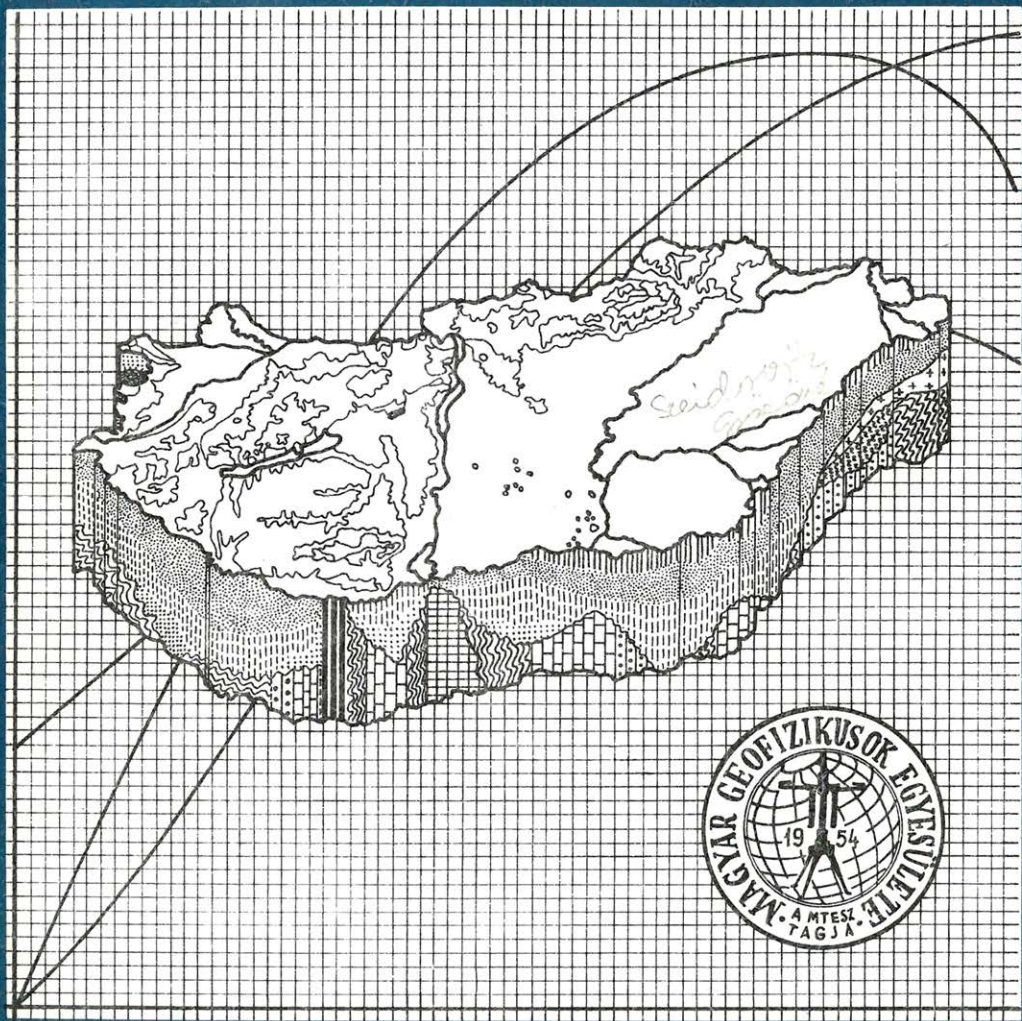


MAGYAR 4

GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1983. XXIV. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|---|-----|
| <i>Hámor N. – Ujfalussy A.</i> : A szeizmikus mérések eredményei alapján szerkeszthető földtani modell a magyarországi CH-kutatásban | 121 |
| <i>Vermes M.</i> : Szeizmikus rétegmodell számítása akusztikus karotázs mérések alapján | 132 |
| <i>Szabó J. – Géresi Gy.</i> : Módszer bányabeli körülmények között a térben lejátszódó közetmechanikai folyamatok elektromos úton történő vizsgálatára | 141 |
| <i>Takács E. – Nyerges L. – Pethő G.</i> : Adatok hazai bauxitok mágneses sajátosságairól | 148 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| <i>Хамор Н. – Уйфалуши А.</i> : Геологическая модель, построенная на основании результатов сейсмической разведки на нефть и газ | 121 |
| <i>Вермес М.</i> : Вычисление сейсмической пластовой модели по результатам акустического каротажа | 132 |
| <i>Сабо Я. – Гереси Л.</i> : Метод исследования электроразведкой механических процессов, протекающих в породах пространства шахтных условий | 141 |
| <i>Е. Такач – Л. Нергеш – Т. Пето</i> : Данные о магнитных особенностях бокситов Венгрии | 148 |

CONTENS

| | |
|--|-----|
| <i>N. Hámor – A. Ujfalussy</i> : Geological model based on data as used for hydrocarbon exploration | 121 |
| <i>M. Vermes</i> : Seismic model computation from acoustic logging data | 132 |
| <i>J. Szabó – Gy. Geresi</i> : Geoelectrical method for analysing rock mechanical events in mineshafts | 141 |
| <i>E. Takács – L. Nyerges – G. Pethő</i> : Magnetic characteristics of bauxite ores in Hungary | 148 |

A szeizmikus mérések eredményei alapján szerkeszthető földtani modell a magyarországi CH kutatásban

H Á M O R N Á N D O R* – U J F A L U S Y A N T A L*

Dolgozatunkban olyan kutatási terület földtani modelljét kívánjuk felvázolni, ahol viszonylag kis kiterjedésű területrészen aránylag sok szerkezeti elem mutatkozik.

A tektonikai zavarokra utaló jelenségek legtöbbször rendszerbe foglalhatók és a következő fő jellegzetességek különíthetők el:

1. a neogén (főként pannon) sorozat közvetlenül
 - a) a kristályos összletre, illetve
 - b) a mezozoikumra települ,
2. a vulkáni összlet fekéjében paleozoós(?) mezozoós üledékek lehetnek
3. nagy vastagságú a miocén összlet az erősen tektonizált kristályos aljzatu mélyzónában
4. a harmadidőszaki üledékek medencealjzata váltakozóan mezozoós és kristályos, azaz a mezozoikum alól a kristályos összlet kibukkan.

A jelenségek megjelenítése ebből következően nem lehet csupán szintvonalas térkép, hanem a bemutatásra kerülő másformájú, a jelenségeket ábrázoló szerkezeti vázlat is.

Az előadás egyben arra is rámutat, hogy a szeizmikus mérések nagy ütemű fejlődésével és más geofizikai eredmények figyelembevételével az interpretációs földtani modellvariációk száma erősen csökkent.

В работе описывается геологическая модель такой разведочной площади, где на относительно небольшой территории выделяется довольно много структурных единиц.

Явления, указывающие на тектонические нарушения, чаще всего объединимы в систему и можно отметить следующие основные характерные особенности:

1. Породы неогена (в основном паннон) покрывают
 - a) непосредственно кристаллический фундамент,
 - b) мезозой;
2. В подошве вулканической толщи возможные породы палеозоя(?) или мезозоя;
3. Мощная толща миоцена в глубокой зоне сильно нарушенного кристаллического основания;
4. Переменное, мезозойское или кристаллическое оснивание бассейна, т. е. кристаллические породы проглядывают изпод мезозоя.

Вследствии этого для представления этих явлений недостаточна только карта изолиний, нужна и другая форма, как показанная структурная схема, отражающая выше перечисленные явления.

В работе отмечается, что с быстрым темпом развития сейсморазведки и с использованием результатов других геофизических методов сильно снизилось количество вариаций интерпретационных геологических моделей.

The paper describes a geological model in a survey area of Hungary where complex structure was encountered in a relatively limited area.

Phenomenons related to tectonic disturbances are summarised and the following main characteristic can be listed:

1. the Neogene (primary Pannonian strata) is overlain by
 - a) crystalline media, or
 - b) Mesozoic rocks.
2. at the base of volcanic media Palaeozoic(?) or Mesozoic sedimentary rock may be encountered.
3. thick Miocene sediments can be present in the depression with highly tectonic crystally alline basement.

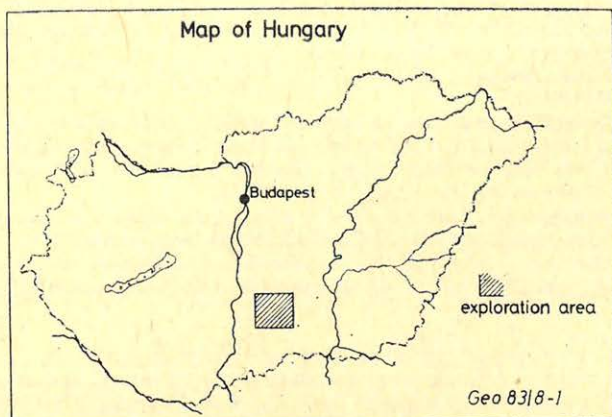
*Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

4. the basement of Tertiary basin is made up of Mesozoic and crystalline belts; in other words crystalline outcrops are encountered at the base.

As a result geological informations are presented in the form of structural maps as well as structural sketches.

The paper concludes that the number of model variations used for interpretation is reduced as more modern seismic data and other geophysical informations are at disposal.

A kutatási területen, amely Magyarországon a Duna – Tisza közén helyezkedik el, már hosszú ideje folyik mind szeizmikus reflexiók mérés, mind pedig fúrásos kutatás (1. ábra).



1. ábra. A kutatási terület helyszínrajza

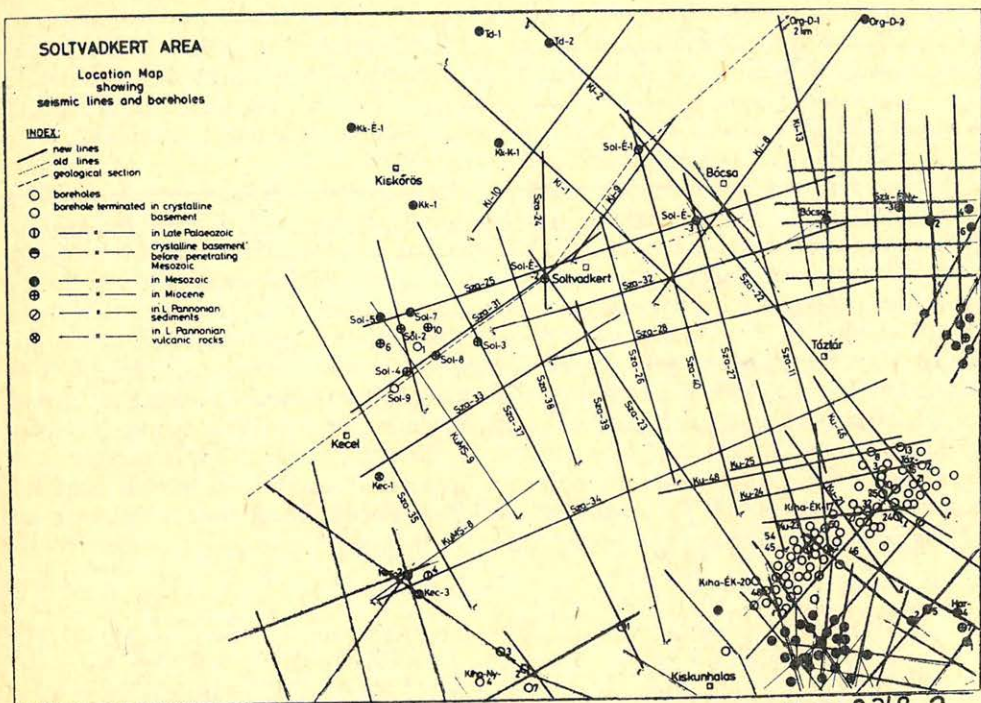
Рис. 1. Схема площади наблюдений

Fig. 1. Location map

A kutatási terület szeizmikus felmérttségét mutatja a 2. ábra, ahol vastag vonallal az új, vékony vonallal pedig a régi méréseket tüntettük fel.

A 2. ábrán láthatók azok az egyéb földtani információk is, amelyek az értelmezés kezdeti szakaszán rendelkezésünkre álltak. Körök jelzik azokat a mélyfúrásokat, amelyek a kristályos aljzatot érték el vékony miocén harántolva. Itt a mezozoikum hiányzik. Ez a terület DK-i része elsősorban. A mezozoikumban megállt mélyfúrásokat fekete töltött körökkel, a miocén összletben megállt mélyfúrásokat kereszttel, a pannon összletben megállt fúrásokat ferde vonallal, az alsó pannon vulkáni összletben megállt mélyfúrásokat X-el jelöltük meg a térképen.

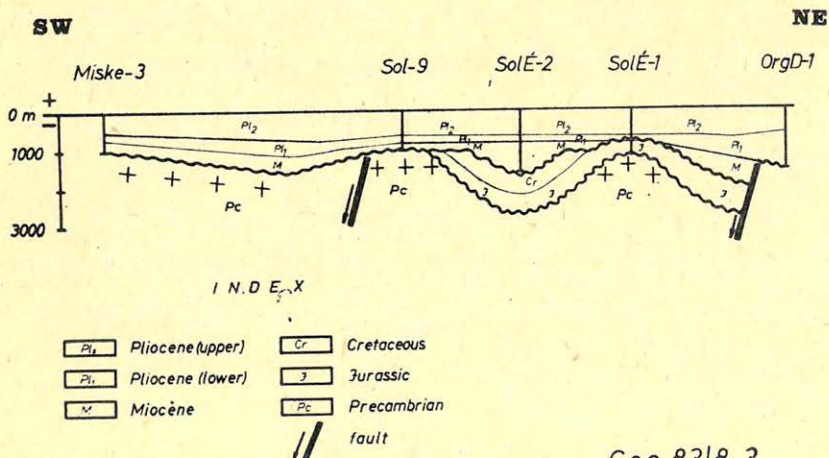
Szaggatott vonallal jelöltük a Miske-3, Sol-9, Sol-É-2, Sol-É-1 és az Org-D-1 mélyfúrásokat összekötő geológiai metszet helyét. A földtani szelvény (3. ábra) tulajdonképpen az előzetesen felvázolható földtani modellnek egy része. Itt a Sol-É-2 mélyfúrás környékén egy vékony szűk árkot láthatunk, amelyet vastag miocén és mezozoós képződmények töltenek ki. A medence bal oldalán kiemelkedő kristályos aljzatra közvetlenül miocén települ, a jobb oldalán a Sol-É-1 fúrásban viszont a prekambrium gránitjára mezozoós képződmények települnek miocén jelenléte nélkül. Ez önmagában mutatja azt a feltételezést, hogy viszonylag kis területrészen jelentős tektonikai és földtani képváltozások vannak.



Geo 83/8-2

2. ábra. A szeizmikus vonalhálózat a földtani információk feltüntetésével
Puc. 2. Схема сейсмических профилей с геологической информацией
Fig. 2. Seismic lines and geological informations

GEOLOGICAL SECTION



Geo 83/8-3

3. ábra Geológiai szelvény

Puc. 3. Геологический профиль

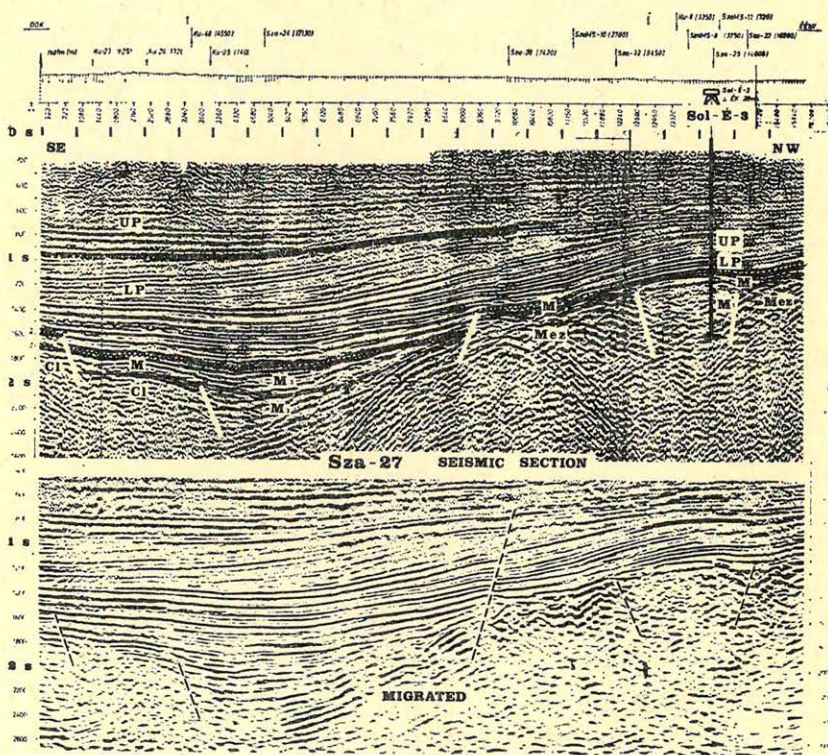
Fig. 3. Geological section

A szénhidrogén-felhalmozódások ebben a medencerészben is fő szerkezeti vonalakhoz kötődtek: részben a DNY – ÉK irányú feltolódási vonalakhoz, részben a nagyszerkezeti vonalak közötti harántvezetőkhez kapcsolódnak.

A prekambriumi, paleozoós képződmények erodált, repedezett tetőzónájában és a rájuk települt miocén összletben, valamint a pannon homokkő rétegekben kőolaj és földgáztelepek alakulhatnak ki.

Igen fontos tehát a miocén összlet vastagságának felvázolása a szeizmikus vonalak alapján. Néhány helyen az alsópannon bázisos vulkanit tetőrészén is felhalmozódhat kisebb CH-mennyiség. Egyaránt fontos tehát e vázolt problémák szeizmikus vonalak alapján történő meghatározása, egy olyan szerkezeti térkép megrajzolása, amely együttes áttekintést nyújt elsősorban a fő szerkezeti irányok pontos helyeiről, továbbá a harmadidőszaki medencealjatot alkotó mezozoós és kristályos képződmények elhatárolásáról, a neogén üledékes összlet jelentős kivastagodásáról, különös tekintettel a miocén üledékekre.

A szeizmikus adatok kiértékelését és értelmezését rendkívül fontos tényező, az integrált elv alkalmazásával végeztük el. Ez magában foglalja az eddig megismert geológiai és geofizikai adatok együttes alkalmazását. Tehát az említett földtani információkon kívül az értelmezésnél felhasználtuk még a szűrt gravitációs adatokat és a mágneses mérések eredményeit.



Geo 8318-4

4. ábra. Sza-27 szeizmikus szelvény

Рис. 4. Сейсмический профиль Sza-27

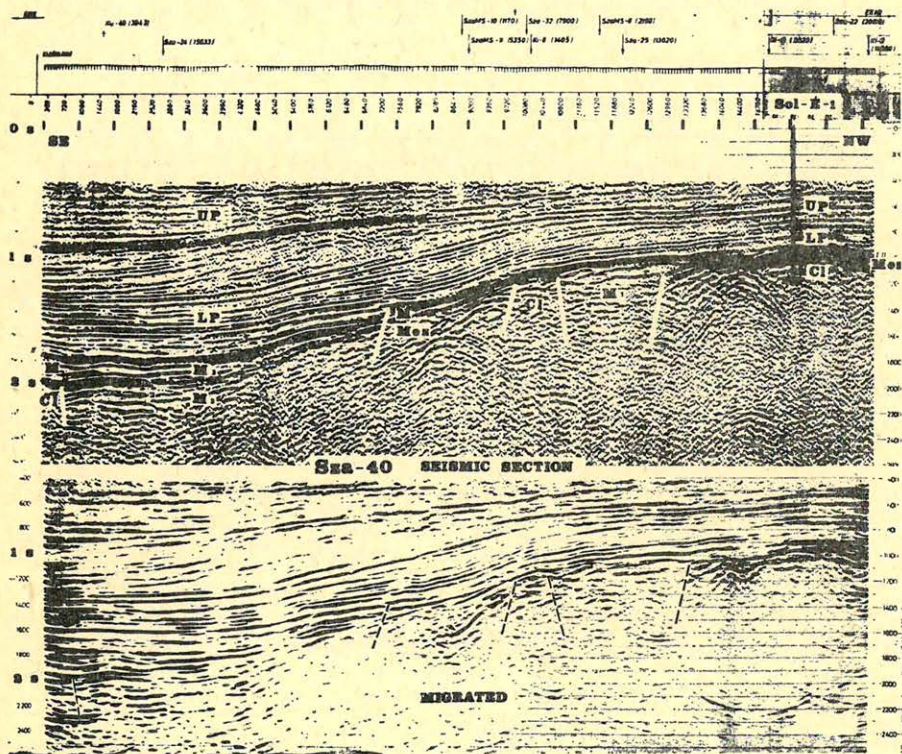
Fig. 4. Sza-27 seismic section

A mélyfúrásokat összekötő szeizmikus szelvényeken a regisztrált szeizmikus információk jel/zaj viszonya lehetővé teszi a mélyfúrásokkal azonosítható reflexiós felületek megbízható nyomon követését és az egész terület kiinduló átfogó értelmezéséül is szolgál.

Csak az új, digitálisan bemért és feldolgozott szelvények alapján lehetett rendszerbe foglalni a vetők kijelölésének hullámképi korrelációs kritériumait, pl. hullámintenzitás hirtelen csökkenése, szintmegszakadások, diffraktált hullámok jelenléte, vagy hiánya stb.

Ugyancsak megfigyelhető, hogy a bemutatott szelvényeken az alsópannonban nagy intenzitású, jól kijelölhető reflexiós szintek vannak, az alsó- és felsópannon határ azonban szeizmikusan nem mindig reflektáló határfelület.

A DK-ÉNy-i szelvények közül hármat mutatunk be. A szelvényeken azonos, hogy D-en a kristályos vonulatból indulnak ki, a középső szakasz D-i részén átszelik a törésvonalakkal harántolt vastag, feltehetően miocén összlettel kitöltött mélyzónát és É-on pedig a meozoikumban fejeződnek be. A középső szakasz É-i része eltérő képet mutat. A Sza-27 (4. ábra) szelvényen vetők által határolt kiemelkedő helyzetű mezozoikum után egy mély szűk árok következik, amelyet igen vastag miocén összlet tölt ki és ez jellegzetes anomáliaképpel jelentkezik a mágneses térképen. A párhuzamosan mellette haladó Sza-40



Geo 83/8-5

5. ábra. Sza-20 szeizmikus szelvény

Рис. 5. Сейсмический профиль Sza-40

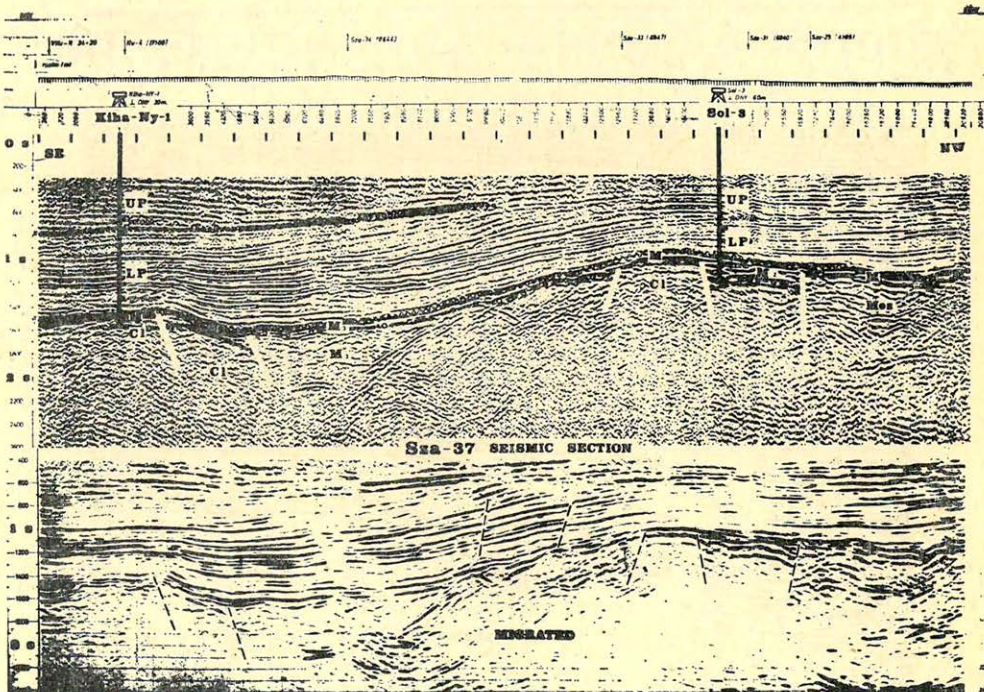
Fig. 5. Sza-40 seismic section

(5. ábra) szelvény ezen részén annyi a változás, hogy egy kis szakaszon kristályos az aljzat. A *Sza-37* (6. ábra) szelvényen a mélyzóna után is kristályos kibúvás mutatható ki, felette elhelyezkedő miocén összlettel. Ezt a tervezett földtani modellt az időközben lemélyített *Sol-K-1* mélyfúrás is igazolta. A 4, 5, 6, ábrákon az időszelvényvel párhuzamosan a migrált változatot is bemutatjuk.

A szeizmikus kiértékelés folyamán döntő szerepet játszhatnak a finom feldolgozású programokkal futtatott (pl. valódi amplitúdójú, stb.) szeizmikus időszelvények. A különböző értelmezési lehetőségek közötti döntéshez alapvető segítséget jelenthetnek az ún. „valódi amplitúdójú” feldolgozással nyert időszelvények. Igen fontosak továbbá az értelmezésben pl. az itt bemutatott migrált időszelvények. Tulajdonképpen, amint a mellékelt összehasonlítások is tanúsíthatják, az értelmezési variációs döntésekben, elsősorban pl. a vetők kijelölésében nagy segítséget jelentenek.

Ennek illusztrálására a migrált szelvényeken nem jelöltük be az időszinteket csak a vetőket. Ezzel is bizonyítani szerettük volna a legmegfelelőbb időszelvény értelmezési döntési variációt és a hullámképek objektívebb megítélhetőségét.

A *Sza-34* szelvény (7. ábra) DNy-ÉK-i irányban ad képet a területről. Nyugaton a keceli fúrások vulkáni összletet harántoltak, és az ábrázolt *Kec-4* mélyfúrás új-paleozoikumban állt meg. A vulkáni összlet várható elterjedése a reflexiós hullámkép és a mágneses mérések eredményei alapján meghatároz-

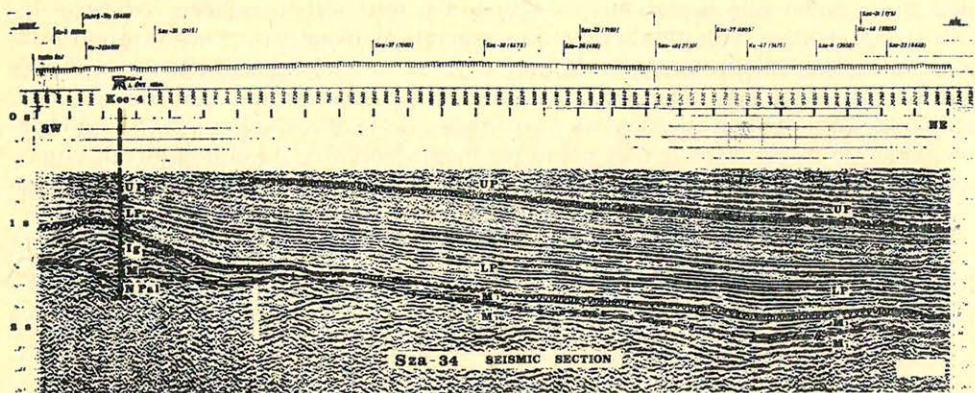


Geo 8318-6

6. ábra. *Sza-37* szeizmikus szelvény

Рис. 6. Сейсмический профиль *Sza-37*

Fig. 6. *Sza-37* seismic section

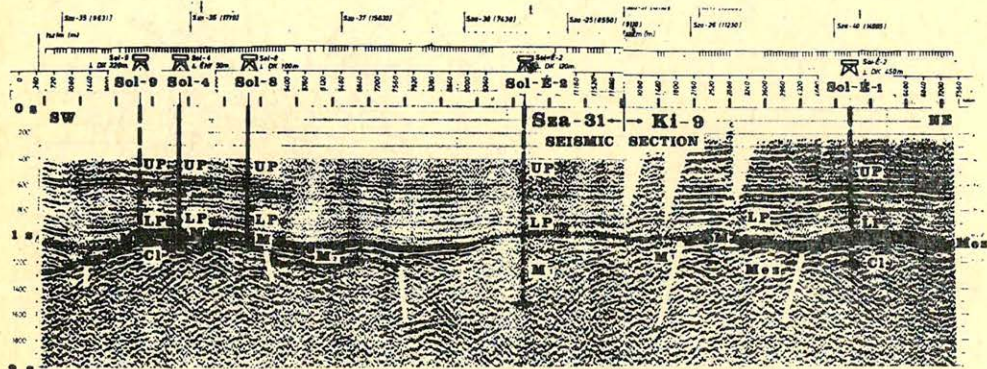


Geo 83/8-7

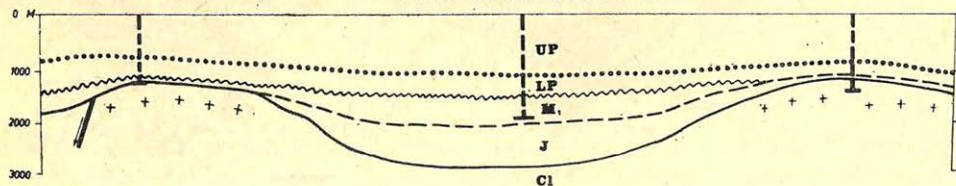
7. ábra. Sza-34 szeizmikus szelvény

Рис. 7. Сейсмический профиль Sza-34

Fig. 7. Sza-34 seismic section



preliminary geological section



Geo 83/8-8

8. ábra. A megelőző geológiai modell (és szeizmikus szelvénye)

Рис. 8. Предварительная геологическая модель с сейсмическим профилем

Fig. 8. Previous geological model and seismic sections

ható volt. Kelet felé a szelvény végighalad a feltehetően miocén összlettel kitöltött mélyzónán. Tulajdonképpen kor szerinti azonosításra nincs támpontunk, de a reflexiók jellegzetességei alapján a fiatal üledékekhez kell sorolnunk és valószínűleg a miocén korú összlet szerkezeti és dőlésviszonyait ábrázolja. Megemlítjük, hogy ebben a zónában mutatkoznak beérkezések nagyobb időértékeknél is, de folyamatos felület nem volt megrajzolható. Az elmondottak vonatkoznak a *Sza-27* (4. ábra) és a *Sza-40* (5. ábra) szelvények ezen zónában húzódó szakaszára is.

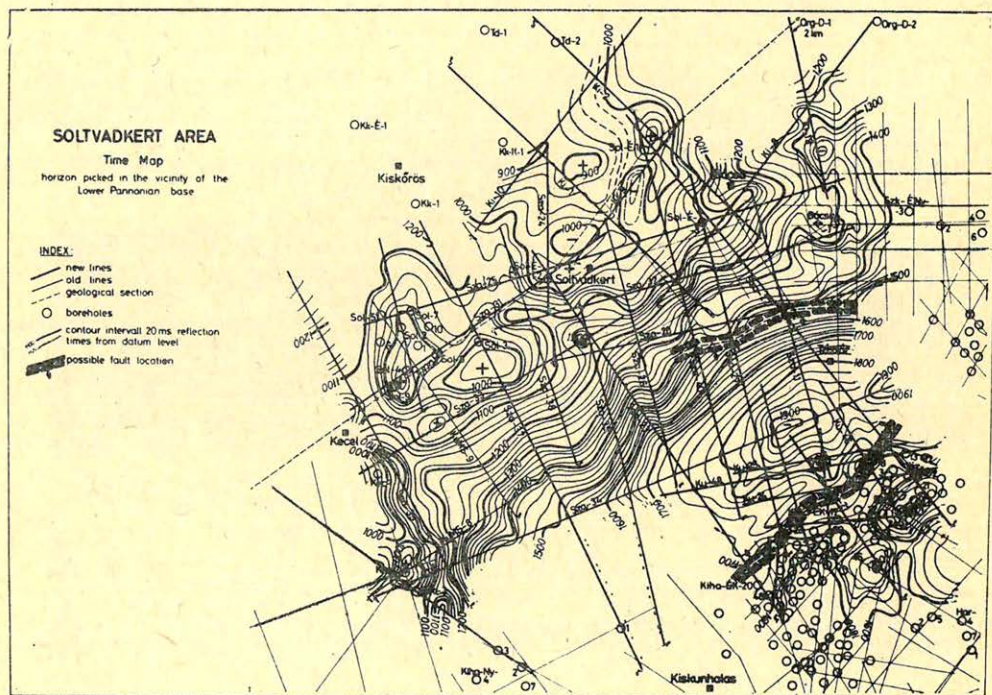
A *Sza-31* és *Ki-9* szelvények közel azonos nyomvonalon haladnak, mint a bemutatott geológiai metszet, amelyen a geológiai elképzelés pontosítottabb változata rajzolódott ki. (8. ábra).

Az alsópannon fekvő ábrázoló szerkezeti térkép az általános dőlésszerkezeti viszonyokat mutatja be (9. ábra).

Vetőként is értelmezhető zavarzónák láthatók a pannon üledékekben, pl. a *Sze-37* szelvényen (6. ábra).

A 10. ábra a miocén összletben kiválasztott jól korrelálható reflexiók határ-felület szerkezeti viszonyairól ad képet.

A 11. ábra a harmadidőszaki medencealjzat szerkezeti és dőlésviszonyait ábrázolja.



Geo 83/8-9

9. ábra. Az alsópannon fekvő térképe
 Рис. 9. Карта подошвы нижнего паннона
 Fig. 9. Map of Lower Pannonian base

A bemutatott időszintvonalas térképek nem tükrözhetik áttekinthetően a felületek között és alatt elhelyezkedő összletek felépítését és jellegzetességeit. Ezért a szeizmikus mérések eredményei és a fúrási adatok alapján a terület földtani viszonyait ábrázoló szerkezeti vázlatot készítettünk (12. ábra). A térkép-vázlaton alkalmazott számozásnak megfelelő jelölései a következőt jelentik:

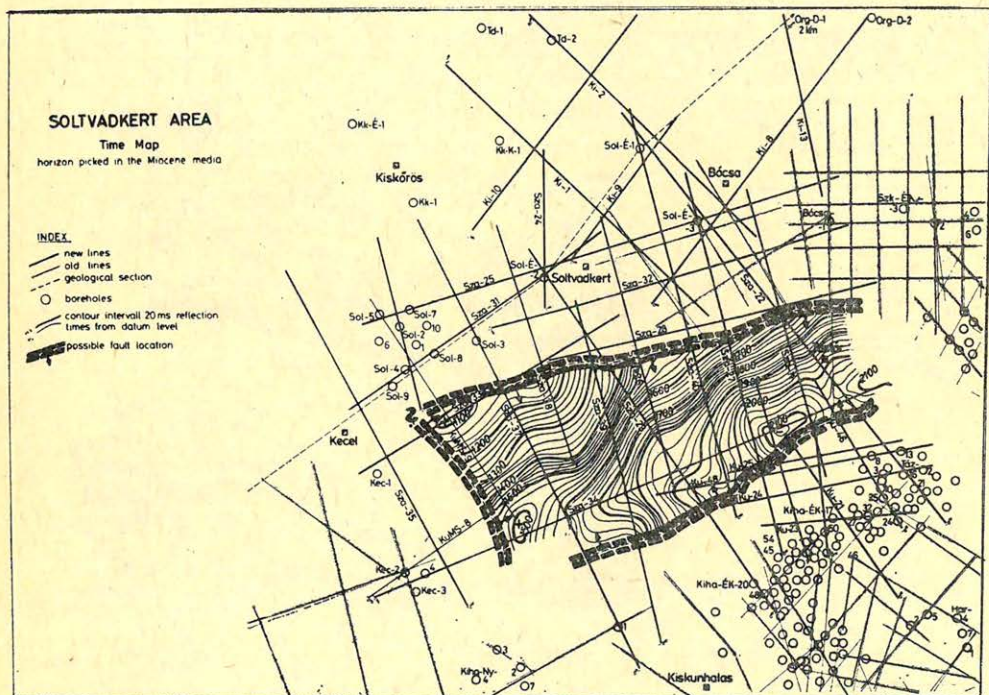
1. A neogén összlet (főként pannon) sorozat közvetlenül a kristályos összletre települ

2. Kecel környékén a vulkáni összlet várható elterjedése látható, amely a szelvényeken jellegzetes hullámképpel és formával jelentkezett és elhatárolásához felhasználtuk a mágneses méréseket is. Ennek fekéjében paleozoós(?) mezozoós üledékek lehetnek.

3. Itt a neogén a mezozoós összletre települ. A szűrt gravitációs anomáliakép is alátámasztja azt, hogy Soltvadkerttől D-re nincs kristályos összlet, mivel az izovonalak beöblösödése tömeghiányt jelent.

3. a. A sötétben jelzett részek a mezozoikum lokális kivékonyodását jelzik. Az eltérő kifejlődések közelében elképzelhető, hogy a kristályosnak jelzett részekben is előfordul csekély vastagságú mezozoikum.

4. A Bócsa – I fúrástól DNy-ra, a mezozoikum alól a kristályos összlet kibukkanhat.



Geo 8318-10

10. ábra. Egy miocén felület térképe

Рис. 10. Карта одной отражающей границы миоцена

Fig. 10. Map of one Miocene layer

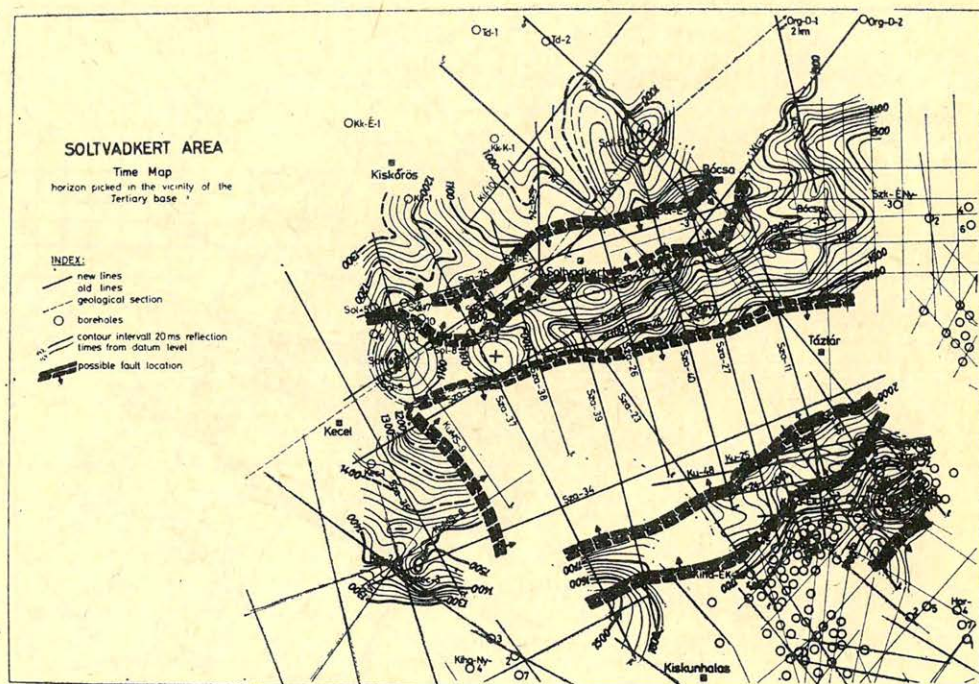
A kristályos összetlet pontos helyzetét a jelenlegi vonalhálózat alapján nem lehet meghatározni.

5. M_1 jelzéssel jelöltük az É-i, nagyvastagságú (300 m-nél nagyobb) miocén-nel kitöltött szűk árkot, amely a mágneses térképen is jellegzetes anomália-képpel jelentkezett. Az árok fekjétől egyáltalán nem nyertünk beérkezéseket.

6. M_2 -vel jelöltük azt a kis területet, ahol a kristályos összetletre a környezetéhez képest jelentősebb (200–300 méteres) miocén települ, de az nem éri el az előbb említett szűk árokban észlelt vastagságot.

7. M_3 a jelzése a Soltvadkert – D-i gerinc és a Kiskunhalas – Tázlár-i magaslattal közötti mélyzónának. Erre a területre terjed ki a miocén felületről szerkesztett időszintvonalas térkép (10. ábra). Az alóla regisztrált, többnyire csak töredékesen jelentkező beérkezések számos tektonikai zóna jelenlétéről és helyenként tetemes elmélyülésről tanúskodnak. Itt várható legnagyobb mélységben a kristályos aljzat. A mélyzóna tengelyiránya DNy – ÉK-i, ami egyúttal a terület fő szerkezeti iránya.

A szerkezeti vázlat kialakításában szerepet játszottak a fúrési adatok mellett az ún. reflexiótöredékek, melyek a térképezett szintek alatt láthatók. Felhasználva a gravitációs szűrt anomália-térképet és a mágneses mérések adatait is a terület földtani felépítésének és fejlődéstörténetének fő vonásait határozottan megállapíthatók.

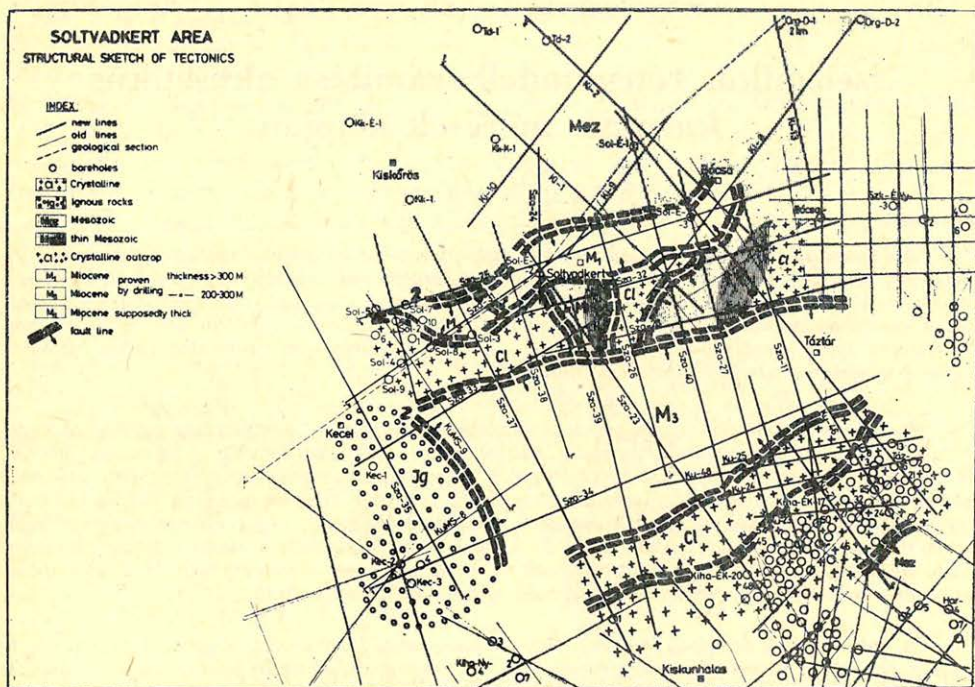


Geo 83|8-11

11. ábra. A harmadidőszaki üledékek medence-aljzatának térképe

Рис. 11. Карта основания бассейна третичны отложений

Fig. 11. Map of Tertiary base



Geo 8318-12

12. ábra. A terület tektonikai vázlata
 Рус. 12. Тектоническая схема площади
 Fig. 12. Tectonic sketch map

Az ábrákon található rövidítések és jelek magyarázata:

- | | |
|------------------|-------------------------------------|
| UP. | felső pannon összlet |
| LP. | alsó pannon összlet |
| M ₁ . | miocén összlet 3000 m-nél vastagabb |
| M ₂ . | miocén összlet 300 m-nél vékonyabb |
| M ₃ . | miocén összlet igen vastag |
| Mez. | mezozoós összlet |
| Cl. | kristályos összlet |
| NP. | új paleozoós összlet |
| Ig. | vulkáni kőzetek |

IRODALOM

- Hámor Nándor: 167. sz. jelentés az 1978–80. években Soltvadkert és környéke kutatási területen végzett reflexiós mérésekről. 1981. Geofizikai Kutató Vállalat.
- A. A. Fűth: Seismic Reflection Interpretation
- Meskó Attila: A közös referenciapontos eljárás korlátai. I. rész. Magyar Geofizika XXII. évf. 5. sz.

Szeizmikus rétegmodell számítása akusztikus karotázs mérések alapján

VERMES MÁTYÁS*

A dolgozat egy olyan algoritmust ismerteti, mely akusztikus karotázs adatok alapján a szeizmika igényeinek megfelelő rétegmodellt számít. Ennek során a karotázs szelvényt lépcsős függvénnyel közelítjük, és az egyes lépcsőket a rétegekkel azonosítjuk. A lépcsős függvény illesztésekor két szempontra ügyelünk: (1) a lépcsők legyenek kellően szélesek, emellett (2) a függvény a lehető legjobban illeszkedjék az adatrendszerhez. Így a lépcsőfokok átlagos szélessége – a rétegvastagság – a rétegmodell kívánt felbontottságának megfelelően tetszőleges értékre beállítható.

В работе описывается алгоритм, с помощью которого по данным акустического каротажу вычисляется соответствующая потребностям сейсморазведки пластовая модель. В процессе обработки кривая акустического каротажа аппроксимируется ступенчатой зависимостью и отдельные ступени отождествляются с пластами. При привязывании ступенчатой зависимости принимаются во внимание две вещи: (1) ступени должны быть быть довольно широкими и при этом (2) зависимость должна как можно лучше отвечать системе данных. Средняя, ширина ступеней – мощность слоя – может быть выбрана произвольно, соответственно желаемой разрешенности пластовой модели.

An algorithm is described for computing seismic models from acoustic logging data that can be used in the interpretation of surface seismic data. The logs are represented by step functions and the steps are correlated to geological layers. In the selection of step functions two aspects are taken into account: (1) steps must be suitably wide and (2) function must fit the data set as close as possible. As a result average step width – or layer width – can be selected according to the model requirements.

Bevezetés

A szeizmikus adatfeldolgozás hatékonysága jelentős mértékben csökken, ha a kiértékelő vagy programfejlesztő geofizikusnak nincs módja ellenőrizni a mérésekből levont következtetések helyességét. A fejlesztő, feldolgozó munkában ez a következő módon jelentkezik. Egyéb információ hiányában nehezen dönthető el, hogy egy adott művelet eredménye jó-e, sőt gyakran az is kétséges, hogy érdemes-e egyáltalán alkalmazni bizonyos műveleteket.

Ezen ellentmondások feloldása, a kutatással szemben támasztott egyre magasabb követelményeket figyelembe véve, alapvetően fontos. Osztályunkon az a nézet alakult ki, hogy a szeizmikus kutatást nagy lépéssel viheti előre, ha a mélyfúrásokból származó információt sikerül bevonni a szeizmikus adatfeldolgozásba, értelmezésbe. Mivel a szeizmikus hullámteret a közeg akusztikus impedanciája egyértelműen meghatározza, ezért számunkra elsősorban az akusztikus karotázs szelvények fontosak. Jelentősége van azonban más szelvényeknek is, pl. a szeizmika igényeinek megfelelő felbontottságú rétegmodellek számításában.

A mélyfúrási adatok a szeizmikában közvetlenül nem alkalmazhatók. Ennek okai:

1. A karotázs szelvények a mélység függvényében vannak megadva, míg a szeizmikában többnyire az időfüggés használata előnyös. Ezért a karotázs adatokon mélység-idő transzformációt kell végrehajtani.

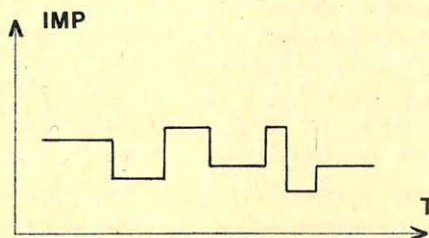
*Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

2. Komolyabb gondot okoz a karo-tázis szelvények nagy felbontottsága. Ezek mintavételezhettsége és változékonysága ugyanis olyan nagy, hogy a szeiz-mikus méretű földtani egységek felismerése nem könnyű feladat. Fokozottan áll ez az akusztikus szelvényekre, melyek spektruma általában igen széles.

Jelen dolgozat egy olyan eljárást ismertet, mely alkalmas akusztikus karo-tázis szelvények *automatikus* feldolgozására. Az *interpretáció végeredménye egy rétegmó-dell*, mely optimálisan illeszkedik a mért sebességértékekhez, s melyben a rétegek átlagos vastagsága előre rögzíthető érték. Az eljárás *A geofizikai interpretáció információs-statisztikus módszerei* c., Salát Péter által szerkesztett jegyzet 2. fejezetében leírt elveken nyugszik, ezenkívül felhasználja a Markov folyamatok elméletének legegyszerűbb fogalmait és eredményeit.

I. Akusztikus impedancia görbék modellezése Markov-láncokkal

A műszaki fizikai tudományokban közismert eljárás a zaj jellegű mennyisé-gek sztochasztikus folyamatokkal, azaz *véletlen függvényekkel* való modellezése. A „fehér zajt” például olyan véletlen függvény realizációjának tekintik, melyben a különböző időpontokhoz tartozó értékek statisztikusan függetlenek. Hasonló értelemben szeretnénk modellezni az akusztikus impedancia görbékét.



Geo 83/9-1

1. ábra. Idealizált akusztikus impedancia függvény

Рис. 1. Идеальная зависимость акустической жесткости

Fig. 1. Idealized acoustic impedance log.

Ennek érdekében először vizsgáljuk meg, hogy e görbéknek melyek azok a szeizmika szempontjából lényeges tulajdonságai, amelyekkel modellünknek is rendelkeznie kell. Tekintsük e célból az 1. ábrán látható idealizált akusztikus impedancia függvényt. Az ábra a szeizmikus szakember következő elvárásait tükrözi:

1. A görbe a szeizmika igényének megfelelő felbontottsággal, azaz megfelelő átlagos rétegvastagsággal jellemezze a rétegsort.

2. Az egyes rétegek rendelkezzenek jól meghatározott impedancia értékkel. Így fizikailag értelmes az az egyszerűsítő feltételezés, hogy a rétegsort M külön-féle impedanciájú kőzet alkotja, és az impedancia függvény is csak az ezeknek megfelelő M diszkrét értéket veszi fel.

Célunk egy sztochasztikus folyamat valószínűségi jellemzőinek megadása, melynek realizációi kielégítik az 1., 2., követelményeket, azaz jellegükben az 1. ábra görbéjére hasonlítanak. Foglalkozzunk előbb a 2. pont követelményeivel.

Véletlen függvényünket úgy választjuk, hogy annak értékészlete a diszkrét $x_1, \dots, x_i, \dots, x_M$ értékekből álljon, azaz:

$$\begin{aligned} z_t &= x_i \quad t = 0, 1, \dots, N \\ i &= 1, \dots, M. \end{aligned} \quad (1)$$

Itt z_t jelöli a véletlen függvény egy realizációjának értékét a t időpontban. Ezenkívül feltesszük, hogy a z_t valószínűségi változó eloszlása ismert és t -től független.

$$\alpha_i = \Pr(z_t = x_i) \quad i = 1, \dots, M. \quad (2)$$

Jelöljük $\bar{\alpha}^T = (\alpha_1, \dots, \alpha_M)$ -vel* z_t diszkrét valószínűség eloszlását, természetesen $\sum \alpha_i = 1$. Az $\bar{\alpha}$ eloszlás becsléséről még részletesen lesz szó a későbbiekben.

Most rátérünk az 1. pontból adódó követelmények vizsgálatára. Nyilvánvaló, hogy a kívánt tulajdonságú folyamat nem lehet független, azaz nem elegendő csak az előző bekezdésben megadott valószínűségi jellemzők rögzítése. Egy ilyen folyamat realizációi ugyanis nem mutatnának megfelelő „rétegződést”. A kívánt „rétegződés” a következő feltételes valószínűségek előírásával érhető el:

$$P_{ij} = \Pr(z_t = x_j | z_{t-1} = x_i) \quad (3)$$

P_{ij} jelöli azt a t -től független valószínűséget, mellyel a görbe a t időpontban az x_j értéket veszi fel, feltéve, hogy az előző időpontban ez az érték x_i volt. Röviden fogalmazva P_{ij} az $i \rightarrow j$ ugrás valószínűsége, így

$$\sum_{j=1}^M P_{ij} = 1. \quad (4)$$

A P_{ij} elemekből felépített mátrixot P jelöli. E mátrix megadásának az az értelme, hogy segítségével szabályozhatjuk a véletlen függvény által produkált „rétegek” átlagos vastagságát. Már most látható ugyanis, hogy annál vastagabb rétegekre számíthatunk, minél inkább dominál P -ben a főátló. A következőkben céljainknak megfelelően specializáljuk a P mátrixot, és megvizsgáljuk annak néhány tulajdonságát.

A (2)-ben és (3)-ban megadott valószínűségek segítségével a folyamat minden realizációjához egy $\Pr(\bar{z})$ a priori valószínűséget rendelünk. Vezessük be a következő jelölést:

$$\bar{z} = (z_0, z_1, \dots, z_t, \dots, z_N). \quad (5)$$

Ezzel egy adott $\bar{z} = (x_i, x_j, x_k, \dots)$ görbére

$$\begin{aligned} \Pr(\bar{z}) &= \Pr(z_0 = x_i) \Pr(z_1 = x_j | z_0 = x_i) \Pr(z_2 = x_k | z_1 = x_j) \dots \\ &= \alpha_i P_{ij} P_{jk} \dots \quad (N \text{ tényező}). \end{aligned} \quad (6)$$

A (6) típusú egyenlettel megadott véletlen függvényeket Markov-láncnak nevezik. Tegyük most fel, hogy valamilyen előzetes információ alapján a t időpontban adott z_t eloszlása, azaz ismert

$$\bar{p}^T(t) = (p_1(t), \dots, p_M(t)), \quad (7)$$

ahol

$$p_i(t) = \Pr(z_t = x_i). \quad (8)$$

*A felső T index a transzponálás jele.

Könnyen belátható, hogy a $\bar{p}(t+1)$ eloszlást a következő módon számíthatjuk:

$$\bar{p}^T(t+1) = \bar{p}^T(t)P. \quad (9)$$

Eléggé kézenfekvő azt várni, hogy a kezdeti állapot hatása fokozatosan elenyészik, és így a

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{p}^T(t+n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{p}^T(t)P^n \quad (10)$$

határérték $\bar{p}(t)$ -től független. Ez valóban így van, sőt belátható, hogy

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{p}^T P^n = \bar{\alpha}^T \quad (11)$$

minden \bar{p} -re, ezenkívül

$$\bar{\alpha}^T P = \bar{\alpha}^T. \quad (12)$$

A (11) és (12) egyenletek szerint $\bar{\alpha}$ a folyamat ún. stacionárius vagy invariáns eloszlása. Ezekután specializáljuk a P mátrixot a következő alakban:

$$P = \lambda \cdot I + (1-\lambda) \begin{bmatrix} \bar{\alpha}^T \\ \bar{\alpha}^T \\ \vdots \\ \bar{\alpha}^T \end{bmatrix}, \quad (13)$$

ahol $0 \leq \lambda \leq 1$, I az egységmátrixot jelöli. Az olvasóra bízunk annak igazolását, hogy (4) és (12) egyenletek teljesülnek, így P (13) szerinti választása konzisztens. Tisztázásra vár még (13)-ban a λ állandó szerepe. Vizsgáljuk meg először a két határesetet:

$\lambda = 1$ esetén $P = I$, a folyamat realizációi ekkor egyetlen rétegből állnak, azaz a rétegvastagság maximális. $\lambda = 0$ esetén a korábban említett független folyamat áll elő, ekkor az átlagos rétegvastagság minimális. Nyilvánvaló tehát, hogy λ az átlagos rétegvastagsággal áll szoros kapcsolatban, határozzuk meg pontosan ezt a kapcsolatot. Legyen $z_t = x_i$ és számítsuk ki annak a valószínűségét, hogy a rendszer még pontosan n lépésen keresztül az i -edik állapotban marad.

$$\begin{aligned} \Pr(z_t = z_{t+1} = \dots = z_{t+n} = x_i, z_{t+n+1} \neq x_i) &= \\ &= P_{ii} P_{ii} \dots P_{ii} (1 - P_{ii}) = P_{ii}^n (1 - P_{ii}). \end{aligned} \quad (14)$$

Ebből az n lépésszám várható értékét képezve, az i -edik réteg átlagos vastagsága

$$V_i = E_i(n) = (1 - P_{ii}) \sum_n n P_{ii}^n. \quad (15)$$

A (15)-beli szummát egyszerűbb az alábbi közelítő képlettel számolni:

$$\sum n P_{ii}^n \cong (\ln P_{ii})^{-2} \cong (1 - P_{ii})^{-2}, \quad (16)$$

Ennek felhasználásával:

$$V_i \cong \frac{1}{1 - P_{ii}} = \frac{1}{(1 - \lambda)(1 - \alpha_i)}. \quad (17)$$

A (17) egyenlet tehát egyszerű összefüggést ad meg λ és az átlagos rétegvastagság között:

Összefoglalva: a (2) és (13) egyenletek meghatároznak egy olyan véletlen függvényt, melynek realizációi az *I. ábra* görbéjéhez hasonlóak, kielégítik az *I.* és *2.* pontban említett elvárásokat, és a véletlen függvény átlagos rétegvastagsága (17) szerint szabályozható. Következő feladatunk, hogy a véletlen függvény realizációi közül kiválasszuk azt, amelyik legjobban illeszkedik az eredeti mérési adatokhoz, *ugyanakkor* a hozzá tartozó (6) egyenlettel megadott valószínűség is viszonylag nagy. Figyelemre mélró, hogy az optimális kiválasztás elvégezhető annak ellenére, hogy a realizációk száma elképzelhetetlenül nagy lehet, $N = 2000$, $M = 15$ esetén pl. 15^{2000} .

II. A kísérleti anyag modellje

Tegyük fel, hogy adott egy akusztikus karotázs szelvény, azaz ismerjük az $I/v(z)$ függvény mért értékeit ($\mu\text{sec}/\text{m}$ értékek pl. 20 cm -enként mintavételezve). Ebből előbb áttérünk a $v(z)$ függvényre, majd végrehajtuk a $v(z) \rightarrow v(t)$ transzformációt a következő algoritmussal:

$$v(t_i) = v(z_i) \quad (18)$$

ahol $t_i = t_0 + i\Delta t$, vagyis az időváltozó mintavételezése egyenközű. Δt -t úgy választjuk, hogy $v\Delta t \approx \Delta z$ legyen, ahol Δz az eredeti $I/v(z)$ függvény mintavételi távolsága. A nem egyenközű z_i értékeket az alábbi módon számíthatjuk:

$$z_{i+1} = z_i + v(z_i)\Delta t. \quad (19)$$

Mivel z_i általában nem esik az eredeti szelvény mintavételi helyeire, $v(z_i)$ -t interpolálással kell előállítani. A következő lépésben v_i értékeit kvantáljuk. Osszuk fel v_i értékkészletét M (kb. $10-20$) egyenlő részintervallumra, legyenek az intervallumok felezőpontjai x_1, x_2, \dots, x_M . Jelöljük v_i kvantált értékét w_i -vel, ahol

$$w_i = x_i \quad (20)$$

ha v_i az i -edik részintervallumba esik. Feltéve, hogy a sűrűség állandó, a továbbiakban a sebességet az impedanciával azonosítjuk. Bevezetve az (5)-tel analóg jelöléseket:

$$\bar{w} = (w_0, w_1, \dots, w_N) \quad (21)$$

$$\bar{n} = (n_0, n_1, \dots, n_N) \quad (22)$$

a kísérleti anyag additív modellje:

$$\bar{w} = \bar{z} + \bar{n}, \quad (23)$$

ahol \bar{w} az akusztikus impedancia mért értéke, terhelve a mérési hibákból és a kvantálás hibájából eredő zajokkal, \bar{z} a geológiai-fizikai modellhez tartozó elméleti impedancia érték, \bar{n} az eltérés komponens. Geológiai-fizikai modellünk az M különböző, x_1, \dots, x_M impedancia értékekkel rendelkező kőzetből álló rétegsor. A rétegsort alkotó kőzetek előfordulási valószínűségét, vagyis a (2)-vel definiált \bar{z} vektort \bar{w} -ből határozzuk meg a relatív gyakoriságok kiszámításával.

$$\alpha_i = \frac{\text{a } w_i = x_i \text{ értékű minták száma}}{N + 1} \quad (24)$$

(24)-ben az α_i valószínűséget a relatív gyakorisággal azonosítottuk. Van azonban más lehetőség is, egyes esetekben célszerű lehet $\bar{\alpha}$ -t valamilyen egyéb mérés (pl. szeizmikus stacking sebesség) alapján meghatározni. Ily módon a rétegmodell becslésekor bizonyos apriori információt is figyelembe vehetünk.

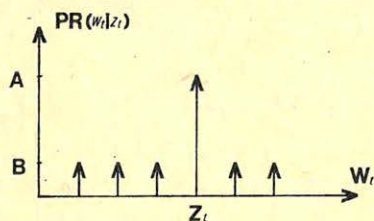
A kívánt átlagos rétegvastagságnak megfelelően (17)-ből kiszámítjuk λ -t, és (13) szerint előállítjuk a P mátrixot. Ezzel a geológiai-fizikai modell rögzítve van. Az I. rész (6) képlete minden lehetséges rétegsorhoz a mért értékektől függetlenül egy apriori valószínűséget rendel. Rögzítenünk kell még az \bar{n} eltérés komponensét. Ennek valószínűségi jellemzőit a $Pr(w_i|z_i)$ feltételes valószínűségekkel írhatjuk le, utóbbit pedig empirikusan adjuk meg a 2. ábra mintájára.

Észerint A a helyes, $B/(M-1)$ a hibás mérés valószínűsége. Az A/B arány a karotázs adatok megbízhatóságát jellemzi, értékét az interpretáció során empirikusan kell beállítani.

2. ábra. A $Pr(w_i|z_i)$ empirikus eloszlás

Рис. 2. Эмпирический разброс

Fig. 2. $Pr(w_i|z_i)$ empirical distribution.



Geo 83/9-2

III. Az akusztikus impedancia optimális becslése

A maximum aposzteriori kritériumot alkalmazva, z becslése

$$\hat{z} = \max_{\bar{z}} \Pr(\bar{z}|\bar{w}). \quad (25)$$

Felhasználva Bayes törvényét:

$$\begin{aligned} \hat{z} &= \max_{\bar{z}} \frac{\Pr(\bar{w}|\bar{z}) \Pr(\bar{z})}{\Pr(\bar{w})} \\ &= \max_{\bar{z}} \Pr(\bar{w}|\bar{z}) \Pr(\bar{z}) \\ &= \min_{\bar{z}} \{ -\ln [\Pr(\bar{w}|\bar{z})] - \ln [\Pr(\bar{z})] \}. \end{aligned} \quad (26)$$

Ezen veszteségfüggvény \bar{z} szerinti minimalizálásával kapjuk \hat{z} -t, vagyis az akusztikus impedancia becsült értékeit. A (26) egyenlet második sorának első tényezője arra jellemző, hogy adott elméleti \bar{z} értékek esetén milyen valószínűséggel mérjük a \bar{w} értékeket. Feltéve, hogy az eltérés komponens elemei függetlenek:

$$\Pr(\bar{w}|\bar{z}) = \prod_0^N \Pr(w_i|z_i). \quad (27)$$

A második tényező az apriori valószínűség, amit (6) alapján számolunk.

$$\Pr(\bar{z}) = \Pr(z_0) \prod_1^N \Pr(z_t | z_{t-1}). \quad (28)$$

Az utóbbi két egyenletet felhasználva, \bar{z} becslése:

$$\hat{z} = \min_{\bar{z}} \left\{ - \sum_0^N \ln \Pr(w_t | z_t) - \ln \Pr(z_0) - \sum_1^N \ln \Pr(z_t | z_{t-1}) \right\}. \quad (29)$$

A (29)-ben adott veszteségfüggvény minden tagját kiszámíthatjuk \bar{a} , P és az empirikusan megadott A/B arány ismeretében.

Rátérünk annak az igen szellemes algoritmusnak a leírására, amely segítségével megkereshetjük (29) minimumát (Godfrey et al., 1980). Alkalmazzuk a következő jelöléseket:

$$D_{i,t} = -\ln [\Pr(w_t | z_t = x_i)] \quad (30a)$$

$$T_{ki,t} = -\ln [\Pr(z_{t+1} = x_i | z_t = x_k)] \quad (30b)$$

$$C_{i,0} = -\ln [\Pr(z_0 = x_i)] + D_{i,0} \quad (30c)$$

$$(i, k = 1, \dots, M).$$

Tekintsük a következő rekurzív összefüggést:

$$C_{i,t+1} = D_{i,t+1} + \min_k (C_{k,t} + T_{ki,t}). \quad (31)$$

N -re vonatkozó teljes indukcióval belátható, hogy $C_{i,N}$ rendelkezik az alábbi tulajdonsággal. Tekintsük az összes lehetséges olyan \bar{z} impedancia görbét, melyre $z_N = x_i$, tehát a görbe az x_i pontban végződik. Azt állítjuk, hogy ezekre a görbékre a (29) veszteségfüggvény minimuma éppen a (31) szerint számított $C_{i,N}$. A minimum keresése ezért a következő számítások elvégzését igényli. Kiszámítjuk $C_{i,t}$ -t minden $i = 1, \dots, M$ és $t = 0, 1, \dots, N$ értékre, a számítások során azonban mindig csak az utolsó t -hez tartozó $C_{i,t}$ -ket kell megőrizni. Feljegyezzük viszont minden (i, t) pontban azt a k indexet, amely (31)-ben a minimumot adja. Az eredményt $M = 3$, $N = 4$ esetén az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat Az optimalizáló eljárás vázlata

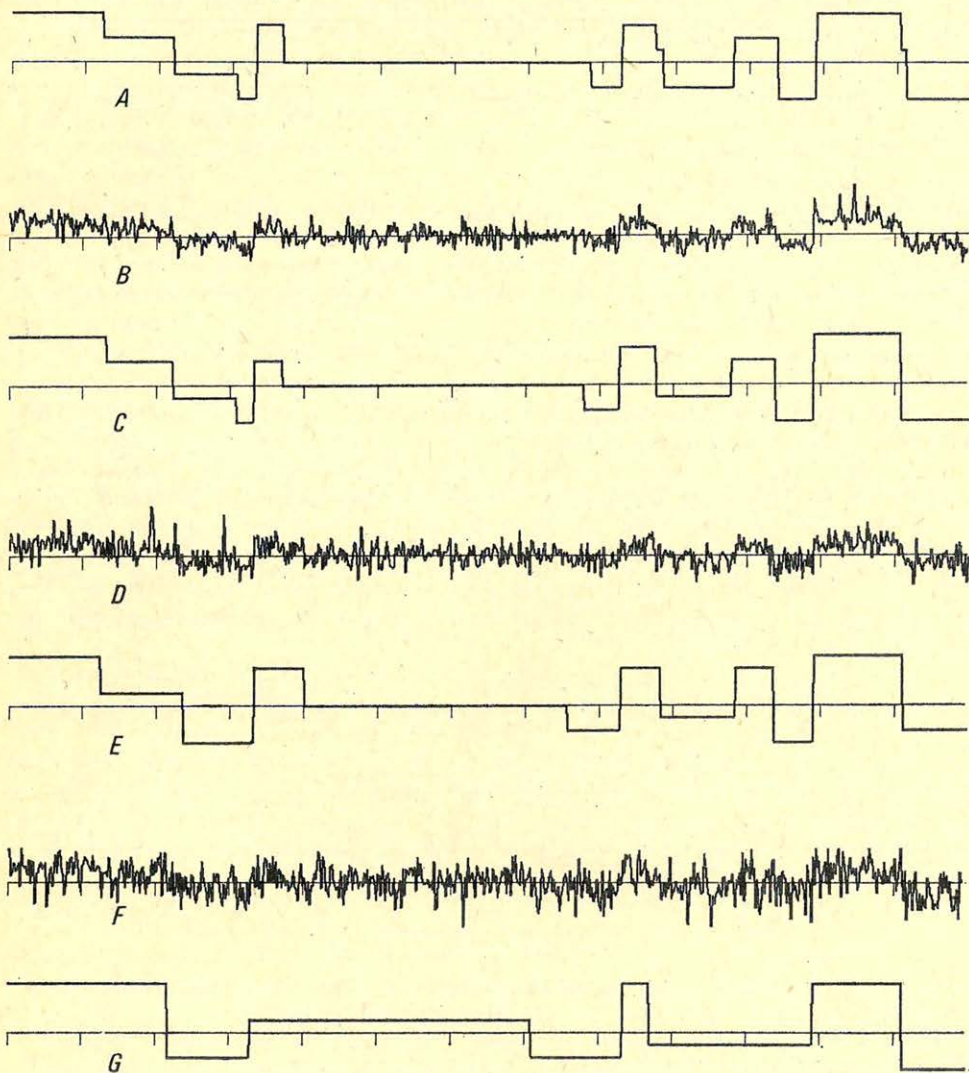
Таблица 1. Схема оптимизирующего метода

Table 1. Optimization process

| t = | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|---|---|---|---|------------------|
| z = x ₁ | 1 | 2 | 1 | 2 | C _{1,4} |
| z = x ₂ | 1 | 2 | 2 | 3 | C _{2,4} |
| z = x ₃ | 3 | 3 | 2 | 3 | C _{3,4} |

Az optimális \hat{z} becslést ebből úgy kapjuk, hogy kiválasztjuk a minimális $C_{i,N}$ értéket és ennek ágán t -ben visszafelé haladva (ez egyértelmű) az (i, t) ponthoz, a $\hat{z}_t = x_i$ becslést rendeljük. Tegyük fel pl., hogy a táblázatban $C_{2,4}$ a minimális veszteség. Ekkor az optimális becslés: $\hat{z}_4 = x_2$, $\hat{z}_3 = x_3$, $\hat{z}_2 = x_2$, $\hat{z}_1 = x_2$, $\hat{z}_0 = x_1$.

A 3. ábrán egy szintetikus példán mutatjuk be az eljárást. Az *a.* ábrán egy $N = 800$, $M = 8$, $\lambda = 0.97$ paraméterű folyamat egy realizációja látható. A *b.*, *d.*, *f.* függvények ennek különböző normális eloszlású additív zajjal terhelt változatai. A dolgozatban leírt eljárással a *b.*, *d.*, *f.* függvényekből rendre a *c.*, *e.*, *g.* függvényeket kaptuk, ezek az *a.* függvény becsléseinek tekintendők.



Geo 83/9-3

3. ábra: *a.*, *b.*, *c.*, *d.*, *e.*, *f.*, *g.* Az algoritmus szemléltetése szintetikus példán

Рис. 3а., б., в., г., д., е., ж. Показдействия алгоритма на синтетическом материале

Fig. 3. *a.*, *b.*, *c.*, *d.*, *e.*, *f.*, *g.* Synthetic example for the algorithm.

Figyeljük meg, hogy a zaj szórásának növekedése a becslés minőségének romlását okozza, és ez a romlás az interpretált rétegmodell értelemszerű egyszerűsödésében nyivánul meg.

IV. Összefoglalás

Az eljárás lényege tömören és szemléletesen a következő módon írható le: Adva van egy mélyfúrásból származó akusztikus impedancia szelvény, mely alapján rétegmodellt kívánunk készíteni. Ez azt jelenti, hogy a szelvényt egy lépcsős függvénnyel közelítjük, és az egyes lépcsőket a rétegekkel azonosítjuk. A lépcsőfokok átlagos szélességét, vagyis az átlagos rétegvastagságot a rétegmodell kívánt felbontottságának megfelelően állítjuk be. Hangsúlyozzuk, hogy a kívánt felbontottság kizórólag az interpretáció céljától függ. Ezért a lépcsőfokok átlagos szélességét a feldolgozó az ésszerűség keretein belül, szabadon választhatja. Szeizmikus célú interpretáció esetében például értelme lehet 5–1000 m-es felbontottságú rétegmodell számításának. A lépcsős függvény illesztésekor két szempontra ügyelünk: (1) a lépcsők legyenek kellően szélesek, emellett (2) a függvény a lehető legjobban illeszkedjék az adatrendszerhez. E két feltétel egymásnak részben ellentmond. Gondoljuk meg a következő két szélsőséges esetet! Maga az adatrendszer tökéletesen illeszkedik önmagához, de általában nem kellően lépcsős. Az egy rétegből álló rétegmodell abszolút lépcsős, de a gyakorlatilag érdekes esetekben nem illeszkedik az impedancia szelvényhez. A dolgozatban tárgyalt eljárás a két véglet közötti optimumot keresi meg.

Az illesztett függvény lépcsőinek tényleges szélessége két paramétertől függ: A λ paraméterrel súlyozzuk a lehetséges görbékét, λ növekvő értéke esetén a szélesebb lépcsőkből álló görbékhez rendelünk egyre nagyobb apriori valószínűséget, így az ezekhez tartozó veszteség csökken. Az A/B arány írja elő, hogy az illesztéskor milyen súllyal kell figyelembe venni az adatrendszerhez való illeszkedés követelményét. Ha $A/B \rightarrow \infty$ vagy $A/B = 0$, akkor az előbb említett két véglet áll elő.

Az eljárás gyakorlati alkalmazása akkor lehetséges, ha digitális karotázs szelvények állnak rendelkezésre mágnesszalagon. Az első kísérletek a közeljövőben fognak megtörténni. A modell felépítésében nincs szerepe az interpretálandó görbe tényleges fizikai jelentésének, ezért az algoritmus egyéb (pl. elektromos) szelvények feldolgozására is alkalmazható. A modell bizonyos módosításával lehetőség nyílik különböző jellegű adatok (karotázs szelvények, szeizmokarotázs, szeizmikus csatorna) együttes interpretálására. Ez további vizsgálatok tárgyát képezheti.

IRODALOM

- Feller, W.: Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásaiba, XV. fejezet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- Godfrey, R., Muir, F., Rocca, F.: Modeling seismic impedance with Markov chains, Geophysics, v. 45, p. 1351–1372, 1980.
- Salát Péter (szerk.): A geofizikai interpretáció információs-statisztikus módszerei, egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1982.
- Szulyovszky Imre: Az ál-akusztikus impedancia szelvények számítása és alkalmazása a direkt szénhidrogén kutatásban, Magyar Geofizika, XXII. évf., 6. szám, 1981.

Módszer bányabeli körülmények között a térben lejátszódó közetmechanikai folyamatok elektromos úton történő vizsgálatára

SZABÓ JÁNOS* – GÉRESI GYULA*

A Mecseki Ércbányászati Vállalatnál 1966 óta végzünk közetmechanikai céllal geoelektromos megfigyeléseket. Ezek tapasztalatainak egy részét már korábban közzöltük [12]. Újabb módszertani és értelmezési eredményeinket tartalmazza a cikk.

В Мечекском рудодобывающем предприятии с 1966 года проводится электроразведка с целью изучения механических свойств пород. Ранее сообщалось о части полученных результатов [12]. В статье рассматриваются результаты новой методики и интерпретации.

At the Mecseki Ércbányászati Vállalat geoelectrical surveys have been carried out since 1966 for analysing rock mechanical events. Some of the results were published previously [12]. This paper describes the latest data requisition and interpretation results.

Bányavágatokban

A kőzetek fajlagos ellenállása az időben a legkülönbözőbb okok következtében megváltozhat. Különösen érvényes ez bányabeli körülmények között, ahol egyrészt a létesített üregek körül a megbontott egyensúlyi helyzet, a nyomás és hőmérséklet változások, a pórusok folyadéktartalmának megváltozása, a kialakult repedések, törések stb. vezethetnek a kőzet eredeti fajlagos ellenállásának megváltozásához, másrészt a fenti tényezőknek közeli bányászati munkák hatására történő időbeli megváltozása is a kőzettömeg fajlagos ellenállásának megváltozását okozhatják. Ezek a változások – irodalmi adatok és saját tapasztalataink alapján – mérhető nagyságúak, a még megengedhető mérési hiba értékét jóval meghaladhatják ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [12]).

Egy megfelelően rövid időtartam alatt végrehajtott mérési sorozat (és itt megfelelően rövid időtartamnak vagyunk kénytelenek tekinteni a vizsgálat alá vont vágat, vagy vágatszakaszcso egy szeri felméréséhez szükséges legrövidebb időtartamot) a meghatározott térfogaton belüli kőzettömeg stacionér fajlagos ellenállás-eloszlásáról ad információt, abból a vizsgált paraméter időben változó voltáról, annak irányáról természetesen nem kaphatunk képet. Ez utóbbiak akkor határozhatók meg, ha az első mérési sorozatot, annak technikáját pontosan követve, újabb időpont(ok)-ban megismételjük, és az eredeti állapottól való eltérés-(eke)-t valamilyen módon ábrázoljuk.

A bányavágatokban használt fajlagos ellenállásmérés metodikája lényegében megegyezik a felszíni kutatási-mérnökgeofizikai feladatok megoldása során alkalmazottakkal ([6], [11], [12], [13], [14]) azokkal a főbb eltérésekkel, hogy bányabeli körülmények között a mérések kivitelezéséhez nem áll korlátlan tér rendelkezésre, azonkívül egy bizonyos áramelektroda-távolságon túl a faj-

* Mecseki Ércbányászati Vállalat, Pécs

lagos ellenállás mért eredményére a vágatot, vagy bányáüreget körülvevő egész tér közettömege befolyást gyakorol. Figyelembe kell venni a vágat hatását is egy bizonyos áramelektroda távolságon túl. A vágat, mint gyakorlatilag végtelen ellenállású térrész mérési eredményeinket nagy mértékben befolyásolja, hatása azonban korrekcióba vehető [14]. Négyelektrodás elrendezés esetén a ρ_k fajlagos ellenállás az áramelektrodákon betáplált I áramerősséggel, a potenciál-elektrodákön mért ΔU potenciál-különbséggel és egy K geometriai tényezővel arányos. A geometriai tényező, a négy elektroda térbeli elhelyezésétől függ. Ha A -val és B -vel az áramelektrodák, M -el és N -el a potenciálelektrodák helyét jelöljük, akkor a végtelen sík felszínén elhelyezett négy elektroda esetén a $K_{2\pi}$ geometriai tényező, a szimmetrikus Schlumberge: elrendezés esetén

$$K_{2\pi} = \frac{\pi \overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}}.$$

Ha a négy elektrodát a térben, a vizsgálandó anyagon belül helyeznénk el, a $K_{2\pi}$ geometriai tényező

$$K_{4\pi} = \frac{2\pi \overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}}$$

lenne.

Tekintettel arra, hogy a bányában adott átmérőjű vágatban mérünk, a fenti két geometriai tényező akkor alkalmazható, ha az áramelektrodák egymástól való távolsága a vágat átmérőjéhez képest kicsi $AB/2/d < 0,5$ vagyis a tápelektrodák távolsága a vágat átmérőjénél kisebb), vagy azt jelentősen meghaladja. ($AB/2/d > 5$, vagyis a tápelektrodák távolsága a vágatátmérő tízszeresénél nagyobb). A két szélső érték meghatározása érdekében a $K_{2\pi}$ értéket a C_B -szorzóval módosítani kell [14]. Az *I. táblázatban* néhány tápelektrodátávolság-vágatátmérő hányadoshoz tartozó C_B szorzó értéket tüntettünk fel.

I táblázat – Таблица 1. – Table 1.

| $\frac{AB}{2d}$ | 0,5 | 1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 10 |
|-----------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---|----|
| C_B | 1 | 1,1 | 1,25 | 1,45 | 1,55 | 1,65 | 1,75 | 1,85 | 1,95 | 1,98 | 2 | 2 |

A fentieknek megfelelően a vágatátmérőnél kisebb tápelektroda-távolsággal meghatározott fajlagos ellenállásérték a vágatnak ahhoz az oldalához közelső közettömeget jellemzi, amely oldalához az elektrodákat illesztettük. Ha ellenben a fajlagos ellenállásértéket a vágatmérő tízszeresét meghaladó tápelektroda távolsággal határozzuk meg, a kapott értékben a vágat jelenléte már elhanyagolható mértékben játszik szerepet és így az a vágatot körülvevő, az áram- és potenciál-elektrodátávolságok által meghatározott nagyságú közettömege vonatkozik. A két szélső helyzet közötti tápelektroda-távolságokkal mért értékek információtartalma az előbbieken leírtakból következik: kis tápelektroda-távolságoknál az információ inkább az elektrodák felőli térfélre vonatkozik, azt növelve pedig előbb az „oldal”-irányok, majd a teljes tér kezdi éreztetni a hatását. A vágatátmérőhöz képest kis tápelektroda-távolságok alkalmazá-

sával és a vágat különböző helyeire (a talpra, az oldalfalakra, a főtérre) illesztett elektródákkal végzett mérésekkel a vágatot körülvevő kisvastagságú kőzet-tömegben belüli változások térbeli eloszlása figyelhető meg. Ilyen módon a mechanikai változásnak kitett térrész helyére vonatkozó információ is nyerhető.

Ez utóbbi azzal a következménnyel járhat, hogy bizonyos, a vágat közvetlen környezetében lejátszódó folyamatok megfigyelése érdekében a méréseket nem elég a vágat talpán elvégezni, azokat a vágat oldalfalain és főtéjén is végre kell hajtani.

A bányavágatot körülvevő kőzetek fajlagos ellenállása megváltozásának mérésére javasolt módszer az ellenállás-szondázás és az ellenállás szelvényezés kombinációja, szimmetrikus Schlumberger elektróda-elrendezés alkalmazásával. Megfelelő mérési pontsűrűség mellett minden egyes pontban több, különböző áramelektroda távolsággal fajlagos ellenállásmérés történik. Mivel az információ mélységet az áramelektrodák távolsága szabja meg, azokat a minimálistól (vágat közeli hatások) a vágat hosszúsága által megengedett ésszerűen maximális (kívánt vizsgálati mélység) nagyságig kell megválasztani.

A mérési eredményeket pszeudó-szelvényen ábrázoljuk, log-normál elrendezésben: a megfelelő méretarányban kijelölt mérési pontok alatt az egyes \overline{AB}_i áramelektroda távolsággal meghatározott – és az irodalomból is ismert módon a vágat – hatással javított – ρ_i fajlagos ellenállásértékeket $\log \frac{\overline{AB}_i}{3}$

távolságokban tüntetjük fel ($\frac{\overline{AB}_i}{3}$ -t tekintjük \overline{AB}_i -hez tartozó információ mélységnek), a kapott ponthalmazból izovonalas szelvényt szerkesztünk. Hangsúlyozzuk, hogy az így nyert szelvény nem a mérési pontok alatti, feletti, vagy egyéb irányú feltérben (2π), hanem a vágatot körülvevő, az alkalmazott maximális áramelektroda-távolság által meghatározott nagyságú, teljes térben (4π) elhelyezkedő kőzettömeg fajlagos ellenállásának eloszlásáról ad információt.

Mint arra már a fentiekben utaltunk, a fajlagos ellenállás változások és ezen keresztül az azokat kiváltó okok, egy újabb időpontban, vagy időpontokban végrehajtott ismétlőmérésekkel és a kapott eredményeknek az előző mérési sorozat eredményeitől való eltéréseinek vizsgálatával kísérhetők figyelemmel. A kapott eltéréseket célszerű a pszeudo-izohmm szelvényekkel azonos méretű különbség szelvényeken ábrázolni. A különbség szelvények lehetnek abszolút eltérés és relatív szelvények. Az előbbiek esetén az eltérés szelvényen az adott mérési pontokban az adott \overline{AB}_i áramelektroda-távolsággal mért fajlagos ellenállásértéknek az alapul választott időpontban hasonló feltételek mellett meghatározott értékektől való ohmm-ban kifejezett változását tüntetjük fel az illető vonatkozási pontokban, és szerkesztünk izovonalas abszolút eltérési szelvényt ($\Delta\rho$), a másik esetben az alapul választott időpontban meghatározott értéket 100%-nak véve, az eltérést %-ban fejezzük ki és a kapott értékből izovonalas relatív eltérési szelvényeket szerkesztünk $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_B} 100 \right)$.

Két mérési időpont közötti változás értékeléséhez egyes esetekben az abszolút eltérés szelvény, más esetekben a relatív eltérés szelvény ad használhatóbb információt. Az átlagosan alacsony fajlagos ellenállással bíró környezetben már a kis, akár mérési pontatlanságból adódó változások is nagy relatív eltéréseként jelentkeznek. Ilyen esetekben az abszolút eltérési szelvényeket

elszerű az értelmezéshez alapul venni. Ugyanakkor az átlagosan magas fajlagos ellenállásértékekkel jellemzett területeken a relatív eltérés szelvényét kell felhasználni.

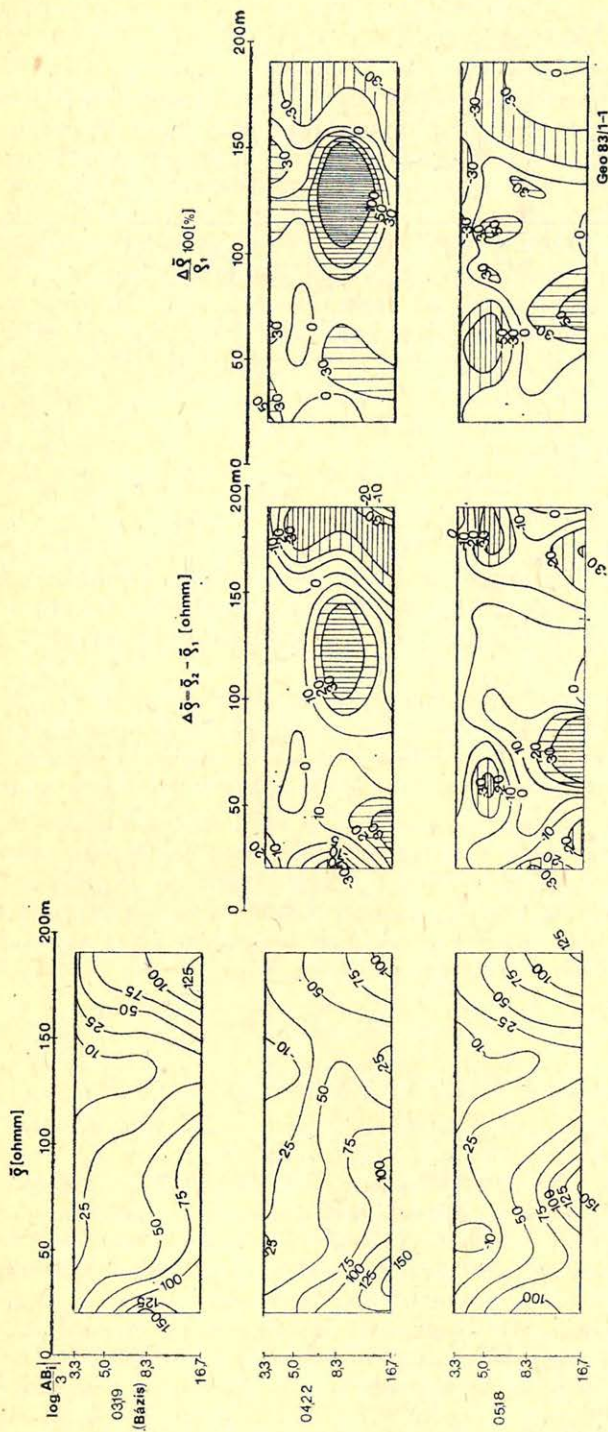
A kőzet fajlagos ellenállásának változásait a korábbiakban felsorolt tényezők közül, bányakörülmények között, főként a feszültség-átrendeződések és nyomásváltozások következtében kialakuló rugalmas alakváltozások (kőzet-térfogat-pórustérfogat változások) és a kőzet-tönkremenetel (törések, repedések, kőzet-felaprózódások) hozzák létre. A nyomás-növekedés hatására létrejövő térfogat (pórustérfogat) csökkenés, valamint a kőzet-tönkremenetel a vizsgált kőzet fajlagos ellenállásának növekedéséhez, a nyomáscsökkenéssel együttjáró térfogat (pórustérfogat) növekedés pedig a fajlagos ellenállás csökkenéséhez vezet.

A kőzet fajlagos ellenállását megváltoztató nyomásváltozások viszonylag nagyobb térrészre terjednek ki. Változékonny földtani felépítésű környezetben, vagy ahol az azonos összetételű kőzettömegben belül a kőzet szerkezetének megváltozásai jelentős fajlagos ellenállásbeli eltéréseket okoznak, a „lokális”-nak minősíthető, esetenként kis oldalirányú kiterjedéssel, de nagy amplitúdóval jelentkező, nagy gradiensű fajlagos ellenállás-anomáliák zavarhatják a „regionális” tér változásainak megfigyelését. Érdemes ezért a „lokális” anomáliák hatását valamilyen módon, például átlagolással lecsökkenteni. Megfelelőnek látszik a szelvénymenti súlyozott átlagok számítása és a pszeudoszelvényeknek ezekkel az átlagértékekkel, illetve az átlagértékekből levezetett abszolút és relatív-eltérés értékekkel történő megszerkesztése.

Az 1. ábrán egy bányavágat szakaszon négy különböző terítési távolsággal, 10 m pontsűrűséggel, három különböző időpontban (1981. 03. 19., 04. 22. és 05. 18.) végzett mérések adataiból a fentiek alapján szerkesztett pszeudo-izoohm szelvényeket, és az első mérési állapottól, mint bázistól való eltérés szelvényeket tüntettük fel. Az eltérés szelvényeken a 20 ohm-t, illetve a 30%-ot meghaladó eltéréseket vonalkázással jelöltük. A bázishoz viszonyított növekedést a függőleges, a csökkenést a vízszintes vonalkázások jelentik.

Az alkalmazott elektrodaelrendezéssel vizsgált térfogaton belül mindkét eltérés-szelvény fajtán egyértelmű fajlagos ellenállásnövekedés figyelhető meg a 04. 22. időpontban a 30–40 m és a 90–150 m, valamint a 05. 18. időpontban a 60–90 m szakaszokon. Hasonló nagyságú fajlagos ellenállás-csökkenés a 04. 22. időpontban a 170–190 m, ill. a 05. 18. időpontban a 40–70 m és a 170–190 m szakaszon mutatkozik. A fenti változások a vágat közeli térrészben (pl. a 05. 18. időpontban a 40–70 m között), teljesen a vizsgált térrészen belül (pl. a 04. 22. időpontban a 90–150 m között) játszódtak le, vagy kiterjedésük a vizsgálat alá vont térrészen túl is feltételezhető (pl. a 04. 22. időpontban a 30–40 m és a 170–190 m között, ill. a 05. 18. időpontban a 60–90 m és a 170–190 m között). A jelölt vágatszakaszokat körülvevő térben tehát az adott időpontokban, a bázisállapothoz képest, a fajlagos ellenállás megnövekedése esetén kőzetnyomásnövekedés, illetve fajlagos ellenálláscsökkenés esetén kőzetnyomás-csökkenés valószínűsíthető. Természetesen arra nézve, hogy a nyomásváltozás a vágat tengelyéhez viszonyítva melyik irányban következett, csak a vágat-közeli jelenségek esetén és speciális elektrodaelhelyezések (főtén, oldalfalakon és talpon) alkalmazása esetén várhatunk választ.

Az eltérés szelvények kőzetmechanikai jellegű értelmezését nagy mértékben elősegítené, ha laboratóriumi vagy bányabeli kísérletekkel meg lehetne határozni, hogy adott kőzetre, adott fajlagos ellenállásértékre, adott bányára, vagy



1. ábra. Egy bányavárat szakasz fajlagos ellenállás és eltérés pszeudoszérvényei. A függőleges vonalkázás a fajlagos ellenállás növekedését, a vízszintes vonalkázás a fajlagos ellenállás csökkenését jelzi.

Рис. 1. Псевдопрофили удельного сопротивления и отклонений в забое. Вертикальная штриховка показывает увеличение, а горизонтальная снижение удельного сопротивления. Fig. 1. Specific resistivity and deviation pseudo-profiles taken in a mineshaft. Vertical lines show the increase of specific resistivity horizontal lines show decrease of specific resistivity.

bányatérsegre vonatkozóan mekkora változás az, amely egyértelműen már a kőzet mechanikai változásából következik.

A kőzetmechanika a maga eszközeivel a bányában elsősorban a kőzet rugalmas alakváltozásával kapcsolatos jelenségek, folyamatok vizsgálatára képes. Megfigyelései általában egy-egy pontra vonatkoznak, a kapott eredmények viszonylag kis kőzettömegről adnak információt, szemben az elektromos ellenállás fentiekben vázolt információs térfogatával. Ez utóbbi nagyságának — és ez a javasolt módszer egyik fontos előnye — csak a vizsgált környezetben kialakított bányatérség kiterjedése szab határt. Amennyiben egy adott bányában, bányamezőben a fajlagos ellenállás megváltozását előidéző kőzetmechanikai jelenség mibenlétének előkísérletekkel való megismerése megtörtént, lehetőség nyílik a módszer autonóm alkalmazásával az adott kőzetmechanikai jelenségnek, folyamatnak a kőzetmechanikai megfigyelés hatáskörzetét többszörösen meghaladó térben történő figyelemmel kísérésére.

Kis kiterjedésű bányatérsekben

Kőzetmechanikai jellegű megfigyelésekre igen sokszor van szükség olyan helyeken is, ahol az előzőekben vázolt komplex szelvényezés — szondázási módszer nem alkalmazható (zsomptér, kamra, pillér stb.). Ilyen helyeken egy pontban kivitelezett, időben ismétlődő fajlagos ellenállásmérés sorozattal lehet a szűkebb környezet kőzeteinek mechanikai állapotában bekövetkezett változásokat megfigyelni.

Bányatérsegenként elvégzett előkísérletek során kell tisztázni azt, hogy valamely kőzetmechanikai paraméter egyfajta megváltozása a fajlagos ellenállás milyen megváltozását eredményezi. Ezt időben ismétlődő, párhuzamosan végzett kőzetmechanikai — geofizikai mérési sorozatok elvégzésével lehet megállapítani.

A két adatsor közötti megfelelően szoros kapcsolat kimutatása esetén a fajlagos ellenállásmérési adatokból szerkesztett grafikonok elégségesek lesznek a jelenség figyelemmel kísérésére, és esetleg a kőzetmechanikai megfigyeléshez szükséges munkák (pl. elmozdulásmérő és más berendezések beépítése, mérési sorozatok elvégzése, értékelése) egy részét el lehet hagyni, a kőzetmechanikai megfigyelési hálózatot ésszerűen ritkítani lehet.

Összefoglalás

A Mecseki Ércbányászati Vállalatnál 1966 óta történnek kőzetmechanikai céllal geoelektromos mérések. Jelen cikkben ezek közül a bányavágatokat, ill. kis kiterjedésű bányatérsegeket körülvevő kőzettömegben főként a kőzet mechanikai állapotában beállt változások hatására kialakuló fajlagos elektromos ellenállásváltozások megfigyelésére alkalmazott, illetve javasolt módszert írjuk le. Ismertetjük a fajlagos ellenállás időbeli változásának megfigyelésére alkalmazott mérési metodikát, a mért adatok és a meghatározott változások ábrázolásának módját és utalunk a kapott eredmények értelmezhetőségére. A nagy kőzettömegben lejátszódó változásokat kimutató módszer elsősorban a bányabeli kőzetmechanikai-bányabiztonsági megfigyelési komplexum egyik komponenseként alkalmazható a kőzetnyomás változásainak indikálására. A nyomás és a fajlagos ellenállás közötti kapcsolat ismerete esetén a vázolt módszer lehetőséget ad a kőzetmechanikai megfigyelési rendszerek ritkítására is.

- [1] *Avesjan, G. M., Metvejenko, A. A., Sztefankovics, Z. B.*: Nyomás hatása homokkövek fizikai tulajdonságaira.
- [2] *Yamazaki, Y.*: 50. Electrical conductivity of strained rocks. The first paper. Bull. of the Earthquake Researc Inst. Vol. 43. (1965).
- [3] *Yamazaki, Y.*: 75. Electrical conductivity of strained rocks. The second paper. Bull. of the Earthquake Research Inst. Vol. 44. (1966).
- [4] *Yamazaki, Y.*: 44. Electrical conductivity of strained rocks. The third paper. Bull. of the Earthquake Research Inst. Vol. 45. (1967).
- [5] *Yamazaki, Y.*: Coseismic resistivity steps. Tectonophysics, 22. (1974).
- [6] *Szabó J. et al.*: Geofizikai módszerek alkalmazása az ércbányászatban. Bányaiipari szakirodalmi tájékoztató. NIMDOK. Budapest. 1981. 5–6. szám.
- [7] *Egerer F.*: Üledékes kőzetek elektromos fajlagos ellenállásának változása a frekvencia és nyomás függvényében. Magyar Geofizika. XVI. évf. 2. sz.
- [8] *Fitterman, D. V., Madden, Th. R.*: Resistivity observation during Creep events at Melendy Ranch, California. Journal of Geophysical Research. Vol. 82. No. 33. (1977).
- [9] *Mazella, A., Morrison, H. P.*: Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San Andreas Fault. Science, 185. (1974).
- [10] *Tsutomi Mashimo et al.*: Electrical conductivity measurement of fayalite under shock compression up to 56 GPa. Journal of Geophysical Research. Vol. 85. No. B4. (1980).
- [11] *Szabó J., Szabó L.*: Kőzetmozgás tanulmányozása geofizikai módszerekkel a mecseki ércbányákban. Magyar Geofizika. XIV. évf. 2. sz.
- [12] *Szabó J., Tirkala F., Virágh P., Buzási L.*: Bányabeli geoelektromos vizsgálatok. Bányászati és Kohászati Lapok. – Bányászat. 103. évf. 8. sz. (1970).
- [13] *Szabó J., Baranyi I.*: Modelovanie zadacs podzemnoj elektrorazvedki metodom Szaprotivlenij. Izvesztija vüszcsih ucsebnüh zavedenij. 1964. 12. sz.
- [14] *Szabó J., Baranyi I.*: Az egyenáramú és alacsony frekvenciás váltakozóáramú kutatási módszerek földalatti alkalmazhatóságáról. Bányászati Lapok. 1966. 2. sz.

Adatok hazai bauxitok mágneses sajátosságairól

TAKÁCS ERNŐ* – NYERGES LAJOS** – PETHŐ GÁBOR*

A hazai bauxit-előfordulások mágneses fúróluk-szelvényezése lehetőségének vizsgálatként különböző területekről származó porított bauxit minták szuszeptibilitását, az izotermális remanens mágnesesség függését a mágneses indukciótól és az izotermális remanens mágnesezettség időbeli lecsengését határoztuk meg.

Viselkedésükből megállapítható, hogy a vizsgált bauxitok mágneses tulajdonságai széles sávban változnak és több eltérő sajátosságú mágneses ásványt tartalmaznak.

Ezek között van egy jól mágnesezhető, kis térben telítődő, kemény sajátosságú komponens, ami magnetitrel azonosítható. Jelenléte már viszonylag kis mennyiségben is döntővé válik a mágneses sajátosságok szempontjából.

Vizsgáltuk a laboratóriumi elemzési adatok és a mért mágneses mennyiségek közötti kapcsolatot is.

Для исследования возможности магнитного профилирования скважин на месторождениях бокситов Венгрии на собранных в различных местах порошковых образцах бокситов определялись их магнитная восприимчивость, зависимость изотермической остаточной намагниченности от магнитной индукции и затухание во времени изотермической остаточной намагниченности.

По их поведению можно установить, что магнитные свойства исследуемых бокситов меняются в широком интервале и содержат магнитные породы различных свойств.

Среди них отмечается один, хорошо намагничивающийся, насыщающийся в слабом поле сильный компонент, отождествляемый с магнетитом. Присутствие его даже в малом количестве становится определяющим с точки зрения магнитных особенностей. Рассматривалась связь между данными лабораторного анализа и наблюдаемыми магнитными величинами.

Magnetic susceptibility of grinded bauxite ores, dependence of isothermal remanent magnetism on magnetic induction and time decay of isothermal remanent magnetism were determined on samples taken from various bauxite occurrences in Hungary for possible use of borehole loggings in bauxite deposits.

It was determined that magnetic characteristics of the bauxite ores varies in wide domain and they contain numerous magnetic minerals with different characteristics.

Among them a hard, easy magnetizing small void saturation component can be found that may be interpreted as magnetite. Its presence is significant even in small quantity when analysing magnetic characteristics.

Relation between laboratory data and field data was also analysed.

A bauxitok mágneses fúróluk-szelvényezése lehetőségének, továbbá a szelvényezés szempontjából szóbajöhető mágneses sajátosságok és az anyagi összetétel összefüggéseinek vizsgálatára meghatároztuk 20 db halimbai (R), 5 db iharkúti (IB) és 14 db csordakúti (CS) minta mágneses sajátosságait.

A halimbai minták a Halimba III. bányauzemből, az iharkúti minták véletlenszerűen különböző lencékből és különböző szintekről, a csordakúti minták különböző mélyfúrásokból, különböző mélységből származnak.

Valamennyi mágneses paramétert 100 μm méret alá porított mintán mértük.

* Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszék, Miskolc.

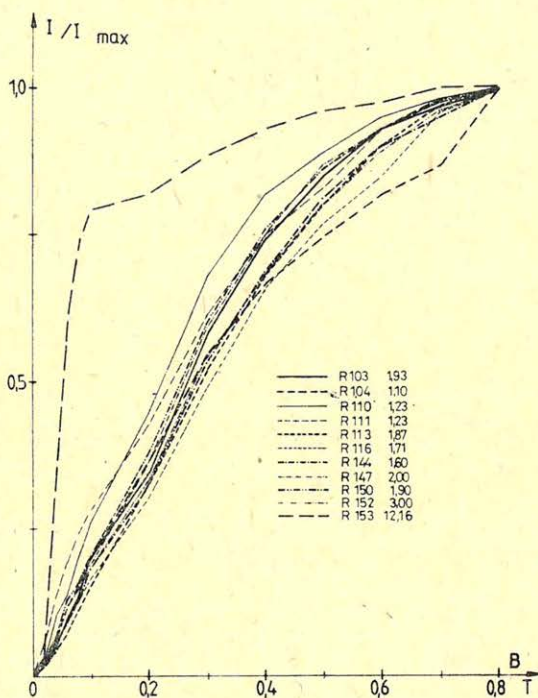
** Bauxitkutató Vállalat, Balatonalmádi.

1. A mért mágneses paraméterek

1.1. Izotermális remanens mágnesezettség

Korábbi vizsgálatainkhoz csatlakozva [1] valamennyi mintára megvizsgáltuk az izotermális remanens mágnesezettség (I) és a felmágnesező tér indukciója (B) kapcsolatát.

Az $I(B)$ görbéket egy cseh szlovák gyártmányú $IR-4$ típusú rock-generátorral mértük. A mintákat előre beállított térerősségű felmágnesező-rendszerbe helyeztük és ezután meghatároztuk a remanens mágnesezettség értékét. A felmágnesezéssel fokozatosan haladtunk a maximális $0,8$ Tesla indukció felé. Adataink $1g$ tömegre vonatkoznak. Az izotermális remanencia mérések eredményét a legnagyobb indukcióhoz $-0,8$ Tesla - tartozó remanenciára normálva - tehát az I/I_{\max} görbéket - az $I-5.$ ábrákon mutatjuk be. A normálás célja az, hogy a különböző mintákhoz tartozó görbék alakját - amiből a felmágnesezés menetére és ebből különböző ásványi összetevők jelenlétére következtethetünk -



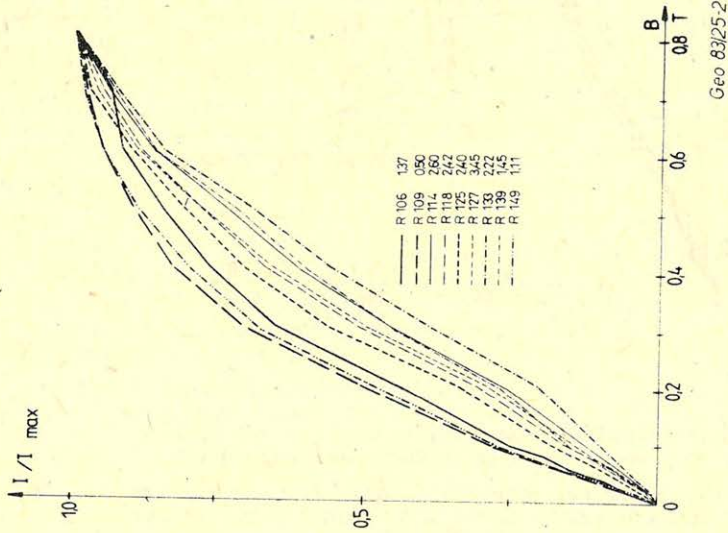
Geo 83/25-1

Geo 83/25-1

1. ábra. Az izotermális remanens mágnesezettség normált értéke a mágneses indukció függvényében halimbai mintákra

Рис. 1. Нормированная величина изотермической остаточной намагниченности в зависимости от магнитной индукции для образцов Халимбы

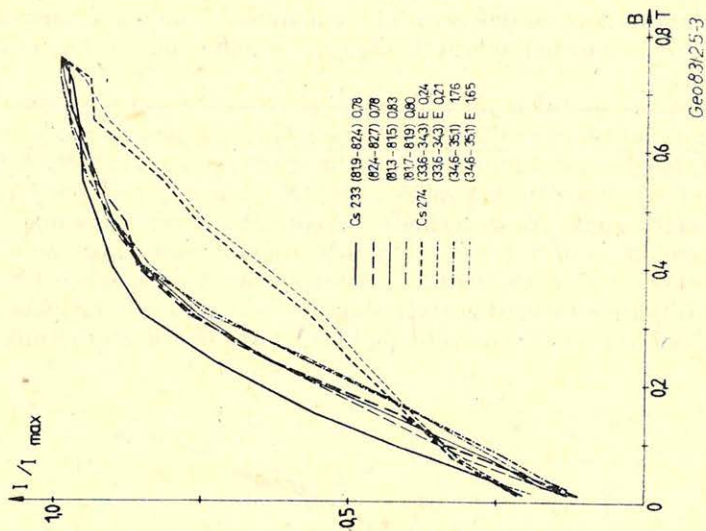
Fig. 1. Normalized isothermal remanent magnetism versus magnetic induction of Halimba samples



2. ábra. Az izotermális remanens mágnesezettség normált értéke a mágnese indukció függvényében Halimba mintákra

Рис. 2. Нормированная величина изотермической остаточной намагниченности в зависимости от магнитной индукции для образцов Халимбы

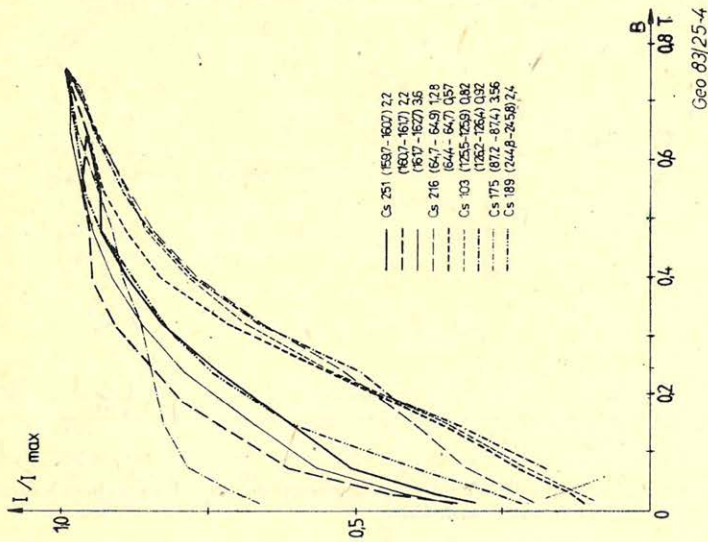
Fig. 2. Normalized isothermal remanent magnetism versus magnetic induction of Halimba samples



3. ábra. Az izotermális remanens mágnesezettség normált értéke a mágnese indukció függvényében Csordakúti mintákra

Рис. 3. Нормированная величина изотермической остаточной намагниченности в зависимости от магнитной индукции для образцов Чордакута

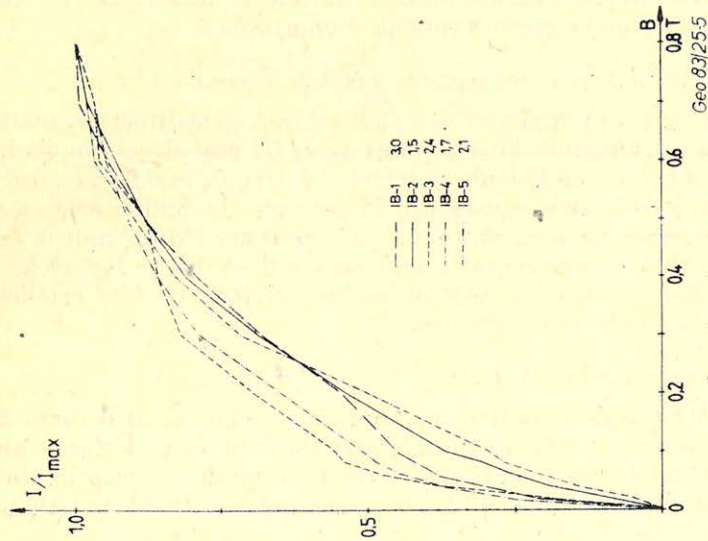
Fig. 3. Normalized isothermal remanent magnetism versus magnetic induction of Csordakut samples



4. ábra. Az izotermális remanens mágnesezettség normált értéke a mágneses indukció függvényében Csordakúti mintákra

Рис. 4. Нормированная величина изотермической остаточной намагниченности в зависимости от магнитной индукции для образцов Чордакүта

Fig. 4. Normalized isothermal remanent magnetism versus magnetic induction of Csordakút samples



5. ábra. Az izotermális remanens mágnesezettség normált értéke a mágneses indukció függvényében Iharókúti mintákra

Рис. 5. Нормированная величина изотермической остаточной намагниченности в зависимости от магнитной индукции для образцов Ихаркүта

Fig. 5. Normalized isothermal remanent magnetism versus magnetic induction of Iharókút samples

közvetlenül összevethessük. A mágnesezettség abszolút értékére tájékoztatást ad az általunk használt legnagyobb gerjesztéshez tartozó remanens mágnesezettség, amit $10/4\pi$ A/m-ben a minták számjele mellett szintén feltüntettünk. A görbék az ábrákon a mintavétel helye szerint vannak csoportosítva.

1.2. Az izotermális remanens mágnesezettség időbeli lecsengése $[I/t]$

Az említett felmágnesező rendszert és az IR-4 rock-generátort használtuk fel ennél a mérésnél is. A minták kiválasztását az $I(B)$ görbék jellege alapján végeztük. Minden mintát három különböző térrel $-0,01; 0,02$ és $0,04$ Teslával – gerjesztettünk. A gerjesztés ideje egységesen 10 sec volt. Technikai nehézségek miatt a lecsengést a gerjesztés megszűnte után 45 sec-al kezdődően tudtuk csak vizsgálni. Az $I(t)$ görbék a reprezentatív mintákra a 6–8. ábrán láthatók. Az időtengely logaritmikus és a jobb összehasonlítás céljából az $I(t)$ értékeket normáltuk a 45 . sec-ban mért remanenciára.

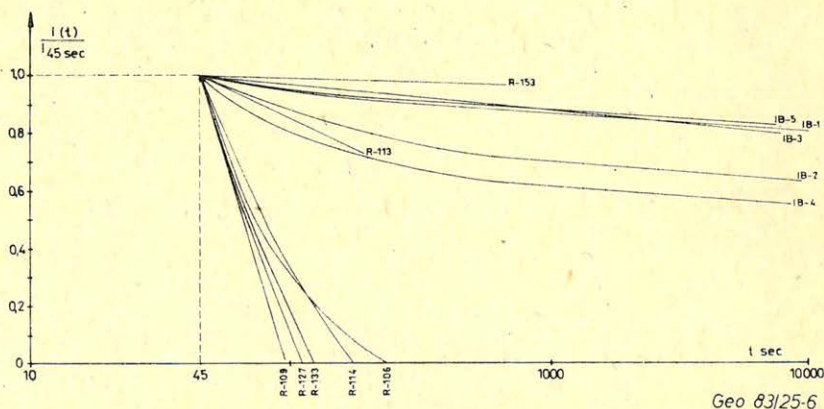
1.3. A mágneses szuszceptibilitás $[\kappa]$

A szuszceptibilitást saját készítésű, nagy érzékenyséű, a váltóáramú differencia-transzformátor elvén működő műszerrel határoztuk meg (9. ábra), amit $FeCl_3$ vizes oldatával hitelesítettünk. Csak az R és IB minták szuszceptibilitását mértük. A szuszceptibilitás adatai a csökkenés sorrendjében a 10. ábrán láthatók.

2. A mért mágneses paraméterek jellege

2.1. Az $I(B)$ adatok

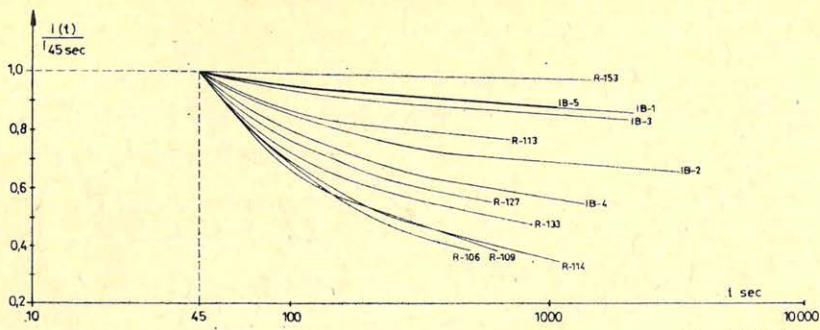
A bauxitminták $I(B)$ karakterisztikái mind alakra, mind értékre nézve differenciált képet mutatnak. A mintákra $B = 0,02$ T-nál a remanens mágnesezettség $0,018$ A/m $\leq I \leq 0,511$ A/m, $B = 0,8$ T-nál $0,395$ A/m $\leq I \leq 9,679$ A/m tartományba esik, míg a szuszceptibilitás egy nagyságrendet sem fog át.



6. ábra. A $B = 0,01$ T-hoz tartozó izotermális remanens mágnesezettség időbeli lecsengése halimbai és iharkúti mintákra

Рис. 6. Затухание во времени относящейся к $B = 0,01$ T изотермической остаточной намагниченности для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 6. Time decay of $B=0,01$ T isothermal remanent magnetism of Halimba and Iharkút samples

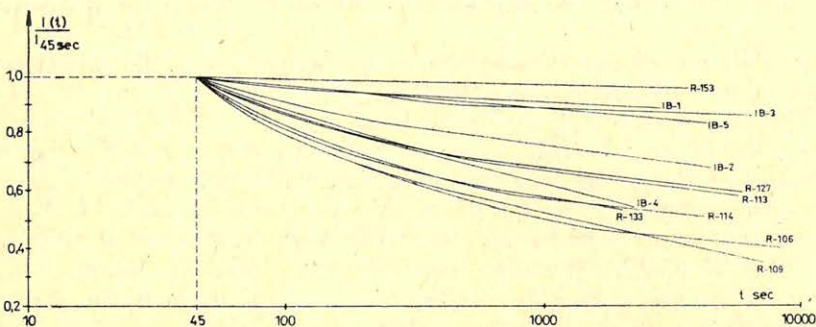


Geo 83/25-7

7. ábra. A $B = 0,02T$ -hoz tartozó izotermális remanens mágnesezettség időbeli lecsengése halimbai és iharkúti mintákra

Рис. 7. Затухание во времени относящейся к $B = 0,02 T$ изотермической остаточной намагниченности для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 7. Time decay of $B=0,02 T$ isothermal remanent magnetism of Halimba and Ixarkút samples



Geo 83/25-8

8. ábra. A $B = 0,04T$ -hoz tartozó izotermális remanens mágnesezettség időbeli lecsengése halimbai és iharkúti mintákra

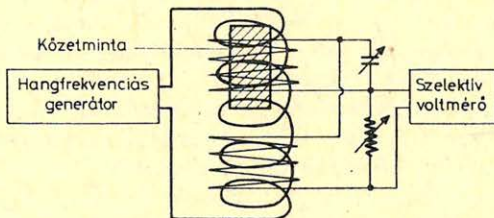
Рис. 8. Затухание во времени относящейся к $B = 0,04 T$ изотермической остаточной намагниченности для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 8. Time decay of $B=0,04 T$ isothermal remanent magnetism of Halimba and Ixarkút samples

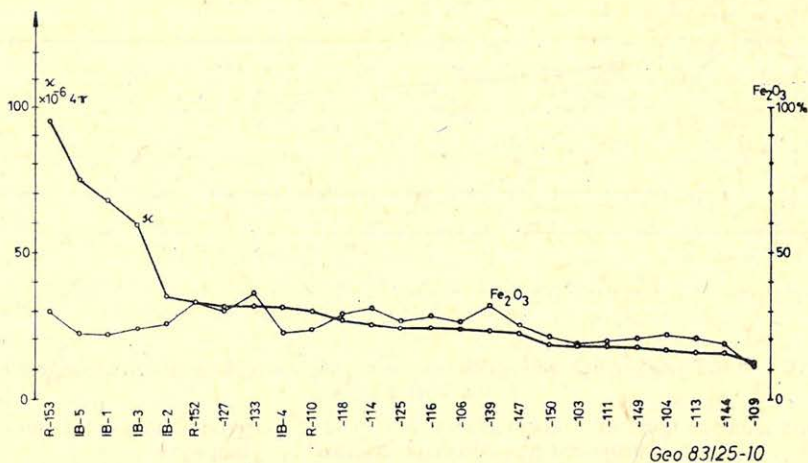
9. ábra. A mágneses szuszceptibilitást mérő egység felépítése

Рис. 9. Схема блока измерения магнитной восприимчивости

Fig. 9. Magnetic susceptibility measuring instrument



Geo 83/25-9



Geo 83/25-10

10. ábra. A mágneses szuszceptibilitás és az összes Fe_2O_3 kapcsolata halimbai és iharkúti mintákra
 Рис. 10. Магнитная восприимчивость и её связь со всеми Fe_2O_3 для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 10. Magnetic susceptibility and all Fe_2O_3 relation of Halimba and Iharkút samples

A normált görbék és a remanencia növekmények — $\Delta I/\Delta B$ hisztogram — alapján a minták csoportokba sorolhatók.

Az első csoportba a legnagyobb ΔI érték a $0 \leq B \leq 0,1 T$ intervallumban jelentkezik, mint pl. az R-104, -106, -109, -110, -111, -149 és az IB-2, -4 minták esetében. Néhány mintánál az ezen gerjesztési intervallumban felvett mágnesezettség nagyobb, mint az I_{max} 45%-a. Ilyen minták pl. R-153, IB-1, -3. A második csoport mintáinak közös jellemzője, hogy a legnagyobb mágnesezettség-növekedés a $0,2 T \leq B \leq 0,3 T$ intervallumban jelentkezik, mint pl. R-103, -113, -114, -116, -118, -125, -127, -133, -139, -144, -147, -150, -152 mintáknál.

Valószínűleg a csoportosításra további — a hisztogramok finomabb részleteit is figyelembe vevő — lehetőség van. Az első vizsgálatoknál azonban csak a biztosan elválasztható jelleg kiemelésére törekedtünk.

Megjegyezzük, hogy a csoportba sorolásnál nem említettük a Cs mintákat, amelyekre nem történt hisztogram szerkesztés.

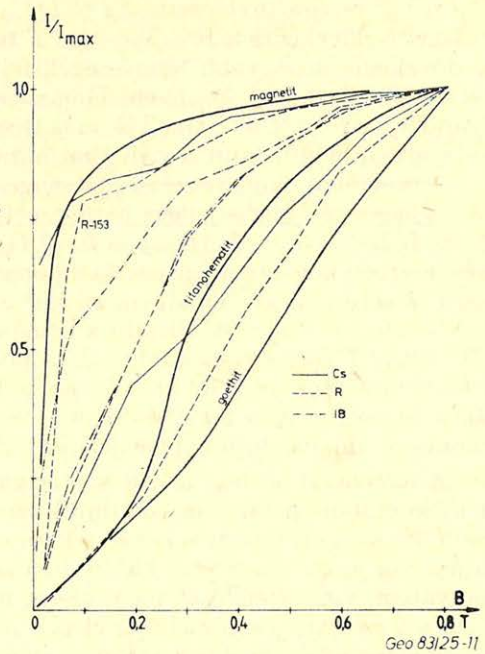
Világosan felismerhető tehát, hogy a mágneses sajátságokat több ásványi összetevő alakítja ki. Határozottan észrevehető egy a kisebb — $0 \leq B \leq 0,1 T$ — és egy a nagyobb indukciónál telítődő vasásvány komponens jelenléte. Valószínűleg más összetevők is szerepet játszanak a görbék alakjának kialakításában, hiszen a bauxitok többféle vasásványt tartalmaznak, azonban markánsan két összetevő jelentkezik. Irodalmi adatok szerint [2] a $0 \leq B \leq 0,1 T$ intervallumban szerepet játszó jól mágnesezhető komponens feltehetőleg magnetit, míg a később telítődő komponens a kolloid méretűnél lényegesen nagyobb méretű hematit. 11. ábránkon berajzoltuk a [2]-ből átvett felmágnesezési görbéket magnetitre, titanohematitra és geothitre. Ezeket a méréseket 2,54 cm magas és 2,2 cm átmérőjű kőzetmintákon végezték.

Megállapítható továbbá, hogy az azonos településhez tartozó minták görbéinek jellege hasonló, ami különösen a Cs jelű mélyfúrások mintái alapján nyilvánvaló. Szembetűnő pl. a 4. ábrán a Cs 251, valamint a Cs 216 és Cs 103 fúrások mintáinak eltérő jellege. Előfordul azonban egy mélyfúrás különböző

11. ábra. A tiszta magnetit, titanohematit, goethit ásványok relatív izotermális mágnesezettségének függése a mágneses indukciótól összevetve a halimbai, iharkúti, csordakúti bauxit minták határgörbéivel

Рис. 11. Зависимость относительной изотермической намагниченности чистого магнетита, титаногемагнетита, геотита от магнитной индукции при сравнении граничных кривых образцов боксита Халимбы, Ихаркута и Чордакута

Fig. 11. Dependence of relative isothermal magnetization on magnetic induction of pure magnetite, titanohematite, goethite ores in relation with Halimba, Iharkút and Csordakút bauxite curves



szintjei közötti hirtelen változás is, pl. a Cs 274 fúrás esetén (3. ábra). E mélyfúrás azonos szintű maganyagából két-két mintát készítettünk és mindkettőre ábráztuk a kapott eredményeket. Ezek nagyon jó egyezése bizonyítja, hogy az $I(B)$ görbe a bauxitminták stabil jellemzője. A remanens mágnesezettség abszolút értéke szerint még határozottabban elválnak az egyes mélyfúrások és területek, ami jól látható a minták mellett feltüntetett I_{\max} értékekből.

11. ábránkon megadjuk az egyes előfordulások I/I_{\max} görbéinek burkoló görbéit, amiből az látható, hogy a halimbai előfordulás bauxitjának mágnese sajátságai a vizsgált teljes indukció tartományban jól elkülönülnek a többi előfordulásától. Egyetlen erősen kiugró jellegű halimbai mintánk volt az ábrán külön feltüntetett R-153.

A fentiek alapján állíthatjuk, hogy az $I(B)$ görbék területi, vertikális szelvény menti eloszlása bauxit-teleptani információt hordoz. Ennek részletes vizsgálatára szabályos mintavétel mellett eddig nem volt módunk. Emiatt ennek az információnak a jelentése jelenleg nem adható még meg.

Megvizsgáltuk a minták színe és a remanens mágnesezettség értéke közötti kapcsolatot is. Bizonyos összefüggés található a szín és a görbék jellege között, tehát azonos típusú görbéhez nagyjából hasonló színárnyalat tartozik. Néhány esetben úgy találtuk, hogy a remanens mágnesezettség növekedésével a szín sötétedik. Eddigi tapasztalataink szerint a szürkés színű bauxitok remanens mágnesezettsége kis értékű.

2.2. Az $I(t)$ időbeli lecsengés adatai

A remanens mágnesezettség időbeli lecsengését halimbai (R) és iharkúti (IB) mintákra vizsgáltuk. Az IB-1, -2, -3, -4, -5 és az R-106, -153 minták abba a csoportba tartoznak, amelynél a remanens mágnesezettség maximális növekedése

a $0-0,1 T$ tartományba esik. Az $R-113, -114, -127, -133$ minták esetén a $\Delta I/\Delta B$ maximális növekedés a $B = 0,2-0,3 T$ tartományba esik. Az $R-109$ mintánál a ΔI növekedés a nagyobb térerősségek felé folyamatosan csökken és a mágnesezettség kis értékű. A könnyen felmágnesezhető iharkúti minták közé azonban olyanokat is felvettünk, amelyek mágnesezettsége kis értékű ($IB-2, -4$), és azonos nagyságrendű, mint a halimbai mintáké.

A remanens mágnesezettség lecsengésére az alábbi megállapítások tehetőek.

A lecsengési görbe jellege határozottan más azoknál a mintáknál, amelyeknél az $I(B)$ görbe $(\Delta I/\Delta B)_{\max}$ -a $0-0,1 T$ és $0,2-0,3 T$ tartományban van. Az előző esetben kemény mágneses komponens jelenlétére utalóan a lecsengés lényegesen lassúbb, az időállandó nagyobb. A lecsengést exponenciálisnak véve $I(t) = Ae^{-t/\tau}$ — a τ időállandó a kemény komponens jelenlétében 10^2-10^3 sec a $B = 0,01 T$ gerjesztésnél, míg a 2. csoport mintáinál $10^{-1}-1$ sec nagyságrendű. A fenti általános jellegtől eltérő viselkedésű az $R-106$ és $R-113$ minta, aminek okára egyelőre nincs magyarázatunk. Egyébként a görbék lefutása csak több különböző időállandójú exponenciális görbe összegeként írható le jó közelítéssel.

A lecsengési görbék másik sajátága, hogy a gerjesztő teret növelve a kemény komponens tartalmozó minták esetében az időállandó nem változik jelentősen. Ez arra utal, hogy a kemény komponens, aminek a remanenciára nagyobb hatása van, már viszonylag kisebb indukciónál telítődik. A kemény komponens hiányában, vagy elenyésző mennyisége mellett az időállandó változása jelentős és $B = 0,04 T$ gerjesztésnél már eléri a 10^2 sec nagyságrendet.

A lecsengési görbéknek a jelenlegi mérési anyag alapján tovább nem nyomozható egyéb sajátágai is lehetnek, amire pl. a különböző gerjesztéshez tartozó lecsengési görbék jelenleg nem magyarázható eltérései, továbbá az $R-106$, vagy az $R-113$ -as minták viselkedésének kiütő jellege utal.

2.3. A szuszceptibilitás adatai

A kis térerősségű gerjesztésre vonatkozó szuszceptibilitás adataink szintén csak az egyes halimbai (R) és az iharkúti (IB) mintákra vannak. A szuszceptibilitás $130 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$ és $355 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$ között van a minták többségére. Kiugró az $IB-3$ ($600 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$), $IB-1$ ($680 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$), $IB-5$ ($750 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$) és az $R-153$ ($960 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$) minták szuszceptibilitása. Az utóbbiakban a már tárgyalt paraméterek szerint nagymértékben jelen van a kemény mágneses vasásvány. Ennek tehát a szuszceptibilitás kialakításában jelentős szerepe van.

A szuszceptibilitás tehát egy határon túl legfeljebb kiütő értékével utal a könnyen mágnesezhető komponens kisebb tartalma mellett — mivel a szuszceptibilitás értéke benne marad a bauxitok átlagára jellemző tartományban — nem tudjuk megállapítani különböző vasásványok jelenlétét.

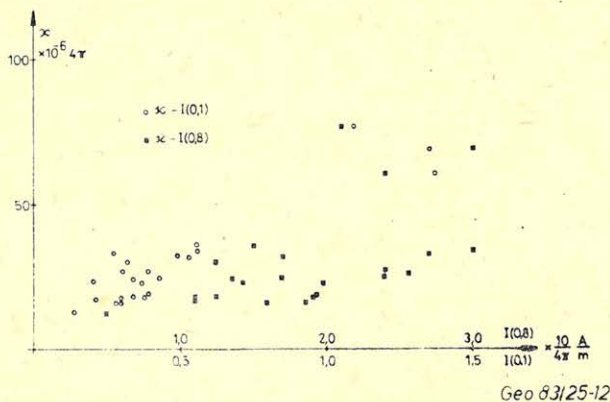
A szuszceptibilitás és a remanens mágnesezettség kapcsolatát tekintve — amiben szintén a könnyen mágnesezhető komponensnek van szerepe — szórás-sal lineáris összefüggés található κ és $I(0,1)$, valamint κ és $I(0,8)$ között, azaz κ és a $0,1$, valamint $0,8 T$ gerjesztéssel létrejött remanens mágnesezettség között (12. ábra).

3. Az elemzési adatok és a mágneses paraméterek összevetése

A Bauxitkutató Vállalat Anyagvizsgáló Osztálya elvégezte a minták elemzését. Kerestük a kapcsolatot ezen adatok és a mágneses paraméterek között. Nyilvánvaló, hogy a szokásos elemzési adatok nem teljesen alkalmasak a mágne-

ses paraméteret kialakító ok megtalálására. A mágneses sajátságokat ugyanis a vasásványok koncentrációja, megjelenési formája, szemcseméretük, eloszlásuk együttesen alakítja ki. Emiatt tiszta korrelációkat nem is várhatunk.

Kézenfekvő volt először az összes Fe_2O_3 tartalommal való összefüggés vizsgálata. Ezt úgy végeztük, hogy a mintákat mágneses paraméterük értékeinek csökkenő sorrendjében rendeztük, és így hordtuk fel a hozzájuk tartozó mágneses és elemzési adatokat. A szuszceptibilitás és az összes Fe_2O_3 kapcsolatát a 10. ábra mutatja. Megállapítható, hogy az *R-152* mintából jobbra Fe_2O_3 csökkenő trendű, bár menetében kiütő értékek is szerepelnek. Nagyon nagy az eltérés a görbék baloldali végén. Az eltérés okára sikerült magyarázatot adnunk. Vegyük sorba azokat a mintákat, amelyek az összes Fe_2O_3 %-t nézve határozottan lefelé



12. ábra. A mágneses szuszceptibilitás és izotermális remanens mágnesezettség kapcsolata halimbai és iharkúti mintákra

Рис. 12. Связь между магнитной восприимчивостью и изотермической остаточной намагниченностью для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 12. Relation of magnetic susceptibility and remanent magnetization in Halimba and Iharkút samples

térnek el a χ -nak megfelelő trendtől. Ezek a következők: *R-153*, *IB-5*, *-1*, *-3*, *-2*, *R-152*, *-127*, *IB-4*, *R-110*, *-150*, *-103*, *-111*, *-149*, *-109*. Valamennyi mintára az átlagnál meredekebben induló kezdő szakaszt találunk az I/I_{\max} görbékben, ami arra utal, hogy kisebb-nagyobb mennyiségben könnyen mágnesezhető komponens van bennük. Szuszceptibilitásuk emiatt emeltté válik és előbbre kerülnek a sorrendben annál, mint amilyen hely az összes Fe_2O_3 tartalom szerint megilletné őket. Különösen domináns ez a hatás az első négy mintára.

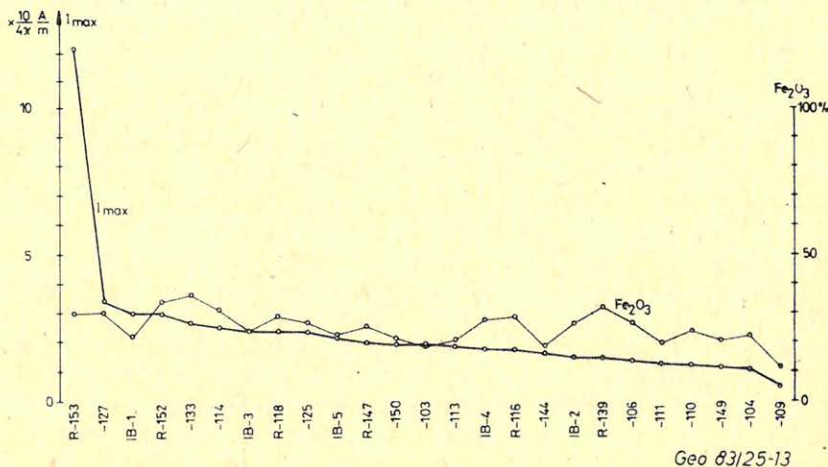
Érdekes megnézni azt is, miért szerepelnek helyi maximumok az *R-133*, *-114*, *-139* mintáknál. Ezek I/I_{\max} görbéje kezdeti szakaszának emelkedése a legkisebb. Könnyen telítődő és felmágneseződő kemény komponens tehát elenyésző arányban szerepelhet bennük. Az *R-114*, *-133* mintákra lecsengési görbét is felvettünk. Nagyon könnyen elvesztik mágnesezettségüket. Míg az előbbi csoporthoz tartozó *R-153*, *IB-5*, *-1*, *-3*, *-2* minták $I(t)$ görbéje lényegesen lassúbb lecsengésű.

Megállapítható, hogy a szuszceptibilitás értékére nagy hatású a könnyen mágnesezhető komponens. Valószínű, hogy a mintegy $\chi = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$ -nél na-

gyobb szuszceptibilitást csak a mágnesezen kemény, kisebb térnél telítődő ásványi komponens jelenléte tud kialakítani.

Az I_{\max} és az összes $Fe_2O_3\%$ összefüggés (13. ábra) szintén csak trendet mutat jelentős pozitív és negatív eltérésekkel.

Az ásványtani elemzés a halimbai és iharkúti mintákban nagyobb százalékban hematitot és kisebb százalékban goethitet adott meg. Sziderit tized %-ban az R-103, -106, -109 és az R-118 mintákban van, pirit nem volt kimutatható. A minták többségénél az összes Fe_2O_3 tehát döntően a hematitban van jelen és csupán az R-150, -103, -111, -149-ben található 3,5–10% goethit.



13. ábra. A maximális gerjesztéshez tartozó izotermális remanens mágnesezettség és az összes Fe_2O_3 tartalom közötti kapcsolat halimbai és iharkúti mintákra

Рис. 13. Связь между относящейся к максимальному возбуждению изотермической остаточной намагниченности и составом всех Fe_2O_3 для образцов Халимбы и Ихаркута

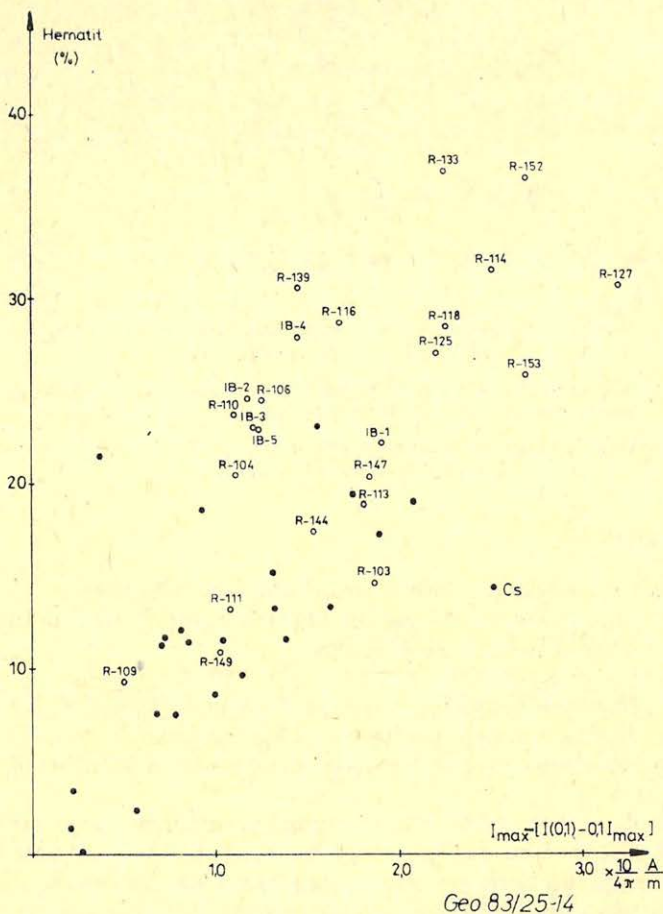
Fig. 13. Relation between maximum generation isothermal remanent magnetization and all Fe_2O_3 content in Halimba and Iharkút samples

A legfontosabb vasásvány tehát kétségkívül a hematit. Mágnese sajátságai a szemcse méretével jelentősen változnak. A kolloid méretű frakció mintegy $B \cong 1$ Tesla, a törmelékes lényegesen alacsonyabb indukciónál – $40 \mu m$ átmérő mellett $0,2 T$ -nál – telítődik. A törmelékes frakciójú hematit szuszceptibilitása akár egy nagyságrenddel is nagyobb lehet, mint a kolloid méretű frakcióé.

A fentiek miatt a mágnese paraméterek és a hematit tartalom között erős korreláció nem várható. A remanens mágnesezettség és a hematit tartalom között a következő elgondolás szerint kerestük a kapcsolatot. A hematit várhatóan az $I(B)$ görbék $0,1 T$ -nál nagyobb indukcióhoz tartozó részét alakítja ki, mert a könnyebben telítődő komponens $B = 0,1 T$ körül a telítéshez közeli állapotba kerül. Irodalmi adatokból tudjuk, hogy a hematit felmágnesezési görbéjének kezdő szakasza kevésbé meredek, mint a következő rész. Ez megegyezik tapasztalatainkkal, mert a minták többségénél a $\Delta I/\Delta B$ növekmény maximuma a $B = 0,2-0,3 T$ közé esett.

Emiatt az $I(B)$ görbe alakja alapján valószínűleg az R-133-as minta a legtisztább hematitos minta. Az ásványos összetétel szerint a $Fe_2O_3\%$ hematitban

36,9. Goethit csak nyomokban volt kimutatható. Az *R-133*-as görbét a hematitos minták alapgörbéjének választottuk. $B = 0,1 T$ gerjesztésnél *R-133*-nál a remanens mágnesezettség $I(0,8)$ -nak 10%-át éri el. Ennek ismeretében a hematit tartalom összefüggését a $\Delta I = I(0,8) - [I(0,1) - 0,1 I_{\max}]$ remanenciával kerestük, ahol a szögletes zárójelben levő kifejezés a $0,1 T$ indukciónál már telítés közelébe jutott könnyen mágnesezhető komponensre jutó mágnesezettség. Ezt a vizsgálatunkat kiterjesztettük a csordakúti mintákra is. Az eredményt a 14. ábra mutatja. Látjuk, az összefüggés nagy szórással rajzolódik csak ki, ami nyilvánvalóan összefügg a hematit mágneses sajátságairól mondottakkal.

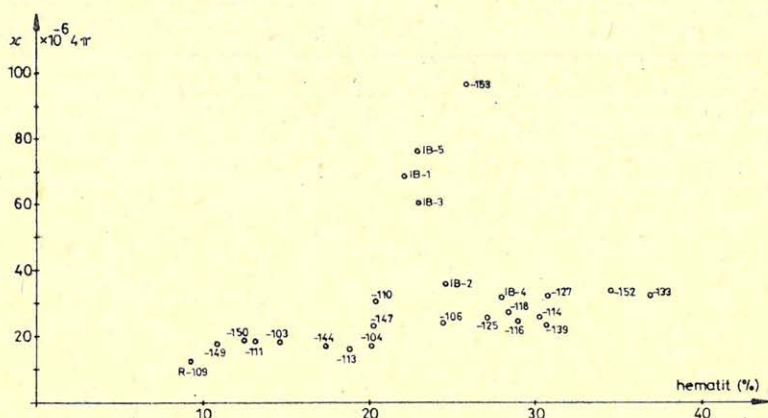


14. ábra. A hematit tartalom és a kemény mágneses komponens hatásától mentes, maximális gerjesztéshez tartozó izotermális remanens mágnesezettség kapcsolata halimbai, iharkúti, csordakúti mintákra

Рис. 14. Связь между содержанием гематита и относящейся к максимальному возбуждению, свободной от влияния сильного магнитного компонента изотермической остаточной намагниченности для образцов Халимбы, Ихаркута и Чордакута

Fig. 14. Relation between hematite content and hard magnetic component free, maximum generation isothermal remanent magnetization in Halimba, Iharkút, Csordakút samples

A szuszceptibilitás és a hematit tartalom összefüggését a 15. ábrán látjuk. Az összefüggés trendjétől jelentősen eltérnek azok a minták – R-153, IB-5, -1, -3 – amelyekben nagyobb mennyiségű könnyen mágnesezhető komponens van.



Geo 83/25-15

15. ábra. A mágneses szuszceptibilitás és a hematittartalom közötti összefüggés halimbai és iharkúti mintákra

Рис. 15. Зависимость между содержанием гематита и магнитной восприимчивостью для образцов Халимбы и Ихаркута

Fig. 15. Relation between magnetic susceptibility and hematite content of Halimba and Iharkút samples

4. Összefoglalás

Vizsgálataink alapján az alábbi megállapítások tehetők:

A bauxitok mágneses sajátságai meglehetősen széles tartományban változnak. A vizsgált mintákra ezek az alábbiak:

Szuszeptibilitás – $(12 - 95) \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi$

Az izotermális remanens mágnesezettség $0,2 T$ gerjesztésnél – $0,018 - 0,511 A/m$

Az izotermális remanens mágnesezettség $0,8 T$ gerjesztésnél – $0,395 - 9,679 A/m$

Az izotermális remanens mágnesezettség lecsengésének időállandója – $0,33 - 3840 sec.$

A vizsgált bauxitok több, eltérő sajátságú mágnesezhető ásványt tartalmaznak. Ezek között van egy jól mágnesezhető, kis térben telítődő, kemény mágneses sajátságú komponens, ami magnetittel azonosítható. Jelenlétére az ásványtani elemzés adatai egyébként nem utalnak. Ez a komponens már viszonylag kis mennyiségben is döntővé válik a mágneses sajátságok szempontjából. A többi nagyobb indukciónál telítődő komponensek közül leglényegesebb szerepe a hematitnak lehet. Az I/I_{max} görbék változékonysága azonban utal más mágnesezhető komponensek hatására is a mágneses sajátságok kialakításában. A több mágneses komponens megléte magyarázza, hogy nem található általános összefüggés az elemzési adatok – összes Fe_2O_3 , hematit tartalom stb. – és a mágneses sajátságok között. A minták egyes csoportjaira ezek az összefüggések jól kirajzolódnak, azonban csoportról csoportra megváltoznak. Az egy csoportba tartozó minták összetétele a mágneses komponenseket illetően nyilvánvalóan hasonló.

Az egyes csoportokhoz tartozó összefüggések szórásához hozzájárul az is, hogy a mágneses sajátságok az egyes ásványok koncentrációján kívül a szemcsék méretének is függvényei.

A fentiekből következően a mágneses fúrólyuk-szelvényezésnél általánosan használt szuszceptibilitás nem adhat képet a bauxitok mágneses komponenseiről. A mágneses sajátságok teleptani információtartalmának – a változékonyság okának – tisztázásához olyan vizsgálatok szükségesek, amelyek egy adott telepen belül szabályos eloszlású mintákon történnek. Nélkülözhetetlen ehhez az a segítség, amit a bauxitteleptan és geokémia eddigi tapasztalatai nyújthatnak.

A fúrólyuk-szelvényezés szempontjából a szuszceptibilitás mérése, a kisebb gerjesztő terekhez tartozó izotermális remanens mágnesezettség és időbeli lecsengetésének mérése jöhet szóba. Annak megítélésére, hogy ezek a bauxitokra mennyire jellemzőek, a rétegsor más kőzeteinek adatait szükséges vizsgálni.

IRODALOM

- [1] Csókás J. – Takács E.: Újabb adatok a mesterséges remanenciaszelvényezéshez. – Magyar Geofizika, 8, 1967. (1)
- [2] C. Heiniger: Paleomagnetic and Rockmagnetic Properties of the Permain Volcanics in the Western Southern Alps. J. of Geophysics, 46, 397 – 411, 1979.

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

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

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

Publicité:

Advertisements:

Anzeigen:

Рекламы принимаются:

Publishing House of International Organisation of Journalist

INTERPRESS, Budapest, Tanács krt. 11. H-1075

Telefon: 221-271 TX, IPKH, 22-5080

HUNGEXPO Advertising Agency, Budapest, P. O. B. 44. H-1441

Telephone: 225-008, Telex: 22-4525 bexpo

MH-Advertising, Budapest, H-1818

Telephone: 183-640, Telex: mahir 22-5341

83.533. Állami Nyomda, Budapest

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

