

2.2.1 Elektromágneses módszerfejlesztés

*Induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses módszerfejlesztés**

A hazai szilárdásványok — ezen belül elsősorban a bauxit — kutatása olyan geofizikai módszer bevezetését tette szükségessé, amelynek a következő követelményeket kell kielégítenie:

- felbontóképessége megfelel a bauxittöbrök kritikus méreteinek (vízszintes kiterjedés 50—250 m, vastagság 10—30 m);
- képes a nagyellenállású árnyékoló fedőösszlet (pl. eocén mészkő) alól információt adni az ásványi nyersanyagról;
- 300 méteres kutatási mélységig pontos adatokat szolgáltat;
- a fúrás telepítés igényének megfelelően a mérések tervezése, kivitelezése és feldolgozása 2—3 hét alatt elvégezhető;
- kiegészítő jellegű a többszörös fedésű reflexiós mérésekhez képest (eltérő fizikai paramétert mér, független mélységmeghatározást ad, mások a mérések kivitelezését korlátozó körülmények, kisebb a költségigény, stb.).

A felsorolt követelmények egyidejű kielégítését egy hatékony elektromágneses módszer kifejlesztésétől vártuk. A kitűzött feladatoknak megfelelő elméleti, programfejlesztési munkák 1976-ban, a külföldi együttműködés 1977-ben kezdődött. A fejlesztés első fázisát a terv szerint 1980-ban eredményesen lezártuk.

A kitűzött feladatok megvalósítása során, 1977-ben megvásároltuk a Scintrex Ltd. SE—77 típusú multifrekvenciás elektromágneses térképező műszerét. Az ehhez kapcsolódó saját fejlesztésről az 1979. Évi Jelentésben számoltunk be.

A multifrekvenciás elektromágneses szondázások (MFS) műszeres hátterét a Geoprobe Ltd-től 1979-ben beszerzett MAXI-PROBE EMR—16 típusú berendezés adja. Külföldi kutatóintézetekkel és hazai egyetemi tanszékekkel

* Farkas I., Kardeván P., Rezessy G., Szabadváry L.

együttműködve megoldottuk az elektromágneses térjellemzők számítását horizontálisan rétegzett modell esetre mágneses dipolgerjesztésnél. Ezzel lehetőség nyílt a módszer felbontóképességének elemzésére és különböző feldolgozó eljárások összevetésére. Az MFS mérések rutinszerű feldolgozását a Geoprobe Ltd-től beszerzett know-how alapján, a HP 9845S típusú, terepjáró gépkocsiba épített asztali számítógépre alapozzuk.

A MAXI-PROBE berendezéssel 128 diszkrét frekvencián, az 1 Hz—58 000 Hz frekvencia tartományban mérhetünk. Az adó-vevő távolság 80—700 m között rögzíthető. Ez — jelenleg — 30—300 m mélységű behatolást tesz lehetővé. A műszer fényképei (49. ábra) az adó- és vevő berendezést mutatják, valamint a berendezés szállítását kanadai hegyvidéki terepen.

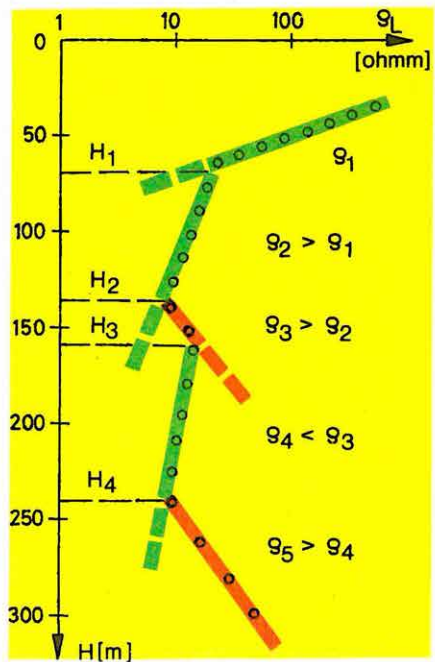
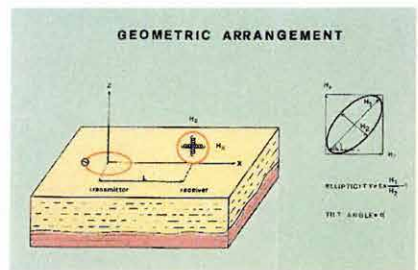
A feldolgozó eljárás lényege, hogy a terepen mért EM térjellemző frekvenciagörbét alkalmas transzformációval látszólagos ellenállás — valódi mélység-görbévé alakítjuk. Ez a görbe egymással szöget bezáró egyenes szakaszokból álló, jellegzetes cikk-cakkos lefutású. A töréspontok geoelektromos réteghatárt jelölnek (49. ábra). A felette levő görbeszakaszhoz képest balra törő szakasz csökkenő ellenállású réteget jelöl, a jobbra törő szakasz pedig nagyobb ellenállású réteget. E görbékben számítógéppel rajzolt, tetszőleges pontokon átmenő, tetszőleges léptékű mélységszelvény készül, amely a földtani értelmezés alapjául szolgál.

A tervezéssel kezdődő munkafolyamat átlagos körülmények esetén 40 szondázási görbe teljesítménnyel 2 hét alatt elvégezhető.

Az MFS mérések felbontóképességét alapos tesztsorozattal ellenőriztük. A 50/a ábrán az elektromágneses mérési eredményt egy zsámbéki barnakőszénkutató fúrás rétegsorával és karotázs ellenállás-szelvényével hasonlítottuk össze. A szondázás vonatkoztatási pontja a fúrásra esett. A választott adó-vevő távolság következtében a fókuszban álló mélységtartomány 50 m-től 200 m-ig terjed. Ebben a tartományban a szondázás és karotázs adatok eltérései nem haladták meg a 4 m-t. Az eocén széntelepes összlet 365 m mélységben települ, ezt 14 m eltéréssel jelzi a szondázás.

Az MFS mérések segítségével sikerült 7 réteget elkülönítenünk, a határfelületek mélységét $\pm 3\%$ átlagos hibával határoztuk meg. Bemutatunk egy bakonyszlopi bauxitlencsén végzett teszt mérést is, a vertikális felbontóképesség vizsgálatára (50/b ábra). A frekvencia-szondázásokat 4 különböző adó-vevő távolsággal végeztük el úgy, hogy a vonatkoztatási pont mindig ugyanarra a fúrásra esett. A 200 m mélységben harántolt, 20—50 m vastagságú bauxitot mind a négy szondázás egyértelműen jelezte. Három határfelület volt meghatározható: a bauxit fekvő (ami azonos a dolomit felszínnel), a bauxit felső határa és a fedő mészkő felső határa. Az egymástól független négy szondázás mélységadatainak szórása nem volt nagyobb 6 m-nél, a fúráshoz viszonyított mélységeltérés is hasonló.

Az előzetes és részletes kutatási fázisban a méréseket általában vonal mentén



49. ábra. A MAXI—PROBE EMR—16 berendezés

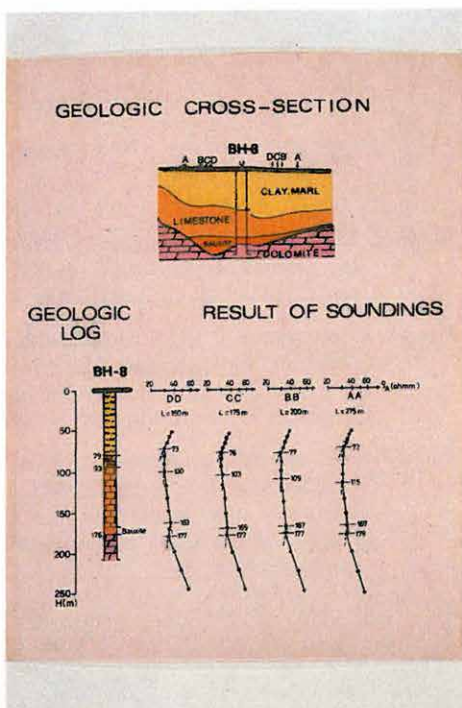
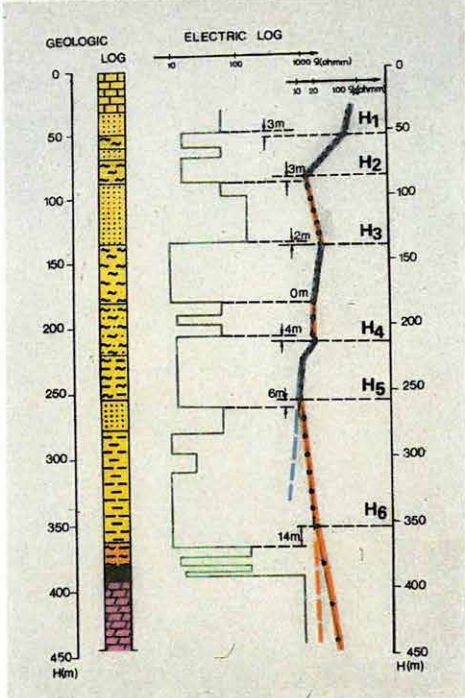
- a) mérőegység
- b) tápegység
- c) mérési elrendezés
- d) mérés Kanadában
- e) mérési görbe sémája

Fig. 49. MAXI—PROBE EMR—16 equipment

- a) receiver
- b) transmitter
- c) field arrangement
- d) measurement in Canada
- e) schematic measured curve

Рис. 49. Аппаратура MAXI PROBE EMR—16

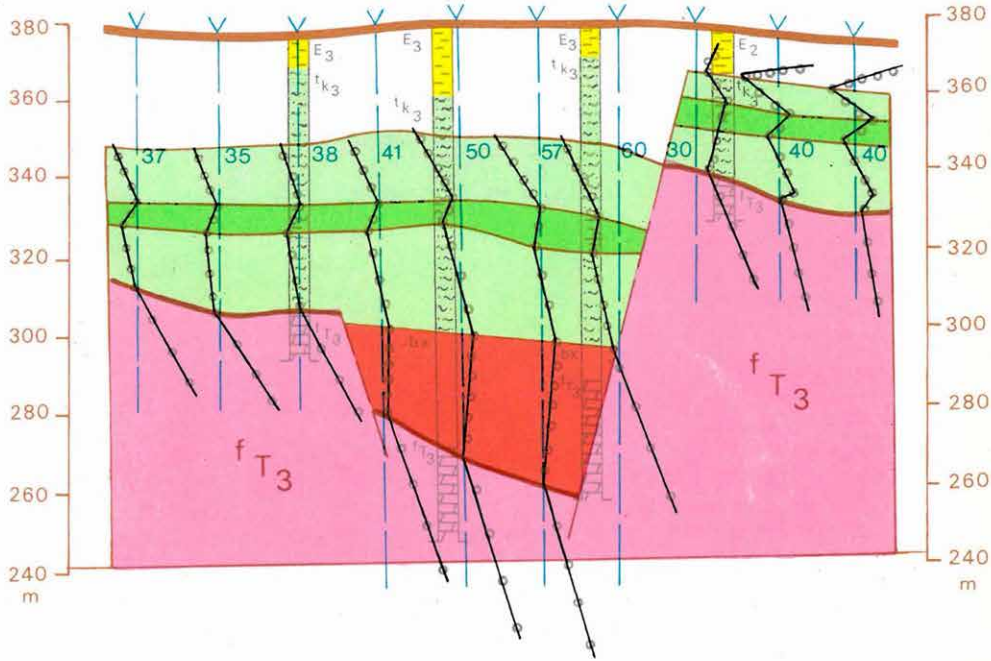
- a — измерительное устройство
- b — источник питания
- c — измерительная установка
- d — работа в Канаде
- e — схема кривой измерения











50. ábra. MFS mérés és szénkutató fúrás adatainak összehasonlítása (Zsám-bék) és változó adó-vevő távolságú MFS mérések egy bakonyoszlopi bauxitlencse felett a vertikális felbontóképesség vizsgálatára

Fig. 50. Comparison of MFS results with data of a coal-exploratory bore hole (Zsám-bék region); and MFS measurements with different transmitter — receiver distances over a bauxite lens (in Bakonyoszlop), to test the vertical resolution power

Рис. 50. Сопоставление данных ЧЗ и скважины, бурящейся на уголь (с. Жамбек), и измерения ЧЗ с переменным расстоянием между датчиком и приемником над бокситовой линзой ок. с. Баконь-ослоп для изучения разрешающей способности по вертикали.



- 1 
- 2 60 
- 3 
- 4 
- 5 
- 6 
- 7 
- 8 

51. ábra. Szelvény mentén végzett MFS mérések egy iharkúti preformált árkokban települt bauxitlencsén

1 — az MFS mérések helye és vonatkoztatási tengelye; 2 — a vonatkoztatási tengelyhez tartozó látszólagos ellenállás; 3 — látszólagos ellenállás — valódi mélység görbe; 4 — eocén agyag; 5 — felső kréta homokos márga; 6 — felső kréta agyagos márga; 7 — bauxit; 8 — triász földolomit

Fig. 51. MFS profiling over a bauxite lens deposited in a preformed trench (Iharkút)

1 — location of MFS measurements and their reference axis; 2 — apparent resistivity corresponding to the reference axis; 3 — apparent resistivity — real depth curve; 4 — Eocene shale; 5 — upper Cretaceous sandy marl; 6 — upper Cretaceous clayey marl; 7 — bauxite; 8 — Triassic dolomite

Рис. 51. Профилирование по ЧЗ над бокситовой линзой, залегающей в тектоническом грабене около с. Ихаркут

1 — место измерений ЧЗ и ось относимости, 2 — кажущееся сопротивление, относящееся к оси относимости, 3 — кривая зависимости кажущегося сопротивления от истинной глубины, 4 — эоценовая глина, 5 — песочный мергель верхнего мела, 6 — глинистый мергель верхнего мела, 7 — боксит, 8 — основной доломит триаса

végeztük. Az eljárás barnakőszénkutatói alkalmazására az 1. fejezetben, az 5. ábra alsó szelvényén mutattunk példát. Az MFS mérések alapján a Mátyás K—zsámbéki területen 1980-ban 5 fúrást tűztünk ki. A telepített szénkutató fúrások a mérések alapján várt földtani modellt — a szénmező határát, a kimutatott vetőt — minden esetben igazolták. Az átlagos mélységhiba kisebb, mint 5%.

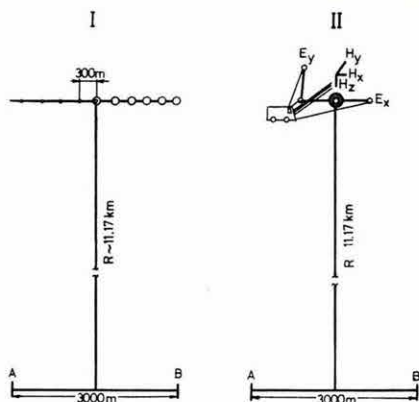
Az 51. ábrán egy Itharkút környéki bauxitlencsén (Németbánya II. számú lencse), dőlésirányban telepített szelvény mentén végzett MFS mérések eredményét mutatjuk be. A geoelektromos szelvény megszerkesztésének alapja a szomszédos görbék közötti korreláció (a töréspontokat minden esetben a függőleges tengelyre kell vetíteni), de földtani információt hordoz a vonatkoztatási tengely látszólagos ellenállásértéke is. A mérések a felső 30 méterről nem adnak információt, ezért az eocén—kréta határ nem követhető. A kréta teresztrikumon belül jól elkülöníthető három réteg, ezzel lehetőség van a dőlésviszonyok kréta időszakon belüli pontos meghatározására is. A szelvényen kimutatható volt egy preformált tektonikai árok, bauxittal kitöltve. Az ezt határoló baloldali vető idős; a kréta összletben nincs nyoma. A jobboldali vető fiatalkorú, a kréta összletet is elvetette. A jól nyomozható triász felszínben ez a vető közelítően olyan elvetési magasságú, mint a kréta összletben a kis ellenállású réteg „ugró” magassága.

A németbányai szelvény bizonyítja az eljárás érzéketlenségét az oldalirányú hatásokkal szemben. Ennek a döntő szempontnak fizikai magyarázata, hogy a vertikális elektromos szondázáshoz képest az MFS méréseknél 6—10-szer kisebb terítési távolságot és vertikális mágneses dipólgerjesztést alkalmazunk. A mérésekkel sikerült mélységhelyesen azonosítani a 120 méteres mélységben települő bauxit alsó és felső határát. A bauxittest oldalirányú kiterjedése mindössze 50 m.

*Konduktív gerjesztésű nagymélységű mesterséges frekvenciaszondázások**

1978-ban kezdődtek el a digitális mérés technikán alapuló nagymélységű mesterséges frekvenciaszondázások (MFS) módszertani kutatásai. Az évek során kialakult a terepi mérés technika és a hozzá kapcsolódó feldolgozási eljárás. Méréseinket ERSz—67 generátorállomással és DEF—1 típusú digitális, ötcsatornás mérőberendezéssel 0,02—20 Hz frekvenciatartományban, 21 diszkrét frekvencián végeztük. Kétféle mérési elrendezést alkalmaztunk (52. ábra): vagy csak az adódípóllal párhuzamos elektromos komponenst regisztráltuk mind az öt csatornán, vagy a teljes elektromágneses teret mértük. A választott mérési elrendezéseknél a jel és a természetes tér aránya — a jel/zaj viszony — általában 1-nél jóval nagyobb (53. ábra), amelyet tovább növelünk a jelalak ismer-

* Csörgei J.



52. ábra. Nagymélységű MFS mérések telepítésének vázlata

I—elektromos MFS mérés (E_x); II—ötkomponenses MFS mérés

Fig. 52. Field arrangement of deep penetration MFS measurements

I — electric MFS measurement (E_x); II — five component MFS measurement

Рис. 52. Схема проведения наблюдений по методу многочастотного зондирования

I — электрическое ЧЗ (E_x); II — пятикомпонентное ЧЗ

53. ábra. A különböző komponensek átlagos jel/zaj viszonya az A—12/85.5-ös mérésponton

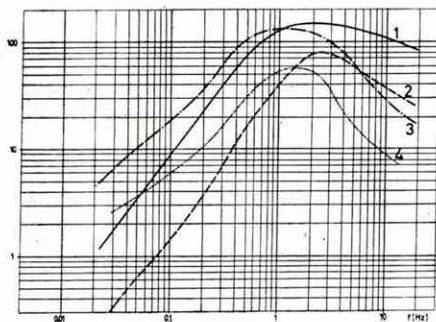
1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x ;

Fig. 53. Average S/N ratio of different components for location A—12/8.5

1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x

Рис. 53. Среднее отношение сигнал/шум при измерении различных составляющих в пункте наблюдений А-12/8.5

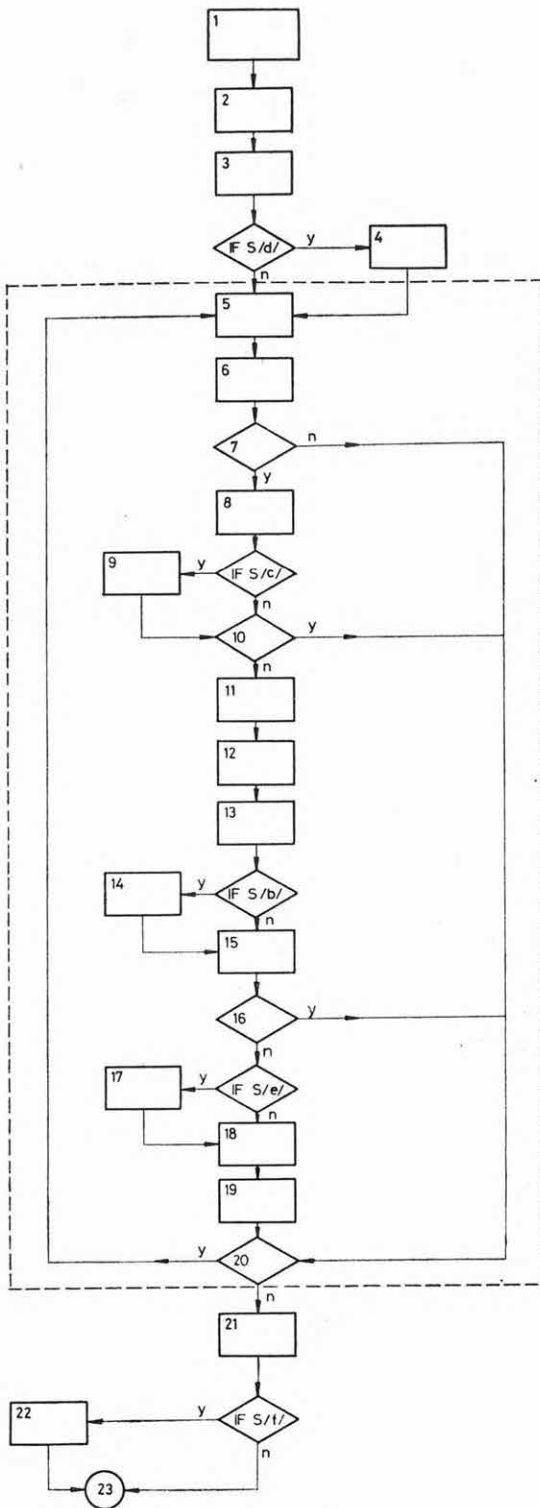
1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x



retében a többszörös (30—50-szeres) összegzéssel. Ez lehetővé teszi a nagymélységű MFS görbék igen pontos meghatározását.

A terepi felvételekből nagy számítógép (IBM 370/145 és R—35) segítségével kapjuk meg a mesterséges frekvenciaszondázási görbéket. A számítógépes program (blokkdiagramja az 54. ábrán látható) mindkét elrendezés feldolgozására alkalmas. A különböző elektromágneses komponensekből kapott szondázási görbéket a magnetotellurikus szondázási görbékkel hasonlíthatjuk össze (55. ábra). Jól látható a különböző MFS görbék sajátos viselkedése az alacsony frekvenciás tartományban, amely az elmélettel jól egyezik.

A mérések viszonylagos gyorsasága az MT vagy egyenáramú mérésekkel szemben akkor jut érvényre, amikor részletező szerkezetkutatást végzünk.



54. ábra. Nagymélységű, ötcsatornás MFS mérések feldolgozó programja

1 — logikai kapcsolók (S): a. elektromos vagy ötcsatornás; b. csatornacsere; c. bemeneti adattömb nyomtatása; d. lemezlista nyomtatása; e. szűrt értékek nyomtatása; f. polinom együtthatók nyomtatása 2 — vezérlési adatok beolvasása; 3 — geometriai együtthatók számítása; 4 — lemezlista nyomtatása

Tömbönkénti feldolgozás: 5 — $\rho(I)$, $\varphi(I)=0$; 6 — tömbönkénti adatok beolvasása; 7 — a tömb megtalálható a lemezen? 8 — mérési adatok beolvasása; 9 — bemeneti adattömb nyomtatása; 10 — pulzációk száma kisebb, mint 10? 11 — időtartománybeli konvolúciós szűrő együtthatóinak számítása; 12 — a szűrés elvégzése; 13 — az érzékenységszorzók figyelembevétele, fáziskorrekciók; 14 — csatornacsere; 15 — az M. monitor csatorna amplitúdói szerinti válogatás; 16 — a kiválasztott pulzációk száma kisebb mint 5? 17 — amplitúdók és fázisok pulzációnkénti nyomtatása; 18 — amplitúdók és fázisok átlagának és szórásának számítása; 19 — $\rho(I)$, $\varphi(I)$ számítása (elektromos esetben 15, ötcsatornás esetben 7); 20 — van még feldolgozandó tömb? 21 — ρ és φ görbék nyomtatása; 22 — a $\log \rho(\log T)$ és a $\log \rho(\log h)$ polinomok együtthatóinak nyomtatása; 23 — STOP

Fig. 54. Processing program package for deep penetration five-channel MFS measurements

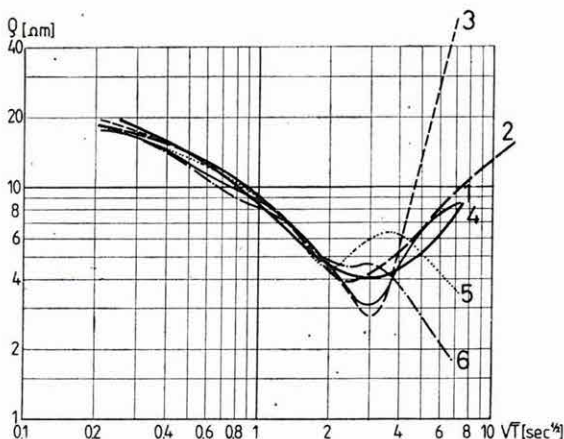
1 — logical flags (S): a. electric or five-channel; b. channel interchange; c. input data printout; d. listing from the disc; e. printout of filtered data; f. printout of the polynomial coefficients; 2 — read control data; 3 — computation of geometric coefficients; 4 — listing from the disc;

Processing in blocks: 5 — $\rho(I)$, $\varphi(I)=0$; 6 — reading of data in blocks; 7 — block on the disc? 8 — read measurement data; 9 — printout of input data; 10 — number of pulsations less than 10? 11 — computation of the coefficients of the time-domain convolution filter; 12 — filtering; 13 — gain control, phase corrections; 14 — channel interchange; 15 — sorting with respect to amplitudes of monitor channel M; 16 — number of selected pulsations less than 5? 17 — printout of amplitudes and phases for each pulsation; 18 — computation of the mean and SD of the amplitudes and phases; 19 — computation of $\rho(I)$ and $\varphi(I)$ (in the electric case 15, in the 5-channel case 7); 20 — any further blocks to be processed? 21 — printout of the ρ and φ curves; 22 — printout of the coefficients of polynomials $\log \rho(\log T)$ and $\log \rho(\log h)$; 23 — STOP

Рис. 54. Программа для обработки данных пятиканальных глубинных ЧЗ

1 — логические переключатели (S): а — электрич. или пятиканальн.; б — смена каналов; с — печатание блока входных данных; д — печатание листа данных; е — печатание профильтрованных величин; ф — печатание полиноминых коэффициентов; 2 — ввод данных управления; 3 — вычисление геометрических коэффициентов; 4 — печатание листа данных;

Поблочная обработка: 5 — $\rho(I)$, $\varphi(I)=0$; 6 — ввод данных по блокам; 7 — находится-ли блок на диске? 8 — ввод данных наблюдений; 9 — печатание блока входных данных; 10 — число пульсаций меньше чем 10? 11 — вычисление фильтрационных коэффициентов конволюции по диапазону времени; 12 — выполнение фильтрации; 13 — учет множителей чувствительности, фазовые поправки; 14 — смена каналов; 15 — селекция по амплитудам канала монитора М; 16 — число выбранных пульсаций меньше чем 5? 17 — печатание амплитуд и фаз по пульсации; 18 — вычисление средней величины и среднеквадратичных отклонений амплитуд и фаз; 19 — вычисление $\rho(I)$, $\varphi(I)$ (при записи электрической составляющей — 15, при пятиканальных измерениях — 7); 20 — есть-ли еще обрабатываемый блок? 21 — печатание кривых ρ и φ ; 22 — печатание коэффициентов полиномов $\log \rho(\log T)$ и $\log \rho(\log h)$; 23 — СТОП



55. ábra. Az MFS és MTS görbék összehasonlítása az MT-IV/79 jelű ponton
 MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;
 MFS: 3— ρ_{E_x/H_y} ; 4— ρ_{E_x} ; 5— ρ_{H_z} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

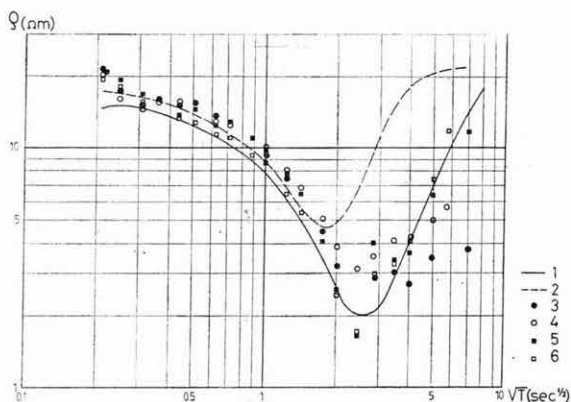
Fig. 55. Comparison of MFS and MTS curves for point MT-IV/79
 MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;
 MFS: 3— ρ_{E_x/H_y} ; 4— ρ_{E_x} ; 5— ρ_{H_z} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

Рис. 55. Сопоставление кривых ЧЗ и МТЗ в пункте МТ-IV/79
 МТЗ: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;
 ЧЗ: 3— ρ_{E_x/H_y} ; 4— ρ_{E_x} ; 5— ρ_{H_z} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

Az értelmezés során kétféle módon járhatunk el. A szelvényben ábrázolt különböző paraméterű mérésekből kapott görbéket, differenciális görbéket vagy azok jellegzetes pontjait értelmezzük. Ez csak akkor ad helyes információt, ha a mért görbék elegendően pontosak és csekély különbségnek is földtani információt tulajdoníthatunk. A másik lehetséges változat a görbék elméleti görbeseregekkel, vagy más kvantitatív-kvalitatív módszerekkel történő mennyiségi kiértékelése. Ez az út azonban csak akkor járható, ha az MFS görbék torzulásának sajátosságait is jobban ismerjük.

1980-ban nagymélységű MFS méréseinket Tóalmás környékén, egy MT szempontból nagy irányfüggést (torzulásokat) mutató területen, az A—12 δ /77 szeizmikus vonal nyomvonalán, az MFS mérések irányfüggőségének vizsgálata céljából végeztük. A szeizmikus vonal iránya jól egyezik a kétdimenziósnak tekinthető szerkezet dőlésirányával. A méréseket mind a vonallal párhuzamos, mind az arra merőleges adódipólokkal is elvégeztük. A szondázási görbéket az ELGI új R—35 típusú számítógépén dolgoztuk fel. A további feldolgozás és a görbék kiértékelésének meggyorsítására felhasználtuk az ELGI HP 9845A kisszámítógépét. Az MTS mérésekből kapott nagy irányfüggést a különböző irányú mesterséges frekvenciaszondázásoknál nem tapasztaltuk.

A szelvényben kapott MTS és MFS görbék az 56. ábrán láthatók.



56. ábra. Az A—12/18 jelű pont MFS és MTS görbéi

MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

MFS: 3— ρ_{E_x} ; 4— ρ_{E_y} ; 5— ρ_{E_x/H_y} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

Fig. 56. MFS and MTS curves for point A-12/18

MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

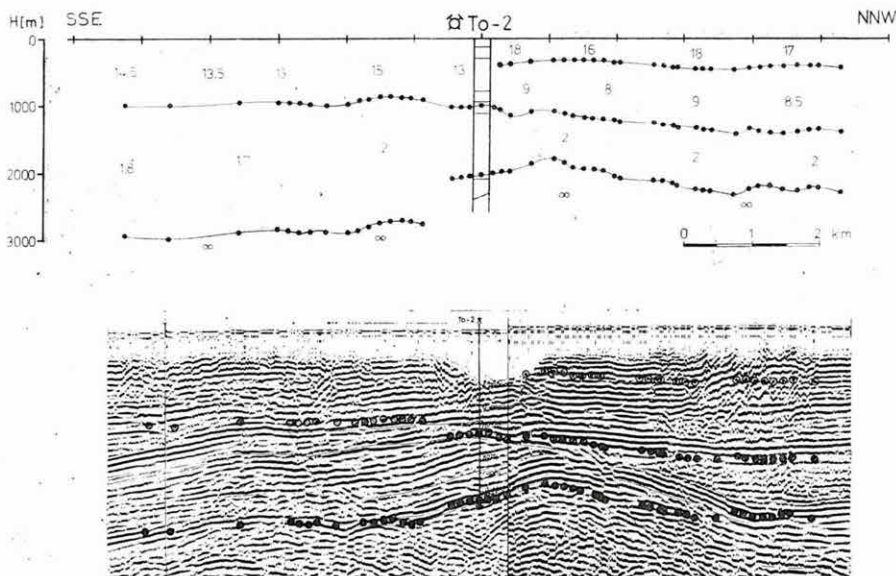
MFS: 3— ρ_{E_x} ; 4— ρ_{E_y} ; 5— ρ_{E_x/H_y} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

Рис. 56. Кривые ЧЗ и МТЗ в пункте А-12/18:

МТЗ: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

ЧЗ: 3— ρ_{E_x} ; 4— ρ_{E_y} ; 5— ρ_{E_x/H_y} ; 6— ρ_{E_y/H_x}

A Szovjet Tudományos Akadémia Oceanológiai Intézete által kiadott elméleti görbeseregek segítségével elvégeztük mind az elektromos, mind az ötkomponenses méréseink görbesereges kiértékelését. A kiértékelés eredményét a To—2 fúrás adataival együtt az 57. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a To—2 fúrástól D-re H típusú, míg attól É-ra QH típusú felépítést valószínűsíthetünk. A kisellenállású réteg felszíne az alsó-felső pannoniai határral azonosítható. A szelvény É-i részén megjelenik a pleisztocén — felső pannon határ is. A kapott eredményt összehasonlítottuk az A—12δ/77 szeizmikus szelvényvel is. A reflexiós időszelvényen ábrázoltuk az MFS mérésekből kapott mélységadatokat. Az elektromos és szeizmikus adatok nagyon jól egyeznek.



57. ábra. Az MFS mérések eredménye az A—12δ/77 szeizmikus időszelvényben

Fig. 57. MFS end-results superimposed on seismic time section A-12δ/77

Рис. 57. Результаты ЧЗ в сейсмическом временном разрезе А-12δ/77

Magnetotellurikus mérések feldolgozó rendszere R—35 számítógépre*

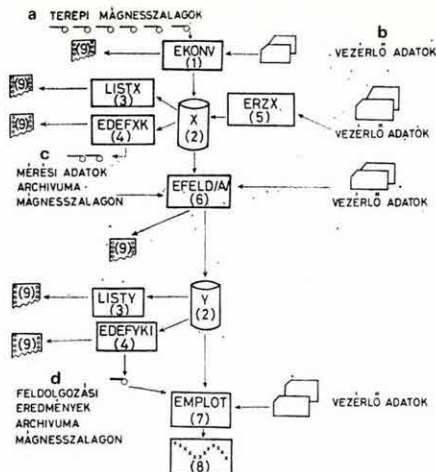
Digitális jelrögzítésű magnetotellurikus mérések feldolgozása különböző típusú számítógépeken (MINSZK—32, IBM—360/145) az Intézetben 1977 óta rutinszerűen folyik. A kifejlesztett programrendszer főbb algoritmusait az 1977. Évi Jelentésben ismertettük.

Az Intézet R—35 típusú új számítógépének üzembehelyezése során az MT feldolgozó programrendszert továbbfejlesztettük, és alkalmassá tettük az R—35 OS/VS1 operációs rendszer alatt történő futtatásra.

A programrendszer vázlatát az 58. ábra mutatja. A programcsomag az 1977. Évi Jelentésében ismertetett feldolgozó rendszerhez képest az alábbi eljárásokkal bővült:

- a konvertált adatok megőrzése mágnesszalagon lehetővé teszi a mérési anyag későbbi újrafeldolgozását a terepi orsók újbóli beadása nélkül;
- a feldolgozást végző programban az ipari zajok jellegétől függően különböző jel/zaj növelő eljárások hívhatók;
- a programcsomag lehetővé teszi a feldolgozási eredmények grafikus megjelenítését.

* Kiss J., Varga G.



58. ábra. MT feldolgozó rendszer az ELGI R—35 számítógépére

(1) — terepi mágnesszalagok beadását, konvertálását, valamint az adatok direkt-elérésű adathordozóra történő átvitelét végző program; (2) — a mérési adatokat (x), illetve feldolgozási eredményeket (y) tartalmazó diszk egység; (3) — listázó eljárás diszkről; (4) — archiváló eljárás mérési illetve feldolgozási adatok mágnesszalagon történő tárolására; (5) — terepi mérőműszer átviteli karakterisztikájának meghatározása és felvétele diszkre; (6) — a mérések feldolgozását végző programcsomag; (7) — feldolgozási eredmények grafikus megjelenítését végző eljárás; (8) — eredmények kirajzolása VERSATEC-plotteren; (9) — adatok nyomtatása

Fig. 58. MT processing package for ELGI's R-35 computer

(1) — input of field tapes, conversion and storage on directly accessible units; (2) — disc drive containing field data (x), and processed results (y); (3) — listing procedure from disc; (4) — procedure to create archive mag-tapes from measured and/or processed data; (5) — determination and write-up on the disc of the transfer characteristics of the measuring equipment; (6) — processing package; (7) — procedure for graphical visualization of the end results; (8) — plotting of results on VERSATEC plotter; (9) — data printout; a — field magnetic tapes; b — control data; c — mag-tape archive of field data; d — mag-tape archive of processed data

Рис. 58. Система обработки магнитотеллурических данных на ЭВМ ЕС-1035

(1) — программа, выполняющая ввод полевых магнитных лент, их преобразование, а также перенос их на технические носители прямого доступа; (2) — дисковое устройство, содержащее данные наблюдений (x) и результаты обработки (y); (3) — листинг с диска; (4) — архивация для хранения данных наблюдений и обработки на магнитных лентах; (5) — определение характеристик полевой аппаратуры и нанесение их на диск; (6) — комплекс программ для обработки данных наблюдений; (7) — графическое представление результатов обработки; (8) — представление результатов плоттером VERSATEC; (9) — печатание данных; a — полевые магнитные ленты; b — управляющие данные; c — банк полевых данных на магнитных лентах; d — банк обработанных данных на магнитных лентах

2.2.2 A gerjesztett polarizációs módszer fejlesztése

Anomália-minősítő GP mérések a Börzsöny hegységben*

A korábbi évek GP műszer- és módszerfejlesztésének eredményeit 1980-ban kezdtük alkalmazni a földtani kutatásban. Természetesen maradtak még megoldatlan módszertani kérdések, de előtérbe került a GP—4 műszerrel végzett

* Erkel A., Király E., Verő L.

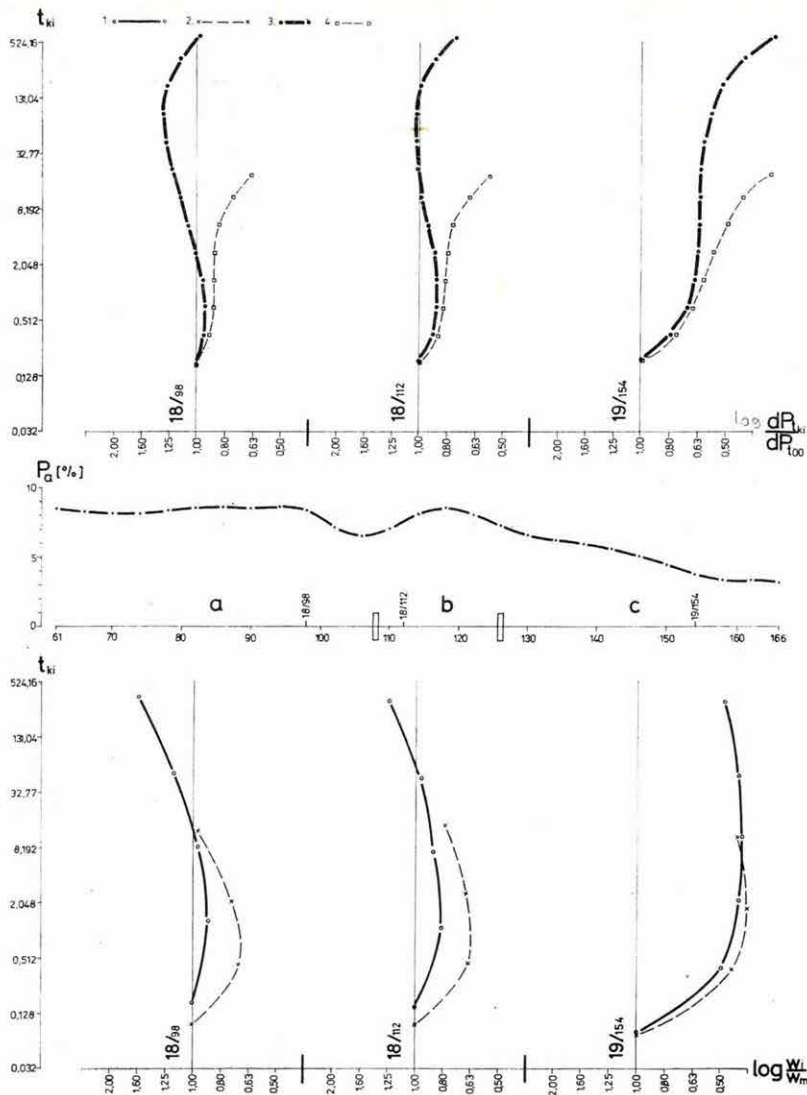
mérésekből nyerhető földtani többletinformáció földtani hasznosítása: a látszólagos GP anomáliák minősítése. Erre a legjobb példa a Börzsöny-hegységi, ezen belül a Rózsa-bánya körüli GP anomália részletes vizsgálata. Ez az egyetlen hely ugyanis, ahol a fúrások a gyenge, hintett ércesedésnél nagyobb szulfid-koncentrációt, vékony teléres ércesedést mutattak ki (a korábbi GP mérések eredményeit és értelmezését lásd az 1979. évi jelentésben). Az 59. ábra alsó részén három jellegzetes lecsengési görbe relatív amplitúdó $\left(\log \frac{W_i}{W_m}\right)$ -időállandó (τ_i) diagramja látható. Az erősen emelkedő tendenciájú diagram (18/98, $T=996$ s) a fúrómagokon végzett vizsgálatok tanúsága szerint a hálós-eres, teléres, míg a csökkenő (19/154) a nagyon gyengén hintett ércesedésre jellemző. Az ábra közepén látható látszólagos polarizálhatóság szelvény (P_a) alapján ilyen értelmezés nem végezhető. A 18/112 lecsengési görbe diagramja átmeneti jellegű. A lecsengési görbék relatív amplitúdó-időállandó diagramjai tükrözik a fúrások alapján megállapított ércföldtani különbségeket a szelvény a, b és c szakaszai között.

Hasonló vizsgálatokat végeztünk még néhány más GP anomálián is (Kurucpatak, Bánya-pusztá) és megerősítettük azt a korábbi, a DIAPIR-méréseken alapuló következtetésünket (1978. Évi Jelentés), hogy dinamikus GP paramétereiket tekintve ezek az anomáliák hasonlóak. Megállapítottuk továbbá, hogy az ezeken az anomáliákon kapott $W-\tau$ diagramok gyenge hintett ércesedést jeleznek. Az anomáliamentes területeken pedig a teljesen ércmentes kőzetekre a határozottan csökkenő tendenciájú $W-\tau$ görbe jellemző.

A Börzsönyi ércperspektívák megítélése az újabb eredmények tükrében nem változott, az anomália-minősítő mérések szerint a Rózsa-bánya környékétől eltekintve még a GP anomáliák területén sem várható más, csak gyengén hintett ércesedés.

Megállapításaink megbízhatóságát további vizsgálatok támasztják alá. Az 59. ábrán feltüntettük a 31,13 s-hoz tartozó $W-\tau$ diagramokat is. Ezeken, bár hasonlóak a hosszabb gerjesztési időhöz tartozó diagramokhoz, megkülönböztető jelleg még nem található. Ugyancsak az 59. ábrán, felül láthatók a lecsengési görbék Komarov-féle módszerrel számított deriváltjai. A 996 s-hoz tartozó deriváltak éppúgy eltérnek egymástól, mint a $W-\tau$ diagramok, a 31,13 s-hoz tartozók pedig éppúgy jellegtelenek. Hasonló következtetés vonható le a 60. és 61. ábrák alapján is. A $W-\tau$ diagramok előnye nagyon zajos lecsengési görbéknél látható, ezenfelül a módszer lehetőséget nyújt az elektromágneses csatolás eltávolítására is.

A dinamikus paraméterek meghatározásában a minőségi javulást az interaktív, tényezőkre bontáson alapuló módszerrel a Marquardt algoritmust alkalmazó regressziós eljárásra való áttérés jelentette. A HP 9845-re írt program ki-küszöbölte a feldolgozás szubjektívását és a feldolgozás gyorsabbá is vált. Így lehetőség nyílt az eredmények egyértelműségének ellenőrzésére is.



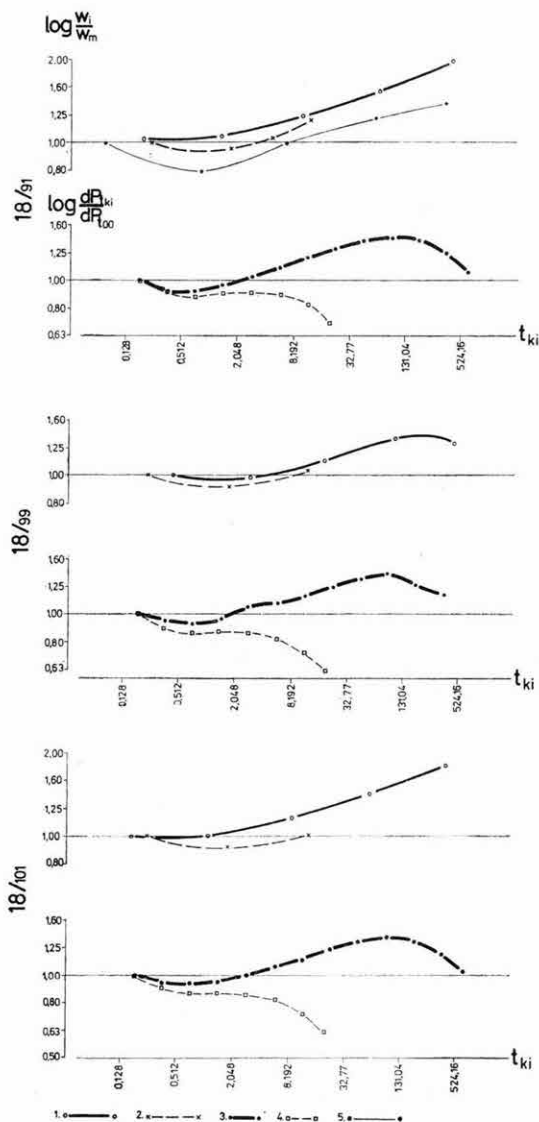
59. ábra. A rózsabányai GP-anomália értelmezése jelalak vizsgálat alapján
 1 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram

Fig. 59. Interpretation of the Rózsa-mine IP anomaly based on analysis of decay curves

1 — ($W-\tau$) diagram corresponding to 996 s charging time, computed by regression method; 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve for 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 s charging time

Рис. 59. Интерпретация аномалии ИП, полученной в районе Рожабаня методом временных характеристик

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, определенный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 31,13 сек; 3 — кривая дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — кривая для дифференциальной поляризуемости времени возбуждения 31,13 сек



60. ábra. Hintett, hálós—eres közetek diagramjai

1 — 996-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram; 5 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, interaktív módszerrel számítva

Fig. 60. Diagrams for disseminated and veinlet type mineralization

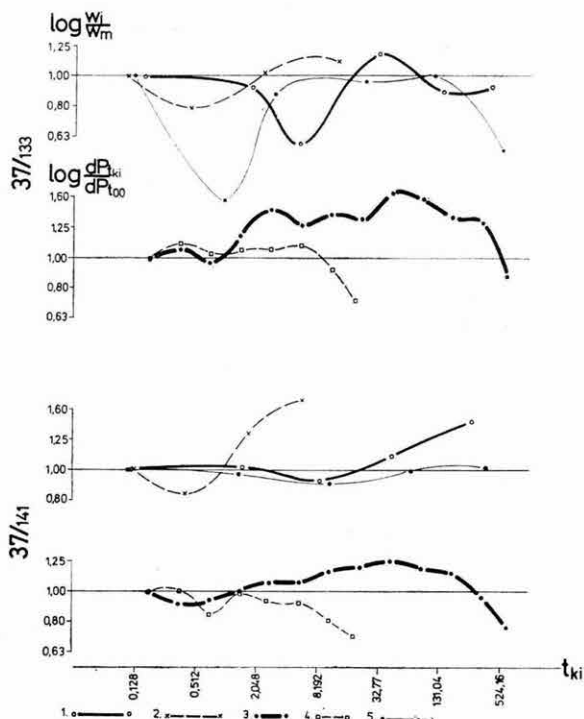
1 — ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time, regression method 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve, 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 s charging time; 5 — interactively determined ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time

Рис. 60. Графики для горных пород с вкрапленным, и прожилковым оруденением

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, рассчитанный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 31,13 сек; 3 — кривая дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 31,13 сек; 5 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 996 сек, вычисленный интерактивным методом

A 60. ábrán látható, hogy jó jel/zaj viszony esetén az interaktív és regressziós módszer szinte teljesen azonos eredményt ad (18/91). Rosszabb jel/zaj viszony esetén a regressziós módszer akár egy nagyságrenddel jobb közelítést is adhat és a $W-\tau$ diagramok lényegesen eltérnek egymástól (61. ábra, 37/133 görbe).

Földtani következtetéseink megalapozottságát tehát bizonyítja, hogy a relatív amplitúdó-időállandó diagramok jellege független az adatfeldolgozás módszerétől, valamint az is, hogy a szovjet módszer alapján lényegében teljesen azonos következtetésekre juthatunk.



61. ábra. Átmeneti jellegű diagramok

1 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram; 5 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, interaktív módszerrel számítva

Fig. 61. Diagrams of transitional character

1 — ($W-\tau$) diagrams for 996 s charging time, regression method; 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve for 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 charging time; 5 — ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time, interactive method

Рис. 61. Графики переходного типа

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, вычисленный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 31,13 сек; 3 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 31,13 сек; 5 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 996 сек, вычисленный по интерактивному методу

2.2.3 Egyenáramú geoelektromos módszerek fejlesztése

Egyenáramú potenciáltérképezés (PM mérések)*

Az 1968 óta folyó módszerfejlesztéssel és az ehhez kapcsolódó számítógépes feldolgozás kialakításával, valamint a terepi mérőműszerek kifejlesztésével sokrétű, a kutatatandó földtani modellhez és a feladatokhoz alkalmazkodó módszert hoztunk létre.

Egyszerű esetben a potenciáltérképezés egymástól távoli, a mérés közben rögzített (egyenáramú) árambetápláló elektródák terének a „tápvonallal” párhuzamos szelvények mentén történő feltérképezésből áll, ahol a szelvény mentén az M, N mérőelektróda-párral a potenciálgradiens nagyságát mérjük (62. ábra). A közönséges ellenállásszelvényezéstől a mérés abban különbözik, hogy egy terület „feltérképezése” közben az A, B tápelektródák változatlan helyen vannak. A tápelektródák rögzítése meggyorsítja a mérést, másrészt több tértorzulási, matematikailag nehezen kezelhető problémát kiküszöböl, és így pontosabb a feldolgozás.

Az eljárás egyszerű formájában olyan kutatási célok megoldására alkalmas, ahol a nagyellenállású aljzat mélységét kívánjuk meghatározni, első közelítésben homogén, jóval kisebb ellenállású fedőösszlet alatt. Ekkor definiálható a fedőösszlet *összegezett vezetőképessége*:

$$S = \int_0^H \frac{dh}{\rho} = K_p(r_A, r_B, r_M, r_N) \frac{I_{AB}}{\Delta V_{MN}}$$

ahol K_p az elektródák elhelyezésétől függő, kiintegrálható tényező (geometriai, vagy normáló tényező), I a tápáram, ΔV a mért potenciálgradiens.

A potenciáltérképezés eredményeként a vezetőképesség (S) térképet adjuk meg. Ha a fedőösszlet homogén, akkor a vezetőképesség arányos a vezető összlet (a fedő) vastagságával és így a (nagyellenállású) aljzat mélységtérképe könnyen előállítható. Az S térképek értelmezése egyszerű; homogén fedőösszletnél a vezetőképesség-maximumok az aljzat bemélyedéseit, a minimumok az aljzat kiemelkedéseit jelölik ki. Több nyersanyagkutatási feladat jól megközelíthető ilyen modellel; így például a bauxitkutatásban a feküdolomit bemélyedéseinek (tektonikusan preformált karsztos árkoknak, töbröknek) kimutatása, szénkutatásnál a paleogén-neogén összlettel kitöltött mezozoos aljzatú medencék határainak kijelölése, karsztvízkutatásnál a nagyellenállású karbonátos (karsztosodó) aljzat vetőinek, törésvonalainak meghatározása.

Még az ilyen egyszerű esetben is a vezetőképesség-térkép nem képezi le tökéletesen a mélységtérképet, például 60°-nál meredekebb vetők (a meredekség-

* Kakas K.

től függetlenül) azonos vezetőképeség-szelvényvel jelentkeznek. Az egyszerű mélységszámítást ezért fizikai és matematikai modellezéssel is ellenőrizzük. Erre példákat a következő részben adunk.

Ha az aljzat a fedőhöz képest nem nagy ellenállású, vagy a fedőben nagy ellenállású közbetelepülés is van, akkor a tápvonal hosszának és helyzetének megválasztása kritikussá válhat. Bár normáló modelleket a számítógépes feldolgozás során tetszőleges réteg-konfigurációra ki lehet számolni, bonyolultabb esetben modellvizsgálattal és terepi kísérleti mérésekkel célszerűbb meghatározni, hogy adott határfelületet milyen AB távolsággal a legjobb térképezni. Ezt nevezzük az AB tápvonal optimalizálásának. A 62. ábra b. szelvényén (Csordakút térségében) a különböző tápvonalhosszúsággal mért vezetőképeség-szelvényeket ábrázoljuk. Látható, hogy a triász felszínben levő vetőt az AB=1260 m-es tápvonalhosszúságú mérés képezi le a legjobban, ez az optimális AB erre a területre. Ha a kutatandó objektum, pl. egy bauxit több árnyékoló (szigetelő) réteg, pl. eocén mészkő alatt van, akkor az optimalizálás sem vezet eredményre; itt az FFG—BFG (fúrás-felszín, illetve fúrás-fúrás közti „átvilágító”) módszert érdemes alkalmazni.

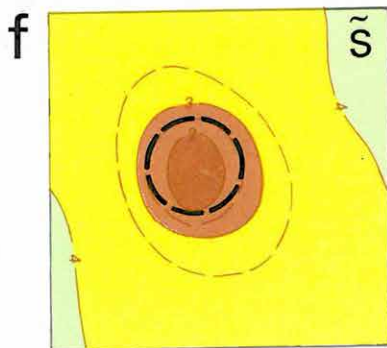
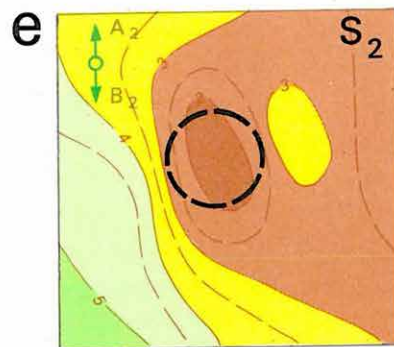
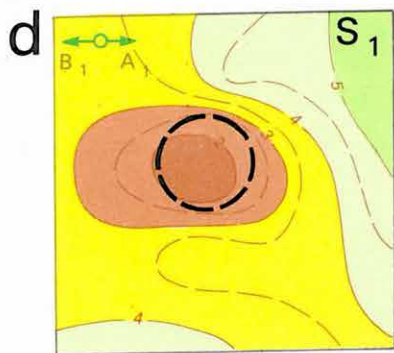
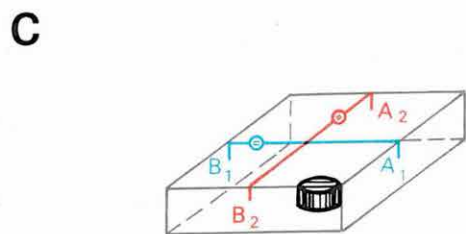
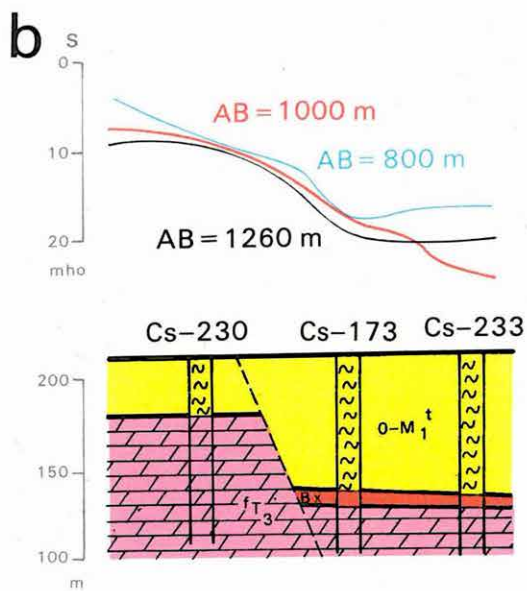
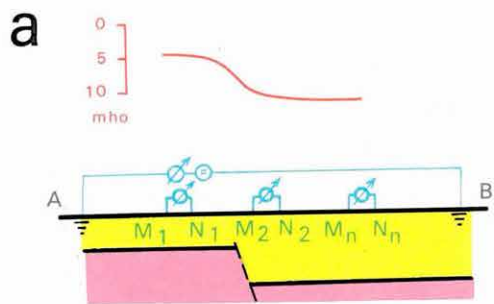
További leképzési problémák jelentkeznek, ha a bevezetett áramtér iránya (jó közelítéssel a tápvonal iránya) nem merőlegesen halad a kutatandó szerkezetelemre (vetőre, tektonikai árkokra, magasrög vonulatra). Pl. ha a tápvonalat egy vetővel párhuzamosan telepítjük, a vezetőképeség-térképen a vető nem ismerhető fel (áramkiegyenlítőds). Mivel a térképezés megkezdésekor csak igen hozzávetőlegesen tudjuk a fővetők (szerkezeti vonalak) irányát, ezért olyan változatot dolgoztunk ki, amellyel a leképzés irányfüggetlenné (invariáns) tehető, azaz a vezetőképeség-térképet meg lehet szabadítani a tápvonal telepítésétől származó ál-anomáliáktól.

Az egy pontban mérhető térerősség-vektorra (\vec{E}) formálisan felírható:

$$\vec{E} = [S^{-1}][K]\vec{I}$$

ahol $[S^{-1}]$ a vezetőképeség eloszlására jellemző 4 elemű reciprok vezetőképeség-tenzor, $[K]$ a geometriai hatásokat tartalmazó, kiszámolt, normáló tenzor, \vec{I} a tápdipól erősségvektora. Az S^{-1} tenzor elemei tartalmazzák a földtani információt. Bizonyítható, hogy ennek a tenzornak a determinánsa invariáns, azaz független a tápvonalak telepítésének irányától, és definiálható úgy, hogy a determináns határesetben megegyezzek az eddig használt és fizikailag jól értelmezhető vezetőképeséggel. Az így keletkezett értéket nevezzük *invariáns vezetőképeségnek*. Az S tenzor elemeinek meghatározására két (célszerűen egymásra merőleges) tápvonallal egy ponton összesen 4 potenciálgradiens értéket kell mérni. Az ilyen „invariáns térképezés” tapasztalataink szerint valóban mentes a „áramtér kiegyenlítőds” és az egyéb tértorzulások hatásától.

További terepi kísérletekkel tisztáztuk, hogy a 4 elemű tenzor determinánsát elsősorban a főátlóban álló elemek nagysága határozza meg. Elfogadható ered-



62. ábra. Egyenáramú potenciál-térképezés

- a) a potenciál-térképezés (PM) elve (vezetőképesség szigetelő aljzat vetője felett)
- b) kísérleti mérések a tápvonal optimalizálására (Csordakút, 1980.)
- c) modellkád-kísérletek a felbontóképesség vizsgálatára: a modell
- d) S_1 térkép (mérés az A_1B_1 tápvonallal)
- e) S_2 térkép (mérés az A_2B_2 tápvonallal)
- f) átlagvezetőképesség-térkép ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

Fig. 62. Direct current potential mapping

- a) principles of PM measurement (conductivity over a fault of the insulating basement)
- b) experiments for optimization of supply line (Csordakút, 1980)
- c) model-tank experiments to study the resolution power: the model
- d) S_1 map (measured by supply line A_1B_1)
- e) S_2 map (measured by supply line A_2B_2)
- f) average conductivity map ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

Рис. 62. Потенциальное картирование на прямом токе

- a) принцип потенциального картирования (PM) (проводимость над сбросом непроводящего основания)
- b) экспериментальные работы для оптимизации линии питания (с. Чордакут, 1980 г.)
- c) модельные работы в ванне для изучения разрешающей способности: модель
- d) карта S_1 (измерение с питающей линией A_1B_1)
- e) карта S_2 (измерение с питающей линией A_2B_2)
- f) карта средней проводимости ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

ményt kapunk tehát akkor is, ha csak a „főértékeket”, azaz két, egymásra merőleges tápvonallal párhuzamos potenciálgradienseket mérjük. Így egy ponton két mérésre van szükség, ez a „kétirányú potenciáltérképezés”, amelynek eredménye az

$$\tilde{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2}$$

átlag-vezetőképesség térkép. A két különböző tápvonallal és mérőelektrodapárral végzendő mérések sémáját a 62. a és c. ábra mutatja be.

A gyakorlatban külön-külön értelmezzük az S_1 és az erre merőleges tápvonallal mért S_2 térképet (ezzel kijelölhetők a terítésre merőleges szerkezeti vonalak) és az \tilde{S} térképet (ez használható fel megbízható mélységszámításra).

Fentiek illusztrálására modellkád-eredményeket mutatunk be. A modellezett feladat: egy hengeralakú aljzatbemélyedés (62/c ábra). Az S_1 térkép a K—Ny irányú, az S_2 az \vec{E} —D irányú tápvonallal mért (egyirányú) vezetőképesség-térkép és a ható képe az áramkiegyenlítődéssel miatti torzulását mutatja. Látható, hogy az \tilde{S} átlag-vezetőképesség térkép már jó közelítéssel mutatja a ható köralakját (62. d., e., f. ábra).

*Egyenáramú matematikai és fizikai modellezés**

A földtani elő- és felderítő kutatásban a hagyományos geoelektromos módszerek hatékonyságának növelése, a részletes fázisú kutatás szükségietei megkövetelik az egyenáramú mérések módszertanának és értelmezési eljárásainak továbbfejlesztését.

Ennek részfeladatai:

- annak eldöntése, hogy mely egyenáramú geoelektromos módszer mely földtani modelleken hatékony,
- a kutatatandó határfelület mélységét meghatározó eljárások kidolgozása: a gyakorlatban eddig alkalmazott kvalitatív jellegű értelmezési eljárások kvantitatív, gépesíthető eljárásokkal való felváltása;
- az új ismeretek hasznosítása a mérések tervezésénél.

Ezen célok érdekében a *matematikai modellezés* mellett, azzal összehangolva, elkezdtük a *fizikai* (analóg) *modellezést* Sopronban, az MTA GGKI-ben épült Elektromágneses Modellező Laboratóriumban (EML). Az EML-t az OKGT Geofizikai Kutató Vállalat, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet és az ELGI együttesen hozták létre. A laboratórium fő rendeltetése elektromágneses frekvenciaszondázás és szelvényezés, valamint magnetotellurikus mérések modellezése. A Maxwell egyenletek hasonlósági transzformációval szembeni viselkedését vizsgálva kimutatható, hogy a modellkád méretei mellett

* Simon A., Szabadvary L., Szarka L., Szigeti G.

a hangfrekvenciás tartományba eső váltóáramú gerjesztéssel egyenáramú méréseket modellezhetünk. A magas fokon automatizált soproni laboratórium megbízható mérési anyagot ad. 1979-ben a potenciáltérképezés (PM) modellezésére koncentráltunk.

Fizikai modellezéssel jelenleg többféle szerkezeti formát modellezhetünk, viszont ha egy adott modelltípuson a matematikai modellezést megoldottuk, azzal — a paraméterek tetszőleges variálhatósága révén — gazdaságosabban, gyorsabban közelebb jutunk a terepi mérések inverz feladatainak megoldásához.

A kétféle modellezés eltérő lehetőségeit kihasználva, azokat összehangoltan, egymást kiegészítve alkalmazzuk. Fizikai modellezéssel a kétdimenziós alakzatok közül függőleges és dőlt síkú vetőket, kétlépcsős vetőket, feltelődásokat, sasbérceket, árkokat, háromdimenziós esetben téglalakú kiemelkedéseket és bemélyedéseket modelleztünk.

A 63. ábrán vetősorozat, kétlépcsős vetősorozat, kétdimenziós kiemelkedés, illetve kétdimenziós bemélyedés feletti fizikai modellezés eredményét mutatjuk be. Vető felett a matematikai és a fizikai modellezés eredményei 2% pontossággal megegyeztek. Ezért terepi mérések értelmezésére matematikai modellezéssel, számítógépes megjelenítéssel vetőre $1/S$ görbesereg táblázatot számoltunk ki. Egy ilyen görbesereg látható a 64. ábrán, amely a terepi kvantitatív feldolgozáshoz készült.

Az 1976. és 1979. Évi Jelentésben példát közöltünk a konform leképezések módszerének alkalmazására, vető és más kiemelkedő szerkezeti formák felett. 1980-ban sikerült a megfelelő konform leképezést megoldani elipszis-szerű bemélyedő formákra, a bemélyedések mélysége és szélessége egymástól függetlenül történő változtatásával. Ilyen szerkezet feletti S görbe látható a 65. ábrán.

A fúróluktelektródás térképező módszerekre (FFG—BFG) közelítő mélységszámítási eljárást dolgoztunk ki, kétréteges modell esetére (a második réteg a fedőrétegekhez viszonyítva gyakorlatilag szigetelőnek tekinthető). Feltételek:

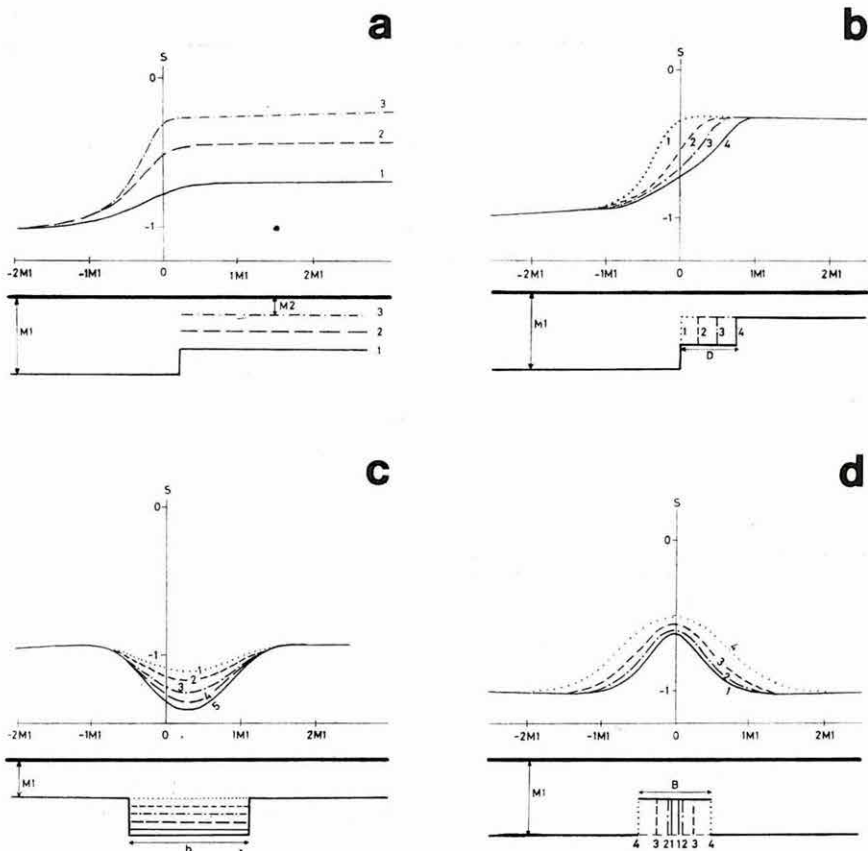
- a szerkezeti elem horizontális kiterjedése összemérhető a második réteg átlagmélységével;
- a mélységváltozás az átlagmélység 20—30%-nál nem nagyobb.

A feltételek teljesülése esetén az elektromos térerősség előállítható a horizontálisan rétegzett közegre vonatkozó normál térerősségből a mélység, mint változó szerinti sorfejtéssel:

$$E = \rho E_0 + \rho \left. \frac{\partial E_0}{\partial h} \right|_{h=0} \Delta h + \dots$$

A mélység így

$$h = h_0 + \Delta h = h_0 + \left(\frac{E}{\rho} - E_0 \right) K$$



63. ábra. Vezetőképesség görbék szigetelő aljzat felett (fizikai modellezés eredménye)

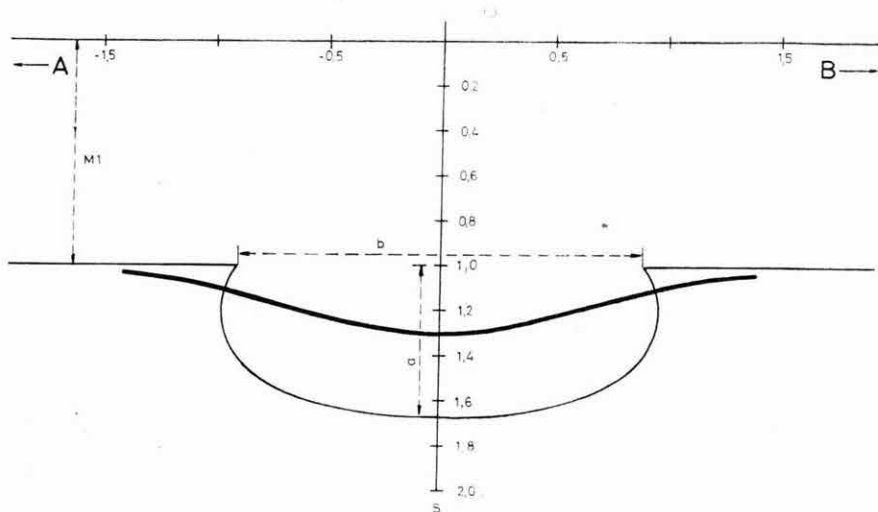
- a) vető felett, M_2/M_1 : 1 — 0,74; 2 — 0,45; 3 — 0,25
 b) kétlépcsős vető felett, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0,25; 3 — 0,5; 4 — 0,75
 c) árok felett, A/M_1 : 1 — 0,02; 2 — 0,4; 3 — 0,6; 4 — 0,8; 5 — 1,0
 d) sasbérc felett, B/M_1 : 1 — 0,1; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 1,0

Fig. 63. Conductivity curves over high-resistivity basement, obtained by physical modelling

- a) over a fault, M_2/M_1 : 1 — 0.74; 2 — 0.45; 3 — 0.25
 b) over a two-step fault, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0.25; 3 — 0.5; 4 — 0.75
 c) over a trench, A/M_1 : 1 — 0.02; 2 — 0.4; 3 — 0.6; 4 — 0.8; 5 — 1.0
 d) over an horst, B/M_1 : 1 — 0.1; 2 — 0.2; 3 — 0.4; 4 — 1.0

Рис. 63. Кривые проводимости над фундаментом высокого сопротивления (результаты физического моделирования)

- a) над сбросом, M_2/M_1 : 1 — 0,74; 2 — 0,45; 3 — 0,25;
 b) над двухступенчатым сбросом, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0,25; 3 — 0,5; 4 — 0,75
 c) над грабеном, A/M_1 : 1 — 0,02; 2 — 0,4; 3 — 0,6; 4 — 0,8; 5 — 1,0
 d) над горстом, B/M_1 : 1 — 0,1; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 1,0



65. ábra. Ellipszis jellegű bemélyedés matematikai modellezése (S szelvény)
 $M_1=1$; $b=1,80$; $a=0,67$; Elektrodák helyzete: A: $-4,0$; $0,0$
 B: $+4,0$; $0,0$

Fig. 65. Mathematical modelling of an ellipsoidal depression (S profile)
 $M_1=1$; $b=1.80$; $a=0.67$. Location of electrodes: A: -4.0 ; 0.0
 B: $+4.0$; 0.0

Рис. 65. Математическое моделирование эллипсоидального прогиба (график S)
 $M_1=1$; $b=1,80$; $a=0,67$; положение электродов: A: $-4,0$; $0,0$
 B: $+4,0$; $0,0$

ahol:

h_0 — a második réteg átlagmélysége,

E — a mért térerősség,

E_0 — a térerősség normálértéke,

ρ — az első réteg fajlagos ellenállása,

K — az elektróda elrendezéstől és a normálmodell paramétereitől függő koefficiens.

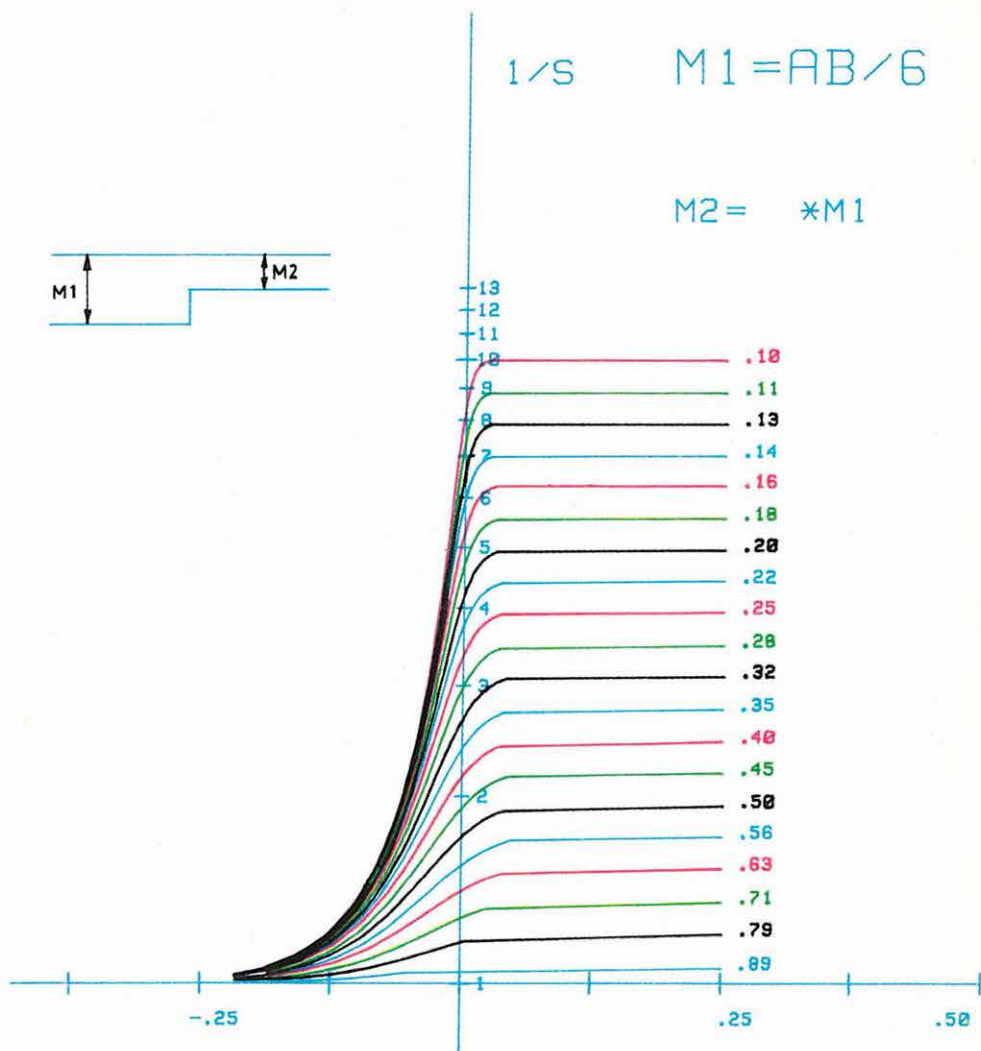
Az eljárás gyakorlati lépései:

- a mért térerősség értékének korrekciója a fedőösszlet fajlagos ellenállásának vízszintes irányú változása szerint, (ehhez az ellenállást a VESz görbék és fúrások adataiból szerkesztett ellenállás térképről vesszük);
- a szorosabban vett mélységszámítás végrehajtása. Ekkor végezzük el a térerősség—mélység összefüggésben a koordináták szerinti változást figyelembe vevő K taggal a korrekciót.

1/s

$$M1 = AB/6$$

$$M2 = *M1$$



64. ábra. $1/S$ görbesereg vető elvetési magasságának meghatározására, PM mérésekhez

Fig. 64. $1/S$ curve chart to determine fault amplitude, for PM measurements

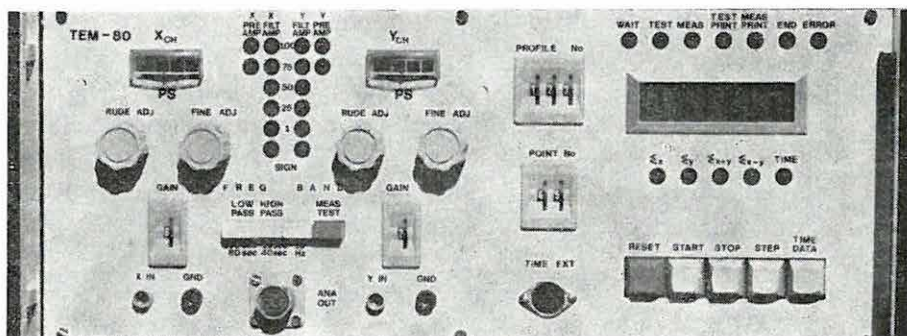
Рис. 64. Семейство кривых $1/S$ для определения амплитуды сброса по измерениям PM

A terepi számító centrum HP 9845S asztali számítógépére megírt program a mélyszámítási eljárás első és második lépését igény szerint szakaszonként, vagy egyszerre végzi. Ennek megfelelően a fedőösszet ellenállására korrigált vezetőképesség térképet, vagy mélységtérképet szerkeszt.

2.2.4 Geoelektromos műszerfejlesztés

TEM—80 tellurikus műszer*

Az elmúlt tíz évben világszerte megfigyelhettük a magnetotellurikus (MT) módszer térhódítását. Azonban igen sok magnetotellurikus módszerrel megoldható problémánál a kutatás előkészítő- és részletező fázisában célszerű az MT-nél 10-szer, 20-szor olcsóbb és gyorsabb tellurikus (TE) módszer alkalmazása. Ehhez azonban a modern — gyakran számítógéppel vezérelt — MT műszerek mellett hasonló színvonalú TE műszer használata kívánatos.



66. ábra. TEM—80 tellurikus műszer

Fig. 66. TEM—80 telluric instrument

Рис. 66. Аппаратура для метода теллурических токов типа TEM—80

A TEM—80 az utóbbiak egy alapfokú megvalósítása (66. ábra). A műszer analóg erősítői megegyeznek az ELGI-ben kifejlesztett DEF—1 típusú MT műszer elektromos csatornáinak erősítőivel, de aktív szűrői csak szűkebb frekvenciasávok mérését teszik lehetővé. A mért adatok digitális jelekké történő átalakítása után a műszer real-time üzemmódban — aritmetikai és memória egységének segítségével — a mérési anyag feldolgozásának egy igen munkaigényes fázisát is elvégzi. Ez a fázis az ún. totális érték képzése, amelyet 4 vízszin-

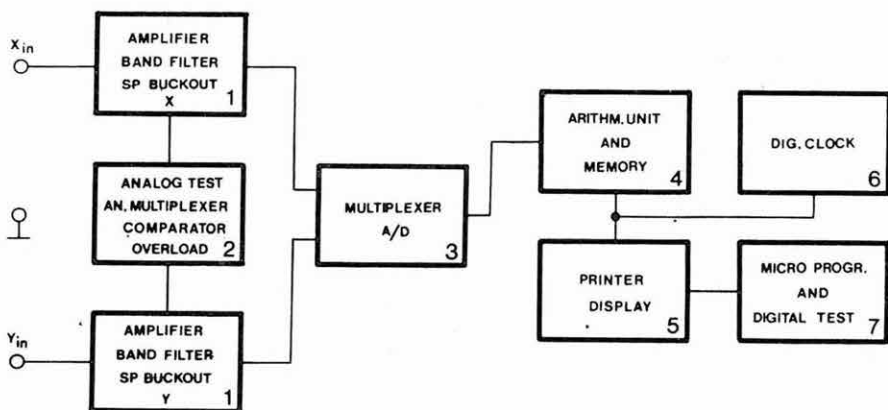
* Borsányi A., Nemesi L., Széles G.

tes komponensre állít elő. (E négy komponensből kettő mért komponens, kettő pedig a műszer által számított). Az 5 perces időintervallumokra vonatkozó négy totális értéket a berendezés automatikusan kinyomtatja, a mérési pontra jellemző hely, idő, érzékenység, szűrőállás, stb. adatokkal. A bázis és mozgó-állomások megfelelő szinkronizálását digitális órák biztosítják. A műszer által képzett adatokat HP—97-es minikalkulátorba táplálva a szokásos tellurikus paramétereket néhány perc alatt megkapjuk.

A TEM—80 elvi felépítését a 67. ábrán látható blokk-vázlaton mutatjuk be.

A műszer fő egységei és működési rendszere:

- 1 — előerősítő, kézi PS kompenzátor, aktív szűrők;
- 2 — analóg hitelesítő és kivezérlésmérő egység — a műszer relatív hitelesítésére illetve az előerősítő kivezérlésének kijelzésére;
- 3 — multiplexer és A/D konverter;
- 4 — aritmetika és memória egység — a mintavételezett Δx , Δy értékekből a totális értékek számolására, tárolására, a nyomtatás és kijelzés vezérlésére;
- 5 — nyomtató és számkijelző — a mérési protokoll automatikus elkészítésére;
- 6 — digitális óra — a bázis és mozgó műszerek mintavételezésének és 5 perces mérési ciklusainak szinkronizálására, valamint a protokoll részére az időadatok szolgáltatására;
- 7 — mikroprogramozott vezérlő egység — az egységek működésének összehangolására, tesztelésre és a protokoll összeállítására.



67. ábra. TEM—80 tellurikus műszer blokk-vázlata

Fig. 67. Block diagram of TEM—80 telluric instrument

Рис. 67. Блок-схема аппаратуры ТТ типа TEM—80

Néhány fontosabb specifikációs adat:

Bemenő csatornaszám	2
Bemenetre redukált zajszint	0,5 μ V
Maximális érzékenység	0,5 μ V/bit
Maximális bemenő jel	6 érzékenységi fokozatban ± 1 mV és ± 243 mV között
Felbontás	11 bit + előjel
Bemeneti ellenállás	1 Mohm
50 Hz elnyomás	80 dB/oktáv
Amplitúdó identitás	$\pm 1,5\%$
Idő identitás	50 ms
Méretetek	400 \times 500 \times 170 mm + ugyanakkora tápegység
Energiaforrás	E—1500-as Honda generátor

*Új, hordozható, digitális kijelzésű, automatikus ellenállás- és GP mérőműszerek**

A DIAPIR műszercsalád új sorozatában — amelynek fejlesztését 1980-ban kezdtük el — a primer és szekunder elektromos jelek mérésére, a jel/zaj viszony javítására néhány, a szokásos gyakorlattól teljesen eltérő megoldást alkalmaztunk:

- a primer és szekunder feszültségeknek nem pontszerű amplitúdóját, hanem a *jel területét* mérjük, változtatható gerjesztési és integrálási idő mellett. Az integrálási idő növelésével jelentősen javítható a jel aránya a nagyfrekvenciás, kváziharmonikus, ipari és tellurikus zajokhoz viszonyítva;
- a váltakozó előjelű impulzusokkal létrehozott primer és szekunder jeleket digitálisan szűrjük. Ez a megoldás a lineáris zajok (erősítők — elektródák nullpont eltolódása, driftje, nagy periódusú tellurika stb.) teljes elnyomását jelenti;
- a jel/zaj viszony további javítására többszörös (N számú) összegezést alkalmazunk;
- a mérőműszerbe épített jel/zaj viszonyt növelő eljárások a tápáram források teljesítményének egy-másfél nagyságrenddel történő csökkentését teszik lehetővé;
- a lecsengő jelből — a gerjesztési idő hosszától függetlenül — nyolc egyenközű mintát veszünk. Ez a megoldás elsősorban olyan kutatásnál jelent előnyt, ahol nagy területekre kiterjedő áttekinthető, vagy regionális kutatás (csak ρ_1 — P_1 mérés) mellett az anomáliák térségében a lecsengő görbe alakját (a dinamikus paramétereiket) is meg akarjuk határozni.

* Erkel A., Simon P.

A gerjesztési és mérési idő hat bináris fokozatban növelhető $T_k=1,6-51,2$ s között:

$$T_k=0,8 \cdot 2^k \quad k=1-6.$$

A primer jel mérésénél az integrálási idő nagysága a gerjesztési idővel együtt változik:

$$dT = \frac{10}{16} \cdot T_k.$$

A gerjesztési idő kiválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a talajban keletkező örvényáramok okozta zavarok — amelyek amplitúdója a kábelterítés hosszával arányosan nő — a mérési eredményeket ne torzítsák. A gerjesztési idő (T_k) és az integrálási idő kezdete (T_0) között a következő összefüggés áll fenn:

$$T_0 = \frac{6}{16} T_k.$$

Tehát ha úgy választjuk, hogy $T_0 \geq T_i$ legyen, ahol T_i = az az időpont, ahol az örvényáramok okozta zavarok amplitúdója már elhanyagolható, akkor ezzel a zavaró tényezővel nem kell számolnunk.

A feldolgozás egyszerűsítése miatt a lecsengési görbékből vett, azonos sorszámú minták időpontja és a gerjesztési idő aránya minden gerjesztési időre azonos marad, mégpedig:

n=	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{T_k}{t_n} =$	$\frac{16}{1}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{16}{15}$

ahol:

t_n — a mintavétel időpontja a lecsengési görbén

n — a mintavétel sorszáma

Ez a megoldás olyan esetekben előnyös, amikor a látszólagos dinamikus polarizálhatóságot akarjuk meghatározni.

Az impulzusok számának (N) megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a tellurikus tér periódusideje T_{TE} , valamint a gerjesztési idő között az alábbi feltétel teljesüljön:

$$N \cdot T_k < \frac{T_{TE}}{2},$$

ahol

$N=4, 6, 10$ lehet.

A DIAPIR—4008/N műszerrel végzett laboratóriumi mérések eredményei

A zaj frekvenciája (f)	Lineáris zaj		0,02 Hz		0,03 Hz		0,05 Hz		4 Hz		8 Hz		10 Hz		50 Hz		100 Hz	
			4	4×4	4	4×4	4	4×4	4	4×4	4	4	4	4	4	4	4	4
Az összegezők száma																		
a lecsengő jelből vett minta sor- száma	az összegezt ér- ték eltérése a zajmentes érték- től		AU, %		AU, %		AU, %		AU, %		AU, %		AU, %		AU, %		AU, %	
1.	9,40	0,0	2,6	0,4	2,7	0,9	6,0	0,6	0,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2.	8,17	0,0	3,0	0,5	3,0	1,1	6,5	0,6	0,6	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3.	7,11	0,0	3,4	0,4	3,8	1,5	7,2	0,4	0,3	2,8	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
4.	6,19	0,0	3,7	0,2	4,4	1,8	8,0	0,4	0,4	4,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2
5.	5,40	0,0	3,9	0,3	5,2	2,5	9,3	0,3	1,1	3,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	4,69	0,0	4,3	0,3	6,0	2,8	9,4	0,5	1,7	0,9	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3
7.	4,09	0,0	4,4	0,5	6,9	3,4	8,8	0,6	2,5	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
8.	3,55	0,1	4,5	0,8	7,3	3,9	8,2	0,7	3,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7

Az I. táblázatban a DIAPIR—4008/N műszerrel végzett laboratóriumi mérések eredményeit mutatjuk be. Az 1,6 s-os gerjesztéssel kapott GP jelhez mintegy 10-szer nagyobb amplitúdójú, különböző frekvenciájú szinuszos, illetve lineáris „zajt” kevertünk. Látható, hogy többszörös összegezéssel a lineáris, illetve 50 Hz-nél nagyobb frekvenciájú zaj hatása csaknem teljesen megszüntethető. Budapest belterületén a relatív jel/zaj viszony ötszörös javítását sikerült elérni, negyedére csökkentett tápáram mellett:

	T_k	I	N	$\Delta U_{T\%}$
DIAPIR—E	6,4 s	100 mA	10	$\pm 23,9\%$
DIAPIR—4008/N	1,6 s	25 mA	4	$\pm 4,8\%$

A városi ipari zaj impulzus jellege miatt a jel/zaj viszony javulása csak mintegy hússzoros volt, szabványos terepi körülmények között 50—100-szoros jel/zaj viszony növelés is könnyen elérhető.

A DIAPIR műszerekből egy olyan újabb sorozat készül, amelynél a tápegységek teljesítménye (10 W—200 W—2 kW) a földtani feladattól és a kutatási mélységtől függően fog változni.