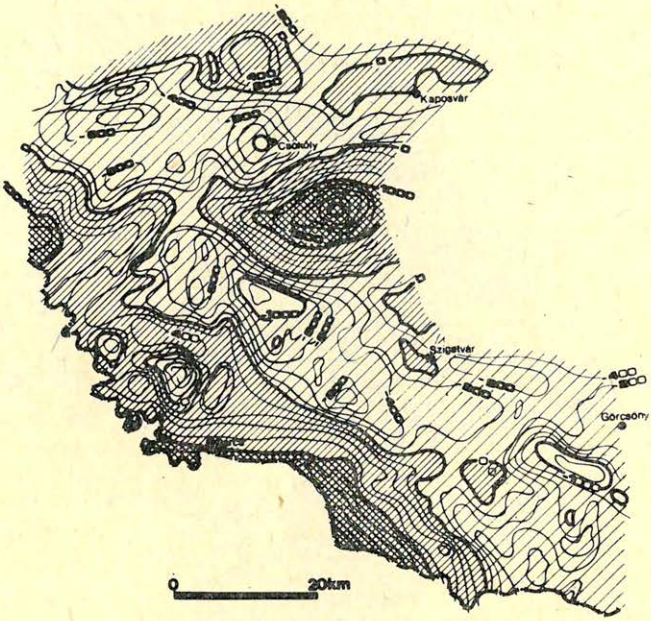
Fig. 2. Telluric isoareal map and anisotropy ellipses in the region of the Villányi mountain
Legend: 1 – telluric station; *2* – deep well; *3* – magnetotelluric station; *4* – seismic profile; *5* – telluric isoareal lines

mikus mérésekkel történő összehasonlítással vagy fúrások tanulmányozásával jutunk. Végül, de nem utolsósorban a magnetotellurikus mérések alapvető jelentőségűek a tellurikus mérések értelmezésében.

A következőkben röviden összefoglaljuk azokat a részben már ismert vizsgálatokat, amelyek a tellurikus anomáliák értelmezését lehetővé teszik a Dunántúlon. Szeretnénk kiemelni azt is, hogy a tellurikus mérések és általában az elektromos módszerek a Dunántúl földtani megismerésében milyen jelentős szerepet játszanak. A legérdekesebb eredmények főként a harmadkor előtti képződmények kutatásában hasznosak és újszerűek, de ezek ma már a közvetlen nyersanyagkutatás feladatai között szereplő konkrét szükségletet is jelentik.

Az első összehasonlító vizsgálatot *1964*-ben *Szénás és társai* végezték el. Megállapították, hogy a D-Dunántúlon a geoelektromos és szeizmikus módszerekkel meghatározott „medencealjzat" mélységében jelentős különbségek vannak (az elektromos mélységtérkép elsősorban a tellurikus mérésekre alapozott). Bizonyos területeken az elektromos „aljzat" mélyebb, máshol a szeizmikus. Ennek oka *1964*-ben még ismeretlen volt, de *Szénás* már akkor kiemelte: „Ez a jelenség azt a fontos elvi következtetést vonja maga után, hogy a két módszer (a szeizmikus és a geoelektromos) egymást teljesen nem helyettesítheti. Együttes alkalmazásukból több földtani információ nyerhető, mint külön-külön bármelyikéből." Ezt a fontos alapelvet sokan nem tették magukévá, sokan elfelejtették. Ami a D-Dunántúli különbségeket illeti, az idők folyamán lemélyült a Felsőszentmárton – 1 fúrás, amelyben az elvégzett karotázs mérések az eltérések egyik okát felderítették: a Dráva-völgy vastag miocén üledékes kőzeteinek és az alsó pannon legaljának fajlagos ellenállása közel egy nagyságrenddel nagyobb, mint a fiatalabb pannon összleté, ezért az *1964*-ben szerkesztett geoelektromos „aljzat" térkép mélységadatai a miocén-tető közelében, a pannon alsó szintjeiben vannak e kritikus területen. A D-Dunántúl szeizmikus-elektromos aljzat-mélység különbségével foglalkozott *Kassai* a *70*-es évek közepén. Tőle származik *3. ábránk:* „A szeizmikus és geoelektromos aljzat mélységének különbség-térképe." A *70*-es évek közepéig lefúrt vagy újraértelmezett fúrások alapján az eltéréseknek egy másik okára is fény derült. Úgy tűnik, hogy a Dráva-völggyel párhuzamosan, ettől É-ra, Bogádmindszent, Darány, Kalmáncsa, Szulok térségében az ópaleozoós aljzat árkában karbon korú üledékek képződtek, amelyek általában viszonylag kis mennyiségben, igen kis ellenállású, magas szénültségi fokú szerves anyagot tartalmaznak. Ezek fajlagos ellenállása a fúrómagokon végzett mérések szerint néhány tized vagy csak néhány század ohm-osak. Ennek következtében a karbon összlet átlagos fajlagos ellenállása a mennyiségileg domináns *60 – 100 ohmm*-os homokkő konglomerátum képződmények ellenére *1 – 10 ohmm*. Ebben a térségben tehát az elektromos aljzat nagyobb mélységére az a magyarázat, hogy a kis átlagellenállású karbon összlet elektromos módszerekkel nem volt elkülöníthető a pannon összlettől, mert elektromos fajlagos átlagellenállásuk sem különbözik. Szeizmikusan viszont a pannon – karbon határ jelentős sebességhatárt képez. Meg kell azonban jegyezni, hogy az elmúlt években mért szeizmikus mérések alapján a karbon tető épp úgy nem áthatolhatatlan „aljzat", mint a Dráva-völgyben végzett korszerű tellurikus-magnetotellurikus mérések számára a miocén tető. Azonban mindkét esetben olyan elsőrendű vezérszintekről van szó, amelyek egyik módszer szempontjából frappáns réteghatár, a másik számára nem az. A komplex kutatás és együttes értelmezés ezért ma sem felesleges, sőt éppen az ilyen összehasonlítások vezethetnek új információhoz, megfelelő értelmezéshez. Itt azonban kerülni kell a sablonokat. Az *3. ábrán* bemutatott geo-

elektromos és szeizmikus különbségeket nem valószínű, hogy egységesen és mechanikusan a térkép minden részleténél úgy értelmezhetnénk, hogy ahol az „elektromos aljzat" mélyebb, ott mindenütt karbon összlet létezésével magyarázható a különbség és ahol a szeizmikus, ott miocénnel. A szeizmikus és magnetotellurikus mérések együttes értelmezése a földtani alapszelvények kutatási programjában általánosak és úgy gondoljuk eredményesek is. De mi most irányítsuk figyelmünket az olcsóbb, bár kvalitatív módszerek összehasonlítására. Az átnézetes gravitációs és földmágneses mérések ugyanis az egész ország területén rendelkezésünkre állnak, a tellurikus mérések jelentős nagyságú területeken ké-



GEO 82/18-3

3. ábra. A szeizmikus és elektromos „aljzat" mélységének különbsége ($H_{sz} - H_{el}$) *Kassai* nyomán

Рис. 3. Расхождения в глубинах залегания сейсмического и электрического «фундамента» ($H_c - H_{эл}$) по *Кашшаи*

Fig. 3. Differences in the depth of the seismic and electric "basement" ($H_s - H_{el}$) after *Kassai*

szültek el, de az utóbbi évtizedben a tellurikus mérési tevékenység különböző okok miatt erősen csökkent. Vizsgáljuk meg tehát milyen összehasonlítást tehetünk a Bouguer-anomália térkép és az ELGI D-dunántúli, mintegy *8,5 ezer km*^{2}-re kiterjedő tellurikus izoarea térképe között *(4. és 5. ábra)*. A két térkép első pillanatra nagyon sok hasonlóságot mutat. Ez lényeges és a tiszántúli tapasztalatoktól határozottan különbözik. Ott ugyanis a tellurikus és Bouguer-anomália térképek általában nem is hasonlítanak és ott a tellurikus kép tükrözi hűebben

az aljzatmorfológiát. Globális magyarázata valószínűleg az, hogy a D-Dunántúl területén a neogén összlet vastagsága lényegesen kisebb, mint az Alföldön általában. Megfigyeléseink szerint a Bouguer-térképek és az aljzatmorfológia korrelációja *2000 m*-nél kisebb aljzatmélységeknél az Alföldön is általában még jó.

4. ábra. Bouguer-anomália térkép
Jelmagyarázat: sötét tónus: minimumok

Рис. 4. Карта аномалий Бугэ
Условное обозначение: темный оттенок – минимумы

Fig. 4. Bouguer anomaly map
Legend: dark shade – minima

A másik ok valószínűleg az, hogy a Tiszántúlon a harmadkorinál idősebb aljzaton belül több helyen és határozottabb sűrűség-inhomogenitást kell feltételeznünk, mint a Dunántúlon. A Bouguer-térképek és a harmadkor előtti aljzat mélységének viszonylag jó korrelációja a D-Dunántúlon, azt jelenti, hogy a tellurikus és Bouguer térképek különbségének elsődleges okát az aljzaton belüli vezetőképesség inhomogenitásokban keressük. Először nézzünk meg két, viszonylag kis területre kiterjedő, de nagyon feltűnő különbséget: Magyarmecskénél és a Zselic területén.

Mindkét esetben magnetotellurikus szondázás és modern szeizmikus szelvény is rendelkezésünkre áll, sőt a Zselicen (Gálosfán) már mélyfúrás is. Mindkét esetben a gravitációs-anomália tükrözte a harmadkor előtti aljzatmorfológiát. Az *MTS* mérések szerint *(6. ábra)* Magyarmecskénél *400 – 500* m-es mélységben, közvetlenül a pannon alatt a viszonylag nagy sűrűségű és viszonylag nagysebességű

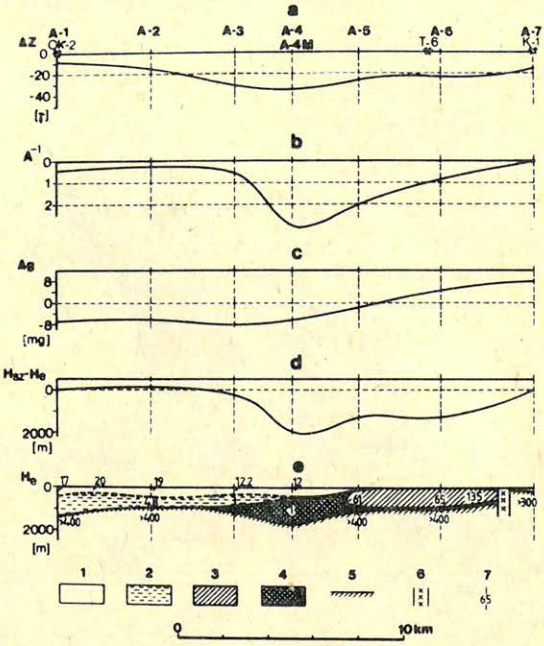
5. ábra. Tellurikus izoarea térkép
Jelmagyarázat: sötét tónus: minimumok

Рис. 5. Изоареальная карта TT
Условное обозначение: темный оттенок – минимумы

Fig. 5. Telluric isoareal map
Legend: dark shade – minima

aljzat fajlagos ellenállása *1 ohmm*. A közeli bogádmindszenti fúrás alapján ezt a geofizikai képet karbon összletként értelmezzük, azzal a megjegyzéssel, hogy várhatóan a magas szénültségi fokú szervesanyag-tartalom koncentrációja az egész D-Dunántúlon itt a legnagyobb. A pannon alatt *300 – 500 m* mélyen kezdődik és kb. *1000 m* vastag az összlet. Horizontális kiterjedését nem ismerjük pontosan, de *1,5 – 2 km*-es hálózatú méréseink szerint *60 – 80 km²*-re becsülhető. Mindezt egybevetve, népgazdasági jelentőségének eldöntésére mindenképpen egy fúrásra lenne szükség.

A zselici tellurikus minimum okának is karbon összleteket feltételeztünk, de ezt a magnetotellurikus mérések kizárták. A jólvezető képződmények mélységére (amelyek a tellurikus minimumot okozták) *9 – 11 km*-t kaptunk. Ez aligha karbon és a közeljövőben semmiféle konkrét nyersanyag perspektívát nem igér.



GEO 82/18-6

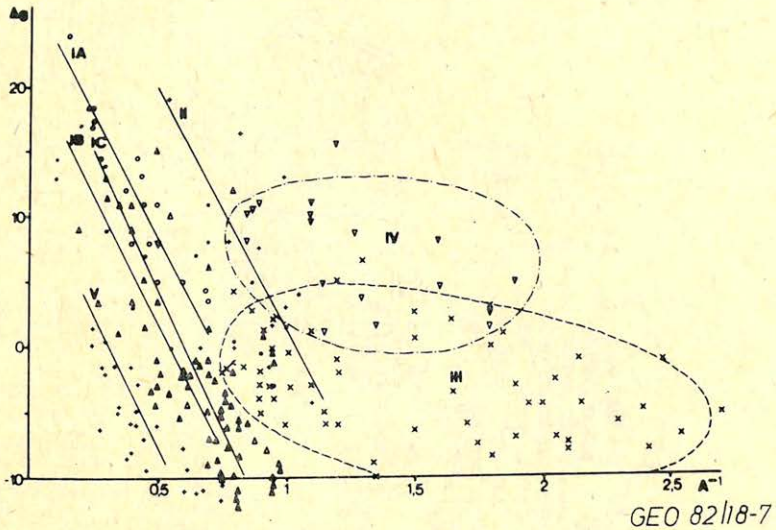
6. ábra. A magyarmecskei tellurikus minimum komplex geofizikai vizsgálata
Jelmagyarázat: a) mágneses *ΔZ* szelvény; *b)* tellurikus A^{-1} szelvény; *c)* gravitációs Bouguer-anomália szelvény; *d)* szeizmikus és elektromos „aljzat" mélységének különbsége; *e)* a szelvény földtani modellje magnetotellurikus mérések szerint, *1* – holocén, pleisztocén, felső pannon összlet; *2* – kis fajlagos ellenállású karbon összlet; *3* – közepes fajlagos ellenállású karbon összlet; *4* – igen kis ellenállású karbon összlet; *5* – nagy fajlagos ellenállású ópaleozoikum; *6* – kiékelődési (törési zóna); *7* – elektromos rétegek fajlagos ellenállása

Рис. 6. Геофизическое исследование комплекса теллурических минимумов около с. Мадьармечке
Условные обозначения:
а) профли *ΔЗ* магнитных измерений *ь)* профил A^{-1} по ТТ*с)* профил аномалий бугэ гравиметрии *d)* расхождение в глубине залегания сейсмического и электрического «Фундамента» *е)* геологическая модель разреза по МТЗ *1* – толща голоцена, плейстоцена, верхнего паннона; *2* – камежноугольная толша с низким удельным сопротивлением, *3* – каменноугольная толша с средним удельным сопротивлением; *4* – каменноугольная толща с очень низким удельным сопротивлением; *5* – древнепалеозойская толща с высоким удельным сопротивлением; *6* – зона выклинивания (разрушений); *7* – удельное сопротивление электрических слоев

Fig. 6. Geophysical investigation of the telluric minimum complex at Magyarmecske
Legend: a) magnetic *ΔZ* plot; *b)* telluric A^{-1} diagram; *c)* gravity Bouguer anomaly curve; *d)* difference in the depth of seismic and electric „basement"; *e)* geological model of the section according to magnetotelluric measurements. *1* – Holocene, Pleistocene, upper Pannonian complex; *2* – Carboniferous complex with medium resistivity; – *3* Carboniferous complex with medium resistivity; *4* – Carboniferous complex with very low resistivity; *5* – old Paleozoic formation with high resistivity; *6* – zone of outpinching (fractures); *7* – resistivity of electric beds

Nagytektonikai, lemeztektonikai szempontból azonban jelentősége lehet, mert ismeretes az irodalomból, hogy bizonyos típusú mélytörések vezetőképesség-anomáliáival is kapcsolatosak. Ebben az értelemben a néhány magnetotellurikus mérés az egyértelmű állásfoglaláshoz azonban feltétlenül kevés.

E két kiragadott példa után nézzük meg a *8500 km*²-nyi tellurikusan felmért terület tellurikus és gravitációs eredményeinek összehasonlítását. *(7. és 8. ábrák)*. A *7. ábrán* látható pontok alkalmazásához úgy jutottunk, hogy *5 km*-es háló sarokpontjain mintát vettünk a Bouguer-anomália és tellurikus izoarea térképből, majd az A^{-1} értékek függvényében ábrázoltuk a Δg értékeket. Az első pillanatra rendezetlen ponthalmazból azonban elkülöníthetünk részeket, amelyek pl. *egy-egy* egyenessel közelíthetők és ezek a pontok mintha *egy-egy* geológiai egységet



7. ábra. $A^{-1} = f(\Delta g)$ függvény a D-Dunántúl területéről

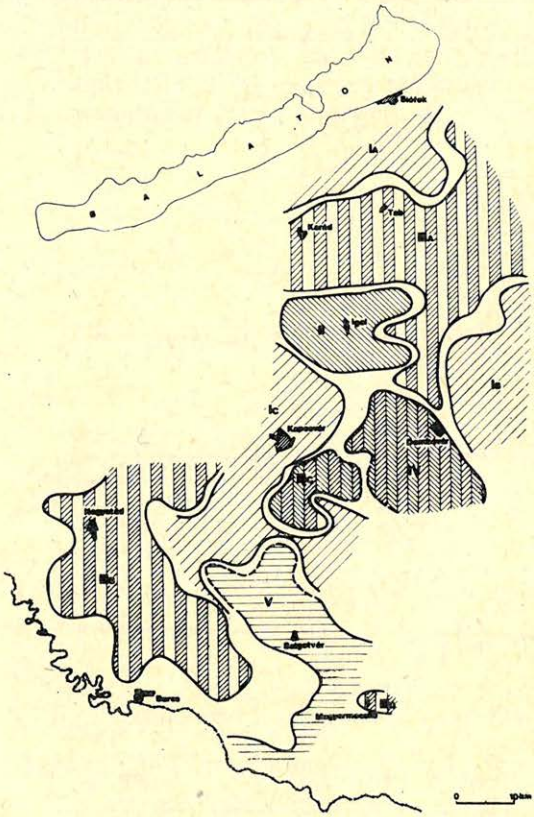
Рис. 7. Функция $A^{-1} = f(\Delta g)$ для южной части Задунайского края

Fig. 7. Function $A^{-1} = f(\Delta g)$ for the Transdanubian area

jellemeznének. Az *1A, 1B, 1C* egyenesek pl. a Balaton D-i partjáról, Kaposvár-Kaposfő környékéről és Mágocs környékéről származnak. Ahol fúrásokból tudjuk, hogy a kisellenállású és kissűrűségű fiatal üledékes összlet alatt ópaleozoós, kristályos aljzat ismert, amely a függvények szerint nagysűrűségű és nagy ellenállású is az üledékhez képest.

A II. egyenes Igal környékére jellemző, de az előzőekkel párhuzamosan eltolva. Ilyen mértékű eltolás okát sem az üledék sűrűség-inhomogenitása, sem a vezetőképesség-inhomogenitása nem okozhatja. Magyarázhatnánk azzal, hogy a nagy sűrűségű aljzatban itt is vannak kis ellenállású képződmények. A magnetotellurikus szondázások ezt azonban kizárják. Egyetlen lehetséges magyarázat lehet csak: Igal térségében az aljzatban kell keresni az anomálisan nagy sűrűséget. (A fúrásokból jól ismert mezozoós, karbonátos felszín környezetéhez képest kétségtelen kiemelkedése a gravitációs anomália nagyságát önmagában nem magyarázza!)

Az *V.* típust jellemző egyenes a Dráva-völgy és általában a miocén és permi képződmények előfordulásainak területe. Ez az egyenes van legközelebb az origóhoz, ami pl. az *I.* típushoz képest valószínűleg azt jelenti, hogy az elektromos aljzat a nagy sűrűségű ópaleozoós aljzat felett van (emiatt a mélységhez képest kicsi a tellurikus érték). De a miocén és permi képződmények sűrűsége is kisebb a kristályos kőzeteknél.



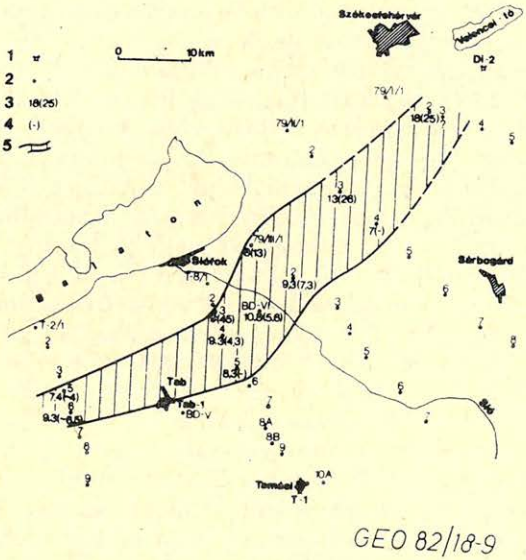
8. ábra. Földtani felépítés típusok a D-Dunántúlon a gravitációs és tellurikus mérések összehasonlítása *(7. ábra)* alapján

Рис. 8. Типы геологических строений на южной части Задунайского края на основании сопоставления данных гравиметрии и ТТ *(рис. 7)*

Fig. 8. Types of geological structures for the southern part of the Transdanubian area as suggested by a comparison of gravity and telluric results (Fig. 7)

A III. és IV. típus területileg körülhatárolható, de az előző típusoknál sokkal lazább függvénykapcsolat van a két módszer között. Ebben a léptékben szinte rendezetlen halmazokat látunk. Ezekre a területekre mindenképpen az a jellemző, hogy sokkal nagyobb vezetőképességeket mértünk, mint amit a gravitációs adatokból nyert aljzatmélységek alapján becsülhetnénk. Ez feltétlenül azt jelenti, hogy a nagy sűrűségű aljzaton belül kell jólvezető összletet keresni. Részletesebb

és megbízhatóbb magnetotellurikus méréssel a *III.* típus területén rendelkezünk. Öt szelvény harántolta ezt a vidéket. Érdekes, hogy e típuson belül két különböző okot is találunk. A terület É-i részén kb *8–10 km* széles sávban *8–10 km* mélységű jólvezetőt indikálnak az *MTS* mérések *(9. ábra)*. Ez a sáv igen jól egybeesik a tektonikai térképekről ismert frappáns nagyszerkezeti vonallal. Hazánkban eddig ez az egyetlen olyan mélytörést mutató szerkezeti vonal, amelyhez egyértelműen hozzárendelhető az irodalomból ismert vezetőképesség-anomália. Nem kizárt, hogy hasonló esettel állunk szemben a zselici vezetőképesség-anomáliánál és valószínű, hogy a Bakony-hegység térségében ismert vezetőképesség-anomália is legalább részben törésekhez kapcsolódik, de az utóbbi esetekben számos felszínközeli torzító hatás és egyéb bonyolult szerkezetek és még akár a kis ellenállású geológiai összletek (mint pl. D-Dunántúl ismert karbon összlete) is szerepet játszhatnak.



9. ábra. A Balaton-vonalhoz kapcsolódó nagy mélységű vezetőképesség-anomália MTS mérések szerint

Jelmagyarázat: 1 – mélyfúrás; *2* – *MTS* mérési pont; *3* – jólvezető valódi mélysége „E" polarizációs görbéből, zárójelben a jólvezető látszólagos mélysége „*H*" polarizációs görbéből; *4* – a „*H*" polarizációs görbe nem jelzi a jólvezetőt; *5* – a vezetőképesség-anomália észlelésének területe

Рис. 9. Глубинная аномалия проводимости, приуроченная к линии оз. Балатона, по данным МТЗ

Условные обозначения: 1 – скважина; *2* – точка измерения МТЗ; *3* – истинная глубина залегания проводящего слоя по кривой поляризации «*E*», в скобках дана кащаяся глубина залегания проводящего слоя по кривой поляризации «*H*»; *4* – кривая поляризации «*H*» не характеризует проводящий слой; *5* – участок наблюдения аномалий проводимости

Fig. 9. Deep conductivity anomaly related to the Balaton line according to MTS measurements

Legend: 1 – deep well; *2* – MTS measuring point; *3* – true depth of the conducting bed from the "E" polarization curve, in brackets: apparent depth of the conductive bed from the "H" polarization curve; *4* – the polarization curve "H" does not indicate the conductive bed; *5* – area where conductivity anomalies were observed.

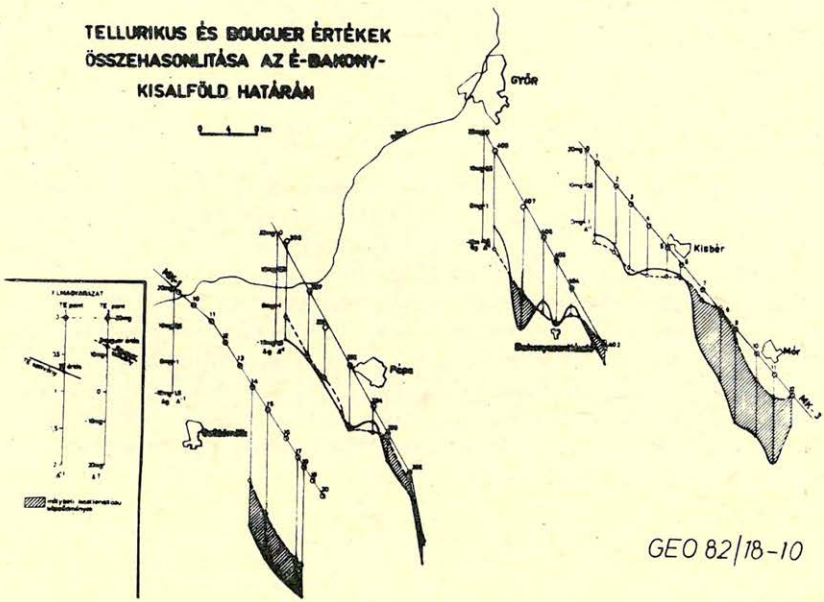
E törésvonaltól D-re, de még a *III.* típuson belül a „nagyellenállású aljzat" csak *40–60 ohmm*-cs, ami paloegén, vagy újpaleozoós üledékes összletre enged következtetni, tehát sűrűségéhez képést ez is kis ellenállású. Az *I*-es, *III*-as típust harántolja az *MK–5* Ságvár és Tamási között, *MK–2* Karád–Igal között szeizmikus magnetotellurikus szelvényben *1000 m* körüli mélységnek megfelelő legmarkánsabb reflexiók alatt még *5–10 ohmm*-es, egészen kis ellenállású összlet is előfordul. Az ilyen típusú terület bonyolult, szokatlan felépítése, a paleogén és újpaleozoós üledékek valószínűleg jelentős vastagságú előfordulására, két olcsó és gyors kvalitatív módszer összehasonlítására (a gravitációs és tellurikus eredmények elemzése) már felhívja a figyelmet.

Az utóbbi években a földtani alapszelvények kutatási program keretében eljutottunk a Kisalföld–Bakony-hegység vidékére. A kutatások itt is szeizmikus és magnetotellurikus mérésekből álltak és csak kisebb kísérletet tettünk tellurikus mérésekre. A mérések legérdekesebb eredménye itt is az aljzaton belüli kisellenállású képződmények kimutatása. Az MTA GGKI munkáival kapcsolatban *Ádám Antal* számos jelentésben, cikkben, előadásban számolt be a Bakony-hegység alatti vezetőképesség-anomáliáról, amelyet magnetotellurikus mérésekkel mutattak ki. Ez az anomália jelentkezik az *MK–3 – DK–1 – MK–1* szelvényeink D-i felében. Az anomália oka földtanilag nem tisztázott. *Ádám Antal* és *Ádám Oszkár* törésvonalakat tételeznek fel, de valószínűleg rétegek is előfordulhatnak. Az *MK–1*-en egészen a Rába-vonalig követhető kis ellenállású összlet ott ékelődik ki, ahol a mezozoikum is. Az anomália létezése és földtani magyarázata azonban két dolog. Az egyik biztos, a másik egyelőre csak hipotézis. Érdekesnek tartjuk még, hogy néhány kevés pontból álló kísérleti tellurikus szelvényt is mértünk az É-Bakony–Kisalföld határán. Szelvényeink között szerepel a magnetotellurikával felmért *MK–3* és *MK–1* szelvény is. A lemért szelvényekben a relatív tellurikus értékeket és a Bouguer-anomália értékeket ábrázoltuk. *(10. ábra)*. A kettő összehasonlításából jól látható, hogy a Bouguer-anomália követi a harmadkor előtti aljzat morfológiáját: ahol a mezozoikum a felszínre kerül, nagy Bouguer értékeket kapunk. A relatív vezetőképesség a Bakony felé relatíve (az üledékvastagsághoz képest) azonban növekszik. Mivel üledék alig van, vagy nincs, a vezetőképesség-érték csak a mezozoós nagy ellenállású mészkő alatti képződményektől származik. Mindenesetre e két módszer közötti összehasonlítás a vezetőképesség-anomália lehatárolását teszi lehetővé. Ezt az *MK–3*, *DK–1* szerelvényben végzett magnetotellurikus mérések bizonyítják és a tellurikával jó az összhang.

Végeredményben, tehát az elektromos módszerek mind a harmadkor előtti aljzat, mind az idősebb képződmények és nagyszerkezeti vonalak kutatásában jelentősek. Áttekintő jellegű, érdeklődést felkeltő eredményekre a gravitációs és tellurikus értékek kvalitatív összehasonlításából számíthatunk. A kvantitatívabb vizsgálatokra a magnetotellurikus és szeizmikus eredmények összehasonlításából van lehetőség. Itt most nem érintünk részlet-kutatási szempontokat, de ezen a helyen is aláhúzzuk, hogy a részletező és nagy felbontóképességű mesterséges frekvenciaszondázási és magnetotellurikus mérések tervezésekor szükséges lenne az áttekintő geoelektromos információkra támaszkodni, sőt az érdeklődés előterébe került anomáliákon sűrítő méréseket is kellene végezni, mert felsorolt példáink is bizonyítják, hogy az áttekintő gravitációs vagy szeizmikus mérések ezt nem pótolják.

Az áttekintő tellurikus és magnetotellurikus kutatásokat természetesen célszerű a részletező szeizmikus kutatások előtt tervezni, de mint felsorolt példáink

egy része mutatja, főleg aljzaton belüli kis ellenállású képződmények kutatásánál az elektromos mérések nem nélkülözhetők, még korszerű, szeizmikus mérések után sem. Geoelektromos szakemberek között is, de a geofizikusok szélesebb körében még inkább vitatott azonban a módszer és a pontsűrűség kérdése. Ezúton is szeretnénk megragadni az alkalmat, hogy e kérdésben hozzászóljunk. Viszonylag kevesen gondolnak az idő és pénzszükségletre, amikor a tellurika és magnetotellurika, vagy a pontsűrűség kérdésében pálcát törnek. Kétségtelen pl. egy *2 km*-es hálózatú *MTS* mérés adná a legtöbb információt egy előkutatási fázisban.



10. ábra. A tellurikus és Bouguer-anomália értékek összehasonlítása az É-Bakony és a Kisalföld határán

Jelmagyarázat: csikozott szelvényszakaszokon mélybeli kis ellenállású képződmények

Рис. 10. Сопоставление значений ТТ с аномалиями Бугэ по границе между северной части Баконьских гор и Малой Низменности

Условное обозначение: штрихованные участки разреза показывают глубинные низкоомные формации

Fig. 10. Comparison of telluric and Bouguer anomaly values at the border of the N. Bakony mountain and the NW Kisalföld

Legend: hatched parts of the section indicate deep low resistivity formations

Ilyen részletességű *MTS* háló azonban csak az OKGT néhány kisebb területre kiterjedő részletező kutatási feladatokhoz kapcsolódó mérési területén fordul elő. A különböző intézmények által korszerű digitális műszerrel mért összes *MTS* pont jelenleg Magyarországon alig több *1000* pontnál. (Az ELGI és GKV évi összteljesítménye az utóbbi években *200* pont körül van.) Ha az ország medenceterületeit, meg ahol *TE*, *MTS* mérést érdemesnek látszik elvégezni, *75 000* km^2-re becsüljük, akkor kb. *90 év* kellene az áttekintő MTS hálózat lemérésére.

De kb. *40 év* lenne szükséges a jelenlegi erőkkel, ha csak azokat a területeket akarnánk felmérni, ahol *TE*, *MTS* mérés gyakorlatilag még nincs, vagy egy-egy szelvénytől eltekintve nincs. (Kisalföld, Duna – Tisza köze, DK-Dunántúl stb.). Ez utóbbi terület MTS felmérése mai árakon kb *530 MFt*-ot igényel. Ugyanakkor egy mai magnetotellurikus csoportnak megfelelő személyi állományú és hasonló gépkocsiparkkal rendelkező digitális műszerezettségű *TE* csoport évi *1000* állomás mérésére feltétlenül képes. Egy ilyen csoport az ország eddig tellurikusan felméretlen területein *2×2 km*-es hálóban kb. *9 év* alatt, kb. *30 MFt*-os költségen elvégezhetné a méréseket. Ez a tellurikus térkép kvalitative, a gravitációs és földmágneses térképekkel összevetve, az előzetes értelmezés, a korszerű és költséges kutatások tervezési alapja lehetne.

A magnetotellurika lehetőségeit és eredményeit ismerve azonban a csak tellurikus mérést mégis korszerűtlennek érezzük. De annak éreztük már *20 évvel* ezelőtt is, amikor *DE* szondázásokkal kombináltuk. Ezért egy időben és költségekben reális programnak érezzük a *TE-MTS* mérések ésszerű kombinációját. Konkrétan: az első kutatási fázisban *MTS* mérésekkel definiálni a tellurikus méréseknél felhasználandó frekvenciatartományt. A Kisalföldön pl. ennek a célnak lényegében megfelelnek a Földtani alapszelvények kutatási programban és a GKV kutatásai során megvalósult *MTS* mérések.

A második fázisban korszerű digitális műszerrel, másodlagos feldolgozásra is alkalmas tellurikus mérést végzünk. A harmadikban a tellurikus anomáliák okának vizsgálatára a *TE* méréseknél *15 – 20*-szor ritkább hálózatú *MTS* mérést. (Ez utóbbi is kb. *30 MFt*-os költséget jelent.) A kombinált *TE – MTS* mérés költsége így kb. *60 MFt* lenne, alig több, mint *11%*-a annak a költségnek, amelyet csak a magnetotellurikus mérések igényeltek volna. A munkát egy *TE* és egy *MTS* csoport *9 – 10 év* alatt elvégezhetné. Ezeket a gondolatokat a kutatások szervezőinek, tervezőinek figyelmébe ajánljuk.