

görbére a tihanyi magnetotellurikus szondázás során találtunk példát (7. ábra), az utóbbi esetre pedig, amikor a nagytengety irányából érkezik csak információ, minden bizonnyal a göttingeni eredmények nyújtanak példát, [3] és 8. ábra, és egyúttal óvatosságra intenek a módszer alkalmazását illetően ilyen jellegű pontokban.

IRODALOM

- [1] Kertz, W.: Filterverfahren in der Geophysik (Gerlands Beitr., 75 (1966./1)
[2] Ward, S. H., Fournier, H. G.: Coherency of Geomagnetic Signals (Space Sciencel Laboratory, university of California, Contr. 222/89)
[3] Fournier, H. G.: De quelques remarques a propos des courbes d'investigation et de Sondage magneto-telluriques actuellement connues (Acta Techn. Hung., 43. (1963/454)

MAGYAR GEOFIZIKA VIII. ÉVF. 5-6. SZ.

A harmadidőszaki medencealjzat kőzettani változásainak meghatározása tellurikus frekvenciaszondázással a Kisalföldön

NAGY ZOLTÁN - LANTOS MIKLÓS

A Kisalföldön 1966-ban végzett mérések eredményei megerősítették azt a feltevést, amely szerint – korábbi kísérletek alapján – a relatív tellurikus frekvenciaszondázás alkalmas a kristályos alapközet, illetve a mezozoós aljzati medenceterület szétválasztására.

A frekvenciaszondázási görbék viselkedését a mezozoós mészkő és a kristályos alapközet fajlagos ellenállásának különbözőségével egyedül nem lehetett magyarázni.

Az eredmények analízálása alapján a mészkő alatt további elektromosan jól vezető összlet jelenlétét valószínűsítik a szerzők.

Результаты работ, проведенных в 1966 г. на территории Малой венгерской низменности, подтвердили правильность предположения о возможности применения относительно меллурического частотного зондирования для разделения районов с кристаллическим фундаментом и бассейнов с мезозойским основанием.

Поведение кривых частотного зондирования не может объясняться одной только разностью величин удельного сопротивления кристаллического фундамента и мезозойских известняков.

Анализ результатов приводит к заключению о наличии под известняками дополнительной хорошо проводящей толщи.

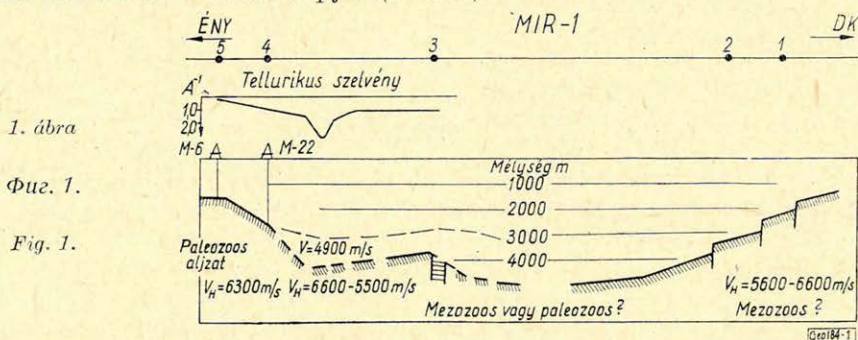
Die Ergebnisse der 1966 im Gebiet der Kleinen Ebene durchgeführten Messungen haben die Annahme bestätigt, dass die relative tellurische Frequenzsondierung geeignet ist, die Gebiete mit kristallinen Grundgebirge von Becken mit mesozoischem Grunde zu trennen.

Der Verlauf der Frequenzsondierungskurven kann nicht alleine durch die Verschiedenheit des spezifischen Widerstandes des kristallinen Grundgebirges, bzw. der mesozoischen Kalksteine erklärt werden.

Die Analyse der Ergebnisse lässt auf die Anwesenheit unter der Kalksteinschicht eines weiteren, elektrisch gut leitenden Komplexes schliessen.

A bevezetésben szükségesnek tartjuk, hogy a Kisalföldön végzett refrakciós szeizmikus mérések eredményeiről, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai Kutató Laboratóriumának korábbi tellurikus frekvenciaszondázási kísérleteiről említést tegyünk, mivel ezek szolgáltak kutatómunkánk kiindulópontjául.

Az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzeme 1960–1962. között refrakciós szeizmikus méréseket végzett a Kisalföldön. A refrakciós mérések eredményei feltárták a Kisalföld harmadidőszaki medencealjzatának alapvető szerkezeti vonásait a fő törésrendszereknek és tektonikai irányoknak, valamint a harmadidőszaki medencealjzat települési mélységének meghatározásával. A mérések eredményeit 1965-ben a 84. számú üzemi jelentésben és a *Földtani Társulatban* tartott előadáson, valamint a *Földtani Közlönyben* már részletesen ismertették. [1; 2]. Anélkül, hogy ismétlésekbe kívánnánk bocsátkozni, bemutatjuk a MiR-1 kb. DK–ÉNy-i irányú, Répcelak–Dabrony térségét harántoló szelvény mentén a Kisalföld harmadidőszaki medencealjzatának főbb szerkezeti vonásait, a szeizmikus refrakciós mérések alapján (1. ábra).



A szeizmikus jelentés szerzői szerint az általában 5500–6600 m/s határsebességgel jellemezhető refraktáló határfelület földtani szempontból a harmadidőszaki üledékek medencealjzatának felelhet meg, azonosítása azonban nem teljesen egyértelmű.

A terület Ny-i oldalán *Mihályi–Répcelak* térségében elhelyezkedő magas helyzetű szerkezeten a refraktáló határfelület a kristályos alaphegységgel azonosítható (*M-6*, *M-22* fúrások alapján). A terület K-i, Bakonyhoz közeleső részén, ahol a kiemelt szerkezeti helyzetű medencealjzat több lépcsőben mélyül el, az azonosítás kérdéses. Kevés számú fúrási adat, valamint a közelben levő felszíni mezozoos tömegek azt valószínűsítik, hogy a szeizmikus határfelület mezozoos korú képződményeknek felel meg. A terület közepén a mély szerkezeti helyzetben levő medencealjzat lehet akár mezozoos, akár paleozoos korú. A mélyzóna Ny-i részén a paleozoos aljzat valószínűbb.

A szeizmikus mérések tehát az igen értékes és részletes szerkezeti információk ellenére a mezozoikum elterjedésének Ny-i határát pontosan nem tisztázhatták.

A relatív tellurikus frekvenciaszondázások eredményeit a hatvanas évek elején kezdték el közzétenni a Magyar Tudományos Akadémia soproni Geofizikai Kutató Laboratóriumának munkatársai [3].

Ismeretes, hogy a tellurikus area érték a kiértékelésre felhasznált periódus függvénye, és a behatolási mélység a periódusidővel nő. Az area értékeket a periódusidő függvényében ábrázolva, kapjuk a tellurikus frekvenciaszondázási görbét.

Ádám A. és *Verő J.* már 1964-ben megállapították, hogy az ország néhány pontján mért, a nagyeceni kristályos aljzatu bázisra vonatkoztatott frekvenciaszondázási görbe menete 25–100 s között a mérési pont medencealjzatának közettani felépítésétől is függ [4].

Példaként bemutattak egy, a Szendrő-i hegységben („Galvács”) mért frekvenciaszondázási görbét, amelyre igen erős negatív tendencia volt jellemző (azaz a tellurikus A értékek erős csökkenése a periódusidő növekedésével). Ugyanakkor a Sopron környékén („Muck”) kristályos aljzaton mért frekvenciaszondázási görbe határozott, de kisebb mértékű pozitív tendenciát mutatott.

A Geofizikai Kutató Laboratórium eredményei alapján célszerűnek látszott, hogy tellurikus frekvenciaszondázásokat végezzünk a Kisalföldön annak vizsgálatára, hogy a szeizmikus mérések után még nyitva maradt kérdések megoldásához — nevezetesen a paleozoós, mezozoós aljzat elválasztásához — ez a módszer tud-e az eddigieknél bővebb információt nyújtani.

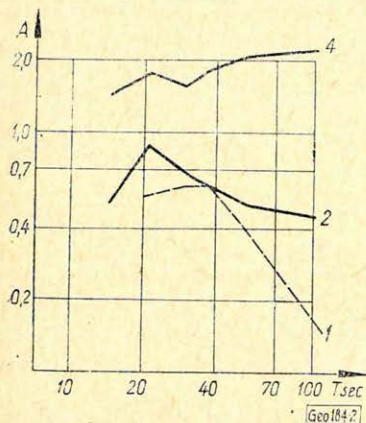
Ennek megfelelően az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzemének Geoelektromos csoportja 1966 őszén frekvenciaszondázásokat végzett a *MiR-1* vonal öt pontján. Két pont a szelvény DK-i végén, a feltételezett mezozoós aljzaton helyezkedett el; egy a közéspő részen, melynek kora bizonytalan, további kettő pedig a *Mihályi* maximum paleozoós aljzatán, a $M-22$ és $M-6$ mélyfúrásokon. Sajnos, ez utóbbit ipari zavarok miatt nem tudtuk kiértékelni. Kb. 20 óra egyidejű regisztrálás történt minden ponton. Ezenkívül 11 szelvénymenti állomásponton történt tellurikus mérés, 500–1000 m-es állomásközzel. A frekvenciaszondázásokat egyenes-módszerrel értékeltük ki 15–100 s között.

A tellurikus szelvénymérések eredményeit az 1. ábrán látható tellurikus szelvény mutatja. (A szelvénymérés bázispontja a 3. számú szondázási pont). Az area szelvény a nagyobb határsebességű refraktáló felület lefutásának megfelelő értékeket mutat. Az $M-22$ fúrásnak a bázispontra vonatkoztatott area értéke kb. 0,60, míg a két ponthoz tartozó szeizmikus méréssel megállapított medencealjzat mélység hányadosa 0,65 körüli érték. A két adat egyezése jelzi, hogy egyrészt a mélyebben fekvő szeizmikus határfelület a tellurikus szelvénymérés szakaszán megfelel a nagyellenállású medencealjzatnak, azaz a felső refraktáló szint a tellurikus mérések számára nem jelent vezérszintet, másrészt ezen a területrészen az aljzatra települt üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállása horizontális irányban lényegesen nem változik.

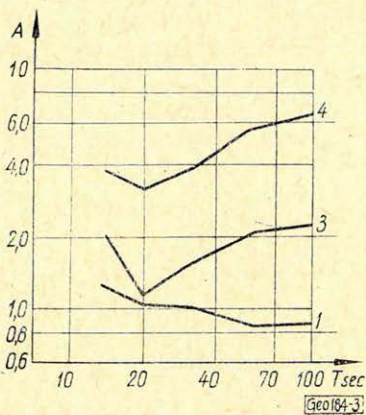
A szeizmikus mérések eredményei alapján feltételezik, hogy a *Mihályi* szerkezet K-i oldalán a helyenként 40° -os dőlési szárnyat eredetileg törések alakították ki, amelyek azonban a hosszú lepusztulási idő miatt már csak meredek elmélyülés formájában jelentkeznek. Ezt a feltételezést látszik megerősíteni az 1. ábrán látható tellurikus szelvényen az aljzat elmélyülése felett kapott lokális kiterjedésű, nagy tellurikus anomália, amely a környezet értékeinél közel 2,5–3-szor nagyobb. Ezt a nagy anomáliát csak nagymérvű, de lokális kiterjedésű vezetőképesség-növekedés okozhatja. Ezt a medencealjzatnak a tektonizáltság folytán bekövetkezett fajlagos ellenállás-csökkenésével és esetleg a töréses zónában megjelenő hasadék-kitöltő anyagnak az aljzathoz viszonyított jó vezetőképességével magyarázhatjuk. Ezzel párhuzamosan a nagy tellurikus anomália helyén a relatív ellipszisek excentricitása ugrásszerűen megnövekedett, míg a szerkezet szárnyán a nagy és kistengely aránya kb. 2,0 volt, itt 4,8-ra növekedett. Az excentricitás növekedése a fajlagos ellenállásnak irányfüggését jelzi a mélyzónában, ami megerősíti a jó vezetőképesség irányának megfelelően elhelyezkedő törészóna feltételezésének jogosságát.

A tellurikus frekvenciaszondázásnál az 5 ponton történő egyidejű regisztrálás lehetővé tette, hogy több bázispontra vonatkozóan vizsgáljuk meg a kapott eredményeket.

A 2. és 3. ábrán a mérések eredményeként nyert frekvenciaszondázási görbékét látjuk, két bázispontra vonatkoztatva. A 2. ábra görbéinek számításánál a 3. tellurikus álláspontot vettük bázisnak, a 3. ábra görbéinél pedig a 2. számú álláspont volt a bázis. Az eredmények szerint az egyes számú álláspont (feltételezeten mezozoós aljzatú) frekvenciaszondázási görbéje mindkét bázisra vonatkoztatva csökkenő A értéket mutat a periódusidő függvényében (negatív tendencia). A 4. számú állomáspontra (M-22 fúrás, kristályos alapközet) frekvenciaszondázási görbéje viszont mindkét bázisra vonatkoztatva, a periódus függvényében növekvő A értéket mutat. A két bázispontra egymásra vonatkoztatott görbéi attól függően, hogy melyik volt a számításnál a vonatkoztatási alap, csökkenő, ill. növekvő tendenciát mutatnak és egymás tükörképei. A 2. számú pont görbéje (bázisa 3. számú) mutat csökkenő tendenciát, a 3. számú pont görbéje (bázisa 2. számú) mutat növekvőt.



2. ábra $\Phi_{uz. 2.}$ Fig. 2.



3. ábra $\Phi_{uz. 3.}$ Fig. 3.

A bemutatott görbék lefutásának különbözőségéből kitűnik, hogy a Mihályi szerkezet térségében és a mérési vonal DK-i végének területén a földtani felépítésben lényeges eltérés van. Az eltérés okát az előzőekben elmondottak alapján a medencealjzat közettani összetételének megváltozásában kereshetjük. A Geofizikai Kutató Laboratórium említett munkájának [4] megfelelően a 4. számú pont frekvenciaszondázási görbéje, az ismert kristályos aljzat felett, pozitív tendenciát mutat. Az 1. és 2. pont negatív tendenciájú frekvenciaszondázási görbéit a Galvácson mért görbének megfelelő modellel értelmezhetjük, ennek megfelelően karbonátos összetételű, nem végtelen fajlagos ellenállású medencealjzatot tartunk valószínűnek. A két fajta kifejlődésű medencealjzat közötti határ a frekvenciaszondázási pontok megfelelő sűrítésével meghatározható.

Az 1. és 4. számú frekvenciaszondázási görbe értelmezése kvalitatív úton is egyértelmű, a 2. és 3. számú görbék lefutása azonban függ a bázispontra megválasztástól. Ezek szerint tehát a tellurikus frekvenciaszondázási görbék kvalitatív értelmezése nem ad önmagában egyértelmű megoldást, hasonló problémák eldöntésében, mivel a módszer relatív jellege miatt a bázispontra szerkezeti helyzete döntően befolyásolja a görbe menetét.

Ennek a problémának a vizsgálatára, illetve a 2. és 3. ábrán bemutatott frekvenciaszondázási görbék mennyiségi értelmezéséhez Yungul kétréteges

magnetotellurikus frekvenciaszondázási mintagörbéit felhasználva [5] néhány geoelektromos modellre elméleti tellurikus frekvenciaszondázási görbéket számítottunk a 10 – 100 s periódusintervallumban, mely a terepi mérések periódusintervallumának felel meg. A számításhoz Ádám Antal által leírt módszert használtuk fel [6].

A vizsgált modelleknél feltételeztük, hogy mind a bázis, mind a mozgó állomáson egyenlő az üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállása, amelyet az egységnyinek választottunk, de változik a vastagsága és az üledékes összlet aljzatának fajlagos ellenállása. Így vizsgáltunk olyan modellt, ahol az aljzat ellenállása mind a bázison, mind a mozgó állomáson egyenlő, ill. olyat, ahol a két állomáson az aljzat ellenállása különböző, és nagyobb vagy kisebb az üledék fajlagos ellenállásánál.

Összesen kb. 80 elméleti görbét számítottunk ki, a paraméterek a következőképpen változtak:

$$\bar{\mu} = \frac{\rho \text{ mozgó aljzat}}{\rho \text{ bázis aljzat}} = 0,01 - 100$$

$$\nu = \frac{H \text{ üledék mozgó}}{H \text{ üledék bázis}} = 0,25 - 4.$$

A számított görbék változatos lefutást mutattak, erős pozitív és negatív tendenciákat egyaránt, köztük minden átmeneti forma megtalálható.

Az elméleti görbék elemzése magyarázatot adott a 2. és 3. számú görbe nem egyértelmű viselkedésére. Megállapítottuk, hogy a bázispont szerkezeti helyzete alapvetően befolyásolhatja a frekvenciaszondázási görbe lefutását.

Ennek illusztrálására mutatjuk be a 4. ábrát. Az „a” és „c” jelű görbénél a mozgó-állomás azonos, a bázisállomáshoz tartozó aljzat mélysége „a” esetben nagyobb, „c” esetben kisebb, mint a mozgó állomásé. Az aljzat fajlagos ellenállása a mozgó- és bázisállomáson egyaránt végtelen. A „b” és „d” eset hasonló szerkezeti helyzetet tükröz, de az aljzat ellenállása a mozgó-állomáson kicsi, a bázison végtelen. Mindebből kitűnik, hogy csak a mély szerkezeti helyzetben levő aljzat fölé telepített bázispont esetében jelzi a frekvenciaszondázási görbe menete egyértelműen az aljzat fajlagos ellenállásváltozását.

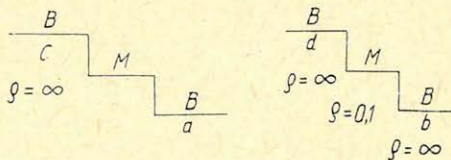
A mért görbék konkrét értelmezéséhez összehasonlítottuk azokat a számított elméleti görbékkel. Néhány elméleti görbe jó egyezést mutatott a mért adatokkal. Az 5. ábrán példaként bemutatjuk a 4. számú ponton mért adatoknak (pont) és a számított legjobban simuló elméleti görbe (folytonos vonal) összehasonlítását.

Az összehasonlítás eredménye szerint a 4. számú ponton az aljzat fajlagos ellenállása végtelen, a 3. számú ponton nem végtelen, de az üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállásához viszonyítva nagy érték ($\bar{\mu} = 10$).

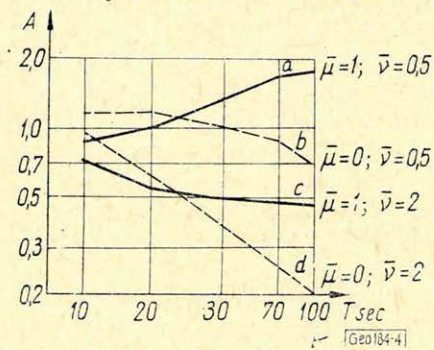
Ezzel szemben az 1. és 2. számú pontok görbéinek az üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállásánál valamivel kisebb fajlagos ellenállású aljzat felel meg. Ez földtanilag csak úgy magyarázható, hogy a laza harmadidőszaki üledékes medencealjzatában megtalálhatók ugyan a nagyobb ellenállású mezozoós képződmények, azonban a medencealjzatot alkotó vastag mezozoós vagy esetleg ennél idősebb képződmények sorozatában jól vezető, nagyobb vastagságú rétegek is megjelennek, valószínűleg nem karbonátos összetétellel.

A 3. számú bázispontra vonatkoztatott area értékek szerint az 1. és 2. számú pont egy lehetséges földtani modellje közelítőleg a következő: kb. 2000 mé-

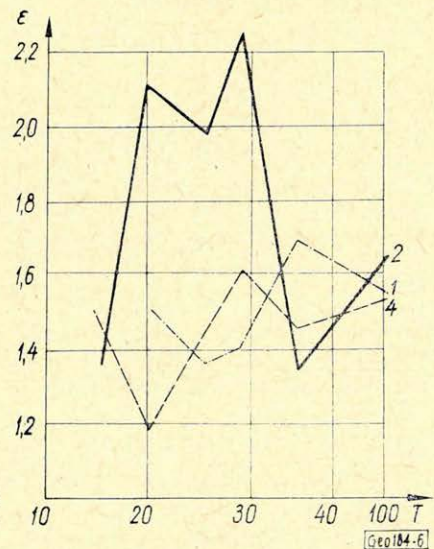
ter vastag harmadidőszaki üledékes összlet alatt kb. 1000–2000 méter vastag, a fedő üledéknél nagyobb ellenállású sorozat van, — amely állhat pl. márgából vagy karbonátos kőzetekből — ez alatt pedig 2–5 ohmm átlagos fajlagos ellenállású rétegösszlet következik, amelynek vastagsága az ellenállástól függően 1500–4000 méter lehet. Alacsony fajlagos ellenállása folytán nem valószínű, hogy ez száraz karbonátos kőzet, vagy a kristályos alapközet lenne



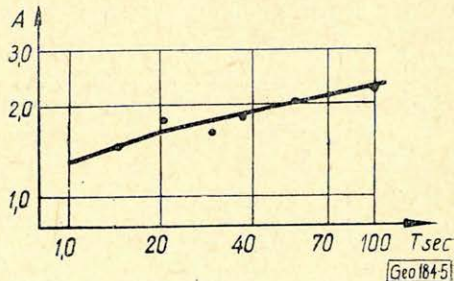
$$\bar{\mu} = \frac{\rho \text{ aljzat, mozgó}}{\rho \text{ aljzat, bázis}}; \quad \bar{\nu} = \frac{H \text{ mozgó}}{H \text{ bázis}}$$



4. ábra Fiz. 4. Fig. 4.



6. ábra Fiz. 6. Fig. 6.



5. ábra Fiz. 5. Fig. 5.

Ezt a jól vezető képződményt tartalmazó aljzattól felépített modellt valószínűsítette Takács E. is, azoknak a magnetotellurikus frekvenciaszondázásoknak az eredményei alapján, amelyeket ugyanezen a területrészén a Szeizmikus Üzem felkérésére végzett [7]. Bár műszertechnikai szempontból a magnetotellurikus frekvenciaszondázás lényegesen nagyobb követelményeket jelent a tellurikusnál, alkalmazása a módszer abszolút volta miatt a problémakör vizsgálataira célszerűbbnek látszik. Addig azonban míg a magnetotellurikus frekvenciaszondázások magas mérés-technikai követelményeit kielégítő műszerbe-rendezéseket nagyobb számban nem tudunk terepi méréseinknél alkalmazni, továbbra is a tellurikus frekvenciaszondázás rendszeres alkalmazására kell törekednünk.

Megjegyezzük, bár elemzését nem tartjuk feladatunknak, hogy az előzőkben ismertetett földtani, illetve geofizikai modellt az elmondottakon kívül a mérési szelvényre vonatkozó Bouguer anomáliakép is alátámasztja. A Bouguer anomália szelvény a Mihályi maximum területén nagy pozitív értéket mutat,

a DK-i részen pedig nagy negatív értéket, a 0-szintet kb. 1. számú mérési pontnál éri csak el.

Mérési eredményeink értelmezéséhez ezenkívül megvizsgáltuk még, hogy az említett jól vezető réteg jelenlétére utaló vezetőképesség-anomáliát nem okozhatja-e valamilyen nagyobb törési zónával kapcsolatos anomális vezetőképességnövekedés, amelyet pl. a Mihályi szerkezet K-i peremén a tellurikus szelvény ismertetésénél említettünk. Feltevésünk szerint ebben az esetben a jól vezető képződményekkel kitöltött törési zóna irányító hatásának a tellurikus ellipszisek excentricitásában jelentkeznie kellene. Megvizsgáltuk a relatív ellipszisek excentricitásának a periódusidő függvényében mutatkozó változását, amelyet a 6. ábrán mutatunk be.

Az 1. számú ponton, hasonlóan a kristályos aljzat felett mért 4. számú ponthoz, a behatolási mélységgel lényeges excentricitás-változást nem tapasztalunk. A 2. számú ponton a 20-40 s periódustartományban az excentricitás megnő, de korántsem ér el anomálishan nagy értéket, a nagyobb periódusoknál azonban újra lecsökken.

Ezek szerint valószínű ugyan, hogy a vezetőképesség növekedésében csekély mértékben a tektonizmus is közrejátszik, de ez az előzőekben ismertetett földtani modellről alkotott feltevésünket nem módosíthatja.

Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a frekvenciaszondázást megfelelő földtani adottságok esetén, célszerű a normál tellurikus mérésektől eltérő célkitűzéssel, rendszeres kutatás formájában alkalmazni. Ezért szükségesnek tartjuk megemlíteni a módszer ipari alkalmazásának feltételeit, amelyek kialakításában saját tapasztalataink mellett figyelembe vettük Ádám, Verő és Takács korábbi mérési tapasztalatait. Mivel a mérés hosszú időt vesz igénybe, a szondázásokat a jó mozgások időszakában kell elvégezni, egyszerre sok műszerrel. A széles frekvenciatartományhoz korreggeli és éjszakai regisztrálás is szükséges a nappaliakon kívül. Mérési adatainkból kiderült, hogy a 100 s-nál nagyobb periódusidejű változások felhasználása is szükséges. A kívánt periódustartomány felső határa 500 – 1000 s körüli és bár szükséges lenne az 1 s körüli és annál kisebb periódusú értékek felhasználása, a jelenlegi műszerállomány ezt nem teszi lehetővé.

Összesen kb. 20 – 30 órás tiszta regisztrációs idő kell ahhoz, hogy a 15 – 500 (esetleg 1000 s-ig) terjedő intervallumban 5 – 10 periódus-tartományra megbízható area értékeket kapjunk, egy periódustartományra többet is. A feldolgozásra csak az egyedi pulzációkat felhasználó módszerek alkalmasak, ezért a feldolgozás rendkívül lassú. A kiértékelés folyamán a legnagyobb probléma a periódusok szétválasztása. Jelenleg csak azok a pulzációk használhatók, amelyek alig vagy egyáltalán nem szuperponáltak, így viszont a hasznos mérési anyagnak legalább a fele kárbavész.

A mérések gazdaságossága és megbízhatósága könnyen növelhető lenne széles sávú magnetofonos regisztrálással és utólagos meredek szűréssel. Legcélsezerűbbnek látszik az analóg-jelrögzítés, aktív elektronikus szűrőkön történő visszajátszással.

Az így nyert, mágnesszalagon rögzített, közelítőleg monoharmonikus tellurikus jelek analóg úton való automatikus feldolgozására célszerűnek látszik az MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumában kifejlesztett totális számláló műszerberendezést mint analóg számítógépet felhasználni. A mágnesszalagos jelrögzítés megvalósítására az első lépések már hazánkban is megtörténtek, a magne-

tofonos regisztráló prototípusa rövidesen elkészül. A magnetofonos regisztrálás széleskörű elterjedéséhez azonban hazánkban még több év szükséges.

Addig két út lehetséges a feldolgozás meggyorsítására. Az egyik megoldás: a teljes mérési anyag digitalizálása kiolvasás útján, és számítógépen történne a frekvenciaanalízis és a görbe számítása.

A másik út az, hogy a Szeizmikus Üzemben levő „Davidograph”-al a foto-regisztrátumokat analóg – mágnesszalagos regisztrátummá alakítjuk át, amely analóg – elektronikus úton értékelhető ki.

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy:

1. a frekvenciaszondázással a Kisalföldön két medencealjzat típust lehetett kimutatni, amelyek elterjedése valószínűleg meghatározható. Ehhez célszerűnek tartanánk további méréseket végezni nemcsak kísérleti jelleggel, hanem esetleg nagyobb mérési kapacitás ráfordításával.

2. Arról, hogy a módszer alkalmazható-e a medencealjzat minőségének szétválasztására az ország egyéb területein, kísérleti úton kell meggyőződni.

3. A frekvencia-szondázások analízise arra utalt, hogy a terület DK-i részén a mezozoós aljzat alatt kis-ellenállású kőzetek helyezkednek el. Ezek további, a jelenleginél részletesebb vizsgálata fontos lehet a nyersanyag-kutatás számára.

IRODALOM

- [1] OKGT Szeizmikus Kutatási Üzem 84. sz. jelentés a Kisalföldi kutatási területen 1960 – 1962. években végzett refrakciós mérésekről. Budapest, 1965.
- [2] *Sághy Gy. – Vándor B. – Varga I.*: A Kisalföldi refrakciós mérések földtani eredményei. Földtani Közlöny 1967.
- [3] *Ádám A. – Verő J.*: Az országos földi árammérések adatainak feldolgozása és térképi ábrázolása. Magyar Geofizika III. évf. 1 – 2. sz. 1962.
- [4] *Dr. Ádám A. – Verő J.*: A földi áramok eloszlásának vizsgálata Magyarországon. Magyar Geofizika V. évf. 3. sz. 1964.
- [5] *Yungul S.*: Magneto-Telluric Souding Three-Layer Interpretation Curves. Geophysics. Vol. XXVI. 465. 1961.
- [6] *Ádám A.*: A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásvizonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel. Kandidátusi disszertáció.
- [7] *Takács E.*: Jelentés a Ságvár – Mihályi – Bakony-hegység térségében végzett magnetotellurikus mérésekről. NME Geofizikai Tanszék, Miskolc, 1966.