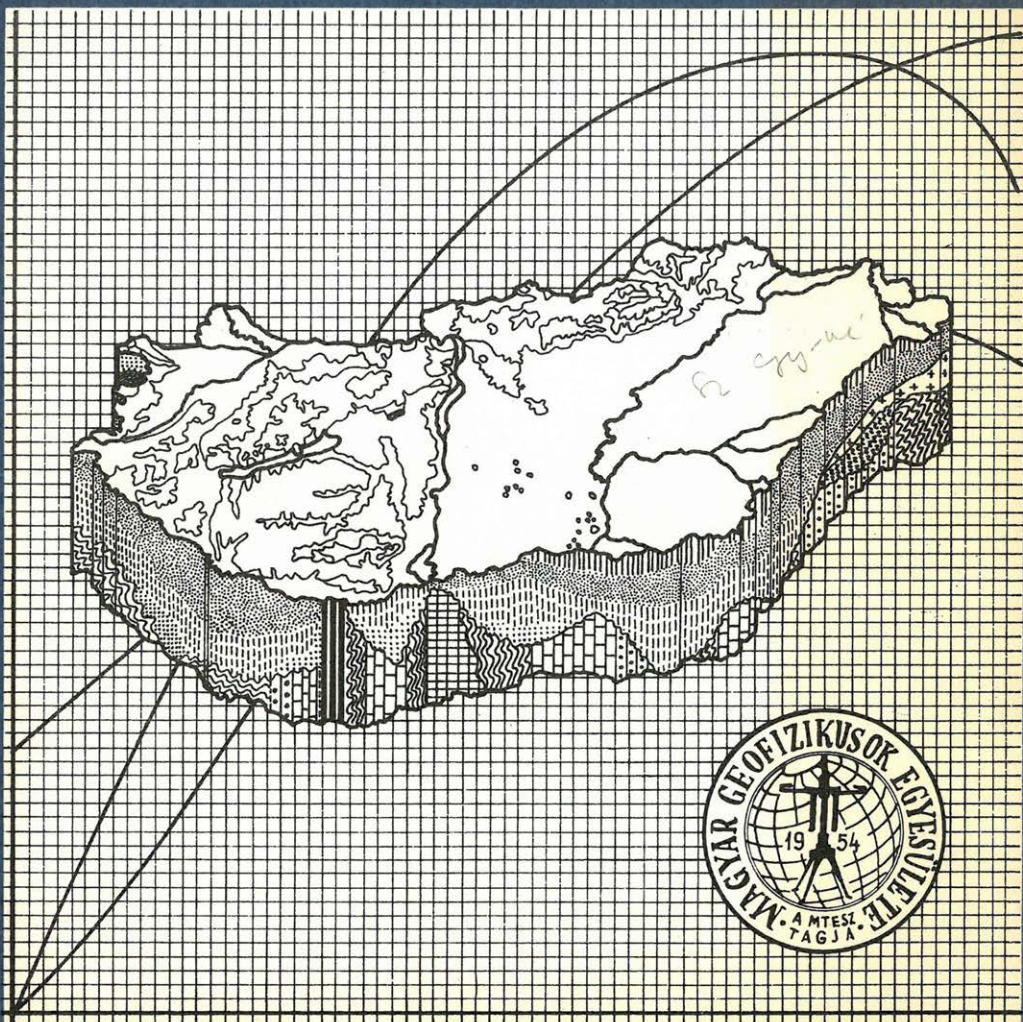


MAGYAR 4 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1988. XXIX. ÉVFOLYAM, 4. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Balázs László – Elek István – Komlósi Zsolt – Kovács György: A mélyfúrás geofizika és a szeiz- mikus adatok komplex értelmezésének néhány kérdése</i>	129
<i>Elek István: Az elektrofációs-analízis jelenlegi helyzete I. (Külföldi eredmények)</i>	136
<i>Nagy Imre: Barlangi üledékek termolumineszcenciás kormeghatározása és paleomágneses vizsgálata</i>	150
<i>Késmárky I.: Számítógépes térképszerkesztés a geológiai elveknek megfelelően</i>	156

Felelős szerkesztő: ZELEI ANDRÁS

*Szerkesztőbizottság: Deies János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József
Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.*

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Балаж Л., Элек И., Комлоши Ж., Ковач Д.:</i> Некоторые вопросы комплексной интерпретации данных промысловой геофизики и сейсмоки	129
<i>Элек И.:</i> Существующее положение электрофациального анализа. Часть 1. Результаты исследований зарубежом	136
<i>Надь И.:</i> Палеолюминесцентное определение возраста и палеомагнитный анализ пещерных отложений	150
<i>Кештарки И.:</i> Построение карт на ЭВМ согласно геологическим принципам	156

CONTENTS

<i>Balázs L. – Elek I. – Komlósi Zs. – Kovács Gy.:</i> On some problems of the complex interpretation of well logs and seismic data	129
<i>Elek I.:</i> The current state of the electrofacies analysis I. (Foreign results)	136
<i>Nagy I.:</i> Thermoluminescence dating and paleomagnetic study of sediments in caves	150
<i>Késmárky I.:</i> Computer contouring – in accordance with geologic principles	156

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat Budapest,
Központ u. 4. 1093 Telefon: 175-200 levélcím: Budapest, Pf. 97. 1442
Felelős kiadó BUDAI FERENC főigazgató

Terjeszti a MAGYAR POSTA

Előfizethető bármely Hírlapkézbesítő postahivatalnál, a hírlapkézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál. (HELIR), Budapest XIII., Lehel u. 10/a – 1900 – közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215 – 96162 pénzforgalmi jelzőszámra
Egy szám ára 32,50 Ft. Előfizetés fél évre 97,50 Ft, egy évre 195, – Ft.
Külföldön terjeszti a Kultúra, 1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 279.
86 – 253

88.1160. Állami Nyomda, Budapest – Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató
Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében
Megjelenik évente hatszor

Index: 26507

A mélyfúrési geofizika és a szeizmikus adatok komplex értelmezésének néhány kérdése

BALÁZS LÁSZLÓ* – ELEK ISTVÁN* – KOMLÓSI ZSOLT* – KOVÁCS GYÖRGY*

A szénhidrogén lelőhelyek kutatási hatékonyságának növelése fontos feladat. A lehetséges megoldások közül az egyik, hogy a különböző forrásokból (pl.: szeizmika, mélyfúrési geofizika) kapott információkat nem külön-külön, hanem integrált rendszerben értelmezzük. Ilyen formán a különböző értelmezési módszerek jól kiegészítik egymást és nő a kutatás hatékonysága.

Az integrált értelmezési rendszer sajátos követelményeket támaszt a karotázs-adatfeldolgozással szemben:

- az adatokat nem csak a telepeken kell megmérni és meghatározni, hanem a teljes rétegsorozatban,
- a nem átérésztöképes rétegek paramétereit is meg kell határozni,
- meg kell adni az érintetlen rétegek akusztikus impedancia értékét az olyan intervallumokban is, ahol nem mértek sem akusztikus, sem sűrűségjelvényt.

Az előadásban foglalkozunk ezen követelmények teljesítési lehetőségeivel is.

Повышение эффективности разведки месторождений нефти и природного газа является важной задачей. Одной из возможностей этого является выполнение интерпретации получаемой из различных источников информации (например сейсмика, промысловая геофизика) не по отдельности, а в интегрированной системе. В такой форме различные системы интерпретации хорошо дополняют друг друга и возрастает эффективность разведки.

Интегрированная система интерпретации предъявляет к обработке каротажных данных специальные требования:

- данные необходимо замерить и определить не только в пределах залежей, но и по всему разрезу,
- необходимо определить параметры и непроницаемых пластов,
- необходимо дать акустическую импеданцию незатронутых пластов и в таких интервалах, где не были зарегистрированы ни диаграммы акустического каротажа, ни диаграммы определения плотности.

В докладе останавливаемся на возможностях выполнения этих требований.

The increase of the efficiency of the exploration for hydrocarbon resources appears to be an important problem. A possible way for the solution of this task is to carry out the interpretation of the information obtained from different sources (e. g., seismic exploration, well logging) not separately, but within the frames of a general, integrate system. In this way, the different interpretation methods well complement one another and the effectivity of exploration increases.

The integrate system of interpretation puts forward specific requirements to the processing of well logging data:

- data should measured and determined not only in the deposits, but in the whole sequence of layers,
- the parameters of the impermeable layers are also to be determined,
- the values of the acoustic impedance of the undisturbed layers should be specified also in such intervals where neither acoustic nor density profiles were measured.

The possibilities to fulfil these requirements are also discussed in present work.

1. A karotázs feladata az integrált értelmezési rendszerben

Ahhoz, hogy a karotázs előtt álló feladatokat megfogalmazzuk, röviden vázolnunk kell a kutatás menetét:

- a) Szeizmikus (és más felszíni geofizikai) mérések feldolgozásának eredménye egy geológiai modell, amely a fúrásos kutatás alapját képezi.

* Magyar Szénhidrogénipari Kutató- Fejlesztő Intézet (SZKFI) Százhalombatta Pf. 32. 2443

- b) A fúrásos kutatás során is összeáll egy geológiai modell, amely a kutatás előrehaladásával egyre pontosabb lesz, s egyre jobb közelítést adja a valós viszonyoknak. (A hagyományos kutatási rendszerben itt véget ér a lánc. A modell szükséges részletességét újabb fúrások mélyítésével érik el.)
- c) Föltárják a fúrások és a fúrások közelében mért szeizmikus szelvények adatai közötti összefüggéseket, s ezeket felhasználva mintegy kalibrálják a szeizmikus szelvényeket.
- d) Az előbbi kalibrálás lehetővé teszi, hogy a szeizmikus szelvények mentén a fúrások közötti térre interpolálják, vagy a fúrási hálón kívüli térre extrapolálják a fúrásos kutatás eredményeit, s egy részletesebb szeizmosztratigráfiai (3,5) modellt dolgozzanak ki.
- e) A fúrásos kutatást, illetve a termelési kúthálózat kialakítását a részletes szeizmosztratigráfiai modell alapján (lényegesen olcsóbban) végezhetik el.

A fenti vázlat alapján három alapvető feladatot kell a karotázsertelmezés során megoldanunk:

- a) Elő kell állítani a kutatási terület szénhidrogén-földtani modelljét. Természetesen ez magába foglalja a fúrásos kutatás során nyert összes információt (pl. fúrási adatok, magmérési eredmények, rétegvizsgálati eredmények, termelési tapasztalatok).
- b) Meg kell teremteni a mélység függvényében regisztrált fúrási és a kétszeres idő függvényében regisztrált szeizmikus adatok közötti léptékszámítás lehetőségét.
- c) Olyan szénhidrogén földtani paramétereket kell előállítani a bázis fúrásokban, amelyek összefüggésbe hozhatók a szeizmikus paraméterekkel, s ezáltal hozzásegítenek a részletes szeizmosztratigráfiai modell elkészítéséhez.

Az *1.a. ábrán* bemutatjuk az integrált értelmezés teljesen leegyszerűsített sémáját blokkvázlat formájában.

Az *1.b. ábra* a fúrásos kutatás adatainak részletes feldolgozási sémáját mutatja.

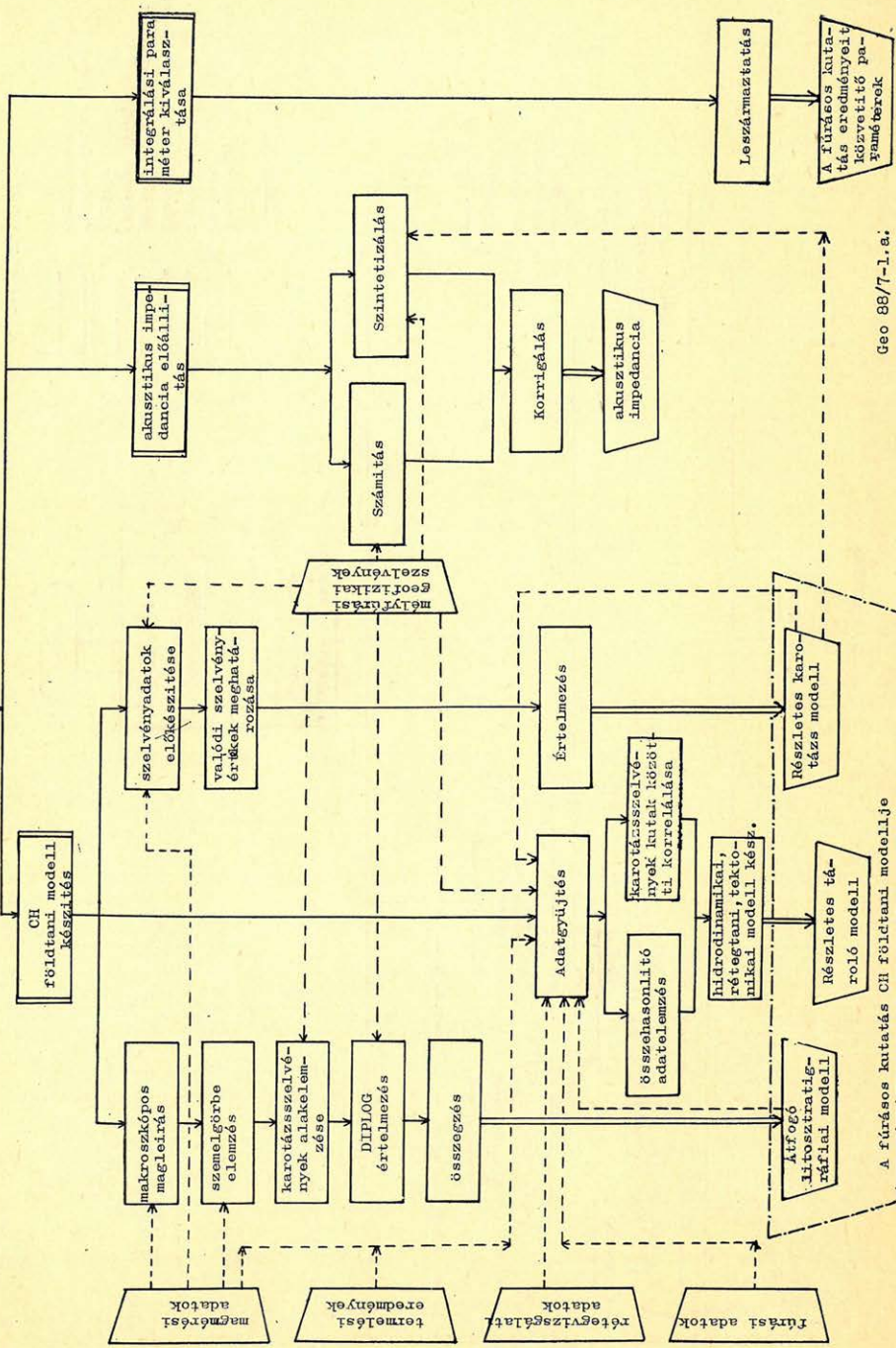
2. A karotázsfeladatok megoldásának menete

2.1. Szénhidrogén földtani modell készítése a fúrásos kutatás adatai alapján

A szénhidrogén földtani modell három részmodell együtteséből áll össze:

- *Litosztratigráfiai modell*, amely tartalmazza a főbb üledékképződési ciklusokat, az egyes litofáciesek előfordulási helyét és gyakoriságát és az üledékképződés ösföldrajzi viszonyainak rekonstrukcióját.
- *Karotázsmodell*, amely az egyes kutakban mért szelvények mennyiségi értelmezése alapján leírja a tárolási tulajdonságok és a litológiai összetétel mélység szerinti változását.
- *Tárolómodell*, mely az előző két modell felhasználásával, a fúrásos kutatás során szerzett adatok (pl. magmérési eredmények, rétegvizsgálati eredmények) térbeli eloszlásának figyelembevételével készül, és leírja a tárolási tulajdonságok és a litológiai összetétel térbeli változását, valamint a kutatási terület rétegtani-tektonikai szerkezetét.

A fúrásos kutatás adatainak előzetes feldolgozása



Geo 88/7-1.a.

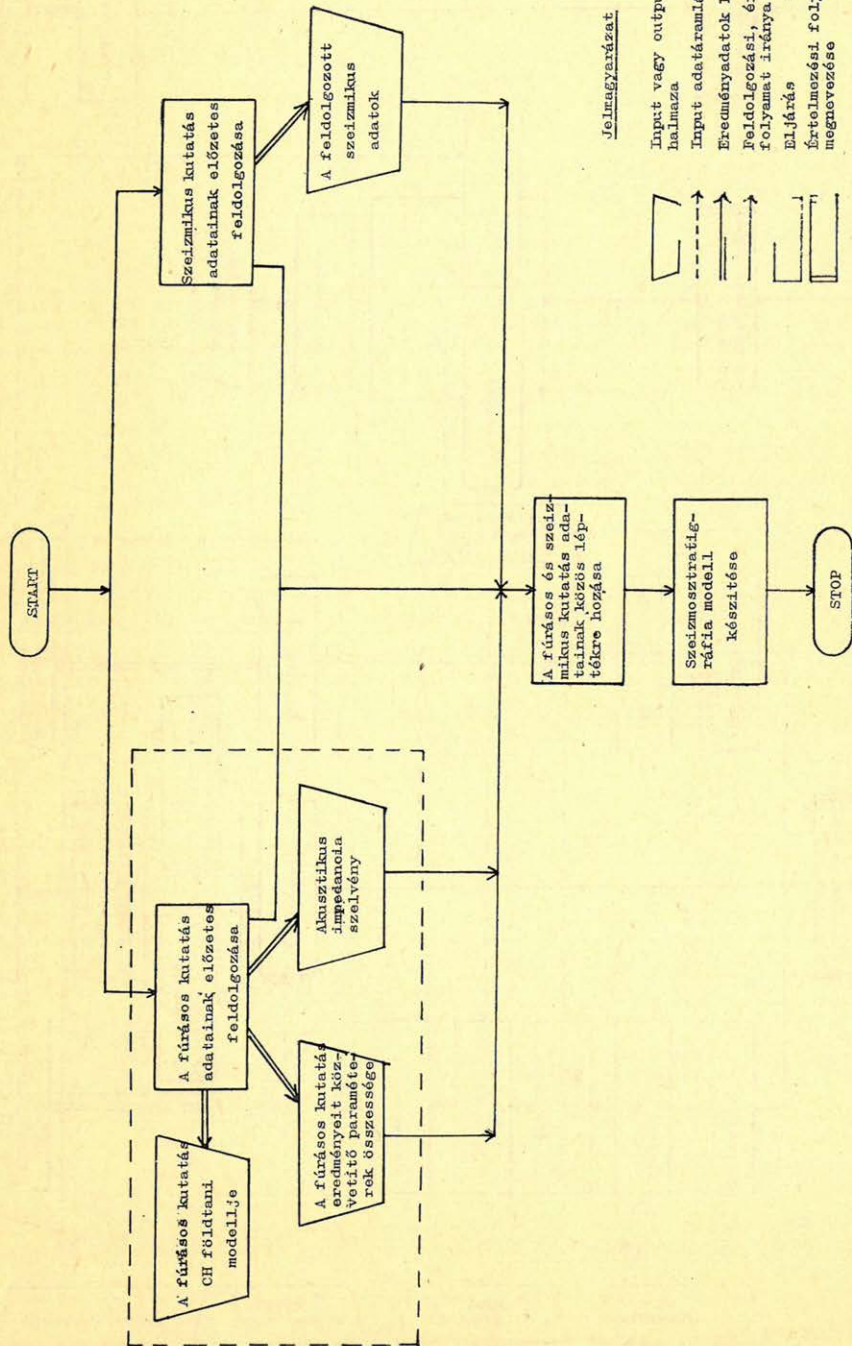
Fig. 1.a.

Puc. 1.a.

I.a. ábra

A fúrásos kutatás CH földtani modellje

INTEGRÁLT ÉRTELMEZÉS



Jelmagyarázat

- Input vagy output adatok halmaza
- Input adatáramlás
- Eredményadatok keletkezése
- Feldolgozási, értelmezési folyamat iránya
- Eljárás
- Értelmezési folyamat megnevezése

Geo 65/7-1.b.

Fig. 1.b.

Puc. 1. b.

1.b. ábra

2.2. Akusztikus impedancia előállítása

A 2.1. pont szerint előállított fúrási adatok a mélység függvényében állnak rendelkezésünkre. Ahhoz, hogy összevethessük azokat a (kétszeres) időléptékben regisztrált és feldolgozott szeizmikus adatokkal, meg kell teremteni a kétféle lépték közötti átszámítás lehetőségét. Ehhez ismernünk kell a rétegsort alkotó rétegek AI akusztikus impedanciáját:

$$AI = VE \cdot DE$$

ahol VE – a rugalmas hullám terjedési sebessége a rétegekben, km/s
 DE – a réteg sűrűsége, t/m³.

Ebből az egyes rétegek határán számolható a reflexiós koefficiens.

Első közelítésben ezt a pontot teljesítettük, hiszen mérünk akusztikus és sűrűségszelvényt is, tehát a feladat megoldása egy egyszerű szorzásra vezethető vissza.

Közelebről megvizsgálva az integrált értelmezésben megfogalmazott feladatot olyan sajátos igényekkel találkozunk, melyek jelentős mértékben eltérnek a klasszikus karotázisértelmezés igényeitől.

- a) Olyan szakaszokra is megbízható adatokat kell szolgáltatnunk, melyek a hagyományos értelmezésben nem játszottak szerepet:
 - a telepektől távol egészen sekély mélységekben, alacsony kompaktált, nagy átmérőjű fúróval harántolt rétegsorban;
 - a produktív rétegeket elválasztó nem áteresztőképes, gyakran túlnyomásos labilis mechanikai állapotú márgarétegekben.
- b) Nem elegendő a fúrólyuk közvetlen közelében adatot szereznünk, mert az gyakran jelentős mértékben eltér a szeizmika által vizsgált érintetlen térrész tulajdonságaitól.

A fenti nehézségek egyformán érintik az akusztikus és a sűrűségszelvényt, azonban a megoldás során elsősorban az akusztikus szelvényre koncentrálunk, mert alapvetően az határozza meg az akusztikus impedancia viselkedését [1, 2].

A legjobb megoldás a hazai gyakorlatban ismeretlen szélessávú akusztikus [6] vagy a nagy behatolású long spacing [2] akusztikus mérés alkalmazása lenne, azonban mivel ez nem lehetséges, különböző korrekciókkal kell célt érniük.

Azokon a helyeken pedig, ahol technikailag is lehetetlen a jelenlegi akusztikus szondák alkalmazása (nagy lyukátmérő, alulkompaktált rétegsor, erősen gázos összeletek, hibásan szelvényezett és már bélésösövezett intervallum) szintetizálni kell az akusztikus impedanciát más meglevő szelvényekből.

2.2.1. Az akusztikus impedancia szintetizálása

A gyakorlatban három eset fordulhat elő, amikor szintetizálni kell, hiszen két szelvényre van szükségünk:

- sem akusztikus, sem sűrűségszelvényünk nincs,
- nincs akusztikus szelvényünk,
- nincs sűrűségszelvényünk.

Az első esetben szintetizáljuk a sebesség és a sűrűségszelvényt és összeszorításukkal jutunk az akusztikus impedanciához, melyet korrigálhatunk szükség esetén [7].

A második esetben csak az akusztikus szelvényt kell szintetizálnunk, ami lényegében az előző teljes körű szintetizálásnak megfelelő határeset. Az akusz-

tikus impedancia a szintetizált sebesség és a mért sűrűség-szelvény szorzataként állítható elő.

A harmadik eset a legegyszerűbb. Mind az irodalom [1, 2], mind a saját tapasztalataink azt mutatják, hogy az akusztikus impedanciát döntően az akusztikus sebesség határozza meg. Ezért akár közvetlenül az akusztikus sebességből is felírhatjuk a tulajdonképpen keresett RC reflexiós koefficiens [1]:

$$RC = \frac{VE_{i+1} - VE_i}{VE_{i+1} + VE_i} - 2.11$$

ahol VE – a rétegsebesség, km/s;
 i – a réteg sorszám.

Egyes területeken – szintén irodalmi utalások mutatnak erre – előfordul, hogy a sűrűség nagyobb mértékben szabályozza az akusztikus impedanciát, mint a sebesség. Ezt a kérdést minden területen alaposan meg kell vizsgálni, s az eredmény függvényében kell másfajta szintetizálási stratégiához fordulni, azonban amint már említettük, a hazai gyakorlatban ilyen területtel még nem találkoztunk.

2.2.2. A szintetizálás menete

Jelenlegi ismereteink szerint a szintetizálás az alábbi lépésekben végezhető el:

- a) Fel kell állítani a szintetizálás alapját képező geofizikai modellt. Ennél figyelembe kell venni a rendelkezésre álló szelvényanyag mennyiségét és minőségét is, valamint az egyes szelvények és a szintetizálni kívánt szelvény(ek) közötti fizikai összefüggéseket.
- b) A kiválasztott modell paramétereinek, amelyek várhatóan terület függőek, meghatározása az adott kutatási terület jellemzőinek megfelelően. A meghatározást az adott terület 1–2 jól szelvényezett fúrás anyagának feldolgozásával végezhetjük. A paraméterek különféle cross-plotok kiértékelése és regressziós számítások eredményeként adódnak.
- c) A kiválasztott modell és a meghatározott paramétereinek ellenőrzése a terület más, szintén jól szelvényezett fúrásában, esetleg szeizmokarotázs vagy VSP-eredmények felhasználásával.
- d) A szintetizálás elvégzése a kiválasztott fúrásokban.

2.3. A szeizmikus adatokkal összefüggő karotázs paraméterek leszármaztatása

A keresett paramétereknek két feltételt kell kielégíteniük:

- jellemezni kell a tároló valamely tulajdonságát, illetve tulajdonság csoportját (pl. litológiai összetétel, telítettségi jelleg, tárolási tulajdonságok amelyet az integrált értelmezés során kutatni kívánunk).
- kapcsolatba lehessen hozni valamely szeizmikus paraméterrel (pl. intervallum sebesség, pillanatnyi amplitúdó).

A feltételeket kielégítő paraméterek közül a kutatás helyzetétől függően választhatunk [5]. A kezdeti kutatási fázisban, amikor a szénhidrogén jelenlétére, eloszlására vagyunk kíváncsiak, akkor elsősorban a telítettség érzékenységi mutatók jönnek számításba. A későbbiekben, amikor már az optimális kúthálózat kialakítása a cél, inkább a litológiára érzékeny mutatók kerülnek előtérbe. Segítségükkel határolhatjuk el a jobb és rosszabb tárolási tulajdonságú területrészeket, jelölhetjük ki az esetleges áramlási csatornák nyomvonalát.

Előadásunkban alapvetően az első feltétel kielégítésének vizsgálatára vállalkozunk. A második feltételt kielégítő paraméterek kijelölése csak szeizmikus szakemberekkel közösen végzett elméleti vizsgálatok és kísérletek elvégzése után lehetséges.

A litológia nyomkövetésének legegyszerűbb módja az *SP*- vagy *TG*-szelvények felhasználása. Általában ezek megfelelő közelítését adják a kőzetek agyag- (és aleurit) tartalom változásának. Tekintettel azonban arra, hogy az integrált értelmezésnek kiindulási feltételül szabtuk a teljes karotázsszelvény-értelmezés meglétét, más (számított) szelvényeket is figyelembe vehetünk.

Végül is, hogy melyik paramétert választjuk az az adott terület geo-műszaki viszonyaitól is függ. Például az *SP*-szelvény egyes iszaptechnológiák esetében használhatatlan. A *TG*-szelvényt speciális, radioaktív anyagtartalmú ásványok földűsülése, vagy mérési hibák tehetik használhatatlanná.

A végleges paraméterkiválasztás csak további vizsgálatok és elsősorban kísérleti integrált értelmezések tapasztalatainak birtokában lehetséges.

IRODALOM

- [1] *Lindseth R. O.*: Syntetic sonic logs-a process for stratigraphic interpretation. (Geophysics 44 jan. p. 3–26, 1979)
- [2] *Thomas D. A.*: Seismic applications of sonic logs. (The Log Analyst 1978 jan. p. 23–32)
- [3] *Гогоненков Г. Н., Эльманович С. С., Қирсанов В. В., Михайлов Ю. А.*: Комплексная интерпретация сейсмических и каротажных данных при детальной разведке нефтяных и газовых месторождений и поисках неструктурных ловушек. (Материал по «Интернефтегеофизика» коц, 1983 г.)
- [4] *Szulyovszky I.*: Porosity section analysis from seismic data. (29th Int. Geoph. Symp. Varna, 1984 p. 160–169)
- [5] *Абрикосов А. И., Верман Л. Б., Қаргер М. Д., Птецов С. Н., Чуринова И. М.*: Комплексование данных промысловой геофизики и сейсморазведки для прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств залежей. (Международный Геофизический Симпозиум № 30. Москва, 1985 г. том А/1 стр. 136–149)
- [6] *Кузнецов О. Л., Галаган Е. А., Элотиков М. Г., Кузнецова Л. В.*: Методология и некоторые результаты комплексного изучения сложнопостроенных геологических сред методом ГИС и сейсморазведки при поисках и разведке месторождений нефти и газа. («Новые геоакустические методы исследования, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Сборник научных трудов. Москва, ВНИЯГГ, 1982 г. стр. 13–31)
- [7] *Вуйцик Я., Венцек К.*: Использование кривых акустического каротажа и расчетных кривых ДТ(κ) в сейсморазведке. Международный Геофизический Симпозиум № 29. Варна, 1984 г., стр. 388–399)
- [8] *Komlósi Zs. et al.*: Szeizmikus és mélyfúrési geofizikai adatok integrált földolgozásának és értelmezésének fejlesztése. (Geofizikai Kutató Vállalat megrendelésére készített SZKFI jelentés, Budapest, 1985)

Az elektrofációs-analízis jelenlegi helyzete I. Külföldi eredmények

ELEK ISTVÁN*

Az utóbbi évek egyik legaktuálisabb témája a szelvényértelmezésben az elektrofációs-analízis. Célunk bemutatni, hogy mi az elektrofációs-analízis és miért szükséges vele foglalkoznunk. Vázolni fogjuk a világ élvonalába tartozó cégek által kifejlesztett eljárásokat, amelyek (többek között) az elektrofációs-analízis révén szeretnék növelni az olajkutatás hatékonyságát.

Egy következő cikkben az SZKFI Geofizikai Főosztályán folyó elektrofációs-analízis jelenlegi állapotát szeretnénk bemutatni.

За последнее время электрофациальный анализ является одним из наиболее актуальных вопросов при интерпретации разрезов. Нашей целью является изложение сути электрофациального анализа и причин его необходимости. В работе нами описаны методы, разработанные фирмами, находящимися на передовой линии науки, которые стремятся повысить эффективность разведки нефти за счет применения различных методов, и в том числе электрофациального анализа.

Recently the electrofacies analysis is a current topic of the well log interpretation. The aim of this paper is to introduce what the electrofacies analysis is and why we need to deal with it. We outline the techniques which were developed at famous companies (Schlumberger, Dresser) to enhance the efficiency of the oil reserche by means of the electrofacies analysis.

In a next paper we would like to introduce the electrofacies analysis at the Hungarian Hydrocarbon Institute in the Geophysical Department.

Bevezetés

Az elektrofációs-analízis az utóbbi években egy meglehetősen felkapott téma a karotázsértelmezéssel foglalkozó geofizikusok körében. Ennek oka véleményünk szerint az, hogy a szénhidrogén-kutatás körülményeinek egyre nehezebbé, összetettebbé válása szinte kikényszerítette a geofizika és a geológia egymáshoz közeledését, hiszen ma már olyan tárolók után kutatunk, amelyek „klasszikus” módszerekkel nem találhatók meg. E két terület egymáshoz közeledése, fogalmaik egymás számára „emészthetővé” tétele a komplex földtani kutatás alapvető érdeke. Ebben nyújthat segítséget az elektrofációs-analízis.

I. A fációs és az elektrofációs fogalma

„A fációs a kőzetek és a beléjük zárt ősmaradványok olyan tulajdonságainak összessége, amelyek az egykori keletkezési környezetet tükrözik. Litofációs néven foglaljuk össze a kőzetet, biofációs néven a kövült flórákon, faunákon észlelhető környezeti bélyegek együttesét. A formációk kiterjedését külső környezeti tényezők határozzák meg, tehát a formációk a fáciessel szorosan összefüggnek. Mégis a fációs nem rétegtani egység. Bármely formáción belül nagyon sokféle fációs lehet, és ugyanakkor előfordulhat, hogy több formáció azonos fációsú”.

(Báldi Tamás: „A történeti földtan alapjai”, Tankönyvkiadó, 1979.)

* Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézet (SZKFI) Százhalombatta. Pf. 32. 2443

„Az elektrofációsok a karotázsszelvények ‚válaszainak’ olyan sorozatai, amelyek jellemeznék egy üledéket, és lehetővé teszik, hogy egyik üledéket a másiktól megkülönböztessük.” (O. Serra, 1980.)

Amint látható a két definíció jelentős mértékben eltér egymástól, tükrözve azt a különbséget, amely a geológiai és geofizikai vizsgálati módszerek között fennáll. A probléma alapvetően abban keresendő, hogy a karotázsszelvények (bizonyos szabályok szerinti) leképezései egy adott geológiai objektumnak. Ezek a leképezési szabályok ráadásul nem mindig kölcsönösek és egyértelműek, azaz pl. különböző geológiai objektumokhoz is tartozhatnak azonos szelvényválasz-sorozatok.

A továbbiakban hasonlítsuk össze a kétféle definíciót. A fációsdefinícióban megjelölt tulajdonság együttes magában foglalja például az adott üledék kémiai vagy ásványos összetételét, textúráját, szerkezetét, finom rétegzettségét, színét, a benne levő flórát és faunát stb. A felsorolt tulajdonságok egy része olyan, hogy rájuk vonatkozó megállapítások geofizikai módszerekkel nem tehetők. (pl. a flóra és fauna, szín stb.).

Az elektrofációs definíciója általánosabb, mint a fációsdefiníció, ezért érvényességi köre tágabb régiókra is kiterjed. Természetesen fennáll az a veszély, hogy a (geológiai) fációs és az elektrofációs közötti kapcsolat nem lesz mindig egyértelmű. El kell fogadnunk, hogy a fációsdefinícióban említett tulajdonságok közvetlenül nem kaphatók meg karotázsmérésekből, csak következtetni tudunk rájuk a mérések alapján. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a karotázsszelvények egyszerre több fizikai paramétertől függenek, ráadásul eltérő mértékben. Ezért tisztázni kell, hogy a karotázsszelvények milyen mértékben érzékenyek arra a néhány tulajdonságra, amit fontosnak vélünk az elektrofációs-azonosítás szempontjából.

2. Karotázsszelvények érzékenysége

Először is mik azok a tulajdonságok, amelyek fontosak az elektrofációsok azonosításában? Alapvetően négy fációsjellemzőre tudunk következtetni a karotázs segítségével:

- ásványos összetétel
- textúra
- szerkezet
- folyadéktartalom

Az 1. ábra a különböző szelvényféleségek érzékenységet mutatja az említett négy tulajdonságra.

Az előforduló szelvénynév-rövidítések magyarázata:

- LTD (Pe)* – lithodensity tool (fotoelektromos hatáskeresztmetszet mérőeszköz)
- EPT* – electromagnetic propagation tool (nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok terjedési idejét és csillapodását mérőeszköz)
- TDT* – thermal neutron capture cross section (termikus neutron befogási hatáskeresztmetszet mérőeszköz)
- GST* – inelastic gamma ray spectrometry (gamma-spektrumot mérőeszköz; a DRESSER ezt carbon-oxigén módszernek hívja)
- NGS* – natural gamma-ray spectroscopy (természetes gamma-spektrum mérőeszköz)
- HDT* – high resolution dipmeter tool (nagyfelbontású rétegdőlés-mérőeszköz).

SZELVÉNYTIPUS	ÖSSZETÉTEL	TEXTURA	SZERKEZET	FOLYADÉK
ellenállás	*	****	***	****
term. pot. (PS)	**	***	***	****
term. gamma (TG)	****	*	*	*
neutr. por. (FIN)	*	***	*	****
sűrűség (DEL)	****	***	*	****
szónikus (ATL)	**	****	*	***
dőlésm. (DIPLOG)	**	***	****	*
lyukátmérő (DL)	****	****	*	*

A HAZAI MŰSZERPARKBAN ELŐ NEM FORDULÓ ESZKÖZÖK

LDT (Pe)	****	*	*	*
EPT (terjed. idő)	**	***	***	****
EPT (csillapítás)	**	*	*	****
TDT	**	***	*	****
GST	****	***	*	****
NGS	****	*	*	*
HDT	*	**	****	*

Geo 88/1-1

1. ábra. Különböző szelvényfajták érzékenysége az ásványos összetételre, textúrára, szerkezetre és a folyadéktartalomra

Рис. 1. Чувствительность различных типов разрезов к минеральному составу, текстуре, структуре и содержанию влаги

Fig. 1. Different logs respond in varying degrees to composition, texture, structure and fluid

Röviden tekintsük át ezeket a tulajdonságokat:

Összetétel: A kőzetek ásványos összetétele jelentős hatást gyakorol a természetes gamma, a sűrűség, a lithodensity, a spektrál gamma-mérésekre, de például az akusztikus szelvény vagy a neutron porozitás kevésbé érzékeny az összetétellel. A különböző, karotázsertelmezéssel foglalkozó cégek közölnek különféle módszereket a CHART-jaikban, amelyek segítségével az összetétel megbecsülhető. (pl. M–N plotok, MID-plotok.)

Textúra: A textúra magába foglalja a kőzet szemcseméretét, osztályozottságát, cementáltságát stb. A textúra igen fontos tényező a porozitás és a permeabilitás szempontjából. A textúrára az ellenállásmérő eszközök, a szónikus szelvény és a lyukátmérő eszköz a legérzékenyebbek. Érdekes momentum, hogy a természetes gamma- és a természetes potenciálszelvények nem a textúrára a legérzékenyebbek, mégis fontosak lehetnek, mivel viselkedésük a szemcseméret alakulásával kapcsolatos. Mindkét szelvény alkalmas arra, hogy a szemcseméret változásaira következtessünk belőlük. Vagy például megemlíthető a rétegdőlésmérő (különösen a HDT), amelyen szintén észrevehető a szemcseméret változásai, amik egyértelműen összefüggenek az üledékképződési folyamatokkal, ezért a textúra változásai egy-egy fácies azonosítása szempontjából fontosak.

Szerkezet: A szerkezet az adott üledék geometriájával, az egység vastagságával, a rétegződés szögével, stb. kapcsolatos. A legtöbb, a szerkezettel összefüggő információ a nagyfelbontású rétegdőlés mérőtől várható (HDT), (mivel mikroellenállás-mérőeszközökből van felépítve a műszer).

3. Az elektrofáciesek azonosítása

Mielőtt rátérnénk az azonosítás mikéntjére, szeretnénk válaszolni arra a kérdésre, hogy miért érdemes egyáltalán foglalkozni az elektrofáciesekkel, mivel egyrészt a nyers karotázsszelvényekben benne van minden, ami mélyfúrású geofizikai módszerekkel egyáltalán megtudható, másrészt pedig semmiféle manipulációval nem fog nőni a szelvényekből nyerhető információ mennyisége.

Az elektrofáciesek azonosítása nem más, mint egy tudatosan végrehajtott, meghatározott szabályok szerinti adatredukció egy adott cél érdekében. A cél nagyobb szedimentológiai, litosztratigráfiai egységek kijelölése, jellemzése. Az adatredukció részleteit később ismertetjük, egyelőre annyit bocsátunk előre, hogy célunk egy-egy nagyobb egységnek lehetőleg minél kevesebb adattal történő minőségi és mennyiségi jellemzése, egy-egy sztratigráfiai egység átlagos, vagy jellemző paramétereinek megadása.

A következő gyakorlati kérdések megoldásához nyújthat segítséget az elektrofácies-analízis:

- geológiai fáciesek azonosítása karotázsszelvények alapján
- geológiai szekvenciák meghatározása karotázsszelvények alapján
- tárolók zónákra bontása
- kutak közti korreláció

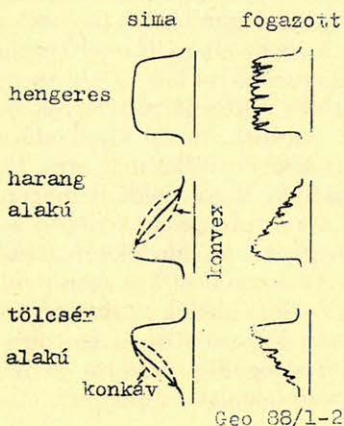
Alapvetően két útja lehetséges az elektrofáciesek azonosításának: kézzel és automatikusan. Ebben a részben bemutatjuk mindkét megoldást.

3.1. Elektrofáciesek azonosítása kézzel (szemmel)

Mint ismeretes a PS-és TG-szelvények menete, a görbék jelalakjai kapcsolatban vannak az üledék szemcseméretével, ami viszont összefügg az üledékképző-

déssel. A legalapvetőbb jelalakokat mutatja a következő rajz. Mindegyik alakzathoz rendelhető egy-egy üledékképződési környezet (2. ábra).

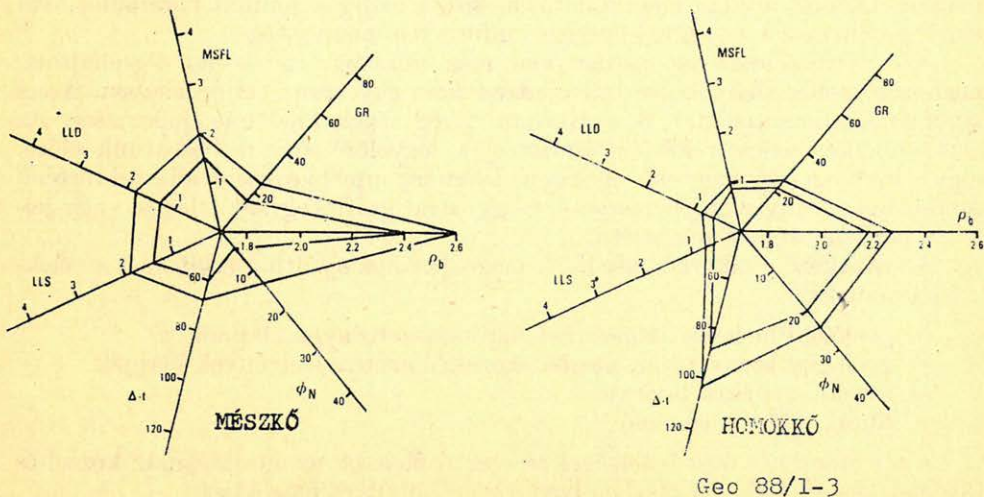
További osztályozási lehetőséget jelent az ún. pókháló diagramok használata. Ez a következőt jelenti: bontsuk fel rétegekre a szelvényeinket, majd helyettesítsük a rétegbeli szelvényértékeket egy-egy szelvényenkénti jellemző értékkel, amit ábrázolunk egy soktengelyű koordináta-rendszerben. Ily módon eléggé karakteres görbék kaphatók (3. ábra), amiknek a szemmel történő felismerése a kiváló alakfelismerő képességgel rendelkező szem számára nem túl nehéz fel-



2. ábra. Az elektrofaciesek jelalak alapján történő osztályozása

Рис. 2. Классификация электрофаций на основе формы сигналов

Fig. 2. Classification of electrofacies by shapes of log responses



3. ábra. Mész- és homokkő pókhálódiagramjai

Рис. 3. Диаграммы известняков и песчаников

Fig. 3. Spider diagrams for limestone and sandstone

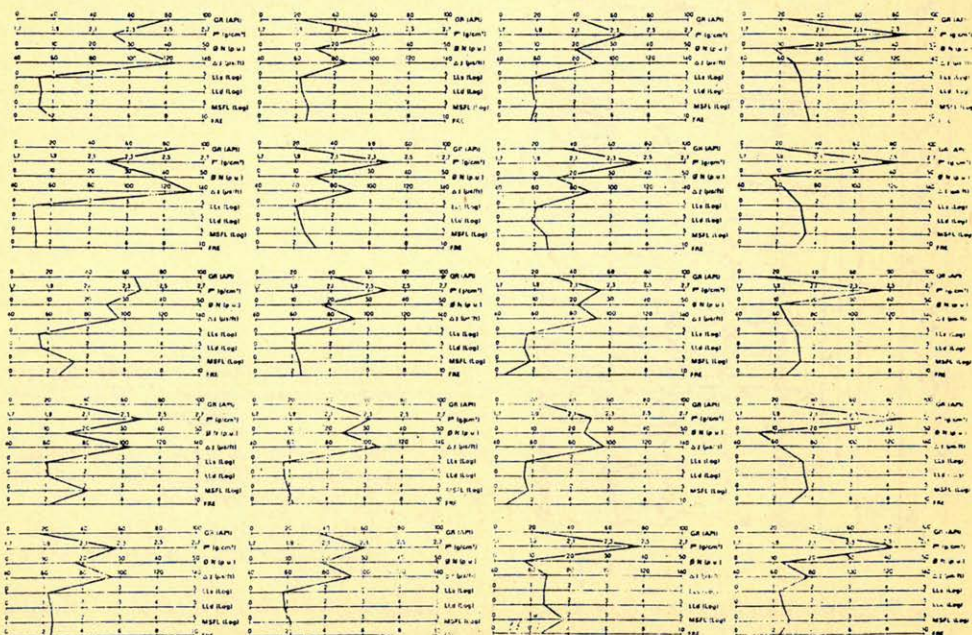
adat. Ha képesek vagyunk előre definiálni 'pókdigram-etalonokat', akkor a rétegenként kapott ábrák és az etalonok egymáshoz hasonlításával elvégezhető egy-egy egység valamely előre megadott csoportba történő besorolása. Ha netán nem rendelkezünk ilyen etalonokkal, akkor is használhatók a diagramok, de csak 'relatív' jelleggel, azaz két hasonló pókdigram láttán feltételezhető a két réteg hasonló jellege. Léteznek másféle ún. létradiagramok is a pókdigramokhoz hasonló funkcióval (4. ábra).

A 3. és 4. ábrákon látható szelvénynevek a következő szelvényfeleségeket jelentik:

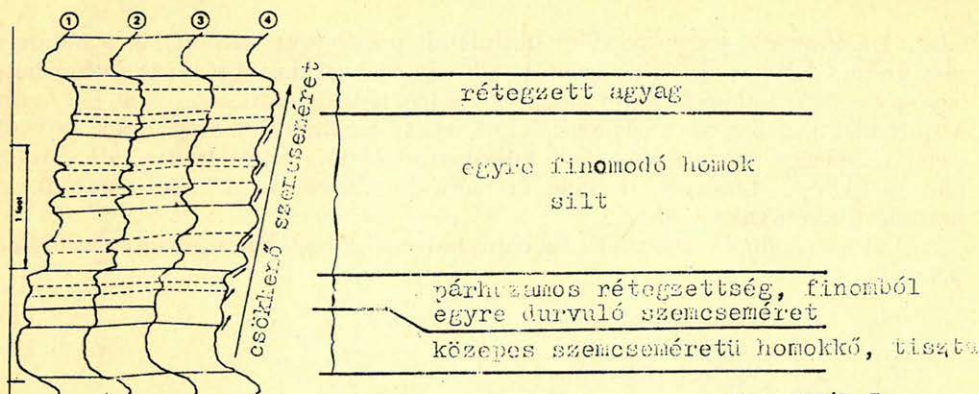
- GR — természetes gamma
- ρ_b — sűrűség
- Φ_N — neutron porozitás
- Δt — akusztikus terjedési idő
- LLs — sekély behatolású laterolog (logaritmikus)
- LLd — mély behatolású laterolog (logaritmikus)
- $MSFL$ — fókuszált mikroellenállás (logaritmikus)

Tekintetbe véve a HDT (nagy felbontású rétegdőlésmérő) értelmezésének eredményét is, (a GEODIP nevű program végzi) értékes információkat kaphatunk a textúrára, a rétegződésre, a réteg finomszerkezetére és szemcseméretére vonatkozóan (5. ábra).

A 6. és 7. ábrán megfigyelhetjük, hogy a GEODIP eredmények mennyi fontos információt tartalmaznak az adott fácies textúrájáról (szemcseméret) és szerkezetéről (finom rétegzettség).



4. ábra. Különböző elektrofaciesek létradiagramjai
 Рис. 4. Ступенчатые диаграммы различных электрофаций
 Fig. 4. Ladder diagrams for different electrofacies

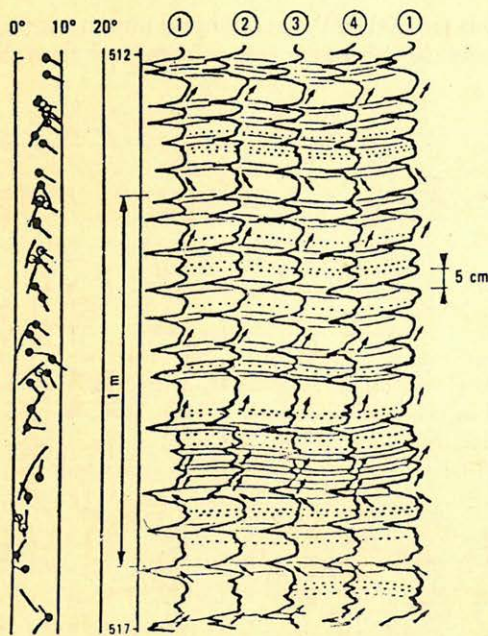


Geo 88/1-5

5. ábra. Közepesen osztályozott homok átmenete agyagba. A GEODIP által kapott korrelációt a folytonos vonalak mutatják

Рис. 5. Переход средне-сортированных песков в глины. Корреляция, полученная с помощью ГЕОДИП, показана сплошными линиями

Fig. 5. A GEODIP sequence of medium-grained sandstone to shale (correlations are shown as solid crosslines)



Geo 88/1-6

6. ábra. Egy finoman rétegzett agyag-homok sorozatra vonatkozó GEODIP-eredmény

Рис. 6. Результаты, полученные с помощью ГЕОДИП, для серии тонкослоистых глин и песков

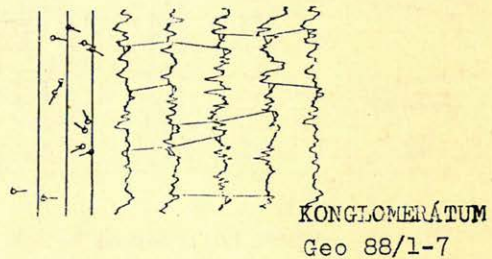
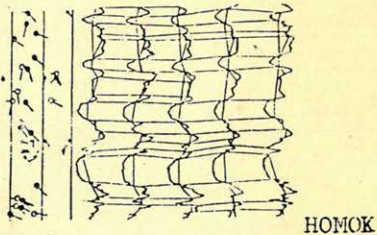
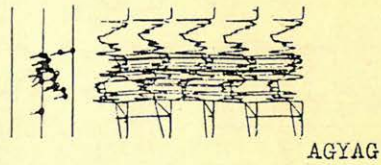
Fig. 6. A GEODIP result for a series of thinly laminated shale and sand beds

A 8. ábrán megfigyelhető egy kézi úton végrehajtott elektrofácies-azonosítás. A látható öt létradiagram a 4. ábra húszféle 'etalon' elektrofácieséből lett kiválasztva. Az első oszlopban (cluster number) az azonosított elektrofáciesnek a sorozáma látható, a második oszlop a magleírást mutatja, a harmadikban a nyers karotázsszelvények láthatók. A negyedik oszlop a GEODIP mikroellenállás görbéit mutatja.

7. ábra. HDT-görbék három különböző szemcseméretű öszletre

Рис. 7. Кривые НДТ для трех серий с различным гранулометрическим составом

Fig. 7. HDT response to three different grain size distribution

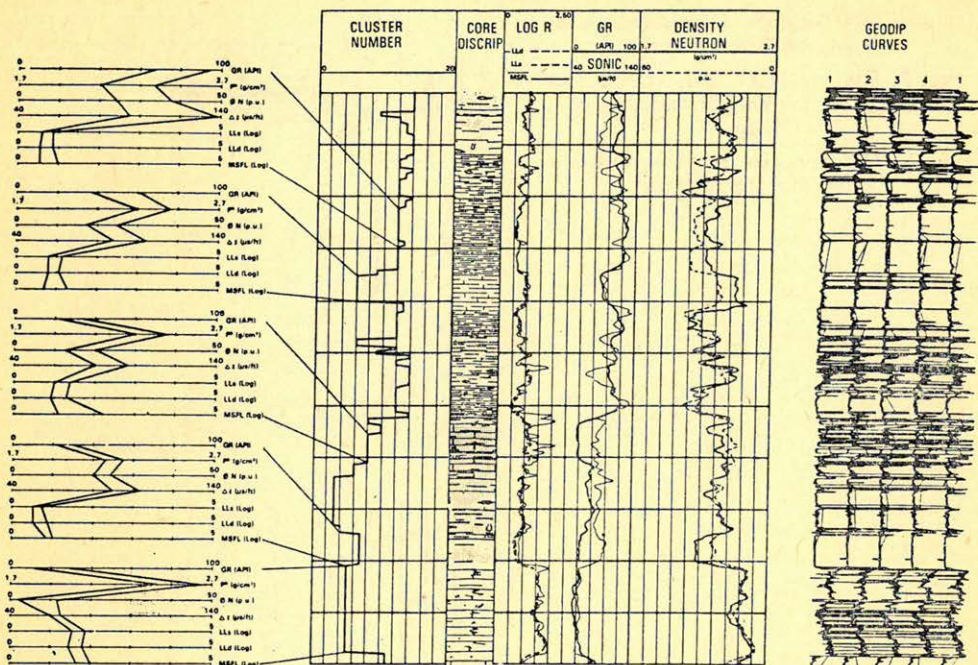


A 8. ábra jó példa az elektrofációs előnyeire. Egyrészt a példa mutatja, hogy az azonosítás a nyers szelvények alapján készült (kivéve a GEODIP eredményeit), másrészt az etalonokhoz hasonlítást szemmel végezték el, ami messzemenően lehetővé teszi az a priori ismeretek figyelembevételét.

3.2. Elektrofációs azonosítása automatikusan

Az interaktív elektrofációs azonosításának számtalan előnye ellenére akadnak hátrányai is. Mivel az ember közreműködése általában időigényes, ezért az interaktivitást tekinthetjük az elsőrendű futásidő növelő tényezőnek. Emiatt kifejlesztettek olyan eljárásokat, amelyek automatikusan képesek megoldani az elektrofációs-analízist, a rétegekre bontástól egészen az elektrofációs felismeréséig. Ebben a részben bemutatjuk ezeknek az automatáknak a működését.

Tegyük fel, hogy rendelkezünk N darab különböző karotázsszelvényvel. Tekintsük az egy mélységponthoz tartozó különböző szelvényértékeket egy N elemű vektornak. (Ez tehát azt jelenti, hogy minden egyes mélységponthoz tartozik egy N elemű vektor. Mivel méterenként 5–10 adatot veszünk, és célunk nagyobb egységek jellemzése, ezért nem szükséges ennyire finom „felbontás”). Bontsuk rétegekre a szelvényeinket és jellemezzük őket az említett N elemű vektorokkal. Így annyi vektort kapunk, ahány réteg van. Ha „ábrázoljuk” a vektorokat az N -dimenziós térben, akkor egy-egy réteget egy helyvektorral jellemezzük. Ha képesek vagyunk előre definiálni helyvektorokat (és azoknak valamelykora sugarú környezetét), amelyek egy-egy ideális fáciesnek felelnek meg (etalon), akkor a feladat az, hogy eldöntsük, melyik etalonhoz hasonlít legjobban az adott réteget jellemző helyvektor (9. ábra).

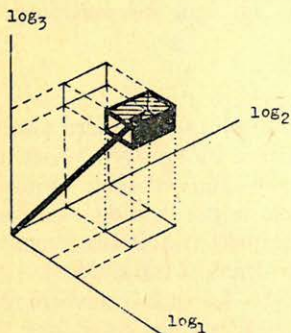


Geo 88/1-8

8. ábra. Elektrofáciések korrelációja magokból kapott fáciessel

Рис. 8. Корреляция электрофаций и фаций, изученных на основе ядерного бурения

Fig. 8. Correlation of electrofacies with core facies



Geo 88/1-9

9. ábra

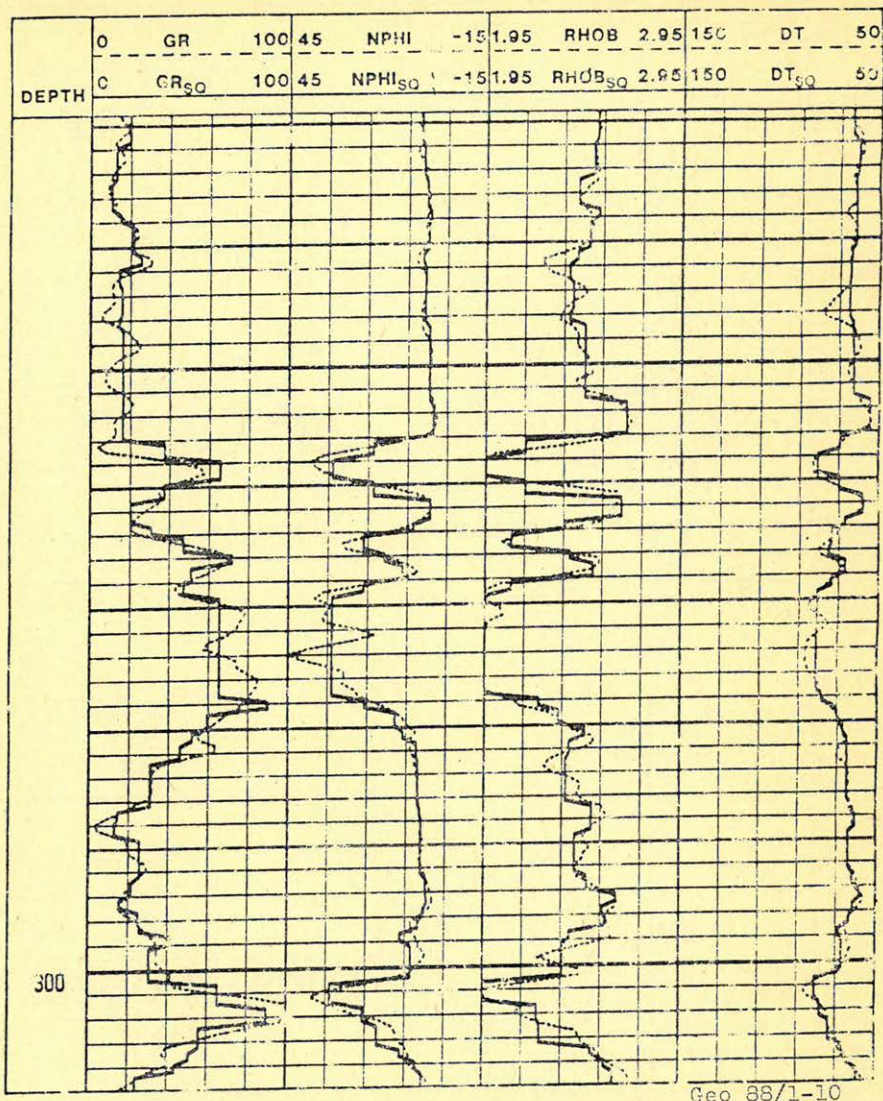
Рис. 9.

Fig. 9

A feladat tehát meg van fogalmazva. A megoldásra többféle lehetőség is kínálkozik. A főbb lépések a következők:

- a nyers karotázsszelvények hibáinak eltüntetése (hibás szelvényértékek kijavítása, lyukhatások kiszűrése stb. Ezzel itt nem foglalkozunk).
- a valamilyen módon normalizált szelvények rétegekre bontása valamilyen automatikus eljárással.

(A normalizálásra főkomponens analízist (PCA) használnak, amelynek révén sok kis réteget (vagy klasztert) kapnak. A 10. ábrán látható egy



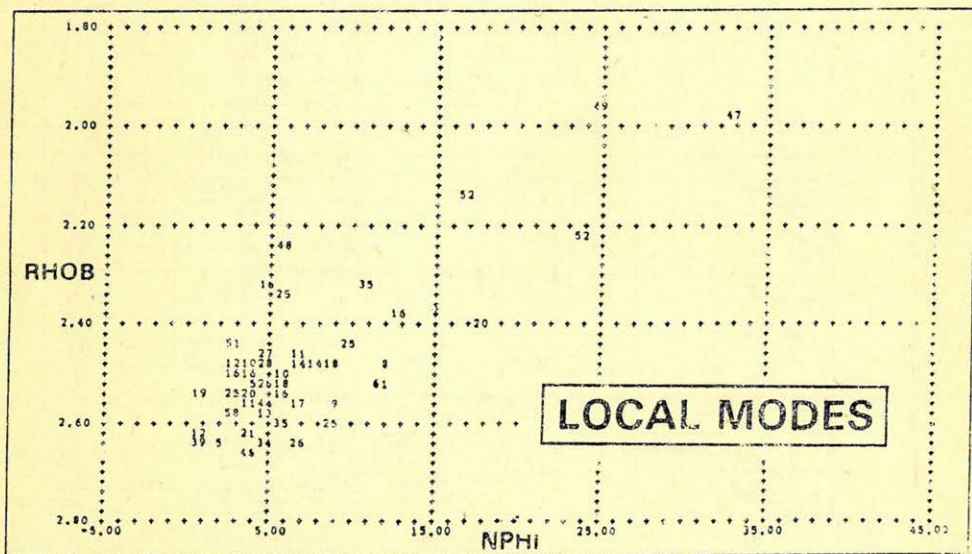
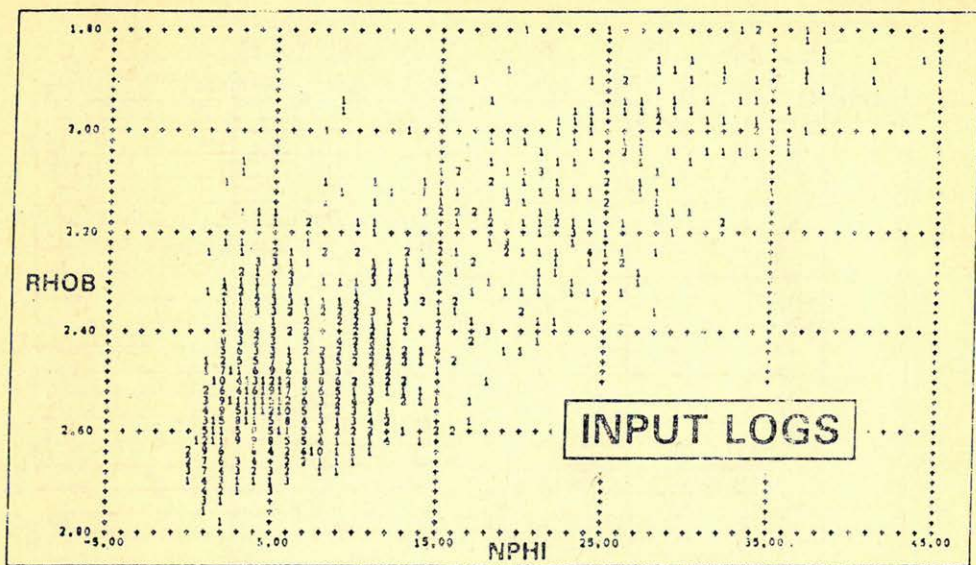
10. ábra. Rétegekre bontott szelvények és a nyers szelvények egymásra rajzolva. Szaggatott vonal: nyers szelvények. Folytonos vonal: rétegekre bontott szelvények

Рис. 10. Совмещение разрезов, разделенных на слои, с исходными разрезами: пунктирная линия – исходные разрезы, сплошная линия – разрезы, разделенные на слои

Fig. 10. Zoned logs superposed to raw logs dashed line: raw logs, solid line: zoned logs

rétegekre bontó eljárás eredménye. A 11. ábrán egy neutronsűrűség cross-plotot (NPHI – RHOB) láthatunk rétegre bontás előtt (INPUT LOGS) és után (LOCAL MODES).

Ezzel már nagymértékű adatesökkenés következett be, amit további adatredukció követ: a sok kis réteget jóval kevesebb számú réteggé vonják össze cluster-analízis segítségével (TERMINAL MODES). Ennek eredménye látható a 12. ábrán.



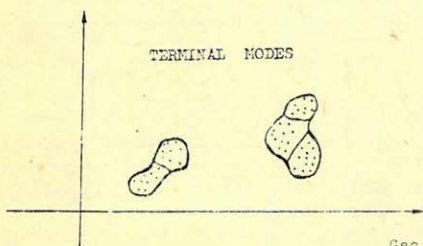
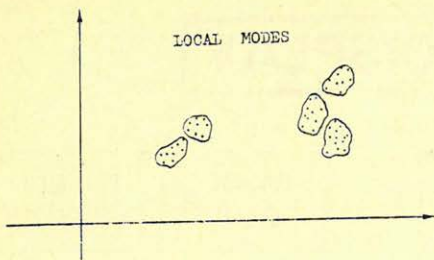
Geo 88/1-11

11. ábra. Neutron-sűrűség cross-plot (NPHI – RHO B) rétegekre bontás előtt (INPUT LOGS) és után (LOCAL MODES)

Рис. 11. Инверсия нейтронной плотности (NPHI – RHO B) перед разделением на слои (INPUT LOGS) и после деления на слои (LOCAL MODES)

Fig. 11. Neutron-Density cross-plot before (INPUT LOGS) and after (LOCAL MODES) zonation

A rétegekre bontó eljárások, valamint a csoportosító eljárások részletes leírását mellőzni fogjuk, mivel bemutatásuk aránytalanul sok helyet foglalna el. Ezek a módszerek az eljárás technikai trükkjei közé tartoznak, és nem az elvileg lényeges momentumok közé – noha hibátlan működésük előfeltétele az eljárás használhatóságának. Egyébként is számos cikk foglalkozik ezzel a témával.

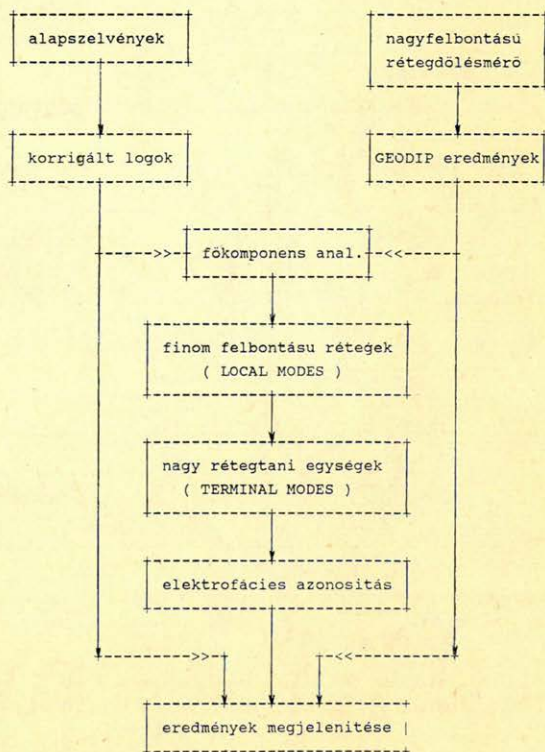


Geo 88/1-12

12. ábra. A rétegekre bontás (LOCAL MODES) és a clusteranalízis (TERMINAL MODES) eredményei

Рис. 12. Результаты разделения на слои (LOCAL MODES) и кластерного анализа (TERMINAL MODES)

Fig. 12. Result of zonation (LOCAL MODES) and cluster analysis (TERMINAL MODES)



13. ábra. A FACIOLOG-eljárás folyamat-ábrája

Рис. 13. Схема процесса метода «ФАЦИОЛОГ»

Fig. 13. FACIOLOG flow-chart

Geo 88/1-13

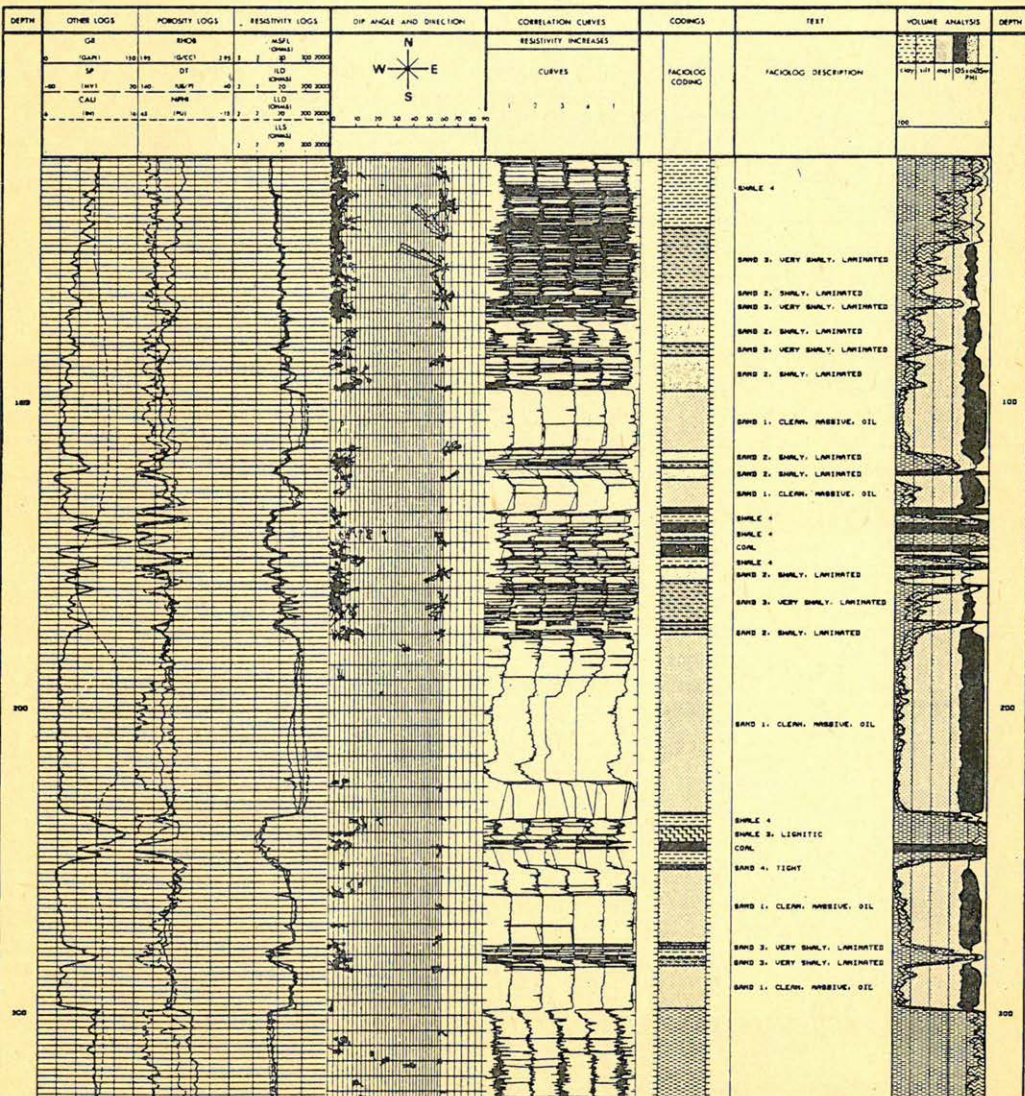
FACIOLOG DISPLAY

ORIGINAL
LOGS

GEO DIP
RESULTS

FACIOLOG
RESULTS

CPI
RESULTS



Geo 88/1-14

14. ábra. Az eredmények megjelenítése: egymás mellett láthatók a karotázsszelvények, a GEODIP eredmények és az elektrofaciás-analízis eredményei is

Рис. 14. Графическое изображение результатов: рядом друг с другом показаны разрезы геофизического каротажа, результаты ГЕОДИП и результаты электрофациального анализа

Fig. 14. Result display: well logs, GEODIP results and electrofacies analysis shown simultaneously

- elektrofaciások – faciások korrelációja az, amely az automatikus faciás-azonosítás legkritikusabb részének tűnik. (Véleményünk szerint interaktivitás nélkül ez nem is képzelhető el, mivel a faciások felismerése jóval több, mint egy „egyszerű” alakfelismerési probléma.) Egyrészt igen nagy mennyiségű és sokféle adatot igényel, másrészt nagyon alaposan értelmezett kulcskutatásokat, amelyek segítenek „belőni” a területre jellemző paramétereket, a várható litológiai összetételt stb., ugyanis ezek figyelembe vételével nagymértékben lecsökkenthető a felesleges keresések száma. (Ne felejtjük el, hogy az eljárás az összes lehetséges faciaskombinációt végignézi, ha csak nem segítünk neki azzal, hogy kizárjuk a lehetetlen eseteket. Ezeknek a száma pedig tekintélyes lehet.) Az elmondottak alapján tehát két alapvetően fontos tényező van az elektrofaciás-faciás-azonosításban: egy jól felépített adatbank és a célszerűen megadható korlátozó feltételek. (Számítástechnikai szempontból nem lényegtelen, hogy rendelkezünk olyan kereső algoritmussal, amely gyorsan képes mozogni az adott feltételek között.)

Az elektrofaciás-analízisnek a Schlumbergernél megvalósított változata a FACIOLOG-eljárás, amely működésének a változatát 13. ábra szemlélteti.

A 14. ábrán egy komplett elektrofaciás-analízis látható, amelyet FACIOLOG-programcsomaggal végeztek el.

IRODALOM

- [1] Serra, O. and Abbot, H. T.: The Contribution of Logging Data to Sedimentology and Stratigraphy; 1982, SPE 9270
- [2] Proc. Schlumberger Well Evaluation Conference, Algiers 1979
- [3] Vincent, P., Gartner, J. E. and Attali, G.: GEODIP: An approach to Detailed Dip Determination Using Correlation by Pattern Recognition; SPE 6823, 1977
- [4] Wolf, M. and Pelissier-Combesure, J.: FACIOLOG – automatic electrofacies determination; SPWAL 1982.
- [5] Serra, O.: Sedimentary environments from wireline logs; Schlumberger kiadvány, 1985.
- [6] Elek István: A főkomponens-analízis néhány mélyfúrású geofizikai alkalmazása (kutak közti korreláció, karotázsszelvények rétegekre bontása); Magyar Geofizika, 1986. 1. sz.
- [7] Bigelow, E.: Fundamentals of DIPOLOG analysis; Dresser Atlas kiadvány, 1987.
- [8] Elek István: A főkomponens analízis alkalmazási lehetőségei az elektrofaciások azonosításában; SZKFI Műszaki Tudományos Közleményei, 1987. június, 2. sz.

Barlangi üledékek termolumineszcenciás kormeghatározása és paleomágneses vizsgálata

NAGY IMRE*

Az őslénytani és régészeti leletek egy része különböző barlangokból került elő, ahol esetleg cseppkövek ágyazták be őket. Ha a cseppkövek korát és növekedési sebességét meg tudnánk határozni, az hasznos lenne a paleontológusoknak, régészeknek. Máskor a jól datált leletek adhatnak korrelációs lehetőséget a kormeghatározásnak, mint pl. az emberi lakhelyre utaló kormos rétegek. A dolgozat a cseppkövek fizikai módszerekkel történő kormeghatározásával foglalkozik.

Часть палеонтологических и археологических находок была обнаружена в различных пещерах, где они часто бывают покрыты сталактитами. В том случае, если удастся определить возраст сталактитов и скорость их образования, то это было бы очень полезно для палеонтологов и археологов. В других случаях находки, возраст которых определен точно, обеспечивают возможность корреляции при определении возраста, как например слои золы, указывающие на древние места обитания человека. В работе рассматривается метод определения возраста сталактитов с помощью физических методов.

The archeological and palaeontological finds have been found in various caves very frequently encased by dripstones. If the age and the growing speed of this dripstones could be determined it would be helpful for the archeologists and palaeontologists. In other cases the finds of well known age can give the possibility of the dating of finds of unknown age. Smoky layers showing the activity of the human being can help. The paper deals with the determination of the age of dripstones with the methods of the physics.

A minták a Bükk hegység délnyugati részén található Hajnóczy-barlangból származnak. A barlang sötét ladinai mészkőben alakult ki, közel ÉK – DNY irányú és ezeket nagyjából merőlegesen keresztező törésvonalak mentén. Mindkét módszerrel feldolgozásra került egy cseppkőkéreg 14 cm vastag metszete.

A mintavételi távolság a TL-mérések esetében 1 cm, a paleomágneses vizsgálatoknál ennél kisebb volt. Ezenkívül – annak bizonyítására, hogy a TL-módszer alkalmas egy relatív kronológia készítésére –, felhasználásra kerültek olyan vékony sztalaktitok (szalmacseppkövek), amelyek ugyan már leestek a mennyezetről, de még nem cementálódtak oda a talajhoz. Ezek várhatóan jóval fiatalabban a cseppkőkéreg tetejénél.

Szükség volt még a barlangban több éve folyó gamma-dózis mérések eredményeire [2].

TL vizsgálatok

A TL-módszer azon alapul, hogy egy ásvány kristályszerkezetében mindig található rácshibák közül egyesek képesek arra, hogy elektronokat csapdába ejtsenek és tároljanak. Elektronok akkor válnak szabaddá a kristályrácsban, ha megsugárzás hatására egyes atomok ionizálódnak. Az ionizáló sugárzás a mindenütt észlelhető háttérsugárzás. Az elektronok csapdázódása energiatárolást jelent, és a mintát melegítve ez az energia fényemisszió kíséretében felszabadul. A kibocsátott fotonok mérhetőek, ebből származik a minta TL-jelzése, ami egye-

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest.

nesen arányos a minta korával, a minta érzékenységevel és a mintát időegység alatt ért dózissal:

$$TLN = kor \cdot (TL|egységnyi\ dózis) \cdot (D|év)$$

ahol TLN : természetes termolumineszcencia

$(TL|egységnyi\ dózis)$: egységnyi dózis hatására keletkezett TL, ez a minta érzékenysége,

$(D|év)$: egy év alatt a mintát ért dózis, ez két részből tehető össze, a belső dózist a minta K, Th és U tartalma okozza, a külső dózis a barlang légterében mérhető gamma-dózis,

kor : azzal a feltételezéssel, hogy a cseppkőoldatból vált ki és emiatt a kristályrács a felépüléskor nem tárol energiát, a kor a cseppkő keletkezése óta eltelt időt adja meg években.

Átrendezve az egyenletet:

$$kor = \frac{TLN}{(TL|egységnyi\ dózis) \cdot (D|év)}$$

ami a korösszefüggés [1].

A mérések az MTA Izotóp Intézetének Daybreak BTL Systems műszereivel történtek. A mintát egy nikróm lemezkére kell helyezni és azt elektromos árammal felűteni. A lineáris melegítés sebessége $20\text{ }^\circ\text{C/s}$ volt, a véghőmérséklet $400\text{ }^\circ\text{C}$. A hőmérséklet emelkedésekor a mintából kilépő fotonokat érzékeny fotoelektron-sokszorozó detektálja. Ennek a kimenete sokcsatornás analizátorhoz csatlakozik, ami multiscaler üzemmódban az emelkedő hőmérséklet függvényében veszi fel a fotomultiplier jeleit, ami a minta fénylés-hőmérséklet függvényét adja. Ez alapján határozható meg a minta TL-jelzése, ami a kalcitra jellemző $280\text{ }^\circ\text{C}$ -os csúcs körüli adott hőmérséklet intervallumban detektált összbeütésszám.

A minták érzékenységének meghatározásához szükség van ismert dózissal besugárzott minták TL-mérésére is, ehhez ismert dózisteljesítményű, Sr-90 izotópot tartalmazó béta besugárzó állt rendelkezésre.

A minta-előkészítés a következő volt: ecetsavas kezelés a porított anyag 100 és $125\text{ }\mu\text{m}$ közötti szemcseméretű részén, majd desztillált vizes átmosás. Szárítás és szitalás után adott térfogatnyi alkotott egy mintát.

A kifűtött és kifűtetlen minták TL-dózis egyenesének párhuzamosságát felhasználva a korösszefüggés tovább egyszerűsíthető, mert:

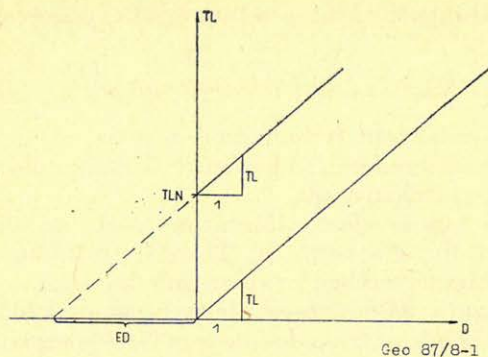
$$(TL|egységnyi\ dózis) = (TLN|ED)$$

ahol ED (Egyenértékű Dózis) az a dózis, amit a minta a keletkezése óta elnyelt,

$$\text{így: } kor = \frac{ED}{(D|év)}$$

A minták kifűtés előtti TL-dózis függvényének mért pontjaira az egyenes illesztése a legkisebb négyzetek módszerével történt. Az egyenes tengelymetszete az ED . (Lásd 1. ábra.)

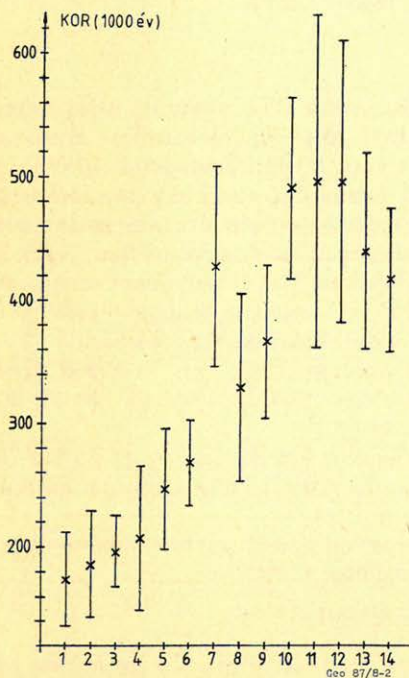
A $(D|év)$ mennyiség két részből áll: a belső és a külső dózisteljesítményből. [2] alapján és a minták pontos helyének ismeretében kiszámítható a külsődózis-



1. ábra

Рис. 1.

Fig. 1



2. ábra. A cseppkő kérgéből származó minták TL-kora és azok hibája

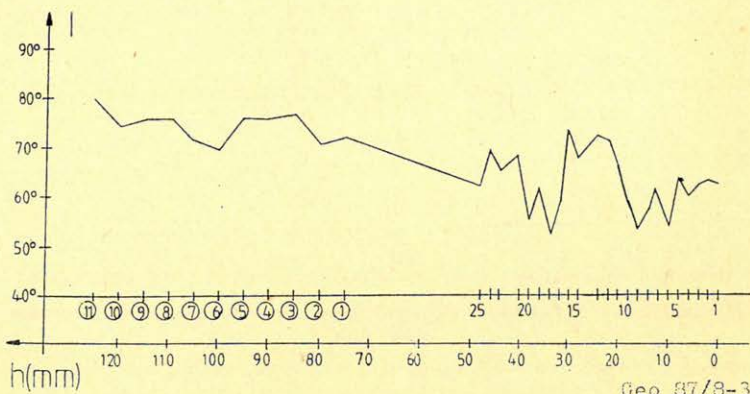
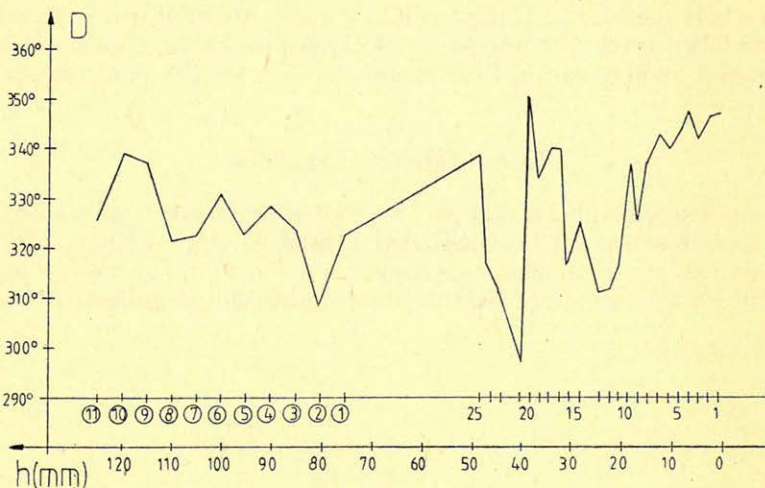
Рис. 2. Возраст TL образцов, взятых из коры сталактита и ошибка его определения

Fig. 2. TL-ages and their errors of the samples from dripstone layer

teljesítmény. Ez a szalmacseppkőre $0,626$ mGy/év, a cseppkőkéreg n -edik mintájára pedig $k(n) \cdot 0,578$ mGy/év, ahol a $k(n)$ együtthatóval vehető figyelembe a mélyebbről származó minták esetében az abszorpció miatti dóziszgyengülés. A minták belső dózisteljesítményét a K , Th és U tartalmuk határozza meg. A K tartalmat az ELTE Kőzettan Geokémiai Tanszékén mérték meg sósavas oldás utáni atomabszorpciós módszerrel. Ez K_2O -ra átszámolva egységesen $0,02\%$. Ehhez [3] szerint $0,01778$ mGy/év dózisteljesítmény tartozik. Az U és Th tartalom becslése alfa számlálással történt, értéke $0,2$ cph. Ez [3] szerint $0,03172$ Gy/év-nek felel meg, a belső dózisteljesítmény tehát $0,0495$ mGy/év.

Ezek alapján a szalmacseppkör a $(D/\text{év}) = 0,6855$ mGy/év, a cseppkő kéreg mintáira $(D/\text{év}) = k(\bar{n}) \cdot 0,578$ MGy/év + $0,0495$ mGy/év.

ED szórásának meghatározása az egyenes körüli pontok mért szórásából történt. A barlangban mért gamma-dózis adatok 10% pontosak [2]. Ezekből számolható a kapott korok hibája.



3. ábra. A minták stabil mágnesezettségének Deklináció és Inklináció értékei a kéreg tetejétől mért távolság függvényében

Рис. 3. Значения деклинации и инклинации стабильной намагниченности образцов в зависимости от расстояния от коры сталактита

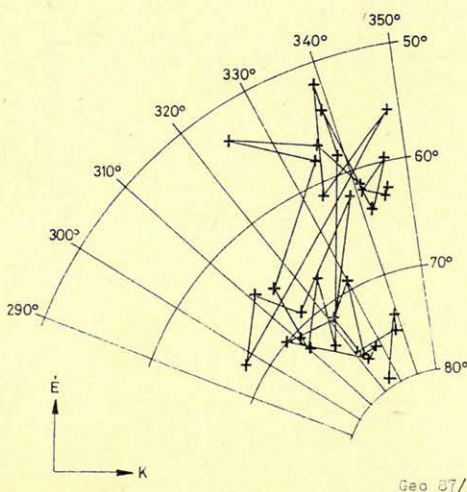
Fig. 3. The declination and inclination values of the stable magnetisation of the samples as the function of the distance from the top of the crust

A mintákhoz tartozó TL korokat és azok hibáját mutatja be a 2. ábra. A mérési hibákat is figyelembe véve látszik, hogy a mélyebben levő mintákhoz nagyobb kor tartozik, vagyis a minták között felállítható egy relatív kronológia, és ebbe a sorba nagyon jól illeszkedik a szalmacseppkő egy nagyságrenddel kisebb kora (15900 ± 5000 év). A cseppkőkéreg $495\,000 \pm 134\,000$ és $174\,000 \pm 38\,000$ év között keletkezett.

A mérési és kiértékelési eljárásban levő szisztematikus hibák a relatív kronológiát csekély mértékben befolyásolják, a korok abszolút értéke azonban csak ezek ismeretében értelmezhető. Az egyik ilyen hibaforrás a külső dózisteljesítmény, a másik az abszorpció. Ezek számítása még tovább pontosítható.

Paleomágneses vizsgálatok

A minták ugyanabból a cseppkőkéregből származnak, mint a TL-mérések esetében. A mérések az ELTE Geofizikai Tanszékén, JR-4 típusú kőzetgenerátorral történtek. A stabil mágnesezettségeket a 100, 200, 500, 900 Oe lépésekben történt változó mágneses terű tisztítás után Zijderveld-diagramokból határoztuk meg.



4. ábra. A minták stabil mágnesezettségének irányai sztereografikus projekcióban ábrázolva

Рис. 4. Направления стабильной намагниченности образцов в стереографической проекции

Fig. 4. The directions of the stable magnetisation of the samples shown in stereographic projection

Ezek irányait mutatja be a 3. ábra és sztereografikus projekcióban a 4. ábra. Feltűnő, hogy mind a Deklináció, mind az Inklináció esetében a szomszédos pontok értékei között az átfedések ellenére is nagy változások vannak, noha minden Deklináció nyugati. A változások a cseppkő lassú keletkezésével és esetleg üledékhézagokkal magyarázható. Pl. a 3. ábra 20. és 21. mintái között valószínűsíthető egy nagyobb üledékhézag, ami a nagy Deklináció változást okozhatta.

A TL korok ismeretében került megmintázásra a kéreg legalja (20–21 cm mélyről), amely szintén normális mágnesezettségűnek, vagyis 0,7 millió évnél fiatalabbnak bizonyult, a TL korokkal egyezésben.

Összefoglalva megállapítható, hogy a cseppkövek TL kormeghatározásának és paleomágneses vizsgálatának eredményei egymással összhangban vannak, kölcsönösen felhasználhatók egymás pontosításához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok dr. Benkő Lázárnak szakmai irányításáért és a TL-műszerek használatáért.

IRODALOM

- [1] *Aitken, M. J. (1980): Fizika és régészet, Akadémiai Kiadó, Budapest.*
- [2] *Somogyi, Gy., Varga, Zs., Németh, Gy., Pálfalvi, J., Gerzson, I. (1983): Radonmérés a Hajnóczy-barlangban, Izotóptechnika 26,1 (1983)*
- [3] *Aitken, M. J. (1985): Thermoluminescence Dating, Academic Press, London.*

Számítógépes térképszerkesztés — a geológiai elveknek megfelelően*

K É S M Á R K Y I S T V Á N*

A tanulmány az egyszerűbb, egyértékű felületek modellezéséből kiindulva vázolja a több geológiai szintből álló rétegsorok számítógépes modellezésének lehetőségeit, problémáit. Ha az egyetlen felületre alkalmazott apparátust egymástól függetlenül, mechanikusan alkalmazzuk több horizontra, akkor a nem elégséges mintavételezés miatt (általában ez a helyzet), a kapott térkép sorozat ellentmondásba kerülhet a geológiai elvekkel és elképzelésekkel. Például hamis, indokolatlan kiemelések jelenhetnek meg, a térkép olvashatatlanná válik stb. Alkalmas kényszerek bevezetésével ezek a kellemetlen jelenségek elkerülhetőeké válnak.

A szükséges kényszerek alkalmazása (megfelelő elemi feldolgozási műveletssorozatok megtervezése és végrehajtása) adott esetben igen munkai igényessé teszi a térképezést. Bonyolult, vetőkkel szabdaltnak, blokkos szerkezetek esetén ez a munka különösen áttekinthetatlenné válhat. A szükséges lépések formális leírása komoly segítséget nyújtana ahhoz, hogy ezek az összetett műveletssorozatok könnyen programozhatóvá, az összetett térképsorozatok készítése pedig mechanikusabbá váljon.

Mivel az összetett műveleteket egyszerűbb programhívások sorozatára kell/lehet bontani, fontos a programok együttműködésének jó szervezése a fejlettebb oprációs rendszerek szolgáltatásainak igénybevételével.

Основываясь на моделировании гладкой, однозначной поверхности, в статье разбираются проблемы и возможности моделирования на ЭВМ многослойной толщи, включающей несколько геологических горизонтов.

Даже хорошо работающие, устойчивые алгоритмы в случае их механического применения могут привести к неправильному результату (например случаи недостаточной точно определенных выклиниваний, поведение нулевых изолиний карт мощности и т. д.). Необходимы определенные трюки и вынужденные условия, чтобы поведение моделируемых поверхностей соответствовало геологическому представлению.

The paper describes the problems and possibilities of producing geologic maps of multilayered patterns. The simple case of smooth, single valued surfaces is regarded first and more complex cases are discussed at the end. Well proven stable algorithms may fail (for example ill defined pinch-outs or meandering zero thickness isolines etc. may occur), if they are applied mechanically. Certain tricks and constraints have to be applied to enforce proper behaviour of geologic surface models.

Bevezetés

Az utóbbi években, a Magyar Geofizika hasábjain is beszámoltunk a Geofizikai Kutató Vállalatnál kifejlesztett térképezési programcsomag fontosabb műveleteiről, melyek lehetővé teszik geológiai felületek modellezését különféle földtani feladatok megoldásánál. A programcsomagot évek óta rutinszerűen használjuk, elsősorban a gravitációs adatfeldolgozásban. A feladat nehézségi fokát figyelembe véve nem meglepő, hogy a jóval bonyolultabb és munkai igényesebb szeizmikus mélységstranzformációk inkább csak kiemelten fontos kutatási területekre készülnek el, nem kifejezetten rutin jelleggel. Hasonló a helyzet a több réteget tartalmazó, komplikáltabb medence analízisekkel is. Ennek oka a számítógépes erőforrások szűkössége és az operációs rendszer fejletlensége mellett jórészt az elemi műveletekből felépített jobok (programhívás sorozatok) elbonyolódásában keresendő.

* Elhangzott a II. Geomatematikai Anketon, Szegeden, 1988. június 3-án.

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

E tanulmány röviden vázolja az egyszerűbb felületekre jól bevált algoritmusok alkalmazási nehézségeit, ha ezeket rétegsorokra kezdjük alkalmazni. Mint látni fogjuk, a nehézségek abból erednek, hogy az elemi számítógépes műveletek automatikusan, kiegészítő kényszerek nélkül nem elégítik ki feltétlenül a geológiai térképszerkesztési szabályokat. Például a térkép adathiányos szélein a felület furcsán viselkedhet, nemkívánatos kiékelődések jelenhetnek meg vagy meanderező nulla értékű izovonal alakulhat ki vastagság térképeken stb.

Részben a rutin és kísérleti jellegű feldolgozások tapasztalatai, részben irodalmi tanulmányok alapján körvonalazom a nehézségek megoldásának és végsősoron a geológiai térképezés iparszerűvé tételének lehetőségeit. A tárgyalás egyszerűsítése érdekében a bonyolultabb háromdimenziós problémákat is csak két-dimenziós, szelvényyszerű vázlatokkal szemléltetem.

A téma megközelítését érdemes egy legalább 20 éves igaz történettel kezdeni. A számítógépes grafika hőskorában végzeték el azt a klasszikus kísérletet, hogy ugyanazt az adatrendszert két geológus csoport tagjainak adták ki térképszerkesztésre annak vizsgálatára, hogy az egyéb, nem számszerű geológiai ismeretek mennyire befolyásolják az eredményeket. Az egyik csoportot úgy informálták, hogy az adatrendszer egy delta üledéknek felel meg, adott behordási iránnyal, a másik pedig avval a hipotézissel dolgozott, hogy az adatok egy homokkőréteg vastagságát írják le. A két csoporton belül meglepően hasonló eredmények születtek. A csoportok eredményei között viszont jelentős eltérés volt a kétféle hipotézisnek megfelelően. A legnagyobb eltérés azonban mindkét csoport eredményei és a számítógéppel készített térkép között adódott. A kísérlet szervezői csak utólag árulták el azt a kegyes csalást, hogy az adatok valójában véletlenszámok voltak.

Az azóta eltelt idő alatt persze jelentős fejlődés volt mind a hardver, mind a szoftver terén. A geostatistikai programok például ma már a térképszerkesztés előtt rutinszerűen ki tudják szűrni az ilyen adatrendszereket. Ennek ellenére elmondható, hogy az olcsóbb programcsomagok képességei általában ma is meglehetősen gyengék és több felület szimultán kezelése még a méregdrága csomagoknál is nehézkes.

Rétegtani rekonstrukció felületek szintézisével

Milyen problémákat vet fel egy többretegű geológiai közeg számítógépes modellezése? Néhány triviálisnak tűnő megállapítással vázolom a rétegtan néhány itt felhasználandó nélkülözhetetlen fogalmát:

– Az altalaj egymástól valamilyen ismérv szerint elkülönülő rétegekből épül fel.

– A rétegek alsó és felső határfelületének egy néhai, a keletkezés idején közel vízszintes és sima üledékképződési felszín felel meg. A felület jelenlegi formáját a későbbi deformációk határozták meg. Az ilyen felületek a deformálódás ellenére a topográfiai felületeknél általában mégis simábbak maradnak. Rekonstruálásuknál legtöbbször a ritka mintavételezés okoz nehézséget.

– A rétegeket létrehozó folyamatos üledékképződés megszakadása, vagy eróziós időszak esetén diszkordancia felületek alakulnak ki. Egy diszkordancia felület is idősebb és fiatalabb kőzeteket választ el, de a felület mentén található rétegek kora szélsőségesen eltérő lehet. A diszkordancia felületek legszembetűnőbb ismertető jege a felület menti kiékelődések rendszere.

– A zavartalanul egymásra települő üledékes rétegek konkordáns (konform) összletet alkotnak, melyet alul és felül diszkordancia felület határol.

– A felső diszkordancia felület felett újabb konform összletek következhetnek.

A töredezés, vetődés jelenségével itt az egyszerűség kedvéért nem foglalkozom.

A fenti igen egyszerű elemekből felépülő rétegtani szerkezet az alábbi tipikus geometriai viszonyokat hozza létre az egyes felületek (réteghatárok vagy diszkordancia felületek) között:

– Egy-egy összleten belül a felületek erős párhuzamosságra való hajlamot mutatnak, bár előfordulhat kis szög alatti kivékonyodás, sőt kiékelődés is. Nyilvánvaló, hogy ilyen konkordáns felületeket nem szabad egymástól függetlenül modellezni, hanem biztosítani kell az információ átadását a felületek között. Bevált eljárás, hogy először a legtöbb ponttal definiált felület digitális modellje készül el (egy szabályos rácshálózatba interpolált számtáblázat alakjában). Ezután képezik egy másik konform felületet definiáló adatok, és az iménti „vezér” felület különbségét. Az így kapható „reziduál” adatokból (szintén szabályos rácshálózatba) interpolált sima felület és a „vezér” felület összege biztosítja a maximális hasonlóságot és a korrekt illeszkedést a mért adatokra. Ugyanilyen elven egyesíthetők különböző forrásból származó (kisebb ellentmondásokat tartalmazó) adatok egyetlen felület térképezésekor.

– Az erős idő- és térbeli korlátozottság miatt a konform összleten belüli speciális eset a zátony és a csatorna esete, ahol a kiékelődés (onlap, downlap) határozott, viszonylag nagy szögű. A modellezési probléma itt éppen a határozott kiékelődés biztosítása, általában hozzáadott pontokkal (fiktív mérési adatokkal).

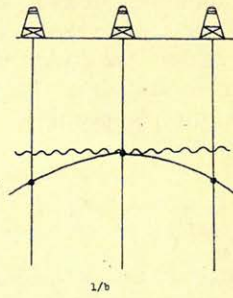
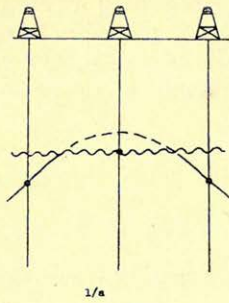
– A konform összleten belüli felületek és az összletet felülről vagy alulról lehatároló diszkordancia felület geometriai viszonyai is tipizálhatók (concordance, truncation, toplap onlap, downlap). A diszkordancia felületek korai felismerése és elsőnek térképezése azért fontos, mert „mértani helyéül” szolgál a kutatás számára különösen érdekes kiékelődéseknek, réteglap elvégződéseknek.

A térképezés alapvetően fontos célja, hogy a rendelkezésre álló adatokból helyesen rekonstruáljuk a rétegtani szerkezetet és ezáltal lehetővé tegyük a helyes következtetést a terület földtani fejlődéséről. Ahhoz, hogy a rétegtani szerkezet a rendelkezésre álló adatokból helyesen legyen felépíthető, az alábbi feltételeknek kell teljesülni:

– A térképezés megkezdése előtt világosan szét kell választani a diszkordancia felülethez és a réteghatárokhöz tartozó adatokat. Mivel egy réteg felső határa lehet egy rétegtani szint, de egy diszkordancia felület is, nyilvánvaló, hogy a két felület adatainak keveredése esetén helytelen eredményekhez jutunk. Az 1. ábrán látható, hogy egy szerkezet eltérően értelmezhető attól függően, hogy figyelembe vesszük-e, hogy a középső fúrás egy vízszintes diszkordancia felületet harántolt (1/a ábra), vagy sem (1/b ábra).

– A mélység adatoknak a korrekt sorrendbe rendezetteknek kell lenni.

– Azonos mélységhez csak egy horizont tartozhat. Ez természetesen csak az interpolációval közvetlenül előállított felületek miatt fontos. (Ezek ugyanis az interpoláció matematikai megfogalmazásából eredően sima, folytonos függvények.) A 2. ábrán látható kiékelődésnél biztosítani kell, hogy a szagatott vonallal jelölt fedő felület mindenütt a feké alatt fusson, ahol az adott réteg nem létezik. Tértfogatszámításokor viszont logikai műveletekkel (minimum, maximum kép-

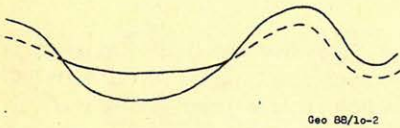


Geo 88/10-1

1. ábra

Рис. 1.

Fig. 1.

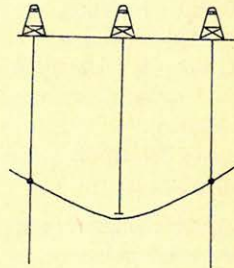


Geo 88/10-2

2. ábra

Рис. 2.

Fig. 2.



Geo 88/10-3

3. ábra

Рис. 3.

Fig. 3.

zéssel) kell biztosítani, hogy a fedő egybeessen a feküvel, ahol a réteg nem létezik.

– Az adathiányos területeken és a térkép szélein gondoskodni kell fiktív mérési adatokról a felületek stabil inter- és extrapolálása érdekében.

– Speciális esetekben a felületeknek egyes pontokban egy egyenlőtlenéget kell kielégíteni. Erre a 3. ábra mutat példát, ahol a felület a középső (a felületet nem harántoló) fúrásnál nem lehet magasabb, mint a fúróluk talpa.

Összefoglalás

A rétegtani szerkezet korrekt rekonstruálásának első lépése a diszkordancia felületek felismerése és modellezése szabályos rácsba interpolálással. A diszkordancia felületek külön kezelése azért fontos, mert ezek természetüknél fogva más felületek számára kijelölik az elvégződések helyét. Második lépésben a diszkordancia felületek közötti konform összletek felületei szerkeszthetők meg a szükséges alakinformációk átadásával. A harmadik lépésben a sima (szögletes formák modellezésére alkalmatlan) felületekből kiindulva a csonkítások, rálapoldások, kiékelődések megvalósítása történik, a rácsok közötti logikai műveletekkel. Ekkor szüntethetők meg a geológiai szempontból helytelen felület kereszteződés-

sek. Az így kezelt felületek sorozata korrekten adja meg a rétegtani felépítést, az egyes rétegvastagságok egyszerű, rácsok közötti kivonással származtathatók.

A következő években bizonyára megjelennek azok a szoftverek, melyek a változott műveleteket formális leírás alapján, a szakértői rendszerek elveinek alkalmazásával fogják tudni elvégezni.

IRODALOM

- Késmárky I., Kłoska K., Makáry E., 1975, Színtvonalas térképek gépi előállítására, Magyar Geofizika, 16, No 4, 136 – 146.*
Késmárky I., Makáry E., 1985, Számítógépes időtérkép-mélységtérkép transzformáció, vetők figyelembevételével Magyar Geofizika, 26, No 1, 15 – 24.
Jones, T. A., Hamilton, D. E., Johnson, C. R., 1986, Contouring Geologic Surfaces with the Computer Van Nostrand Reinhold Co.

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

(Kivonat)

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége,
az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság,
a Magyar Gazdasági Kamara,
az Ipari Szövetkezetek Országos Tanácsa,
az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium,
az Ipari Minisztérium,
a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, valamint
a Közlekedési Minisztérium

a gazdaságos anyagfelhasználásra irányuló technológiai korszerűsítés programja végrehajtásának elősegítésére, a gazdaságos anyagfelhasználást eredményező technikai megoldások kidolgozásának, bevezetésének és elterjesztésének ösztönzésére pályázati rendszert hirdet

„KORSZERŰ ANYAGOK, KONSTRUKCIÓK, TECHNOLÓGIÁK '88”
címmel.

A pályázati rendszer keretében három pályázat kerül kiírásra :

I. „Új, korszerű szerkezeti- és segédanyagok gyártása és alkalmazása”

II. „Korszerű konstrukciók és termékek”, valamint

III. „Korszerű technológiák”

címmel.

A pályázatok mindegyikében három kategóriában :

1. fejlesztési, szervezési javaslattal,

2. megvalósított fejlesztéssel,

3. megvalósult fejlesztések átvételével, illetve elterjesztésével.

A pályaművek díjazására együttesen 9 M Ft áll rendelkezésre. A 2. kategóriában mindegyik pályázatnál nagydíj (300 E Ft, 500 E Ft, 400 E Ft) kiadására is sor kerül. A részletes pályázati felhívás és a nevezési lap 1988. április 15-től átvehető :

MTESZ Szakértői Iroda

(Budapest II., Fő u. 68. IV. em. 407. sz. szoba)

(Innen postai úton is igényelhető. Postacím: 1371 Bp. Pf. 433)

Felvilágosítás kérhető: a 358-512, vagy a 154-090/530 és 570 melléksz. telefonon, valamint a MTESZ területi és megyei szervezeteinél.

KIÍRÓ SZERVEK

Az összevont szám ára: 65,— Ft