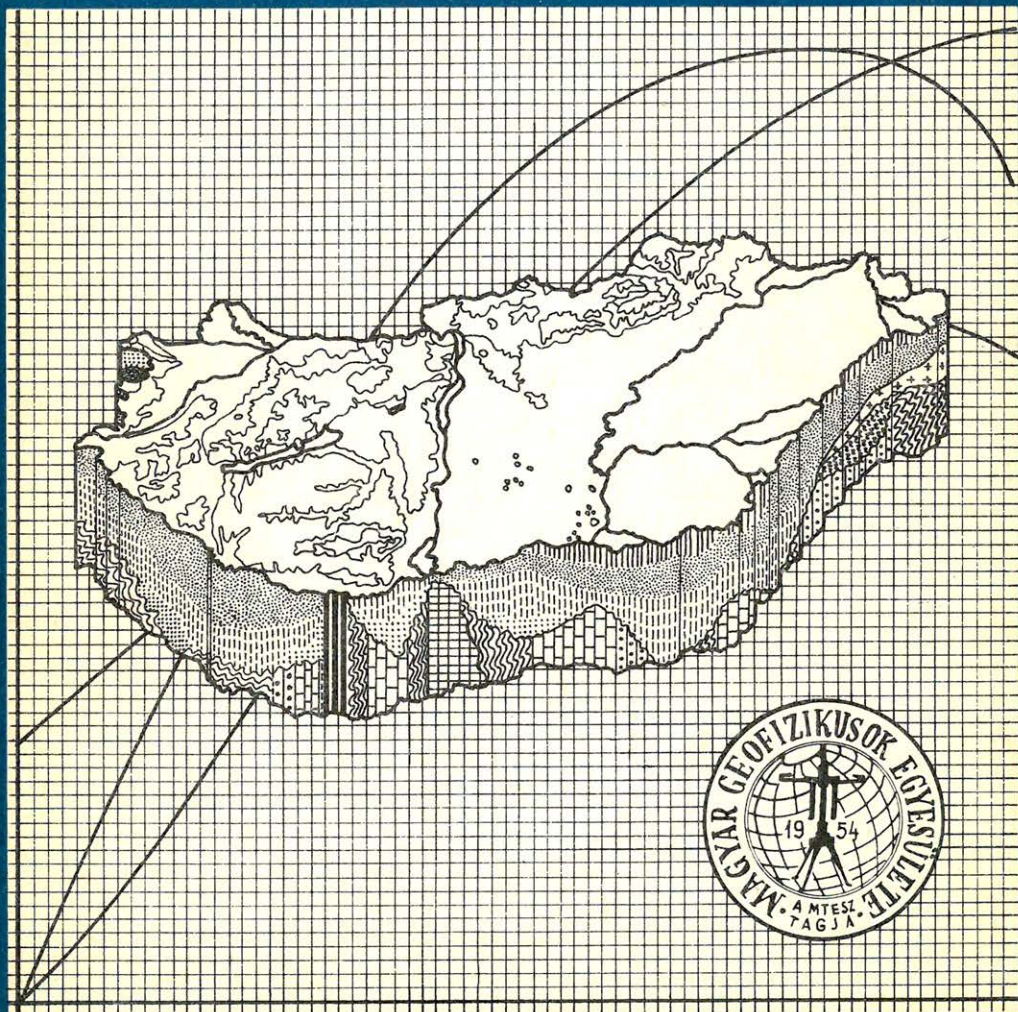


MAGYAR 1

GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1979. XX. ÉVFOLYAM, 1. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kovács F. — Szanyi B.</i> : Nagyszerkezeti változások indikálása reziduál szűrésekkel és „finomabb” földtani szerkezetek kimutatása a gravitációs tér adatok többszörös szűrésével	1
<i>Göncz G.</i> : A hullámegyenletes migrációval kapcsolatos vizsgálatok és tapasztalati eredmények	7
<i>Gellért T. — Réti E.</i> : Kiszámítógépes szelvényadat-feldolgozás többszintű szervezése. Automatizálás és interaktivitás	17
<i>Kiss E. Z. — Szlabóczky P.</i> : A komlói andezit építőipari minősége és geofizikai paraméterei közötti kapcsolat	24
<i>Horváth Ferenc</i> : A geotermikus kutatásban használatos fizikai mennyiségek és mértékegységek	31
Lapszemle	29, 30
Könyvszemle	30
A XIX. évf. tartalomjegyzéke	39
Hibajavítás	40

Főszerkesztő: Dr. Sebestyén Károly, a MGE társelnöke

Szerkesztő bizottság: Dr. Bencze Pál, Dr. Bodoky Tamás, Czeglédi István, Deres János, Gellért Tamás, Gerzson István, Dr. Horváth Ferenc, Hursán László, Lakatos Sándor, Marton Tibor, Dr. Posgay Károly, Rádler Béla, Tóth Géza, Dr. Tóth Péter

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.

Nagyszerkezeti változások indikálása reziduál szűrésekkel és „finomabb” földtani szerkezetek kimutatása a gravitációs tér adatok többszörös szűrésével

KOVÁCS FERENC – SZANYI BÉLA*

1. Nagyszerkezeti földtani változások indikálásának lehetőségére bemutatjuk ÉNy-Magyarország szűrt gravitációs térképét és rámutatunk a szűrt jelek, valamint a nagyszerkezeti viszonyok közti összefüggésekre.

2. A szűrt reziduálok előállításánál alapvető törekvés a jel olyan kihozatala, amely mellett a kutatandó szerkezet indikációjának legérdekesebb jellemzői (amplitúdó, domináns hullámhossz, szimmetriaviszony) a leghatározottabban jelentkeznek. Ezek a jellemzők ugyanis a szerkezet kiterjedésével és térbeli helyzetével kapcsolatosak. Hogy ezt megvalósítsuk, nagydinamikájú térképeket kell készíteni.

A nagydinamikára való törekvés viszont azzal a hátránnyal jár, hogy a tér „finomabb” változásai nehezen vagy egyáltalán nem ismerhetők fel.

A gravitációs tér sprektumából következik, hogy a szűrőparaméter növelésével a szűrt jel dinamikája gyakorlatilag tetszés szerint csökkenthető. Azonban a szűrőparaméter növelésével a vágási meredekség csökken, továbbá a „hasznos jel” spektruma határt szab a szűrőparaméter növelésének.

Többszörös szűrés alkalmazásával a vágási meredekség növekszik. Ezt szűrőkarakterisztikákon (átviteli függvényeken) mutatjuk be.

A többszörös szűrés alkalmazására gyakorlati példát adunk egy kelet-magyarországi kutatási területéről.

1. Для иллюстрации возможности выявления крупномасштабных изменений геологического строения приводится карта аномалий поля силы тяжести, полученная для северо-западной Венгрии с применением фильтрации, причем обнаруживаются связи отфильтрованных сигналов с макроструктурными условиями.

2. При вычислении остаточных аномалий основные усилия прилагаются получению сигналов, в которых наиболее выражено выявляются самые интересные характеристики изучаемой структуры (амплитуда, преобладающая длина волн, условия симметрии), так как эти характеристики связаны с размерами и пространственным положением структур. Для осуществления этого необходимо строить карты с широким динамическим диапазоном.

В то же время стремление к получению широкого динамического диапазона приводит к тому, что «более тонкие» изменения поля трудно или вовсе не опознаются.

Из спектра поля силы тяжести следует, что с увеличением параметра фильтрации практически в любой мере можно уменьшить динамику фильтрованного сигнала. Однако, при повышении параметра фильтрации уменьшается крутизна среза, а спектр «полезного сигнала» ограничивает возможность повышения параметра фильтрации.

При применении многократной фильтрации увеличивается крутизна среза. Это иллюстрируется на характеристиках фильтров.

Практический пример применения многократной фильтрации приводится по материалу разведочных работ, проведенных в восточной Венгрии.

1. To demonstrate the possibility of indication of gross-structural changes the filtered gravitational map of North-Western Hungary will be shown and the connection between the filtered signals and regional structural features will be pointed out.

2. The basic aim at producing filtered residual maps is to get a signal which most decisively reflects the characteristics of the investigated structure (eg. its amplitude, dominant wavelength, symmetry properties). These characteristics are in connection with the extension and spatial position of the structure. To achieve this goal maps of great dynamic range have to be constructed.

A drawback of the large dynamic range however is that „finer” changes are hardly if at all recognized.

* OKGT Geofizikai Kutatási Üzem, Budapest

It follows from the spectral properties of the gravitational space that by increasing the filter parameter the dynamic range of the filtered signal may be decreased practically at will. But by increasing the filter parameter the rate of attenuation of the filter will decrease and the spectrum of the "useful signal" will limit the increase of the filter parameter.

By using repeated filtering the slope of the filter will increase. This will be illustrated on the filter characteristics (transfer functions).

As a practical example for repeated filtering results obtained from an East Hungarian site will be shown.

A magyarországi CH-kutatásoknál közel egy évtizede alkalmazunk kétváltozós digitális szűréseket a mért (Bouguer) gravitációs anomáliaterek szétválasztására. Az általunk alkalmazott szűrőkről, azok tervezéséről többször adtunk ismertetést, ezért most csak vázlatosan utalunk a legfontosabb jellemzőikre.

A regionális szűrőink átviteli függvényeit a

$$s_{\text{reg}}(\lambda' : m) = \exp \left[- \left(\frac{36}{m\lambda'} \right)^2 \right]$$

képlet írja le, amelyben λ' : dimenziótlan hullámhossz, m : a levágás helyét befolyásoló paraméter.

A reziduális szűrők átviteli függvénye értelemszerűen:

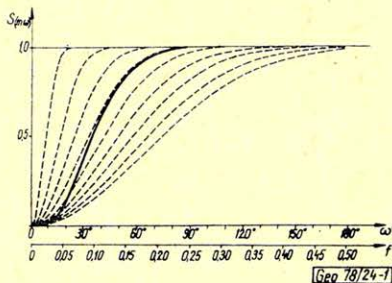
$$S_{\text{rez}}(\lambda' : m) = 1 - S_{\text{reg}}(\lambda' : m)$$

A regionális szűrők súlyfüggvényeit a következő képlet írja le:

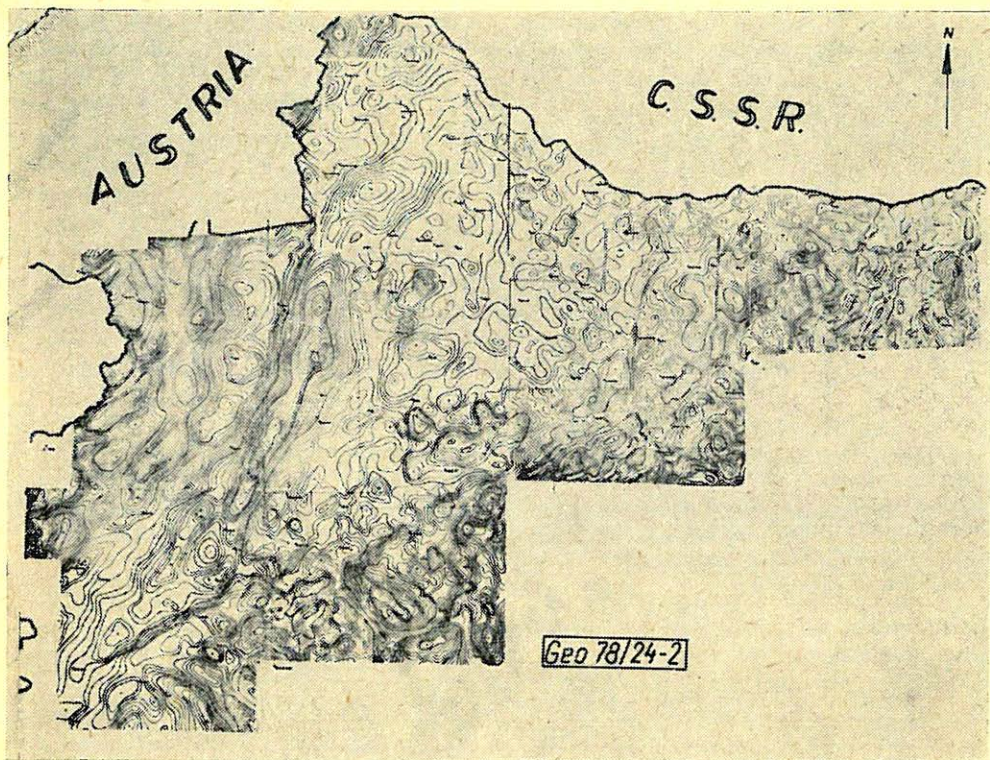
$$S_{(r:m)} = \pi \left(\frac{ms}{36} \right)^2 \exp \left[- \left(\frac{r \cdot \pi \cdot m}{36} \right)^2 \right],$$

ahol: r a vonatkozási ponttól mért távolság, az állomástávolság egységeiben kifejezve. Az átviteli függvényeket ($m=1$ -től $m=9$ -ig) az 1. ábrán szaggatott vonalakkal jelenítettük meg. Az átviteli függvények körszimmetrikusak, és az átvitel sehol sem lépi át az egységnyi értéket. Ezek nagyon fontos jellemzők, mert kizárják az iránytorzításokat és a fiktív anomáliák megjelenését a szűrt térképeken, megfelelő bemenő adatrendszerek esetében.

Különböző területrészekén végzett szűrések tapasztalatai alapján meghatározhattuk azokat a szűrőparamétereket (m, s), amelyekkel a magyarországi medenceterületeken nagy területekre kiterjedő egységes, azaz azonosan alulvágott (reziduál) térképlapokat állíthatunk elő. A 2. ábrán ÉNy-Magyarország reziduál anomália-térképe látható. A szűrés 4-es szűrőparaméterrel (m) és 1000 m állomástávolsággal (s) készült.



1. ábra – Puc. 1. – Fig. 1.



2. ábra – Puc. 2. – Fig. 2.

A szűrt reziduálok sajátosságai alapján három területrész különíthető el a térképen. A térkép DK-i peremén nagyfrekvenciákban gazdag, határozott ÉK – DNy, illetve erre merőleges irányítottságú anomáliások kialakulását figyelhetjük meg. Ez az irányítottság azonos a magyarországi mezozoós összletek szerkezeti irányítottságával. A térkép középső részén nagy területre kiterjedő, jellegtelen, de még mindig nagyfrekvenciás anomáliákat találunk. Ebben a zónában szembetűnő a néhány közel körszimmetrikus, nagy dinamikával jelentkező anomália, továbbá, hogy ÉK felé haladva a reziduálok dinamikaszintje csökken. A térkép Ny-i részén középfrekvenciás anomáliások jelennek meg közel É – D-i irányítottsággal, jelezve a paleozoós aljzat felszínének indikációit.

Mélyfúrási adatok alapján ismert, hogy a térkép Ny-i részén paleozoós, a DK-i részén mezozoós összletek helyezkednek el a pannon üledékek alatt, illetve ezek képezik a „nagyűrűsűgű” aljzatot. Ugyancsak fúrási és korábbi szeizmikus adatok alapján tudjuk, hogy a térkép középső részén (ÉK felé haladva egyre mélyülő) mintegy 5000 – 6000 m mély medence helyezkedik el. Ezek a tények tökéletes összhangban vannak a szűrt gravitációs térképből levonható következtetésekkel, ugyanis a nagyobb mélységekben a sűrűségkontraszt egyre csökken, ami indokoltá teszi a reziduálok dinamikaszintjének csökkenését.

A szűrt reziduálokról tudni kell, hogy azokat átnézetes mérések adataiból szerkesztett térképekből lineáris interpolációval állítottuk elő. Korábbi vizsgá-

latainkkal bizonyítottuk, hogy a nem megfelelő részletességű mérés jelentős torzulások forrása lehet, főleg a nagyfrekvenciás tartományokban. A kettős szagatott vonallal körülhatárolt területrészen szabályos hálózatban 500 m mintavételi távolsággal telepített mérések adatai álltak rendelkezésre. E területrészen a szűrt reziduálok határozottabb irányítottsága figyelhető meg. Ez az irányítottság megegyezik a tőle DK-re eső magasabb szerkezeti helyzetben levő mezozoós összletek által gerjesztett reziduálok irányítottságával, ami az adott térségben a mezozoós medencealjzat jelenlétét bizonyítja. A medence Ny-i peremén az aljzatot paleozoós összletek képezik. Erre utal az anomáliák irányítottsága is, bár a már említett mérési hiányosságok következtében az anomáliák irányítottságának megbízhatósága ezeken a területrészeken nem kielégítő. A már említett, közel körszimmetrikus, viszonylag nagy amplitúdóval jelentkező anomáliák függőleges tengelyű tömegtöbbletek hatásaként értelmezhetők, kialakulásukban valószínűleg harántvetők találkozásánál létrejött vulkanizmus játszott a fő szerepet. Ezek vizsgálata jelenleg folyamatban van. Nagypontosságú mágneses és gravitációs méréseket végzünk az említett anomáliákat létrehozó összletek felett.

Nagy területre kiterjedő egységes transzformációval (azonos alulvágással) készült reziduál térképek elsősorban kutatási koncepciók kialakításában, és további geofizikai kutatások tervezésében használhatók fel sikeresen.

Reziduál szűrőket elsősorban továbbra is lokális szerkezetek indikálására alkalmazzunk. Az *I. ábrán* bemutatott átviteli függvények segítségével belátható, hogy tetszőleges frekvenciatartományok elnyomását, illetve relatív kiemelését valósíthatjuk meg. Az átviteli függvények ismerete lehetővé teszi az adott tér felbontásához legjobban illeszkedő szűrők kiválasztását. Azonban az is látható az átviteli függvény sorozatból, hogy a szűrőparaméter (m) növelésével az átviteli függvények meredeksége (így a szűrő szelektivitása) csökken.

A szűrt indikációtól megköveteljük, hogy a lehető legteljesebben tartalmazza a létrehozó összletnek a kutatás számára fontos összes jellemzőjét. Az anomália irányítottsága, a jelszélesség, a szimmetria és dinamikaviszonyok, mind olyan jellemzők, amelyek a kutatandó szerkezettel kapcsolatosak. E jellemzők határozott indikálása érdekében a szűrt reziduálok előállításánál szükségszerű a viszonylag nagy dinamika kihozatalára való törekvés.

A nagy dinamika viszont azzal a hátránnyal jár, hogy a tér finomabb változásai – amelyek ugyancsak reális szerkezeti indikációk lehetnek – egyáltalán nem, vagy csak alig felismerhetően jelentkeznek az anomáliaképen. Továbbá regionális torzulásokkal is számolnunk kell, ami a szimmetriaviszonyok torzulását eredményezheti.

A gravitációs terek spektrális tulajdonságából, továbbá az adott szűrősorozat átviteli tulajdonságaiból következik, hogy a szűrőparaméter (m) növelésével a szűrt reziduálok dinamikája gyakorlatilag tetszés szerint csökkenthető. Azonban – amint már említettük – egyrészt a szűrőparaméter növelésével a vágási meredekség csökken, másrészt a hasznos jel spektruma határt szab a szűrőparaméter növelésének.

Mivel a gyakorlatban többször felmerült a szűrt reziduálok további felbontásának szükségessége, az OKGT GKÜ Gravitációs Osztályán kísérletet tettünk kétszeres szűrések alkalmazására olyan kutatási területeken, ahol a Bouguer anomáliatérrel kapcsolatos pontosságú követelmények ezt lehetővé tették.

Könnyen bizonyítható ugyanis, hogy a szűrés kétszerezésével meredekebb vágású átvitelt valósíthatunk meg. Ugyanis a spektrumra vonatkozó összefüggésekből:

$$T_{sp}^{(1)} = B_{sp} \cdot S' \dots$$

$$T_{sp}^{(2)} = T_{sp}^{(1)} \cdot S'' \dots$$

$$T_{sp}^{(2)} = B_{sp} \cdot S' \cdot S'' \dots,$$

ahol $T_{sp}^{(1)}$: az első transzformált spektruma

B_{sp} : a Bouguer tér spektruma

$T_{sp}^{(2)}$: a második transzformált spektruma,

nyilvánvaló, hogy a szűrés többszörözésével az átviteli függvények szorzata jön létre.

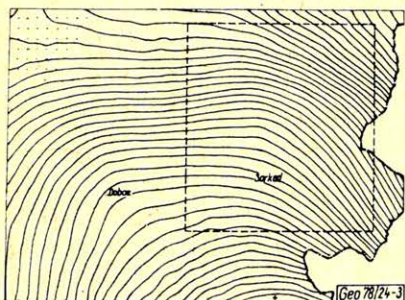
Az 1. ábrán folytonos vonallal ábrázoltuk azt az átviteli függvényt, amely $m=2$, $s=500$ m és $m'=2$, $s'=250$ m paraméterű szűrések alkalmazásával jött létre. Természetesen a szűrőparaméterek változtatásával különböző tartományokban valósíthatunk meg kétszeres szűréssel meredekebb átvitelt.

A következőkben egy gyakorlati példát mutatunk be, egy kelet-magyarországi kutatási területről.

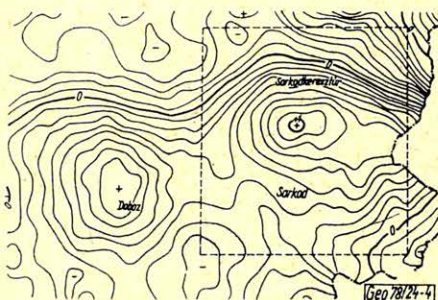
A 3. ábrán az említett kutatási terület Bouguer anomáliaképe látható. A terepi mérés 750 m rácsállandójú négyzethálózat rácspontjaiban történt. A dimenziók (méretek) érzékeltetésére az ábra bal felső részén feltüntettük a mérési állomáshálózatot. Az izovonalak értékköze 1 mgal.

A 4. ábrán a reziduális anomáliakép látható, amelyet $m=2$ és $s=750$ m szűrőparaméterekkel kaptunk. A megjelenített izovonalak értékköze 0,1 mgal. Az anomáliaképben két zárandó maximum jelentkezik. A szaggatott vonallal körülhatárolt területen elhelyezkedő anomáliaképen szembevető elsősorban, hogy továbbra is összetett anomáliával van dolgunk, ezért továbbszűrésétől a létrehozó összletre vonatkozó újabb információkat várhatunk. Az összetettségre elsősorban a jelalak, illetve a maximumzónában jelentkező negatív görbületek hívják fel a figyelmet.

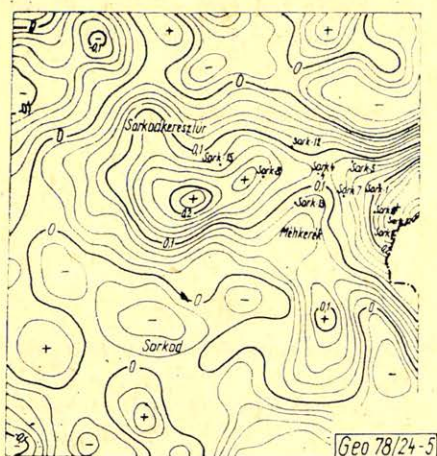
A reziduális téradatokból újabb adatrendszer állítottunk elő, amikor a mintavételi távolság az előbbinek a fele, azaz 375 m volt. Figyelembe véve a tovább eltávolítandó frekvenciatartományt az alulvágáshoz ismételten a $m=2$ paraméterű szűrőt alkalmaztuk, természetesen $s/2$ azaz 375 m állomástávolsággal.



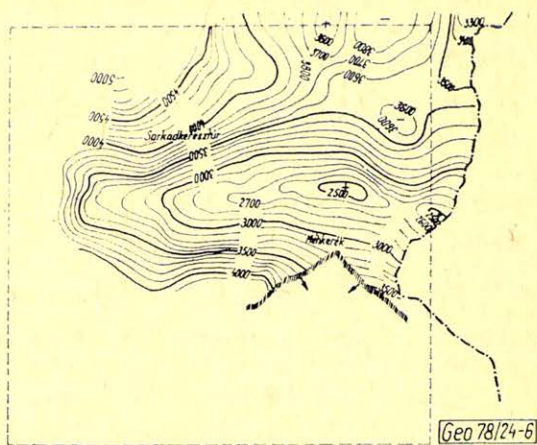
3. ábra - Puc. 3. - Fig. 3.



4. ábra - Puc. 4. - Fig. 4.



5. ábra - Puc. 5. - Fig. 5.



6. ábra - Puc. 6. - Fig. 6.

Kísérleti vizsgálatainknál nyilvánvalóvá vált, hogy a mérési és interpolációs hibák torzító hatásainak csökkentése céljából célszerű bizonyos mértékű simítást, azaz felülvágást is alkalmazni. Ez viszonylag egyszerűen megvalósítható azáltal, hogy a második szűrésnél sávszűrést alkalmazunk.

Az 5. ábrán látható az a háromszorosan szűrt eredménytérkép, amely a következő szűrőparaméterek alkalmazásával készült: $m=2$, $s=750$ m, $m'=9/2$ és $s'=375$ m. Az eredmény egy felbontottabb, a nagyobb sűrűségű összlet felszíni változásait jobban tükröző anomáliakép. Bár a másodszor transzformált térkép dinamikája mindössze 0,3 mgal, határozott szerkezeti irányok ismerhetők fel az anomáliaképben. Az első és a második transzformáció eredményeit összehasonlítva, a 6. ábrán látható szeizmikus adatok alapján szerkesztett, az alaphegység lefutását ábrázoló szintvonalas térképpel megállapítható, hogy a hasonlóság a többszörös szűréssel kapott anomáliakép és az alaphegység között lényegesen jobb, mint az egyszeres szűréssel kapott anomália esetében. Szeretnénk azonban felhívni a figyelmet arra, hogy nem megfelelő pontosságú mérési adatok esetében, vagy felszínközeli sűrűséganomáliák által okozott nagyfrekvenciás zajokkal terhelt anomáliák területén, a többszörös szűrések alkalmazásától nem várható megfelelő kutatási eredmény.

IRODALOM

- Kovács F., 1970: Investigations of the influence of the measurement net on the measured gravity field, based on sampling theory (in Hungarian). Magyar Geofizika 11. 66 - 72.
- Kovács F.: 1977. Design and application of combined filters (in Hungarian). Unpublished manuscript. OKGT GKÜ Adattár
- Meskó A., 1966: Investigations of the linear transformations of gravity maps using filter theory (C. Sc. thesis, in Hungarian)
- Meskó, A., Kovács F., 1973: Application of two-dimensional numerical filters in processing gravity data. Acta Geodaetica, Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tomus 8 (1 - 2), pp. 259 - 270.

A hullámegyenletes migrációval kapcsolatos vizsgálatok és tapasztalati eredmények

G Ö N C Z G Á B O R *

A dolgozatban először ismertetjük a J. F. Claerbout és mások által javasolt, a lefelé folytatás elvégzésére alkalmas, parciális differenciálegyenlet levezetésekor alkalmazott fontosabb fizikai közelítéseket.

További, matematikai jellegű közelítést jelent a parciális differenciálegyenletnek véges differencia módszerrel történő megoldása. A közelítéseknek a megoldásra való együttes hatását az eljárás kétváltozós átviteli függvényének vizsgálatával végezzük el, D. Loewenthal és mások által ismertetett módon. Ezzel a módszerrel kvantitatíven jellemezhető a közelítések, a mintavételezés hatása. A vizsgálatokat a Geofizikai Kutatási Üzemben megvalósított hullámegyenletes-migrációs program algoritmusára végeztük el.

A dolgozat második részében röviden ismertetjük a program működését. Ezután először egyszerű modellszelvényeken, majd valódi szelvényeken is illusztráljuk az eljárás hatásosságát. Az eredményeket összehasonlítjuk a hagyományos, összegezéses módszerrel kapott eredményekkel.

В докладе сначала рассматриваются основные физические приближения, применяемые при выводе уравнений в частных производных, используемых при аналитическом продолжении поля в нижнее пространство, как это предложено Й. Ф. Клербу и другими.

Дополнительное приближение математического характера представляет собой решение уравнений в частных производных методом конечной разности. Комплексное воздействие приближений на решение изучается путем анализа передаточной функции с двумя переменными по методу, описанному Д. Лэвенталом и др. Этот метод позволяет количественно оценить влияние приближений, выборки. Исследования были проведены для алгоритма программы миграции по волновому уравнению, разработанной Предприятием геофизической разведки.

Во второй части доклада коротко описывается работы программы. Сначала на простых моделях, а затем на фактических разрезах иллюстрируется эффективность предлагаемого метода. Результаты сопоставляются с результатами, полученными стандартным методом накопления.

The first part of the paper reviews the most important physical approximation used for the derivation of the partial differential equations governing the downward continuation — as suggested by J. F. Claerbout and others.

The solution of the resulting partial differential equations by finite difference methods involves further approximations of mathematical type. The joint effect of these approximations is investigated by examining the twodimensional transfer function of the method, as suggested by Loewenthal and others. By this method the effects of the approximations and of sampling can be quantitatively analyzed. The investigations were performed for the wave equation migration program developed at the Geophysical Research Enterprise of the Hungarian Oil and Gas Trust.

The second part of the paper briefly describes the operation of the program. The effectiveness of the method will be illustrated on simple model sections and field materials. The results obtained will be compared with those obtained by traditional linear migration methods.

J. F. Claerbout és mások a 70-es évek elejétől kezdődően több cikkben foglalkoztak a hullámegyenlet közelítő megoldásainak a szeizmikus adatfeldolgozásban való alkalmazásával. Munkájuk nyomán terjedt el a lefelé folytatás, vagy hullámegyenletes migráció néven ismert eljárás. A módszer alapja a Claerbout által megfogalmazott leképezési elv. Az elv szerint a reflektáló réteghatárok ott helyezkednek el, ahol a lefelé haladó hullám és az általa keltett felfelé haladó hullám azonos időpillanatban léteznek. Az adatfeldolgozás egyik célja hogy ezeket a réteghatárokat megtaláljuk. Az elv igen egyszerűnek tűnik. Hogyan sikerült hasznossá tenni az adatfeldolgozásban?

*OKGT Geofizikai Kutatási Üzem



Ismeretes, hogy a hullámegyenlet megfelelő közelítéssel leírja a szeizmikus hullámterjedést. Teljes megoldása egyaránt tartalmazza a le- és felfelé haladó hullámokat. Ha ezeket sikerül szétválasztani, akkor meg tudjuk adni a hullámter azon helyeit, ahol az időkoincidencia teljesült. A hullámegyenlet teljes megoldása azonban igen nagy matematikai problémát jelent. Claerbout, az időkoordináta transzformációját alkalmazva, olyan egyenleteket vezetett le, melyek külön-külön leírják a le- és felfelé haladó hullámok terjedését.

A dolgozatban először a levezetés során alkalmazott közelítésekkel foglalkozom, amelyek miatt az egyenlet csak kis dőlésszögekig használható. Ezután az egyenlet numerikus megoldásakor tett közelítéseket ismertetem. Az alkalmazott véges differencia módszer is olyan közelítéseket használ, melyek erősen befolyásolják az eredményt. A közelítések együttes hatása jelentkezik a lefelé folytatást megvalósító konkrét műveletben, amely speciális szűrésnek fogható fel. E szűrés átviteli függvényével jellemezni lehet a módszer hibáit. A hibák a hullámok fázistorzításában jelentkeznek. Megvizsgáltuk hogy a fázistorzítás hogyan függ a mintavételi távolságtól és a Δz lépések számától. A fázistorzítás hatását modelleken is bemutatom. A vizsgálatok ismertetése után végül néhány gyakorlati példával illusztrálom a módszer eredményeit.

Milyen közelítéseket teszünk az egyenlet levezetésekor és alkalmazásakor?

Első feltevés, mely lehetővé teszi az időkoordináta transzformációját az, hogy a sebesség csak a mélységtől függ és közelítőleg ismerjük. Enélkül nem tudnánk megadni a hullámter azon pontjait, ahol az időkoincidencia megvalósul.

Második feltevés, hogy a hullámok csillapodásától eltekintünk. Ezt jogossá teszi az, hogy a bemeneti időszelvényen a hullámok csillapodását valamilyen módon kompenzáltuk.

A következő feltevés, mely az egyenlet használhatóságát csak kis dőlésszögekre korlátozza az, hogy az X változóban fellépő másodiknál magasabbrendű parciális deriváltakat elhagyjuk. Ez akkor jogos, ha a le- és felfelé haladó hullámok iránya közel vertikális. Az egyenlet, mint látni fogjuk, csak a pontosan vertikálisan haladó hullámokat extrapolálja helyesen. A nem vertikális terjedési irányú hullámok a lefelé folytatás során torzulni fognak.

Közelítő feltevéseket teszünk a peremfeltételként szereplő hullámokra is. A felszínről induló lefelé haladó hullámtererről feltesszük, hogy síkhullám gerjesztésnek felel meg. Ezt a hullámteret, a jelalakváltozásokat elhanyagolva, nem is extrapoláljuk numerikusan, hanem csak a menetidő-felületét számítjuk ki analitikusan. A felszínen mért, felfelé haladó hullámokat eddig a menetidő-felületig folytatjuk lefelé, hogy az időkoincidenciát megvalósítsuk.

További feltevés az, hogy a bemeneti időszelvény jó közelítése a lefelé induló síkhullámgerjesztéskor észlelhető felfelé haladó hullámternek. Feltesszük, hogy közel vertikálisan felfelé haladó egyszeres beérkezésekből áll.

Ezt az adatrendszert aztán Δz lépésenként haladva extrapoláljuk egyre nagyobb mélységbe és elérve a lefelé haladó hullám menetidőfelületét, megkapjuk a migrált szelvényt.

Áttekintjük, hogy milyen közelítéseket jelent az egyenlet megoldásakor alkalmazott véges differencia módszer. Jelöljük u -val a felfelé haladó hullámteret, v -vel a sebességet és alsó indexszel a parciális differenciálhányadosokat. Az elő-

ző közelítésekkel a hullámegyenletről a lefelé folytatás végrehajtásához az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\partial u_{tz} = -\frac{v}{4} \partial_{xx} u \quad (1)$$

Az egyenletet véges differencia módszerrel oldjuk meg. Az alábbi jelöléseket használva az egyes változókat diszkrétté tesszük.

$$t = n\Delta t, \quad z = k\Delta z, \quad x = j\Delta x$$

$$u_{j,k}^n = u(n\Delta t, k\Delta z, j\Delta x)$$

Az egyenletben szereplő parciális differenciálhányadosokat centrális, véges differenciákkal közelítjük. A t és z változóban *Crank-Nicholson* sémát használunk, az x változóban centrális második differencia operátort. A differenciák közelítő jellegét frekvenciatartományban fejezhetjük ki egyszerűen a (2a), (2b) és (2c) egyenletekkel.

$$x\text{-ben: } S = \exp(-i k_x \Delta x)$$

Tolás operátor

$$z\text{-ben: } W = \exp(-i k_z \Delta z)$$

$$t\text{-ben: } Z = \exp(-i \omega \Delta t)$$

$$F\{\partial_t\} = -i\omega = \frac{1}{\Delta t} \ln Z \cong \frac{2}{\Delta t} \frac{1-Z}{1+Z} \quad (2a)$$

$$F\{\partial_z\} = -ik_z = \frac{1}{\Delta z} \ln W \cong \frac{2}{\Delta z} \frac{1-W}{1+W} \quad (2b)$$

$$F\{\partial_{xx}\} = k_x^2 \cong F\{S, -2, S^{-1}\} = \frac{2}{\Delta x^2} (1 - \cos k_x \Delta x) \quad (2c)$$

$$k_x \cong \frac{2}{\Delta x} \sin k_x \frac{\Delta x}{2}$$

A t és z változóban a differenciaképzés pontossága eszerint megfelel az $\ln Z$ és $\ln W$ elsőfokú közelítése pontosságának. Ez a közelítés $Z = 1$ és $W = 1$ környezetében jó, vagyis $\omega \Delta t$ illetve $k_z \Delta z$ kis értékei mellett.

Az x változó szerint második differencia közelítés, (2c) szerint, megfelel a $\sin x/x$ 1-hez való közelítésének. Ez csak $x = 0$ környezetében, azaz $k_x \Delta x$ kicsiny értékei mellett teljesül.

A differencia közelítéseket az (1) egyenletre alkalmazva az alábbi egyenletrendszert kapjuk:

$$[I + aT] u_{k+1}^n = [I - aT] (u_{k+1}^n + u_k^{n-1}) - [I + aT] u_k^n \quad (3)$$

Itt az u_k^n értékek j index szerinti vektorok, I egységmátrix, T pedig a második differencia képzésnek megfelelő tridiagonális mátrix. Ennek az egyenletrendszernek a megoldására a Claerbout által javasolt gyors módszeret használtuk.

A differencia közelítések pontosságára tett észrevételek csupán azt jelentik, hogy az eredmény annál pontosabb lesz, minél inkább teljesül, hogy $\omega \Delta t$, $k_x \Delta x$ és $k_z \Delta z$ kicsiny értékek. A konkrét időszelvényen ω , k_x és k_z adottak. Kérdés az,

hogy az egyenlet közelítő jellege miatt és Δt , Δx és Δz konkrét értékei mellett milyen eredményt kaphatunk.

Megvizsgáljuk, hogy a lefelé folytatás milyen fázistorzítást okoz.

A (3) differencia egyenletet rögzített időértéknél, frekvenciatartományban felírva az alábbi egyenleteket kapjuk:

$$U_{k+1}^{n-1} = \frac{[1 - aT] - Z[1 + aT]}{[1 + aT] - Z[1 - aT]} U_k^{n-1}; \quad (4)$$

rögzített n mellett:

$$U_{k+1} = F(Z) U_k$$

ahol belátható hogy:

$$|F(Z)| = 1, \quad F(Z) = \exp(i\Phi)$$

és

$$\Phi = 0 \quad \text{ha} \quad k_x = 0.$$

Itt az U értékek a megfelelő Z transzformáltakat jelentik. Az egyenletek szerint a $k\Delta z$ mélységben levő adatokból a $(k+1)\Delta z$ mélységben levő adatokat az $F(Z)$ szűrő alkalmazásával kapjuk meg. Egy Δz vastagságú rétegen való extrapoláció során $F(Z)$ átviteli függvénnyel rendelkező szűrést végzünk az adaton. Könnyen belátható, hogy a szűrő stabilis és $|F(Z)| = 1$. Az extrapoláció a hullámok Φ fázistolásával valósul meg.

Az extrapoláció akkor nem okoz fázistolást, ha $k_x = 0$, azaz pontosan vertikális irányú hullámokat folytatunk lefelé. Az $F(Z)$ szűrő fázistolásának hatását a nem vertikális irányú hullámokra a Loewenthal és mások által leírt módon vizsgáltuk.

Legyen u egy c sebességű közegben a vertikálissal Θ szöget bezáró irányban felfelé haladó síkhullám:

$$u = \exp \left[i\omega \left(t - \frac{x \sin \Theta}{c} + \frac{z \cos \Theta}{c} \right) \right] = \exp(i\Gamma) \quad (5)$$

Ha ezt a hullámot a terjedési irányában visszafelé extrapoláljuk a $z=0$ helyről a $z=\Delta z$ helyre és a megfelelő, $-\Delta t_1$ időtolást alkalmazzuk, akkor a hullámfront fázisa nem változik meg.

$$-\Delta t_1 = \frac{\Delta z \cos \Theta}{c} \quad \text{és} \quad \Delta \Gamma = 0 \quad (6)$$

Tegyük fel, hogy nem tudjuk, hogy a hullám iránya Θ szöget zár be a vertikálissal és szintén $z = \Delta z$ mélységbe akarjuk extrapolálni. Ekkor a $-\Delta t_2$ időtolást alkalmazzuk, ami azonban a vertikális haladásnak felel meg. Emiatt a hullámfront fázisa az alábbi képlet szerint megváltozik.

$$-\Delta t_2 = \frac{\Delta z}{c} \quad \text{és} \quad \Delta \Gamma = \frac{\omega \Delta z}{c} (\cos \Theta - 1). \quad (7)$$

A Δz mélységben már nem u , hanem u^* hullámunk lesz:

$$u^* = \exp \left[i\omega \left(t - \frac{x \sin \gamma}{v} + \frac{z \cos \gamma}{v} \right) \right] = \exp[i(\Gamma + \Delta \Gamma)]. \quad (8)$$

Feltesszük, hogy u^* továbbra is síkhullám maradt, csak szöge Θ -ról γ -ra, terjedési sebessége pedig c -ről v -re változott a fázistorzítás miatt. A lefelé folytatás egyenletét alkalmazva, a Δt_2 -nek megfelelő időtranszformáció miatt, koordináta-rendszerünk mintegy vertikális irányban mozog, függetlenül a felfelé haladó hullám tényleges irányától. Fellép a (7) képlettel megadott fázistolás, ez az amit az $F(Z)$ -vel való szűrés okoz. Megadva a terjedési sebességet, valamint rögzítve Δt , Δz és Δx értékeit az alábbi egyenletek segítségével kiszámíthatjuk, hogy a módszer mekkora szög- és sebességeltérést okoz különböző irányú és frekvenciájú síkhullámok esetén.

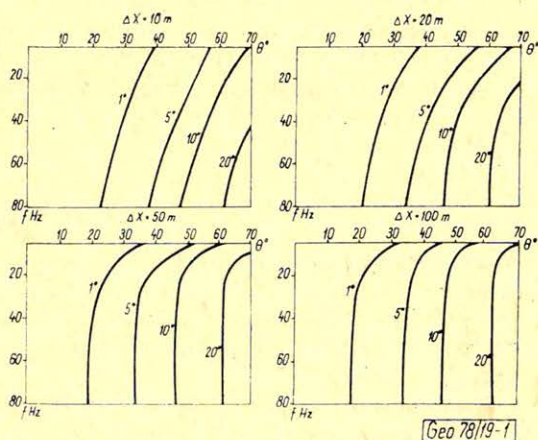
$$\frac{\sin \Theta}{c} = \frac{\sin \gamma}{v} \quad (9)$$

$$\Delta \Gamma = \Phi \quad (10)$$

Megvizsgáltuk, hogy a Δx és Δz nagysága hogyan hat a szöghibákra.

A hibaszámítások során a *terjedési sebesség* 2000 m/sec, a *mintavételi távolság* pedig 4 msec volt. A szögeltéréseket szintvonalasan ábrázoltuk a síkhullámok frekvenciájának és kezdeti dőlésszögének függvényében. Az ábrákon a vízszintes tengelyen a dőlésszög, a függőleges tengelyen a frekvencia változik. A szintvonalakon feltüntettük a kapott szögeltérések nagyságát.

Az 1. ábrán a Δx távolság hatását mutatom be. $\Delta z = 20$ m volt, Δx pedig 10, 20, 50 és 100 m. Az ábrákon jól látható, hogy zérus dőlésszög esetén, azaz vertikálisan haladó hullámoknál a módszer pontos. A dőlésszög és a frekvencia növekedésével azonban egyre nőnek a szögeltérések. A szögeltéréseket erősen befolyásolja Δx nagysága is. 50 m-es Δx esetén, már 15°-os dőlésszögnél is, a szeizmikus jelfrekvenciákon 1° körüli szögeltérések adódnak egyetlen Δz lépést téve.

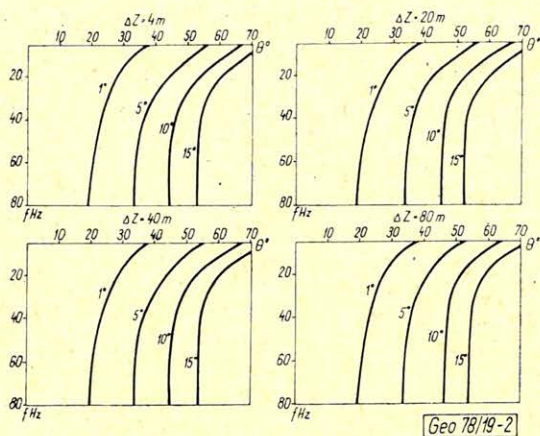


1. ábra. A Δx mintavételi távolság hatása a síkhullámok extrapolációjánál fellépő szögeltérésekre
 Рис. 1. Влияние шага экстраполяции Δx на угловые отклонения, возникающие при экстраполяции поверхностных волн

Fig. 1. Influence of the Δx sample-taking distance on the angle deviations experienced with extrapolation of plane waves

Az ábrákból látható az is, hogy miért nevezik az irodalomban az egyenletet 15° -os közelítésű egyenletnek. A 15° -nál kisebb dőlésszögére a szöghiba 1° alatt marad a Δx nagyságától eléggé függetlenül. A Δx csökkentésével azonban nagyobb dőlésszögű hullámokat is még kis szögeltéréssel extrapolálhatunk.

A 2. ábrán a Δz távolság hatását illusztrálom. Itt Δx mindenütt 30 m volt, Δz pedig 4, 20, 40 és 80 m. A szögeltérések szintvonalait az előző koordinátarendszerben ábrázoltuk. Azt állapíthatjuk meg, hogy Δz növelésével a hibák nem nőnek jelentősen, azaz Δz -t nagyinak vehetjük az átlagos 2000 m/sec sebesség mellett.



2. ábra. A Δz mintavételi távolság hatása a síkhullámok extrapolációjánál fellépő szögeltérésekre

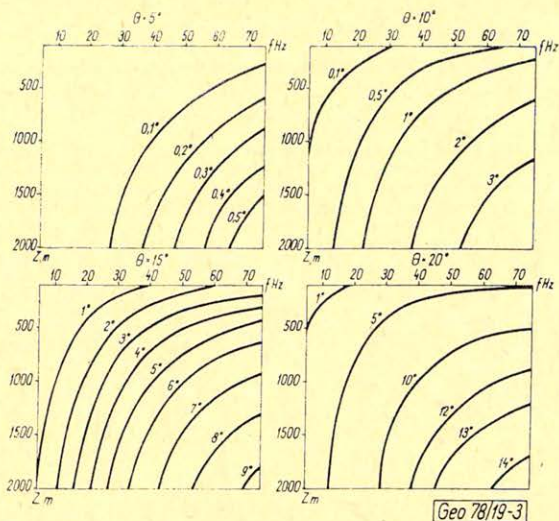
Рис. 2. Влияние шага экстраполяции Δz на угловые отклонения, возникающие при экстраполяции поверхностных волн

Fig. 2. Influence of the Δz sample-taking distance on the angle deviations experienced with extrapolation of plane waves

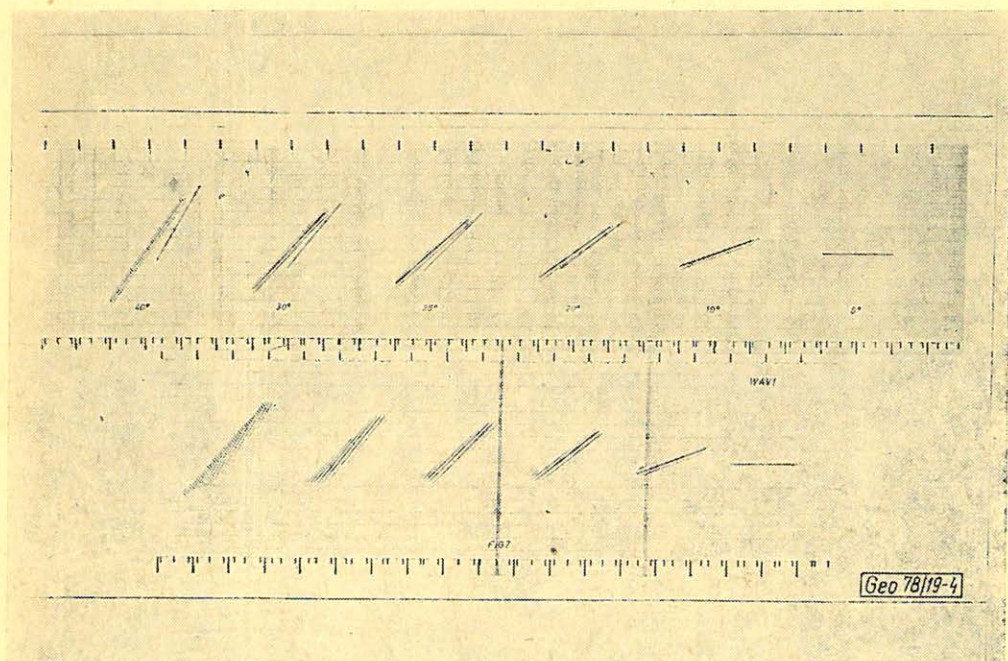
A vizsgálatokból az látszik, hogy a szöghiba nem a mintavételi távolságoktól függ legerősebben, hanem a dőlésszögtől. Ez azt jelenti, hogy a módszer hatását döntően a levezetéskor alkalmazott közelítés okozza.

Megvizsgáltuk, hogy az egyetlen extrapolációs lépésnél adódó szöghiba hogyan halmozódik a lépések számával.

A 3. ábrán a szögeltérések szintvonalait látjuk, azonban itt a vízszintes tengelyen a frekvencia, a függőleges tengelyen a lépések száma, vagyis a mélység változik. A vizsgálat során Δx 30 m, Δz 20 m, Δt 4 msec, a sebesség 2000 m/sec volt. Az ábrákon az 5° , 10° , 15° és 20° dőlésszögű hullámoknál adódó szögeltéréseket látjuk. Megállapítható, hogy még 10° dőlésszögű hullámokat is kb. 1° szöghibával extrapolálhatunk 2000 m mélyséig. A 20° -os hullámoknál azonban már 1000 m körül $5-10^\circ$ szöghiba adódik a szeizmikus jelfrekvenciákon.



3. ábra. Különböző kezdeti irányú síkhullámok szögeltérései a mélység függvényében
 Рис. 3. Угловые отклонения первоначально по-разному направленных поверхностных волн в зависимости от глубины
 Fig. 3. Angle deviations of plane waves with different initial directions as functions of depth



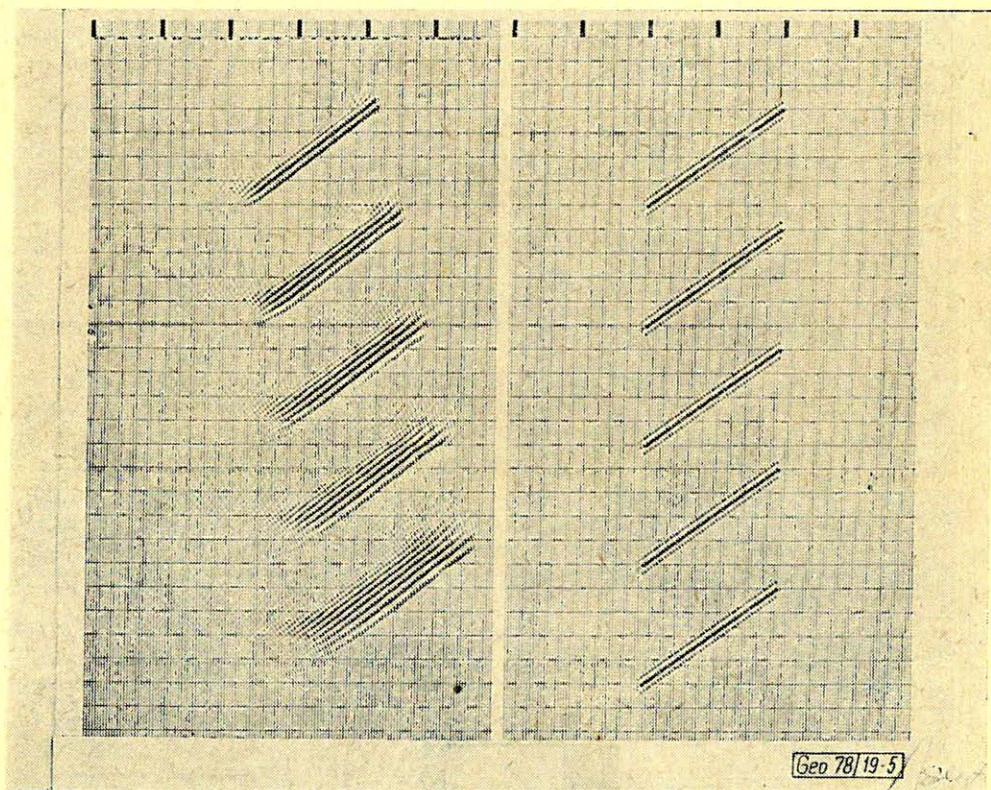
4. ábra. Különböző dőlésű réteghatárokról származó reflexiók beérkezései (felül) és ezek migrációja a 15°-os egyenlettel (alul)
 Рис. 4. Прибытие волн, отраженных от поверхностей разного наклона (сверху) и их миграция с уравнением 15° (снизу)
 Fig. 4. Reflection arrivals coming from horizons with various dips (above) and their migration with the 15°-equation (below)

Azonos dőlésszögű hullámok esetén a hiba erősen függ a frekvenciától. A sávkorlátozott szeizmikus hullámfront emiatt a lefelé folytatás során úgy módosul, mintha diszperziós közegben haladna.

A 4. ábrán egy modellszelvényt és migrált változatát mutatom be. Szemléletesen mutatja az ábra, hogyan romlik el az eredmény a nagyobb dőlésszögeknél.

Az 5. ábrán 20° dőlésnek megfelelő, de különböző mélységből származó beérkezéseket és azok migrációját látjuk. A Δz lépések számától függően a fellépő diszperzió miatt komoly jelalaktorzulások keletkeznek.

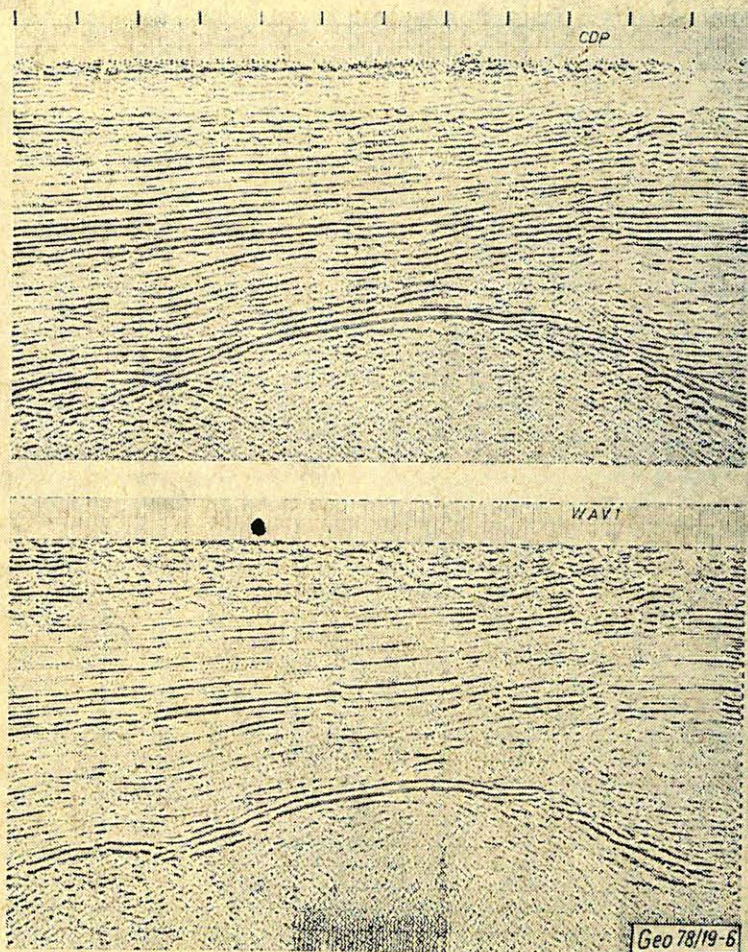
A módszer hibáinak ilyenfajta vizsgálatai rámutattak egyrészt a hibák okaira, másrészt segítenek megválasztani a helyes mintavételi távolságokat. Az egész eljárás további lényeges javítását az egyenlet közelítő jellegének csökkentésétől várhatjuk. Végül néhány feldolgozási eredményt mutatok be, amelyek a hibák ismeretében és azok ellenére is a módszer használhatóságát támasztják alá.



5. ábra. Különböző mélységben elhelyezkedő, 20° -os dőlésű réteghatárokról származó reflexiós beérkezések (jobb oldalon) és ezek migrációja a 15° -os egyenlettel (bal oldalon)

Рис. 5. Приходы волн, отраженных от слоев разной глубины с наклоном 20° (справа) и их миграция с уравнением 15° (слева)

Fig. 5. Reflection arrivals coming from horizons with 20° dip lying at various depths (right) and their migration with the 15° -equation (left)



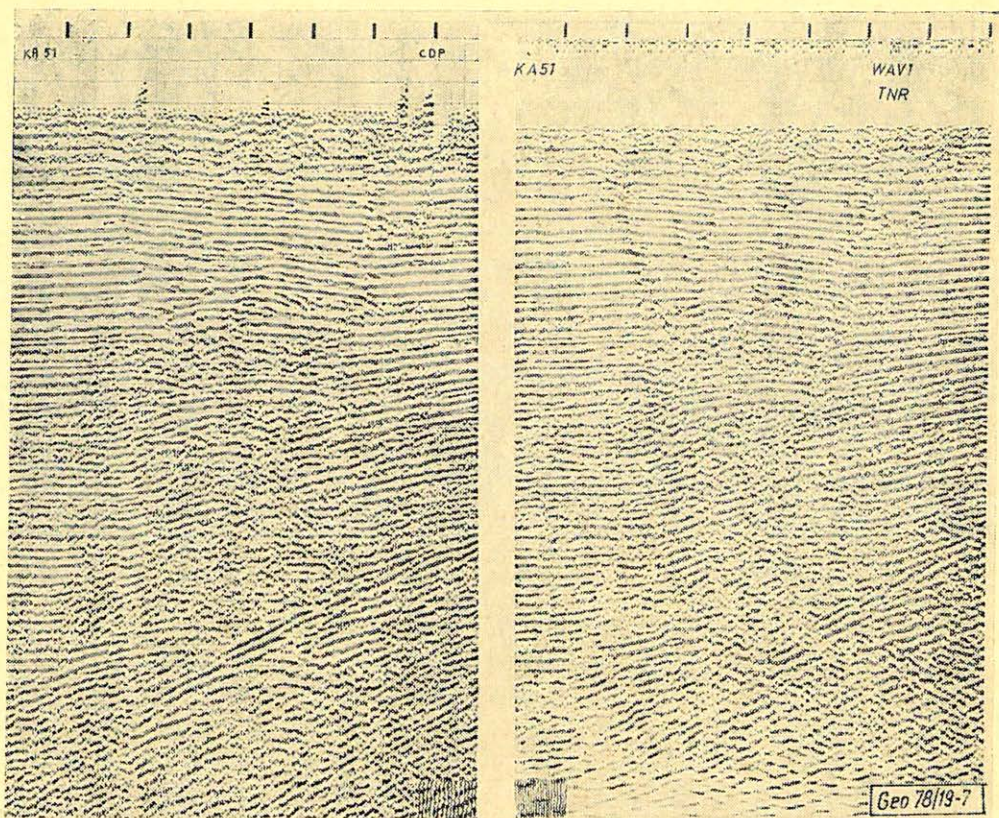
6. ábra. Stacking időszelvény részlet (felül) és a 15°-os egyenlettel migrált változata (alul)

Рис. 6. Часть временного профиля стэкинг (сверху) и вариант его миграции с уравнением 15° (снизу)

Fig. 6. Part of a stacking time profile (above) and its variant migrated by the 15°-equation (below)

A 6. ábra felső részén egy időszelvény részletet látunk. Alatta a hullámegyenletes migráció eredménye látható. A módszer előnyét mutatja a jó felbontóképesség és a vetődések jó kimutathatósága a migrált szelvényen.

A 7. ábrán baloldalon egy másik időszelvény részletet, a jobboldalon annak hullámegyenletes migrációval feldolgozott változatát látjuk. A migrált szelvényen kis időknél ismét a vetődések tisztázódtak, nagyobb mélységben pedig egy eltemetett fókusz probléma megoldása látszik.



7. ábra. Stacking időszelvény részlet (bal oldalon) és a 15° -os egyenlettel migrált változata (jobb oldalon)

Рис. 7. Часть временного профиля стэкинг (слева) и вариант его миграции с уравнением 15° (справа)

Fig. 7. Part of a stacking time profile (left) and its variant migrated with the 15° -equation (right)

IRODALOM

- J. F. Claerbout*, 1976. Fundamentals of geophysical data processing. New York, McGraw Hill Book Co.
- Loewenthal, D., Lee, L., Robinson, R., and Sherwood, J.*, 1974. The wave equation applied to migration and water bottom multiples: Presented at 44th International SEG meeting, Dallas.

Kisszámítógépes szelvényadat-feldolgozás többszemponjú szervezése. Automatizálás és interaktivitás

GELLÉRT TAMÁS, RÉTI ERZSÉBET*

A magyar olajipar karotázs szolgálata az operatív interpretáció céljaira egy újszerű sajátos kiépítettségű kisszámítógépes rendszert állított be, amelyre egy interaktív karotázs értelmező rendszer fejlesztése van folyamatban. A dolgozat első része általánosságban foglalkozik a karotázs értelmezési feladatok teljes automatizálásánál jelentkező problémákkal és az azok feloldását célzó közvetlen ember – gép kapcsolat megteremtésének lehetőségével.

A dolgozat további részében ismertetésre kerül egy olyan átfogó, a sajátos szelvényadat-feldolgozási szempontokat messzemenően figyelembe vevő szervező program, amely hivatott a számítógépi kapacitás biztosította lehetőségek szolgáltatására a számítástechnikai ismeretekkel nem rendelkező interpretátorok számára, az adatszervezési tevékenységek messzemenő automatizálására, ugyanakkor a közvetlen on-line ember – gép kapcsolat biztosítására.

В службе промысловой геофизики венгерской нефтяной промышленности внедрена система малогабаритной вычислительной машины с новой, специфической оснащённостью для оперативной интерпретации данных, для которой разрабатывается взаимосвязанная система интерпретации каротажных данных. В первой части доклада в общем виде рассматриваются вопросы, связанные с полной автоматизацией задач интерпретации каротажных данных, а также возможности создания непосредственной связи «человек – машина» при обработке данных.

В дальнейшей части доклада описывается охватная управляющая программа, в значительной мере учитывающая специальные задачи обработки данных, которая служит для представления возможностей, определяемых машинной мощностью, интерпретаторам, не имеющим соответствующие познания в области вычислительной техники; для автоматизации деятельности по управлению данными и в то же время для обеспечения прямой связи «человек – машина» в режиме «он-лайн».

The Well-Logging Service of the Hungarian Oil Industry has built up a special application-oriented minicomputer system on which a well-log interpretation program is being developed. The first part of the paper gives a general outlook on problems arising of the complete automatization of interpretation of well-log data and on the possibility of a man – machine interactive communication.

In the second part of the paper a program-package shall be described which takes into account the special requirements of well-log interpretation and is at the same time, easily used even by interpreters without previous computer practice, enables a completely automated data processing as well as an immediate man – machine contact.

Az 1970-es évekig a komplex mélyfúrású geofizikai feldolgozó programrendszerek szinte kivétel nélkül batch üzemmódban dolgozó közepes, vagy nagyszámítógépekre készültek. Ezen rendszerek általában több interpretációs eljárást is tartalmaznak, de a felhasználónak a feldolgozás megkezdése előtt ki kell választani az adott viszonyoknak legjobban megfelelőt. Az ilyen a priori determinált feldolgozás új kutatási területek operatív értelmezésére csak nagy nehézségek árán használható, mivel a karotázs értelmezési gyakorlat alapvetően empirikus, statisztikus összefüggéseken alapszik. Az interpretációs állandók, függvények, sőt teljes algoritmusok mezonként, telepenként és teleprészenként is változhatnak. További komoly nehézséget jelent Magyarországon, hogy nem rendelkezünk egységes szelvényezési rendszerrel. Így egy standardizált feldolgozás még egy tároló viszonyok szempontjából homogénnek tekinthető telepben sem hajtható végre valamennyi kútra kiterjedően, a kutanként eltérő szelvényválaszték miatt

*OGIL, Budapest

A fenti nehézségek következtében a hagyományos batch üzemmódú értelmező rendszerek inkább a területi feldolgozásnál értek el jelentős sikereket, ahol azonos szelvényezettséggel rendelkező igen nagyszámú kút mélyült egy homogén tároló viszonyokkal rendelkező mezőre. Ilyen igen gazdaságos gépi értelmezés folyik például a tyumeni olajmezőn.

A karotázs értelmező programrendszerek univerzálissá tételét a francia LOGMATIC, az amerikai SARABAND, CORIBAND és egy sor további rendszer úgy kívánta elérni, hogy messzemenően felhasználták az úgynevezett cross-plot technikát. A cross-plotok értelmezése számítástechnikai szempontból egy többé, vagy kevésbé bonyolult alakfelismerő feladat megoldását jelenti.

Az említett három programrendszer a tároló paraméterek meghatározásához feltételezi jól kalibrált és lyukkompenzált szelvények meglétét. Ennek ellenére egyedül az agyagos homokkövek értelmezésére készült SARABAND rendszer végzi el a cross-plotok automatikus értelmezését. A bonyolult kifejlődésű tárolók értelmezésére is alkalmas LOGMATIC és CORIBAND rendszerek először szelvényadatokból ill. azok különböző transzformáltjaiból állítják elő az ún. elsődleges cross-plotokat. Itt a gépi feldolgozás megszakad. A cross-plotokat eljuttatják az értelmezési csoporthoz, ahol azokat manuálisan kiértékelik és az értelmezésükből nyert interpretációs konstansokat visszaküldik a számítóközpontba további gépi feldolgozásra.

A fenti példában bemutatott ember – gép kapcsolathoz hasonlóan emberi beavatkozás szükséges a digitális szelvények mélység, ill. amplitudó irányú hibáinak eliminálásához, egyes vezérszintek kiválasztásához, normalizációs módszerek közös vetítési szakaszainak kiválasztásához, az eredmények összetettebb minőségellenőrzéséhez és általában minden olyan speciális értelmezési módszerhez, ahol egy bonyolult alakfelismerő feladatot kell végrehajtani.

Az amerikai olajtársaságok közül a Phillips Petroleum Co. munkatársai számoltak be 1975-ben az SPWLA szimpóziumon olyan interaktív karotázs értelmező rendszerről, amely speciális interaktív grafikus perifériákkal (így mindegyiknél grafikus display-el) rendelkező kisszámítógépes (64 kbyte operatív memória) konfiguráción üzemel. Ugyanezen a szimpóziumon egy másik előadásban az Amoco Production Co. munkatársai is ismertettek egy interaktív szelvényadat-feldolgozó rendszert. Ez speciális perifériáit illetően hasonló az előbbihez, azonban táv-adatfeldolgozási rendszer keretében egy központi nagy számítógépre csatlakozik. A két rendszer hasonló software jellemzőkkel rendelkezik. Mindkettőnél lehetséges interaktív felhasználói beavatkozás az egyes geofizikai feldolgozó programok megválasztásakor, vezérlő és interpretációs paraméterek megadásakor, valamint speciális interaktív geofizikai programok futtatásakor.

A két amerikai programrendszer példáján belátható, hogy ellentét nem a nagy-, ill. kisszámítógépet felhasználók között áll fenn, hanem a karotázs interpretáció sajátos feladataihoz túlságosan merev teljesen automatikus batch feldolgozási mód és az értelmező szakember állandó aktív jelenlétét biztosító interaktív feldolgozási mód között.

A magyar olajipar karotázs szolgálatánál 1977-ben helyeztek üzembe egy új kisszámítógépes konfigurációt. A konfiguráció központi egysége egy TPA 70-es 64 kbyte operatív memoriával rendelkező magyar kisszámítógép, amely többek között 10 Mbyte-os mágneslemez háttértárral, továbbá az interaktív feldolgozást segítő grafikus display-jel, dob- és sík plotterrel rendelkezik.

A következőkben be szeretnénk mutatni a TPA 70-es kiszámítógépre készülő KÉR karotázs értelmező programrendszer főbb jellemzőit. Ehhez minde-
nekelőtt tisztázni kell a készülő rendszer legfontosabb alapelveit.

1. *Interaktivitás:* Általánosságban interaktív feldolgozási módon a számítógé-
rendszerek olyan üzemmódját értik, amely a feladat végrehajtása során lehetővé
teszi a részfeladatok sorrendjének megválasztását, különböző paraméterek on-
line megadását. A termináloknál tevékenykedő felhasználók párbeszédet foly-
tathatnak a számítógéppel.

Az interaktív szelvényadat-feldolgozásnál lehetőséget kell biztosítani az
interpretátornak a feldolgozás folyamatos nyomonkövetésére, egyes részered-
mények gyors grafikus megjelenítésére, a feldolgozási folyamatot módosító dön-
tések megadására, valamint aktív értelmezési tevékenység folytatására a ki-
mondottan interaktív geofizikai feldolgozó programok esetén.

Az interaktív feldolgozási mód tehát lehetővé teszi, hogy a karotázs inter-
pretátor beavatkozhasson a gépi feldolgozásba mindazon esetben, amikor a dön-
tések meghozatalához olyan szempontokat is figyelembe kell venni, amelyek elő-
zetesen a számítógép számára nem voltak megfogalmazhatók, vagy azokat az
ember a gépnél effektívebben tudja megtenni.

Az interaktív feldolgozást elsősorban a számítógép grafikus display-e teszi
lehetővé. Ez a periféria lehetőséget biztosít az input szelvényadatok, transzfor-
mált szelvények, különböző ponthalmazok (pl. cross-plotok), overlay-ek és egyéb
grafikus eredmények gyors megjelenítésére. Ezekon túl input eszközként biztosít-
ja a képernyőre kirajzolt görbék, ponthalmazok egyes elemeinek, vagy rész-in-
tervállumainak kijelölését, módosítását, eliminálását. Az így módosított infor-
máció visszakerül a számítógépbe és a továbbiakban ezzel folytatódik a fel-
dolgozás.

Az interaktív rendszer vezérlés másik eszköze az alfanumerikus display. A
számítógép és az interpretátor közötti dialógus, a vezérlő és interpretációs para-
méterek megadása ezen történik.

2. *Automatizálás:* Törekedni kell arra, hogy az interaktív lehetőségek biztosí-
tása mellett a tisztán adatfeldolgozási feladatokat teljes mértékben automati-
záljuk. Mindenekelőtt a feldolgozás előkészítés, a job szervezés és az adattár
levizsgálása történik automatikusan. Ezzel lehetőséget biztosít a rendszer az
előzetes manuális munka minimálissá tételére. Különösen jelentős lesz ez a lehe-
tőség a digitálisan rögzített szelvényadatok tömeges elterjedése után, mivel ekkor
nem mindig lesz lehetőség az analóg anyagok részletes tanulmányozására.

3. *Modularitás:* A KÉR rendszer önálló program modulokból épül fel. Ez
azt jelenti, hogy az egyes interpretációs, adattári, illetve az ezeket szervező moni-
tor programok egymástól független főprogramokként készülnek. A rendszer
együttfutása programláncolással jön létre, a monitor programok aktivizálják az
éppen szükséges adattári, vagy interpretációs programokat és azok a feladatuk
elvégzése után újból a monitor programokhoz fordulnak.

A moduláris felépítés előnye, hogy lehetőséget biztosít a rendszer folyamatos
fejlesztésére. Lehetőség van egy kezdetben kisebb igényű programcsomag gyors-
sabb létrehozására.

További előny, hogy csak az adott feladatnak megfelelő feldolgozó progra-
mok kerülnek behívásra, míg az adott esetben szükségtelenek nem terhelik az
operatív memoriát.

4. *Mágneslemezes adattár:* A nagy tárhatalmú (10 Mbyte) mágneslemezes
háttértár lehetővé teszi a kis belső memória (64 kbyte) kibővítését a közvetlen elé-

rési lehetőség segítségével. A mágneslemez egység fix lemezén helyezkednek el a KÉR programrendszer programjai, valamint a munka adattár. Itt biztosít helyet a rendszer az egyes programok nagyobb adattömbjeinek ideiglenes szegmentált elhelyezésére is.

A digitalizált szelvényértékeket, valamint kút-, szelvény- és közefizikai konstansokat tartalmazó törzsadattár a cserélhető mágneslemezen kerül elhelyezésre. Ugyancsak ide kerülnek a feldolgozások végeredményei.

5. *Szabványosított geofizikai szimbólumok:* A KÉR rendszerben használt geofizikai szimbólumok szabványosítása elengedhetetlen a rendszerrel való egyszerű geofizikai szintű kommunikáció érdekében. Mint a későbbiekben látni fogjuk, egy-egy hivatkozásokkal lehet kérni adott eljárások végrehajtását, vagy tetszőleges adatok lehívását az adattárból.

6. *Vezérlés szervező programmal:* Valamennyi geofizikai feldolgozó program szervezését egy monitor (szervező) program végzi. Ez biztosítja az adat- és jobbszervezés rutinszerű részeinek nagyfokú automatizálását. A felhasználó kéréseinek megfelelően összeállítja az adott feldolgozáshoz szükséges programok és adattömbök listáját. Megfelelő sorrendben behívja és elindítja az egyes feldolgozó programokat. Lehetőséget biztosít a részeredmények on-line levizsgálására és a feldolgozási folyamat interaktív módosítására.

A KÉR programrendszer összefoglaló folyamatábrája látható az 1. ábrán. A rendszer három eltérő funkciójú programcsomagból épül fel:

1. Adattári programcsomag.
2. Monitor (szervező) programcsomag.
3. Geofizikai feldolgozó programcsomag.

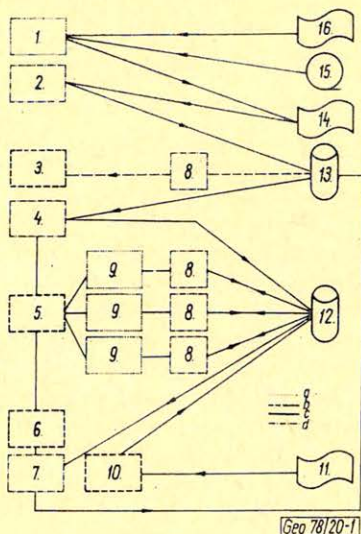
A fenti programcsomagokat három rendszeren kívüli előkészítő program egészíti ki:

- digitális szelvényadat-ellenőrző és mélységegyeztető
- törzsadattári felvivő
- programtár- feltöltő és karbantartó program.

A KÉR rendszer szervezésénél nagymértékben támaszkodtunk a mágneslemez file-kezelés nyújtotta lehetőségekre. A TPA 70-es számítógép operációs rendszere háromszintű adatelérést tesz lehetővé. Ezt a hármas hierarchiát mind az adattár, mind pedig a programtár és a rendszervezérlés megtervezésekor kihasználtuk. Az alábbi táblázat bemutatja az egyes mágneslemez adatárolási szintek és a karotázs adattár, ill. karotázs programtár fogalmainak megfeleltetését.

Master file directory

könyvtár	fúrás	programtár rendszernyilvántartás program
subfile	szelvény	egy szempont szerinti nyilvántartás
rekord	szelvény intervallum	egy eljárás adott szem- pontú leírása



1. ábra.

1. Adatminőség ellenőrző és mélységegyeztető program 2. Adattári felvívó program 3. Job-szervező program 4. Adattári lehozó program 5. Feldolgozás vezérlő program 6. Általános output program 7. Eredmény felvívó program 8. Adattári rutinok 9. Interpretációs programok 10. Programtár karbantartó program 11. Új interpretációs program 12. Fix lemez. Munka- és adattár 13. Cartridge. Törzsadattár 14. Javított archív szalag 15. Terepi digitális szelvények 16. Irodában digitalizált szelvények a) Interpretációs programok b) Monitor programok c) Adathordozók d) Adattári programok

Рис. 1.

1. Программа контролирования данных и согласования глубин. 2. Программа записи данных в накопитель. 3. Программа организации работ. 4. Программа управляющая обработкой. 5. Программа запроса данных из накопителя данных. 6. Общая „output” программа. 7. Программа записывающая результаты. 8. Библиотечные подпрограммы. 9. Интерпретационные программы. 10. Программа ухода за библиотекой данных. 11. Новая интерпретационная программа. 12. Фиксированный диск. Рабочая библиотека и библиотека данных. 13. Cartridge. Основная библиотека данных. 14. Исправленная архивная лента 15. Полевые цифровые диаграммы. 16. Диаграммы оцифрованные в лаборатории. а) Интерпретационные программы. б) Мониторные программы. в) Носители данных. г) Библиотечные программы.

Fig. 1.

1. Data Quality Control and Depth Adjusting Program 2. Data Handling Program 3. Job Organizing Program 4. Data Load Program 5. Process Control Program 6. General Output Program 7. Result Loading Program 8. Data Store Routines 9. Interpretation Programs 10. Program Store Supervisor 11. New Interpretation Program 12. Fixed Disc. Operative and Mass Store 13. Cartridge. Main Data Store 14. Corrected Archives Tape 15. Digital Field Logs 16. Manually Digitized Logs a) Interpretation Programs b) Monitor Programs c) Data Carriers d) Data Store Programs

Példaképpen bemutatjuk egy karotázs szelvény Z1, Z2 mélységintervallumban levő szakaszának lehívását az adattárból.

A lehívás két utasítással történik:

```
INIT (WELL, LOG, N, ERROR)
GET (N, Z1, Z2, MASS, HEAD, ERROR)
```

ahol: WELL — kútnév
 LOG — szelvénynév
 N — logikai szám (válasz paraméter)

Z1, Z2	–	mélységintervallum határok
MASS	–	tömbnév, ide kerülnek a szelvényadatok
HEAD	–	tömbnév, ide kerülnek a szelvény fejléc információk.

A feldolgozások megrendelése a KÉR rendszerben az alábbi opciók szerint történik.

A felhasználó választhat az interaktív és az automatikus üzemmód között. Az automatikus üzemmód feltételezi a különböző paraméterek lyukszalagra való előzetes rögzítését. Ilyen esetben valamennyi feldolgozás közbeni beavatkozási lehetőséget kizár a monitor.

Rendelhető pontonkénti vagy rétegenkénti feldolgozás. Rétegenkénti feldolgozásnál a monitor automatikusan begenerálja a feldolgozási gráfba a réteghatár kijelölő és jellemző érték meghatározó programokat.

A kútnév és a mélység intervallum mellett meg kell adni a litológia típusát is.

A kért eljárást, vagy eljárásokat általában a meghatározni kívánt paraméter vagy paraméterek szabványos azonosítóinak megadásával definiálhatjuk. Lehetőség van a végeredmény meghatározásához szükséges részeljárások konkrét megnevezésére is. Ilyenkor a feldolgozás ezek felhasználásával történik. A teljes feldolgozási gráf meghatározása egyébként automatikus. A monitor megvizsgálja, hogy a kért eredmények az adattárban megtalálhatók-e. Ha egy korábbi feldolgozás már előállította azokat, akkor a rendszer ezt bocsátja a felhasználó rendelkezésére. Egyébként a monitor a programtári nyilvántartást vizsgálja. Egy adott eredmény meghatározására a rendszer tetszőleges számú eljárást tartalmazhat a különböző szelvényezetttségi és tárolóviszonyoknak megfelelően. A különböző eljárások hatékonysága prioritás értékekkel van figyelembe véve. Litológiai típusonként eltérő prioritási sorrend adható meg. A feldolgozási gráf összeállítását a monitor a legnagyobb prioritású eljárás vizsgálatával kezdi el. A nyilvántartó táblázatokból megkeresi az eljárás input adat szükségletét. Megvizsgálja az adattár tartalmát. Az adattárban nem levő input adatokat megkísérli egy alprogrammal előállítani. Ehhez az alprogramot a főeljárással megegyező módon vizsgálja le. Az input oldalról kielégíthető alprogramok összessége alkotja végül a feldolgozási gráfot, amely egy mágneslemezes táblázatban kerül elhelyezésre. Ha egy program input igénye semmiképpen sem elégíthető ki, a monitor eggyel alacsonyabb prioritású, ugyanazon paraméter előállítására képes programot keres.

Algoritmikusan a feldolgozási gráfnak egy mátrix felel meg, amelynek legelső eleme a felhasználó által kért eljárás. Az automatikus feldolgozás során minden eljárás alprogramjai a mátrix rákövetkező sorában kapnak helyet. Minden eljárás a mátrix adott sorában két egymás utáni helyet foglal el, ahol az eljárás neve és a többi programmal való kapcsolata van nyilvántartva.

Ezen információk tárolása numerikus kódokkal történik, és dinamikusan változik új alprogramok generálásánál, illetve eljárások vagy alprogramok cseréjénél. A mátrix adattári, illetve programtári levizsgálása az alprogramok vizsgálatával kezdődik.

A feldolgozási gráf elkészülése után a felhasználó által kért eljárás előállításához szükséges adattári és programtári eljárások kimentődnek a mátrixból, és újabb gráf generálása következik.

A fenti automatikus jobb generálás lényege, hogy egy kért eljárás input adat igénye előre, a programrendszerbe kapcsolásakor rögzíthető, és ez vagy az adattárból elégíthető ki, vagy egy másik program alkalmas a hiányzó input előállítására. Olyan programok esetén, amelyek különböző geofizikai paraméterekkel

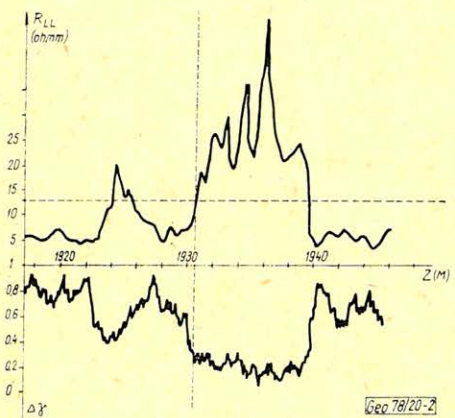
is dolgozhatnak (pl. mélységegyeztető, cross-plot stb.), a monitor lekérdezi az értelmezőt a használandó paramétereikről.

Lehetőség van a számítógépes karotázs értelmezésben igen gyakori iterációs eljárások egyszerű megvalósítására. Ehhez egy iterációs kritérium vizsgáló alprogram készül, amelyet a monitor kezel. Ez lehetővé teszi az automatikus visszaléptetést a feldolgozási gráf megadott alprogramjára mindaddig, amíg az iterációs kritérium nem teljesül.

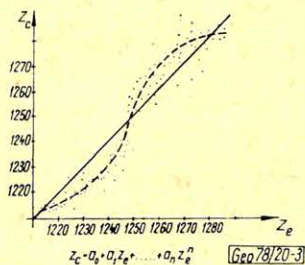
Lehetőség van a KÉR rendszerben standard eljárások rögzítésére is. Ezekre speciális nevekkel lehet hivatkozni. A feldolgozási gráf ilyenkor a priori rögzítetten egy mágneselemes táblázatban van elhelyezve. A standard eljárások használata elsősorban a területi feldolgozásoknál indokolt.

Az interaktivitást a monitor feldolgozás közben a következő szolgáltatásokkal segíti.

- Lehetőséget biztosít minden egyes alprogram lefutása után a részeredmények megjelenítésére.



2. ábra. – Puc. 2. – Fig. 2.



3. ábra. – Puc. 3. – Fig. 3.

- A feldolgozás megváltoztatott paraméterekkel a feldolgozási gráf tetszőleges alprogramjától újra indítható.
- A feldolgozási gráf alkalmas pontjaiba további a programtárban fellelhető alprogram illeszthető. Az új alprogram helyét a gráfban a monitor automatikusan jelöli ki.

Befejezésül szeretnénk bemutatni egy interaktív mélységegyeztető programot az interaktív geofizikai feldolgozó programok illusztrálására.

A program egy etalon szelvényhez transzformálja a többi szelvény mélységskáláját. Először az etalon szelvény és a korrigálandó szelvények páronként megjelenítésre kerülnek a grafikus display-en (2. ábra). Az interpretátor a fonálkereszt segítségével tetszőleges számú összetartozó jellegzetes pontot jelölhet a két szelvényen. Ezt elvégzi a teljes feldolgozandó intervallumra és valamennyi felhasználható szelvényre. Az összetartozó mélységértékek a memóriában tárolódnak. Az interpretátor tevékenységének befejezése után a program valamennyi korrigálandó szelvény és az etalon szelvény összetartozó mélységértékeihez magasabb fokú polinomot illeszt (3. ábra). A kapott polinomokkal transzformálja a korrigálandó szelvény mélységskáláját.

A komlói andezit építőipari minősége és geofizikai paramétereinek közötti kapcsolat

KISS EMIL ZOLTÁN – SZLABÓCZKY PÁL*

Négy geofizikai mérés csoport (mágneses, felszíni geoelektromos, karotázs és természetes gamma-sugárzás mérések) eredményeit hasonlítják össze az építőipari andezitek litológiai paramétereivel a komlói területen abból a szempontból, hogy a geofizikai mérések mennyiben nyújtanak lehetőséget a kőzet-minőség meghatározására.

В работе сравниваются результаты геофизических измерений четырёх вида (магнитные, геоэлектрические, каротажные и измерения естественного гамма-излучения) с литологическими параметрами андезитов строительной промышленности находящихся в районе Комло, с целью выяснения того, что какие возможности дают геофизические измерения для определения качества пород.

Results of four geophysical methods (magnetic, surface electric, well-logging and natural gamma-radiation) are compared with lithological parameters of andesites of building industry on the Komló area in order to state to what an extent geophysical measurements are able to provide means for determination of rock quality.

Az alapadatok bizonytalansága ellenére érdemesnek tartjuk a földtani kutatás iparban előforduló litológiai és geofizikai paraméterek összehasonlítását, hiszen munkavégzésünk közben nap mint nap vitatkozunk ezekről az összefüggésekről. Példaként a Baranya megyei, nagy gazdasági jelentőségű geológiai haszonanyagot, a komlói andezit előforduláson mutatjuk be vizsgálatainkat az ipari geofizika négy szakterületéről.

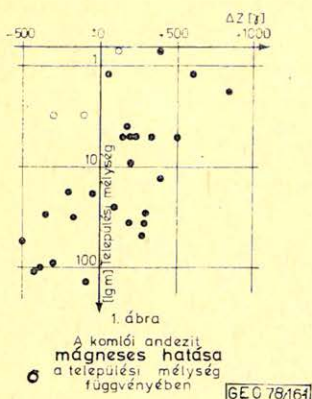
Mágneses korrelációs kísérlet

A Magyar Állami Geofizikai Intézet 1955–61. között készült mágneses méréseinek eredményét összevetettük a fúrásokkal feltárt andezit-adatokkal. Az 1. ábrán bemutatott andezit fedővastagság és mágneses szuszceptibilitás korrelációja csak laza kapcsolatot mutat. Ezt nagy részben az alapadatok bizonytalansága okozza. A fúráspontokon csak $\pm 50-80 \gamma$ hibán belül lehetett meghatározni a szuszceptibilitás értéket, geodéziai okok miatt. A mérési hálózat 100×100 méteres volt, így a mérési pontoktól 50–60 méterre is eshetett fúrás. A felhasznált mágneses térképet Zsille Antal szerkesztette 1961-ben.

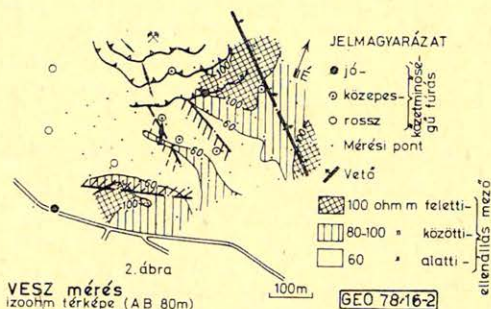
A korrelációs diagramról a következők olvashatók le:

1. A vizsgált andezit mágneses szuszceptibilitása a mélységgel *exponenciálisan csökken*, ez megfelel a ferromágneses hatás elméleti törvényszerűségének.
2. Azonos mélységből a felszíni hatás több száz gammás, *tág intervallumban* jelentkezik. Ezért 50 m-nél mindenképpen sűrűbb, esetleg 5–10 m sűrűségű mérési hálózatot kell építőipari kutatásnál kialakítani, mivel egy-egy geomorfológiai egységről csak igen nagy számú adatból kaphatunk helyes képet.

*Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat



1. ábra. — Puc. 1. — Fig. 1.



2. ábra. — Puc. 2. — Fig. 2.

3. Térszín közeli, 10 m-nél nem mélyebb andezit felszín esetén még igen nagy biztonsággal pozitív gamma érték adódik; ennél mélyebben fokozatosan nullánál kisebb értékek dominálnak.
4. Három „rendhagyó” túl kicsi gamma értékű de magas andezit helyzetű pont az andezit tömeg szegélyén adódott. (Az ábrán üres karikákkal jelölve.)
5. Kísérletet tettünk a mágneses mérés szempontjából „mértékadó” felső andezit szakaszok kőzetminősége és a mágneses hatás kapcsolatának kimutatására, de ez ebben az esetben eredménytelen volt. Az üde, átmeneti és bontott andezit feldolgozása semmiféle összefüggést nem mutatott a mágneses szuszceptibilitással.

A felszíni geoelektromos (VESZ) mérés fúrási eredményekhez viszonyított „találatairánya”

A Földtani Kutató és Fúró Vállalat 1973-ban egy 300×500 m-es területen VESZ mérést végzett a kőbánya fejtési frontja mögötti területen. A mérési pont-sűrűség 50×50 m volt. A méréseket és kiértékelést Herédi Pál végezte.

A 2. ábrán az AB 80 m-es terítési távolságból szerkesztett izoohm térkép ritkított változatát mutatjuk be, feltüntetve ennek a behatolási mélységnek megfelelő fúrási szakaszok kőzetminőségét a fúrási pontokon. (Ezt a fedővastagság és a 20–25 m-ig terjedő andezitszakasz adta.) Közvetlenül az értékelte területre 7 db fúrás esett, de a feltüntetett ellenállási mezőkkel — a geológiai környezet ismeretében — kapcsolatba hozható további három fúrás. A 10 fúrásból 3 db „rossz” kőzetminősítésű, a 60 ohmm-nél kisebb ellenállás mezőbe ill. annak feltételezett folytatásába esik. 2 db „jó” minősítésű fúrás a 100 ohmm-nél magasabb ellenállású mező szélén, ill. nagy biztonsággal feltételezett folytatásában található. 1 db „közepes” minősítésű fúrás a 60–100 ohmm közötti átmeneti ellenállási mező magasabb értékű határa közelébe esett. Mindezek a fúrások kőbányászati értelmezés szerint *megfelelnek* a mérési adatoknak. A további három fúrás „közepes” minősége ellenére a „rossz” minőséget jelentő kis ellenállású mezőbe esik, látszólag hamis geoelektromos értékelést mutatva. Azonban ha az ezek közelében húzódó, és ezek minőségének megfelelő 60–100 ohmm-es zóna szer-

készítését összevetjük a mérési pontok helyzetével, látható, hogy ez a zóna az ábrázolt 10–30 m szélesség helyett akár 50–80 m széles is lehet a mérőállomások között. Így tehát az „átmeneti” intervallumú ellenállás mező közelebb kerülhet az ennek megfelelő kőzetanyagú fúrásokhoz.

A sok bizonytalansággal terhelt összehasonlítás eredménye: 10 fúrás közül 7 db a felszíni mérési eredmények helyességét igazolta, további 3 db látszólagos ellentmondásban van az értelmezéssel. Az ábrázolt fúrásokon kívül más adatokból is megszerkesztett széles meddőzónát (amit sraffos vonallal határolunk) a mérések *kimutatták*. Levonható következtetés, hogy kőbányászati kutatásnál a komlóihoz hasonló modellen az 50×50 m-es VESZ háló általában elegendő, de sűrítő mérések is szükségesek.

* * *

A továbbiakban a komlói andezit építőipari minőségének *karotázs paraméterek* alapján történő vizsgálatával foglalkozunk, 22 db – fő célját tekintve kőszénkutató – fúrás alapján.

Minthogy a fúrólukak jelentős része olyan időszakban (1954–59) mélyült, amikor nukleáris mérések még nem történtek, a számba jöhető paraméterek közül egyedül a látszólagos fajlagos ellenállás szelvényeket állt módunkban valamennyi fúrás esetében vizsgálni. A radioaktív (természetes-gamma, gamma-gamma és neutron-gamma) felvételeket mindössze 8 db fúrásban tanulmányozhattuk.

Az említett paramétereket a szóbanforgó 22 db fúrás karotázs szelvényén elsősorban azokon a szakaszokon tanulmányoztuk, amelyekről tényleges technológiai-laboratóriumi vizsgálatokkal (ilyen sajnos csak a K–176. volt), vagy makroszkópos kőzetleírás alapján becsléssel megállapított minőség adatokkal rendelkezünk.

Elektromos mérések értékelése

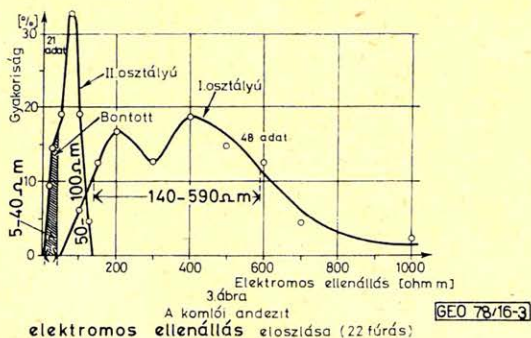
A bemutatásra kerülő két ábrán feltüntetett látszólagos fajlagos ellenállás értékeket a valódi jól megközelítő 4 m behatolású *gradiens szondás* felvételekből olvastuk ki, s így ezek mint ismeretes, felhasználhatók a kőzetek fajlagos ellenállásának jellemzésére.

A 3. ábrából kitűnik, az I. osztályúnak becsült kőzetek 50–1000 ohmm közötti értékintervallumban mozognak, gyakorlati eloszlásukat tekintve 140–590 ohmm között dominálnak.

Hangsúlyozzuk, hogy a K–176. fúróluk kivételével az andezitek minőségének megállapítása nem technológiai vizsgálatok, hanem makroszkópos kőzetleírás alapján – szubjektív hibákat is magában hordozó – becsléssel történt. *Ha a makroszkópos úton becsült minőség adatokból eltekintünk és pusztán geofizikai szemszögből vizsgáljuk az értékeket, akkor azt a megállapítást tehetjük, hogy I. osztályú andezitek a 150 ohmm felettiiek tekinthetők.*

A II. osztályú andezitek az ábra alapján 5–135 ohmm-ig terjedő fajlagos ellenállással jelentkeznek és százalékos eloszlásuk 50–100 ohmm között a leggyakoribb.

Az ellenállás- és a természetes-gamma szelvények komplex vizsgálatából egyértelműen megállapítható volt, hogy a 40 ohmm-t meg nem haladó fajlagos ellenállású és a 15 $\mu R/\rho$ alatti természetes-gamma aktivitású andezitek erősen bontottak, így geofizikailag nem minősíthetők II. osztályúnak. (A bontottságot számos esetben a fúrólukban kimutatott kavernák és a neutron-gamma felvételeken a megnőtt neutronporozitás is alátámasztották.)



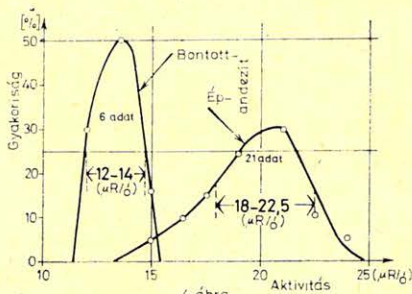
3. ábra. — Puc. 3. — Fig. 3.
A komlói andezit elektromos ellenállás eloszlása (22 fűrés)

A radiológiai mérések vizsgálata

A 4. ábra a komlói andezit változatok mikroR/ó-ban kifejezett természetes gamma sugárzásának gyakorisági eloszlását mutatja.

A jobboldali görbe az I. és II. osztályú, még a baloldali a bontott andezitek és az agglomerátumok gyakorisági eloszlását együttesen tünteti fel.

Az ábrából élesen kitűnik, hogy az I. és II. osztályú andezitek 18,0–22,0 $\mu R/\delta$, míg a bontottak és az agglomerátumok 12,0–14,5 $\mu R/\delta$ természetes gamma sugárzás érték intervallumban fordulnak elő leggyakrabban. Ez a körülmény, valamint az a megfigyelés, hogy a magasabb természetes gamma aktivitáshoz nagyobb fajlagos ellenállás – tehát jobb minőségű kőzet – tartozik, lehetővé teszi az építőipari célokra alkalmas andezitek pusztán természetes gamma intenzitás adatok alapján való megállapítását. Ez azért jelentős, mivel a kőbányászati fűrészek túlnyomó többsége csak száraz fűrészeket biztosít a karotázis mérésekhez. Ennek kapcsán felvetődik a minőségi osztályozás bányászati viszonyok közötti lehetősége, természetes gamma sugárzás mérések útján. Célszerűnek látszana 25–30 db andezit mintán laboratóriumi körülmények között természetes gamma sugárzás méréseket végezni. A minőség- és a természetes gamma aktivitás növekedése közötti kapcsolat tisztázása céljából színképelemző vizsgálatok szükségesek.



4. ábra. — Puc. 4. — Fig. 4.
A természetes gamma sugárzás aktivitás eloszlása (8 fűrés)

Lapszemle

Magyar Tudomány Új folyam, XXIII. köt. 10. sz., 1978. október

Ádám Antal: Növekvő érdeklődés a KAPG együttműködés iránt, 784–785. old.

Az 1978. április 11–23. között Sopronban az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete szervezésében tartott XIII. általános KAPG ülészakról közölt beszámoló kapcsán a szerző kitér a KAPG-nek, mint nemzetközi tudományos együttműködési szervezetnek egyre növekvő jelentőségére, sokrétűségére, melyet a munkacsoportok felsorolásával jellemez. Az együttműködés eredményeinek monográfiákban való összegezése is megkezdődött és az első ilyen kiadvány (Geoelectric and Geothermal Studies, 1976) éppen hazánkban jelent meg az itt ismertetett beszámoló szerzőjének szerkesztésében.

* * *

Magyar Tudomány Új folyam, XXIII. köt. 11. sz., 1978. november

Simon Ágoston: Utóhang: A kimeríthetetlen geotermikus energia, 880 old.

Hozzászólás Boldizsár Tibor cikkéhez (M. T. 1978. 2. sz.). A szerző felhívja a figyelmet a geotermikus energiának egy – a Boldizsár által tárgyalt módoknál talán gazdaságosabb – felhasználására, az elektromos áram termelésre.

T. G.

Lapszemle

Földtani Közlöny 108. kötet, 2. sz. 1978.

Balla Zoltán: A Magas-börzsönyi paleovulkán rekonstrukciója, 119–136. old.

A dolgozat széleskörűen figyelembeveszi a területen végzett geofizikai mérések eredményeit, elsősorban a MÁELGI Ércutatási Osztályának kéziratban levő kutatási jelentéseit.

Stegena Lajos – Horváth Ferenc: Kritikus tethysi és pannon tektonika, 149–157. old.

A cikk a szerzőknek a Földtani Közlöny 105/2. számában megjelent „A pannon medence késő-kainozóos fejlődése” című dolgozatához fűzött Balkay-hozzászólás tükrében kritikus szemmel vizsgálja az általuk a Pannon-medence késő-kainozóos fejlődésére adott lemeztectonikus modellt és az azzal kapcsolatban felmerülő „egy sor izgató kérdést”. Befejezésül felsorolnak ezek közül többet, és javaslatot tesznek további kutatásokra.

Benkő Ferenc: Elgondolások a hazai földtani könyvkiadás hosszútávú programjának kialakítására, 235–241. old.

A Magyarhoni Földtani Társulat a Földtani Közlöny hasábjain „vitaforumot” nyitott azzal a céllal, hogy a tagságtól fokozottabban tájékozódjék a magyar földtant érintő időszerű kérdésekről. A jelen cikk elsőként a földtani könyvkiadás hosszútávú programjának kialakításával foglalkozik. A geofizika szerepét a koncepcióban a következő mondat tartalmazza: „Nem tér ki a kidolgozott koncepció a geofizikai művekre – ennek megítélésére más szakterület hivatott...”.

T. G.

Lapszemle

Mérés és Automatika XXVI. évf. 10. sz. 1978. október

Petik Ferenc: Nemzetközi Mértékegység-rendszer (SI), 361–368. old.

Az új „SI” mértékrendszer bevezetése jelentős átállást von maga után valamennyi tudományágban és a gyakorlati élet, különösen a műszaki tevékenység minden vonatkozásában. Érthető tehát, hogy számos cikk, utasítás, jogszabálygyűjtemény foglalkozik világszerte az új mértékrendszer bevezetésével kapcsolatban fellépő kérdésekkel. A geofizikai alkalmazásokkal kapcsolatban lapunk előző számaiban közzöltük Salamon Batur cikkét.

A Mérés és Automatika idézett számában megjelent cikk rendszerbe foglalva közli az SI bevezetésével kapcsolatban az idevágó legfontosabb ismereteket, a történeti fejlődést, a kérdést nemzetközileg szabályozó szervezeteket, az érvényben levő egyezményeket, az új rendszer bevezetésének

célját és jelentőségét, valamint kitér az átállással kapcsolatos néhány kérdésre, egyes „megszűnő” egységek „elparentálására” (mázsa, lóerő stb.) és „ajánlásokat” is tartalmaz az Országos Mérésügyi Hivatal munkatársai számára az egyes kényes kérdések gyakorlati kezelésénél követendő „eljárásra” vonatkozóan. Így pl. azt ajánlja, hogy ha valaki tömeg helyett „súly”-t mond, azzal szemben legyek „toleránsak”.

Lapszemle

Általános Földtani Szemle 11. sz. 1978. A Magyarhoni Földtani Társulat Általános Földtani Szakosztályának időszakos kiadványa. Szerkeszti: Dudich Endre. Sokszorosítás, kéziratként.

Wein Gy.: A Kárpát-medence kialakulásának vázlata, 5–34. old. 5 ábra.

A dolgozat lényegét az azóta elhunyt szerző a Kárpát-Balkán Geológiai Asszociáció munka-értekezletén, Hercegnoviban (Jugoszlávia) adta elő 1975 márciusában. Később (1976. nov. 22-én) a Magyarhoni Földtani Társulat Általános Földtani Szakosztályában is tartott a szerző ilyen tárgyú előadást, de arra már nem volt ideje, hogy a végleges szöveget leírja. A Szakosztály megbízásából Kőrössi László végezte el a szövegeztést az előadás kéziratos vázlata és saját jegyzetei, valamint az előadóval folytatott baráti beszélgetések alapján. A bemutatott összefoglaló képet a dolgozat beilleszti a történeti háttérbe, felsorolva és értékelve azokat a fontosabb munkákat, melyek a problémakör dinamikus megoldásai valamelyikéhez kapcsolódtak. Az összefoglalás után számos megoldandó kérdést is felsorolnak, köztük olyanokat, mint az ofiolitok kora és tektonikai jelentőségük, a „mellétei-sorozat” és a vele kapcsolatos ultrabazitok és ofiolitok kérdése, a kurdi ofiolitok hovátartozása stb.

A dolgozatot 76 munkából álló irodalomjegyzék és angol összefoglalás egészíti ki, ezzel is hozzájárulva a dolgozat hasznosságához a tárgyalt alapvető problémakör tanulmányozásánál.

Könyvszemle

Annual Report 1977, Geophysical Observatory Tihany (A Tihanyi Geofizikai Observatórium 1977. évi jelentése.) A MÁELGI kiadványa, 1978, sokszorosítás. Főszerkesztő: Müller Pál, szerkesztő: Szabó Zoltán, technikai szerkesztő: Nagy M. 66 old.

A kiadvány a szokásos alakban tartalmazza a Tihany-observatóriumban 1977 folyamán végzett mágneses (7–52. old.) és whistler (53–66. old.) észlelések eredményeit. Az összeállítást Aczél Etelka végezte, Tóth Péter és Hegymegi László közreműködésével.

T G.

A geotermikus kutatásban használatos fizikai mennyiségek és mértékegységek

HORVÁTH FERENC*

A cikk a geotermikában használatos legfontosabb mennyiségeket foglalja össze, különös tekintettel az új SI egységekre. Néhány színpélda és Magyarország új hőáramtérképének bemutatásával az új egységek mielőbbi elterjedését kívánja elősegíteni.

В работе приведены наиболее важные величины, используемые в геотермике, причем специальное внимание уделялось новым единицам СИ. Целью данной статьи является наиболее быстрая популяризация единиц СИ посредством представления некоторых численных примеров, а также новой карты теплового потока Венгрии.

The paper recapitulates the most important quantities used in geothermics with special emphasis on the new SI units. Its aim is to support the earliest possible popularization of them by giving some numerical examples and presenting the new heat flow map of Hungary.

1. Bevezetés

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Mélyfúrási Geofizikai Szakosztálya és a Magyar Hidrológiai Társaság Hidrogeológiai Szakosztálya külső szakemberek bevonásával 1978 márciusában vitautlést rendezett a hazai geotermikus kutatások helyzetéről és problémáiról. Az ülés vitaindító előadását Lakatos Sándor, a Mélyfúrási Geofizikai Szakosztály titkára tartotta. Az előadás és az azt követő vita az alábbi témákkal foglalkozott:

1. A geotermikában használatos mennyiségek nevezéktana és mértékegysége, különös tekintettel az új nemzetközi mértékegység-rendszerre (SI).
2. Rutinszerű kútvizsgálatok során használatos hőmérsékletmérések mérés-technikai problémái.
3. Módszertani lehetőségek geotermikus és hidrogeológiai adatok szervezésére kútvizsgálatok során.
4. Kutatási és szervezési feladatok, javaslatok.

A vita világosan felszínre hozta, hogy a hazai rutinszerű kútvizsgálatok alkalmával végzett geotermikus mérések komoly módszertani és különösen mérés-technikai problémákkal küzdenek. Általános volt az a vélemény, hogy a geotermika növekvő gazdasági-tudományos jelentősége konkrét főhatósági (KFH, OVH) intézkedéseket tesz szükségessé a geotermikus adatszolgáltatás pontosságának fokozására és a korszerű módszerek alkalmazásán alapuló kutatások megvalósítására. A geotermikus kutatásokban való előrelépést elősegítendő, a vitautlést célszerűnek látta, hogy a geotermikában leggyakrabban használt fizikai mennyiségeket összefoglaljuk és a kötelezően bevezetett SI mértékegységek mellett egységes nevezéktan és jelölések használatát is javasoljuk.

* ELTE Geofizikai Tanszék.

2. Mennyiségek, jelölések, mértékegységek

A geotermikában használatos legfontosabb mennyiségeket valamint néhány más, a kútgeofizikában és a rezervoárméchanikában használt, kapcsolódó mennyiséget az 1. táblázat tartalmazza. A táblázat első oszlopában az egyes mennyiségek magyar szakirodalomban meghonosodott és a világnyelvek szóhasználatával összhangban levő elnevezései vannak. A másik oszlop – az egységes használat érdekében – javaslatokat ad az egyes mennyiségek jelölésére. A harmadik oszlop az SI egységet adja meg. A negyedik oszlop megadja, hogy más, ez ideig széles körben használt egységek (elsősorban CGS egységek) hogyan számíthatók át SI egységekre.

1. táblázat

Geotermikus és más kapcsolódó fizikai mennyiségek

Elnevezés	Javasolt jelölés	SI egység	Átszámítás más egységekről
Hőmérséklet	T	K	$T (^{\circ}\text{Celsius}) = T (\text{Kelvin}) - 273,15$
Hőmérsékletkülönbség	ΔT	K	$1 \text{ K} = 1 ^{\circ}\text{C}$
Idő	t	s	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}; 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}; 1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$
Hőmennyiség	Q	$J = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$	$1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}; 1 \text{ kcal} = 4187 \text{ J}$
Entalpia	H	J	$1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}$
Fajlagos entalpia	h	J/kg	$1 \text{ cal/g} = 1 \text{ kcal/kg} = 4,187 \cdot 10^{-3} \text{ J/kg}$
Geotermikus gradiens	G	K/m	$1 ^{\circ}\text{C/m} = 1 \text{ K/m}; 1 ^{\circ}\text{C/km} = 10^{-3} \text{ K/m}$
Geotermikus mélységlépcső (Reciprok gradiens)	G^{-1}	m/K	$1 \text{ m}/^{\circ}\text{C} = 1 \text{ m/K}$
Hőteljesítmény (hőáram)	Φ	$W = \text{J/s}$	$1 \text{ cal/s} = 4,187 \text{ W}; 1 \text{ LE} = 735,5 \text{ W}$ $1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$
Hőáramsűrűség	q	W/m^2	$1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s} = 4,187 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$ $1 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} = 1,163 \text{ W/m}^2$
Hővezetőképesség	λ	$\text{W/m} \cdot \text{K}$	$1 \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C} = 4,187 \cdot 10^2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $1 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C} = 1,163 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Hőmérsékletvezető képesség (Hődiffuzivitás)	κ	m^2/s	$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Fajhő	c	$\text{J/kg} \cdot \text{K}$	$1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C} = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} = 4,187 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
Sűrűség	ρ	kg/m^3	$1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$
Fajlagos hőteljesítmény (hőgeneráció)	A	W/m^3	$1 \text{ cal/cm}^3 \cdot \text{s} = 4,187 \cdot 10^6 \text{ W/m}^3$
Térfogati fajhő	C	$\text{J/m}^3 \cdot \text{K}$	$1 \text{ cal/cm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C} = 4,187 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$
Nyomás	p	$\text{Pa} = \text{N/m}^2$	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}; 1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Dinamikus viszkozitás	η	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	$1 \text{ P} = 1 \text{ g/cm} \cdot \text{s} = 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Kinematikus viszkozitás	ν	m^2/s	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Fajsúly	γ	N/m^3	$1 \text{ pond/cm}^3 = 9,80665 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$
Kútátmérő	D	m	
Kútsugár	r_0	m	
Kúttengelytől mért távolság	r	m	

Megjegyzések az 1. táblázathoz

A termodinamikai hőmérséklet és hőmérsékletkülönbség SI egysége a Kelvin fok (jelölése K, fok szimbólum nélkül!), de az SI rendszer nem tiltja a Celsius skála kiegészítő használatát.

A hőmennyiség SI egysége az 1 joule = 1 J és 4,187 J tesz ki 1 caloriát. Célszerű ezt az összefüggést megjegyezni, mert segítségével a geotermikában használt más egységek zöme könnyen átszámítható SI egységekké.

Az *entalpiát* (vagy másnéven hőtartalmat) a $H = U + pV$ összefüggés definiálja, ahol U egy termodinamikai rendszer belső energiája, p és V nyomása, illetve térfogata. Mivel ez a termodinamikai rendszer hasznosítható munkájával kapcsolatos mennyiség, geotermikus rezervoárok jellemzésére használják. Gyakran célszerűbb a tömegegységre (1 kg-ra) jutó entalpiát, azaz a *fajlagos entalpiát* megadni.

A *geotermikus gradiens vektormennyiség*, amelynek komponenseit a $T(x, y, z)$ hőmérsékleti tér helykoordináták szerinti parciális deriváltjai adják meg: $\vec{G} = \{\partial T/\partial x; \partial T/\partial y; \partial T/\partial z\}$. A földkéregben a hőmérséklet vízszintes irányú változásainál általában jóval nagyobbak a függőleges irányú változások, ezért előbbieket gyakran elhanyagolhatók. Ekkor

$$G = \frac{dT}{dz} \quad (1)$$

ahol z a függőlegesen lefelé mutató koordináta. A geotermikus gradiens általában a mélység függvénye. Valamely Δz mélységszakaszra vonatkozó *átlagos gradienst* a

$$\bar{G} = \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad (2)$$

differenciálhányadossal értelmezzük; ΔT a mélységszakasz alja és teteje közti hőmérsékletkülönbség. A fentiek értelemszerűen vonatkoznak a geotermikus mélységlépcsőre is. Mindkét mennyiség esetén az egységben akár Kelvin, akár Celsius fokot írhatunk (a számérték változtatása nélkül). Számítások során mégis célszerűbb a K jelölést használni, hiszen más termikus SI egységekben a K jel szerepel (1. táblázat).

Valamely felületen időegység alatt átáramlott hőmennyiség a *hőteljesítmény*, vagy hőáram. Ha ugyanezt még egységnyi felületre is vonatkoztatjuk, a *hőáramsűrűséget* kapjuk. A hőáramsűrűség vektormennyiség, amelyet a hőtér valamely pontjában a következő összefüggés ad meg, vezetéssel (konduktív) hőtranszport esetén:

$$\vec{q} = -\vec{\lambda} \vec{G}, \quad (3)$$

ahol $\vec{\lambda}$ a hővezetőképesség-tenzor. A negatív előjel azért szerepel, mert a növekvő hőmérsékletek irányába (tehát lefelé) mutató gradiensvektorral ellentétes irányban (vagyis felfelé) áramlik a hőmennyiség. A geotermikus gyakorlatban (3)-nál jóval egyszerűbb alakot használunk. Általában nem nagy hibát követünk el, ha a fúróluk környezetét horizontális helyzetű, rétegenként konstans hővezetőképességű rétegsorral helyettesítjük és függőleges irányú (vezetéssel) hőáramlást tételezünk fel (ún. egydimenziós közelítés).

Ekkor rétegenként igaz a

$$q = \lambda_i G_i \quad (4)$$

skalár egyenlet, ahol λ_i és G_i az i -edik rétegben érvényes hővezetőképesség, illetve gradiens. Levezethető továbbá, hogy

$$q = \frac{\Delta T}{\sum_{i=1}^n l_i / \lambda_i} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\bar{\lambda}} \cdot \frac{\Delta T}{\sum_{i=1}^n l_i} = \bar{\lambda} \cdot \bar{G}, \quad (5)$$

ahol l_i = az i -edik réteg vastagsága,

ΔT = a rétegsor teteje és talpa közötti hőmérsékletkülönbség,

$\bar{\lambda}$ = a rétegsor ekvivalens (vagy harmonikus közép) hővezetőképessége,

\bar{G} = az átlagos geotermikus gradiens.

Ez az összefüggés a földi hőáram-sűrűség meghatározásának alapösszefüggése. A

$\sum_{i=1}^n l_i/\lambda_i$ mennyiség az n számú párhuzamos rétegből álló összlet rétegezett-ségre merőleges irányú hőellenállása. A hőellenállás SI egysége a $m^2 \cdot K/W$. Néha az egydimenziós közelítés számottevő hibát adhat. Ez fordul elő például akkor, ha a fúróluk közelében meredek állású vető helyezkedik el, amely két lényegesen eltérő hővezetőképességű réteget választ el. Ekkor ugyanis a vetőzóna környezetében az izotermák erősen eltérnek a vízszintestől, ezért a nem függőleges irányú gradienskomponensek (és így hőáramkomponensek) már nem elhanyagolhatók. Többször nehézséget okoz a hővezetőképességi anizotropia is. Ez általában palás, mikrorétegzett kőzetekben lép fel, amikor is a kőzet nem jellemezhető egyetlen λ értékkel, mert a rétegződés irányában 1,0–2,5-ször nagyobb lehet a kőzet hővezetőképessége, mint arra merőleges irányban. A földi hőáram-sűrűség meghatározás a legnagyobb nehézségekkkel ott találkozik, ahol a konduktív hőteret folyadékáramláshoz kapcsolódó (konvektív) hőszállítás számottevően torzítja.

A hőmérsékletvezető-képességet a

$$\kappa = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (6)$$

kifejezés definiálja, ahol ρ a sűrűség, c a fajhő. A hőmérsékletvezetőképesség a nem stacionárius hővezetést leíró Fourier-egyenletben szerepel:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (7)$$

és a hőmérsékleti zavar terjedésére, a hőmérséklet-kiegyenlítőds gyorsaságára jellemző mennyiség. Ezt a következő példán szemléltetjük. Végtelen kiterjedésű λ és κ termikus paraméterekkel jellemzett homogén, izotróp közeget végtelen hosszú vonalforrás fűt, $t=0$ időpillanattól. A (7) egyenlet megoldása szerint a vonalforrástól r távolságban, t időpontban a hőmérsékletemelkedés értéke

$$T(t, r) = \frac{\Phi_l}{4\pi\lambda} \int_0^t \frac{e^{-r^2/4\kappa t}}{t} dt, \quad (8)$$

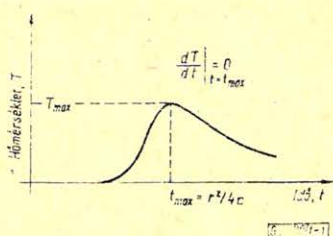
ahol Φ_l a vonalforrás hosszegységre vonatkoztatott hőteljesítménye. Tekintsük azt az esetet, amikor a vonalforrás csak egy igen rövid dt hosszúságú „hőimpulzust” ad le.

Ekkor

$$T(t, r) = \frac{Q_l}{4\pi\lambda} \frac{e^{-r^2/4\kappa t}}{t}, \quad (9)$$

ahol $Q_1 = \Phi_1 \cdot dt$ az egységnyi hosszban leadott hőmennyiség. Könnyen belátható, hogy a vonalforrástól valamely r távolságban a hőmérsékleti impulzus az 1. ábrán látható alakú és a csúcs beérkezési ideje csak κ -tól függ:

$$t_{\max} = \frac{r^2}{4\kappa} \quad (10)$$



1. áb.a. Végtelen közegben terjedő hőimpulzus

Рис. 1. Распространение теплового импульса в бесконечной среде

Fig. 1. Heat impuls propagating in an infinite medium

Minél nagyobb tehát κ , annál hamarabb érkezik meg a közeg valamely pontjára a hőimpulzus. A „hőmérsékletvezetőképesség” elnevezés tehát találós és szakszerű. A (10) összefüggés jó lehetőséget teremt a hőmérsékletvezetőképesség mérésére. Megjegyezzük továbbá, hogy a (8) egyenleten alapszik a fűrészi tevékenység okozta hőmérsékleti zavar figyelembe vételére kidolgozott Bullard-féle korrekció ([1] 183. oldal).

A fajlagos *hőteljesítmény*, vagy *hőgeneráció* egységnyi térfogatú anyag hőteljesítményét adja meg. Általában a kőzetekben levő természetes radioaktív anyagok (elsősorban U^{238} , U^{235} , Th^{232} és K^{40}) által térfogategységnyi kőzetben, időegység alatt termelt hőmennyiség jellemzésére használják.

A *térfogati fajhőt* a $C = \rho \cdot c$ összefüggés értelmezi.

A *dinamikus viszkozitást* a folyadékokra vonatkozó Newton-féle sűrűlódástörvény értelmezi, míg a *kinematikus viszkozitást* a $\nu = \eta/\rho$ képlettel kapható meg.

3. Néhány számérték és gyakorlati egység

A 2. táblázatban megadtuk irodalmi adatok és hazai mérések [1], [2], [3], [4] alapján néhány kőzetre vonatkozólag azokat az értékhatárokat SI egységekben, amelyek között általában az egyes kőzetfajták hővezetőképessége, hőmérsékletvezető képessége, fajhője és hőgenerációja változik. Általánosságban megállapítható, hogy az értékhatárok eléggé szélesek, tehát táblázatokból vett értékekkel általában nem helyettesíthetjük a konkrét méréseket.

A *hővezetőképességet* ezideig legtöbbször $\text{mcal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ egységben adták meg. Ebben az egységben a kőzetek hővezetőképessége általában 1 és 20 között változik. Mivel

$$1 \frac{\text{mcal}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,4186 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}, \quad (11)$$

Közetek geotermikus paraméterei (szobahőmérsékleten)

Табл. 2. Геотермические параметры пород при комнатной температуре

Table 2. Geothermic parameters of rocks (at room-temperature)

Közet	Hővezetőképesség (W/m·K)	Hőmérsékletvezető képesség (mm ² /s)	Fajhő (kJ/kg·K)	Hőgeneráció (μW/m ³)
Bazalt	1,6–3,4	0,6–0,7	0,84–0,92	0,4–1,0
Diabáz	2,0–2,4	0,7–0,95	0,67–0,80	
Gránit	1,7–3,1	1,4–2,1	0,80–1,38	1,6–3,3
Gneisz	2,5–3,4	1,1–1,4	0,75–0,88	1,0–2,2
Márvány	2,7–3,0	1,0–1,1	0,71–0,75	0,1–0,5
Kvarcit	4,1–7,1	2,5–3,0	0,75–0,80	
Dolomit	3,7–5,9	1,0–1,8	0,92–1,00	0,1–0,5
Mészkö (tömör)	2,3–3,6	1,1–1,5	0,80–0,92	0,1–0,5
Homokkő	2,2–5,1	1,1–2,4	0,75–1,1	0,3–1,2
Kőszó	4,5–5,8	1,1–3,4	0,84–0,92	
Agyag	1,0–2,2	0,5–0,8	1,0–1,5	1,2–2,5
Agyagmárga	1,4–2,9	0,8–1,2	0,75–1,0	1,2–2,5
Homok (száraz)	0,4–0,6	0,2–0,4	0,63–0,75	
Homok (vízes)	2,0–3,3	0,6–1,0	1,26–1,47	

ezután 0,4186-tal szorzott értékeket, azaz 0,4–8,4 között változó számokat kell megszoknunk. Kevésbé szokatlanok lesznek az új számértékek azok számára, akik a kcal/m·h·°C egységben gondolkoztak, mert itt az átszámítás 1,163-mal való szorzást jelent.

A *hőmérsékletvezető képesség* egységében lényegében nincs változás. Tíz hatványai nélkül leírható eredményeket akkor kapunk a közetekre, ha a mm²/s egységet használjuk. A Nemzetközi Hőáram Bizottság (IHFC) ennek használatát javasolja a geotermikus gyakorlatban [5].

A *fajhő* gyakorlati SI egységéül célszerű a kJ/kg·K egységet választani. Ekkor a megszokott cal/g·°C egységeket 4,187-tel szorozva kapjuk az új számértékeket. Az egységnyi fajhőjú vízhez való könnyű viszonyítás így megszűnik, és helyébe a nehezkesebb 4,187-tel való összehasonlítás lép.

A *hőgeneráció* közönséges közetek esetén igen kicsi érték. Eddigi gyakorlati egységét (1 HGU) a következő módon lehet SI egységekbe átszámítani:

$$1 \text{ HGU} = 1 \cdot 10^{-13} \text{ cal/cm}^3 \cdot \text{s} = 0,4187 \text{ } \mu\text{W/m}^3 \quad (12)$$

A geotermikus gyakorlatban célszerű tehát a μW/m³ egységet használni [5] és a 0,4187-tel megszorított számértéket megszokni.

A földi *hőáramsűrűség* (amelyet gyakran, pongyolán csak hőáramnak nevezünk) hagyományos gyakorlati egysége a μcal/cm²·s. Ebben az egységben a földi hőáramsűrűség 0,6–4,0 között változik (néhány extrém forró helytől eltekintve), átlagértéke közel 1,5 μcal/cm²·s. A *Nemzetközi Hőáram Bizottság* [5] gyakorlati SI egységként a mW/m² (milliwatt/méter²) mennyiséget javasolja. A z átszámítás:

$$1 \text{ } \mu\text{cal/cm}^2 \cdot \text{s} = 41,87 \text{ mW/m}^2 \quad (13)$$

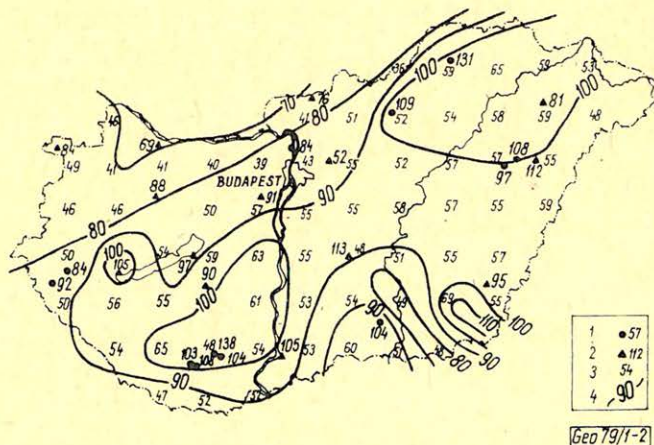
Az átlagos földi hőáramsűrűség tehát 63 mW/m². Az új egységekben tehát a hőáramsűrűség 2 vagy 3 egész jeggel, tizedesvessző használata nélkül kifejezhető. (Tizedesjegy megadása hibakok miatt értelmetlen.) Itt hívjuk fel

a figyelmet az SI egységekben fellépő egyik lehetséges zavarforrásra. Mint tudjuk az SI rendszer megengedi a milli, (10^{-3}) prefixum használatát m jelöléssel [6]. Mivel a méter alapegység jele is m és az SI rendszer nem tartalmaz utasítást a két m nyomdatechnikai elkülönítésére, önmagában nem triviális, hogy egy egységben szereplő m vajon melyik a kettő közül. Ezt elkerülendő, fontos a következő két szabály betartása. Egymás mellett álló SI egységek szorzásjellel (\cdot) vagy törtvonallal (/) legyenek elválasztva. A prefixumot a mértékegység nevével, illetve a prefixum jelét a mértékegység jelével egybe kell írni (azaz szóköz nélkül). Ekkor már világos, hogy $W/m \cdot K$ vagy $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ a hővezetőképesség egységét jelenti és mW/m^2 vagy $mW \cdot m^{-2}$ a hőáramsűrűség milliwatt per négyzetméter egységének a jelölése.

A *geotermikus gradiens* SI egysége a K/m . Gyakorlatban eddig általában a $^{\circ}C/km$ egységet használtuk. A K/km egység továbbra is használható lenne, de a Nemzetközi Hőáram Bizottság [5] az ezzel egyező értékű $mK \cdot m^{-1}$ egységet javasolja gyakorlati használatra. Ez azzal az „előnnyel” jár, hogy hőáramsűrűség számolása során az így megadott gradienst a hővezetőképességgel szorozva a megfelelő dimenziójú hőáramsűrűséget kapjuk:

$$\frac{W}{m \cdot K} \cdot \frac{mK}{m} = \frac{mW}{m^2} \quad (14)$$

A 2. ábrán a hazai hőáramsűrűség-meghatározások eredményei [3], [7], [8], [9], [10], a Bodriné által számolt hőárambecslések [11], Stegena [12] eredményei alapján 1,5 km-re számított átlagos geotermikus gradiensek és mind ezekből szerkesztett új magyarországi hőáramtérkép látható [11].



2. ábra. Magyarország átnézetes geotermikus képe. Jelkules: 1. Hőárammérés (mW/m^2). 2. Hőárambecslés (mW/m^2). 3. Átlagos geotermikus gradiens 1,5 km mélységben (mK/m). 4. Hőáramsűrűségi izovonal (mW/m^2).

Рис. 2. Общее геотермическое представление Венгрии. Обозначения: 1. Измерения теплового потока (м ватт/ m^2), 2. Средний геотермический градиент на глубине 1,5 км (м град/ m), 3. Изолинии плотности теплового потока (м ватт/ m^2)

Fig. 2. General geothermic image of Hungary. Legend: 1. Heat-flow measurement (mW/m^2). 2. Heat-flow estimate (mW/m^2). 3. Average geothermic gradient at a depth of 1,5 km (mK/m). 4. Isoline of heat-flow density (mW/m^2)

- [1] *Kappelmeyer O., and Haenel R.*, 1974: Geothermics with special reference to application. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- [2] *Čermak V.*, 1975: Temperature-depth profile in Czechoslovakia and some adjacent areas derived from heat-flow measurements, deep seismic sounding and other geophysical data. *Tectonophysics*, 26: 103–119.
- [3] *Horváth F., Erki I., Bodri L., Markó L. és Gellért T.*, 1977: Geotermikus rezervoár-kutatás: 3. Hőáram mérések. Kutatási jelentés a KFH részére. ELTE, Budapest.
- [4] *Erki I., Salát P., Horváth F. és Drahos G.*, 1978: Vizsgálatok laza üledékes kőzetek egyes közetfizikai paramétereinek meghatározására vonatkozóan, a nedvességtartalom függvényében. Kutatási jelentés a VITUKI részére. ELTE, Budapest.
- [5] *Jessop A. M.* 1976: IHFC Heat flow units: Second Circular.
- [6] *Salamon B.*, 1978: Az SI Nemzetközi Mértékegység-rendszer geofizikai bevezetése. *Magyar Geofizika*, XIX (4–5): 144–153, resp. 187–196.
- [7] *Boldizsár T.*, 1968: A Magyar medence geotermikus viszonyai. *MTA X. Oszt. Közl.* 2: 119–136.
- [8] *Boldizsár T.*, 1973: Positive heat flow anomaly in the Carpathian Basin. *Geothermics*, 2 (2): 61–67.
- [9] *Greutter A.*, 1977: Földi hőáram Edelényben. *Magyar Geofizika*. XVIII (2): 15–25.
- [10] *Salát P.*, 1967: Földi hőáram meghatározása a Mecsek hegységben. Egyetemi doktori értekezés. ELTE, Budapest.
- [11] *Horváth F., Bodri L. and Ottlik P.*, 1979: Geothermics of Hungary and the tectonophysics of the Pannonian basin „red spot”. In: V. Čermak and L. Rybach (editors), *Terrestrial Heat Flow in Europe*. Springer Internat. (in press).
- [12] *Stegena L.*, 1976: The variation of temperature with depth in the Pannonian basin. In: A. Ádám (editor-in-chief), *Geoelectric and geothermal studies*. 425–438. Akadémiai Kiadó, Budapest.

TARTALOMJEGYZÉK

a MAGYAR GEOFIZIKA

XIX. évfolyamáról

XIX/1.

<i>Barta György</i> : Az általános geofizikai kutatás Magyarországon és a földtani nyersanyag-kutatás	1
<i>Szarka László</i> : Medencealjzat felületének meghatározása gravitációs hatószámítás útján	6
<i>Cserapes László</i> : Statisztikus paramétermeghatározási algoritmusok alkalmazása geoelektromos mérésekre	15
<i>Salamon Batur</i> : Hozzászólás <i>Morvai L.</i> – <i>Nyerges L.</i> – <i>Halász P.</i> : A neutronaktivációs módszer lehetőségei a bauxitkutatásban című tanulmányához	23
<i>Márföldi Gábor</i> : A gravitációs hatás értelmezése az anyag-energia gravitációs határértékei alapján I. rész	33
Egyesületi hírek	22
Lapszemle	32, 39, 40

XIX/2.

<i>Márföldi Gábor</i> : A gravitációs hatás értelmezése az anyag-energia gravitációs határértékei alapján II.	41
<i>Balla Zoltán</i> – <i>Mártonné Szalay Emőke</i> : A börsönyi vulkáni összlet paleomágneses rétegsora I.	51
<i>Zsellér Péter</i> : Túlnyomásos zónák előrejelzése szeizmikus sebességvizsgálatok alapján	60
<i>Landy Kornélné</i> – <i>Lamos Miklós</i> : Az elektromágneses tér irányítottságának vizsgálata a magnetotellurikus értelmezés szempontjából	74
Lapszemle, Könyvszemle	50, 59, 73, 78
Az 1977. évi XVIII. évf. összefoglaló tartalomjegyzéke	79

XIX/3.

Egyesületi hírek	81
<i>Ádám Oszkár</i> : A földtani kutatás helyzete és jövőbeni feladatai	83
<i>Takács Ernő</i> : A geofizikusmérnök-képzés helyzete és a továbbképzés lehetősége a Nehézipari Műszaki Egyetemen	92
<i>Dank Viktor</i> : Az általános geofizikai kutatások szerepe a kőolaj- és földgázkutatásban ...	100
<i>Markó László</i> : Szelvényértelmezés az algyői felsőpannonban	104
<i>Balla Zoltán</i> – <i>Mártonné Szalay Emőke</i> : A börsönyi vulkáni összlet paleomágneses rétegsora II.	114
Lapszemle	91, 113, 120

XIX/4.

<i>Barta György</i> : A magyar geofizika úrkutatási vonatkozásai	121
<i>Mártonné Szalay Emőke</i> – <i>Márton Péter</i> : A Dunántúli-középhegység és a Villányi-hegység mezozoos paleopólusainak eltéréséről	129
<i>Kiss E. Zoltán</i> : A mélyfúrás geofizika szerepe a budapesti metrópítész talajkutató fúrásaiban	137
<i>Salamon Batur</i> : Az SI nemzetközi mértékegységrendszer geofizikai bevezetése I. rész.	144
<i>Gyulai Ákos</i> : Széntelegek tektonikai zavarai kétdimenziós modellezésének háromdimenziós kiterjesztése	154
Lapszemle	128, 143, 160

XIX/5.

<i>Baráth István</i> – <i>Czegledi István</i> – <i>Markó László</i> – <i>Mészáros Ferenc</i> – <i>Szendró Dénes</i> : Karotázs görbék folyamatos feldolgozása agyagos homokkötőanyagok mennyiségi értelmezésére MINSZK – 32 számítógépen	162
<i>Balla Zoltán</i> – <i>Erkel András</i> – <i>Király Ernő</i> – <i>Verő László</i> : Hidrotermális szulfidércesedés lokalizációs viszonyainak tisztázása gerjesztett-pontenciál mérésekkel	170
<i>Pápay József</i> : A kőzetek hővezetőképességi tényezőjének meghatározása fúrólyukban mért termikus tranziensek alapján	177

<i>Salamon Batur</i> : Az SI Nemzetközi Mértékegységrendszer geofizikai bevezetése. II. rész ..	187
Egyesületi hírek	161
Lapszemle	186, 196, 197, 199, 200
Könyvszemle	197, 198, 200
Nekrológ	198

XIX/6.

<i>Ráder Béla—Sághy György—Ujfalussy Antal—Varga Imre</i> : Eltérő dőlésű neogén üledékek szeizmikus kutatása	201
<i>Dr. Kapolyi L.</i> : A geofizika helyzete a nyersanyagkutatásban	207
<i>Ferenczy L.</i> : Magnetotellurikus impedancia-tenzor számítása leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel	217
<i>Jesch A.</i> : Kőzetfizikai és fúrástechnikai paraméterek meghatározása mélyfúrási geofizikai szelvényekből	224
<i>Muravina L.—Zsellér P.</i> : Túlnyomásos zónák előrejelzése szeizmikus intervallumsebességek felhasználásával	231
Lapszemle, könyvszemle	216, 239
Egyesületi hírek	223

Hibajavítás

A lapunk XIX. évfolyama 5. számában megjelent *Pápay József*: A kőzetek hővezetőképességi tényezőjének meghatározása fúrólyukban mért termikus tranziensek alapján c. cikkből a 181. oldal alján a „... 203-as számú kút 800 m mélységében az alábbi” szöveg után kimaradt a következő táblázat:

Termelt gáz mennyisége nm ³ /nap				
	53 700	75 200	111 400	125 500
<i>m</i>	6,9	9,0	12,0	13,3
<i>Q</i>	48,4	63,8	85,4	93,3
<i>k</i>	1,29	1,30	1,30	1,29
<i>S</i>	1,28	1,33	1,71	1,29

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ф. Ковач – Б. Сани:</i> Выявление макроструктурных изменений при помощи остаточных аномалий и обнаружение «более тонких» геологических структур путем многократной фильтрации данных о поле силы тяжести	1
<i>Г. Гэнц:</i> Исследования, связанные с миграцией по волновому уравнению и полученные при этом результаты	7
<i>Т. Геллерт – Э. Рети:</i> Организация обработки каротажных данных на малогабаритной вычислительной машине на нескольких уровнях. Автоматизация и взаимодействие	17
<i>Е. З. Киши – П. Слабоцки:</i> Связь между качеством и геофизическими параметрами андезита как строительного материала	24
<i>Ф. Хорват:</i> Физические величины и единицы, используемые в геотермических исследованиях	31
Обзор журналов	29, 30
Обзор книг	30
Содержание XIX тома	39
Корректурa ошибки	40

CONTENTS

<i>F. Kovács – B. Szanyi:</i> Indication of regional changes using residual filtering and of the "finer" geological structures by repeated filtering of gravity data	1
<i>G. Göncz:</i> Investigations concerning the wave-equation migration and some experimental results	7
<i>T. Gellért – E. Réti:</i> Multilevel organization of well-logging interpretation on a mini computer. Automatization and interactivity.	17
<i>E. Z. Kiss – P. Szlabóczy:</i> Connection between quality of building industry andesite and its geophysical parameters	24
<i>F. Horváth:</i> Physical quantities and units used in geothermic research	31
Reviews of papers	29, 30
Reviews of books	30
Contents of Vol. XIX	39
Error correction	40

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

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

78.1250. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Boskovitz A. Gyula

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

