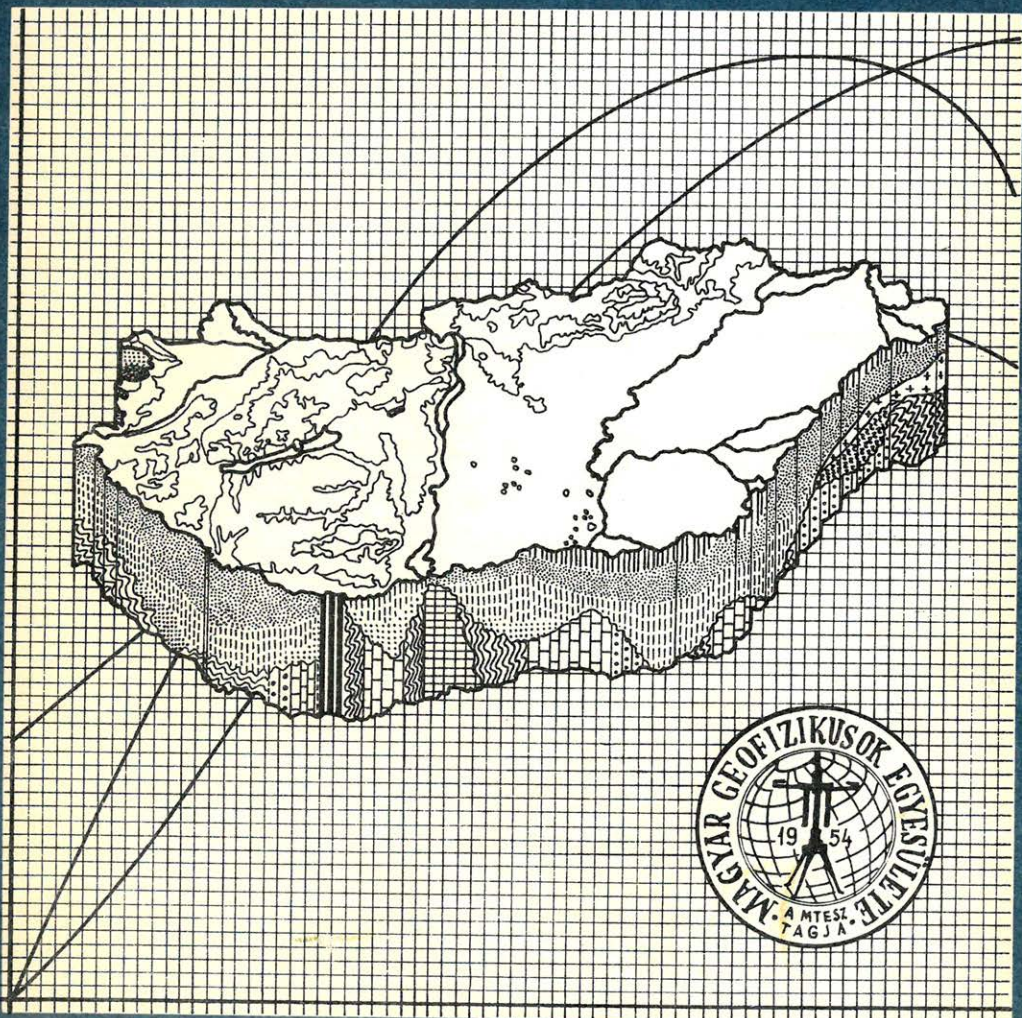


# MAGYAR Sz Gy n 1 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1985. XXVI. ÉVFOLYAM, 1. SZÁM

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Марко Л. – Криштоф И.</i> : Сравнительное исследование методов интерпретации карожных кривых на основании их чувствительности к ошибкам измерения .....	1
<i>Кешмарки И. – Макари Э.</i> : Преобразование на ЭВМ карт времен в карты глубин с учётом линий нарушений .....	15
<i>Тот М. – Монш П. – Жирош Т.</i> : Планирование сейсмических систем наблюдений ..	25
Новости в обществе Венгерских геофизиков .....	34
Обзор книг .....	14

## CONTENTS

<i>Markó L. – Kristóf J.</i> : Comparative study of log interpretation methods according to their sensitivity to the errors of the measurements .....	1
<i>Késmárky I. – Makáry E.</i> : Time to depth map transformation of tectonized areas .....	15
<i>Tóth L. – Mónus P. – Zsíros T.</i> : Design of geophone arrays .....	25
News about the Association .....	34
Book reviews .....	14

---

*Főszerkesztő: Zseli András*

*Szerkesztő bizottság: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádler Béla, Verő József*  
*Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.*

*Anzeigen:*

*Advertisements:*

*Publicité:*

*Рекламы принимаются:*

Publishing House of International Organisatio of Journalis INTERPRESS,

Budapest, Tanács krt. 11. H – 1075

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

MH – Advertising, Budapest, H – 1818

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Markó László – Kristóf János: Szelvényértelmezési módszerek összehasonlító vizsgálata a mérési hibákra való érzékenység alapján</i> .....	1
<i>Késmárky István – Makáry Elemér: Számítógépes időtérkép-mélységtérkép transzformáció, vezetők figyelembevételével</i> .....	15
<i>Tóth László – Mónus Péter – Zsáros Tibor: Szeizmikus észlelő rendszerek tervezése</i> .....	25
Egyesületi hírek – NME doktori szabályzata (Kivonat) .....	34
Könyvszemle .....	14

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

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

Kiadja: a Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat 1442 Budapest VII., Garay u. 5.

Telefon: 415-583, 215-440

Felelős kiadó: Faklen Pál igazgató

85.110. Állami Nyomda, Budapest – Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

# Szelvényértelmezési módszerek összehasonlító vizsgálata a mérési hibákra való érzékenység alapján

MARKÓ LÁSZLÓ\*—KRISTÓF JÁNOS\*

*Az egyes tárolók mennyiségi értelmezésénél követett módszerek a rétegek közzetani típusától és az alkalmazott szelvényezési módszerektől függenek. Így különféle értelmezési algoritmusok jöttek létre. Ezek közül néhány széles körben elterjedt, mások viszont csak helyi érdekeltségűek, de az adott területre a tapasztalatokkal a legjobb egyezést mutatják.*

*E tanulmány választ kíván adni arra a kérdésre, hogy az algoritmusok közül milyen szempont szerint válasszuk ki a „legjobbat”.*

*Выбор методов количественной интерпретации некоторых коллекторов зависит от типа пород слоев и от метода каротажа. Это привело к разработке нескольких типов алгоритмов интерпретации. Некоторые из них получили широкое распространение, другие же имеют только локальное значение, но на отдельных площадях лучи совпадают с практикой.*

*В докладе дается ответ на вопрос с какой точки зрения следует выбирать «лучший» из алгоритмов.*

*In the course of the quantitative interpretation of certain reservoirs the applied methods rely upon the lithological features of the strata as well as the well logging methods chosen previously. Consequently different algorithms have been developed for interpretation purposes. Some of them have become wide spreaded others are of local interest only, but completely fitting in with the local experiences.*

*This study is intended to find the way of the choice of the best algorithm from the possible ones.*

## 1. Bevezetés

Gyakran felvetődik a karotázs értelmezések megbízhatóságának, a kapott paraméterek (porozitás, víztelítettség stb.) pontosságának kérdése különösen, ha azokat a szénhidrogén készletek meghatározására vagy tároló-művelés tervezés céljaira kívánják felhasználni. De felvetődik a kérdés úgy is, hogy a mérőműszerek milyen mérési pontosságára kell törekedni ahhoz, hogy a szelvényértelmezéssel szemben támasztott követelmények kielégüljenek. Ha számbavesszük a karotázs mérés és értelmezés hibaforrásait, akkor látjuk, hogy különféle természetű hibák halmozódásával kell számolnunk, amelyek a következők:

### 1. A mérésnél fellépő hibák:

- a mérőlánc specifikált hibája
- a mérőműszer helytelen beállításából és a mérési elvből eredő hiba (pl. a fajlagos ellenállásnál a hitelesítéskor beállított mérőáram a mérésnél megváltozik)
- a mérőlánc vagy mérőcsatorna különböző elemeinek hibájából vagy elégtelenségéből eredő hiba (pl. kábel szigeteletlenség, a szabályzólánc elégtelen működése stb.)
- külső zavarok (kóbor áram, külső elektromágneses tértől származó zavarok), stb.

\* SZKFI, Százhalombatta

2. A mért értékeknek a szelvényekből való leolvasásakor vagy digitális alakra való konvertálásakor elkövetett hibák.  
(Az utóbbiakat adatelőkészítési és adatbeviteli hibáknak is nevezhetjük).

3. A látszólagos szelvényértékeknek (szelvényleolvasásoknak) valódi geofizikai paraméterekké való korrigálásakor elkövetett hibák (lényegében az interpretációs segédanyagok, görbeseregek alkalmazásakor elkövetett hibákról van itt szó).

4. A feltételezett, illetve választott kőzetmodell és a kőzet fizikai valósága közötti eltérés, amely az algoritmus, illetve algoritmus kiválasztásának hibájaként fogható fel.

E hibacsoportok közül e tanulmányban az utolsóval foglalkozunk, természetesen a teljesség igénye nélkül. Azért mondjuk az utóbbit, mivel e témának, annak ellenére, hogy rendkívül fontos, meglehetősen gyér irodalma van, amely maga is mutatja e kérdés bonyolult és nehéz voltát. Nem törekedhetünk tehát arra, hogy teljes részletességgel feldolgozzuk ezt a kérdést, csupán egy javaslatot szeretnénk tenni az algoritmusok kiválasztásának szempontjaihoz. Ennek a lényege az, hogy a víztelítettség számításra használt különféle algoritmusok kiválasztásánál célszerű azt az algoritmust vagy algoritmuscsoportot előnyben részesíteni, amely az adott tároló viszonyai és a rendelkezésre álló mérési paraméterek száma és pontossága szempontjából a legkedvezőbb, azaz a legkisebb hibaérzékenységgel bír. Ebben az esetben lesz értelmezésünk legkritikusabb eredményparamétere, a víztelítettség az elérhető legkisebb hibával terhelt. Tudatában vagyunk annak, hogy a hibaminimalizálás lehetséges módszerei túlmutatnak az algoritmus kiválasztás problémáján és a statisztikus értelmezési módszerek (1, 2) kidolgozásához vezetnek.

## 2. Hibaérzékenység vizsgálat, a víztelítettség hibája

A szelvényértelmezéssel meghatározható paraméterek közül a víztelítettség az, amelynek *in situ* értéke más (pl. magon laboratóriumban) módszerrel nem határozható meg, így ellenőrzése nem lehetséges. Ezért különösen törekedni kell annak lehető legnagyobb pontossággal való meghatározására, de legalább is arra, hogy tisztában legyünk azzal, hogy adott feltételek (földtani és műszaki) mellett elvileg milyen pontosságot érhetünk el.

A legegyszerűbb esetből indulunk ki, amelyet az Archie formula alkalmazhatóságainak feltétel rendszere jellemez:

- a kőzet viszonylag agyagmentes, szemcsék közötti porozitású, vízre nedvesedő. A víztelítettség algoritmusában:

$$S_w = \left( \frac{R_w \Phi^{-m}}{R_t} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

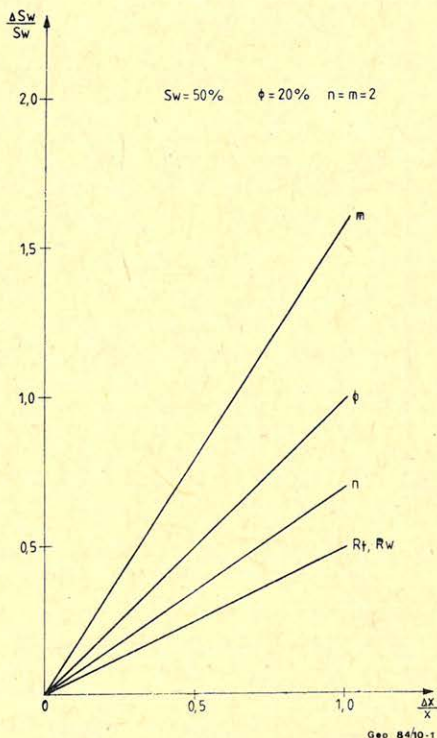
- $R_w$  = a rétegvíz fajl. ellenállása, ohm mm
- $R_t$  = a réteg valódi fajl. ellenállása, ohm mm
- $\Phi$  = a porozitás %-ban
- $m$  = a porozitás kitevő (általában  $\approx 2,0$ )
- $n$  = a telítettség-kitevő (általában  $\approx 2,0$ )

Mint ismeretes az  $S_w$  relatív hibáját az (1) formula jobb oldalán szereplő paraméterek súlyozott relatív hibanégyzet összegéből vont négyzetgyök adja.

$$\delta S_w = [W_1^2(\delta R_w)^2 + W_2^2(\delta R_t)^2 + W_3^2(\delta \Phi)^2 + W_4^2(\delta m)^2 + W_5^2(\delta n)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$\delta$  — k a paraméterek relatív hibáját,

$W$  — k a paraméterek relatív hibájának a víztelítettség hibájához való hozzájárulása mértékét vagyis a súlyát fejezik ki.



1. ábra.

Рис. 1.

Fig. 1.

E súly tényezőket az (1) formulának az involtált paraméterek szerinti parciális deriváltjai adják:

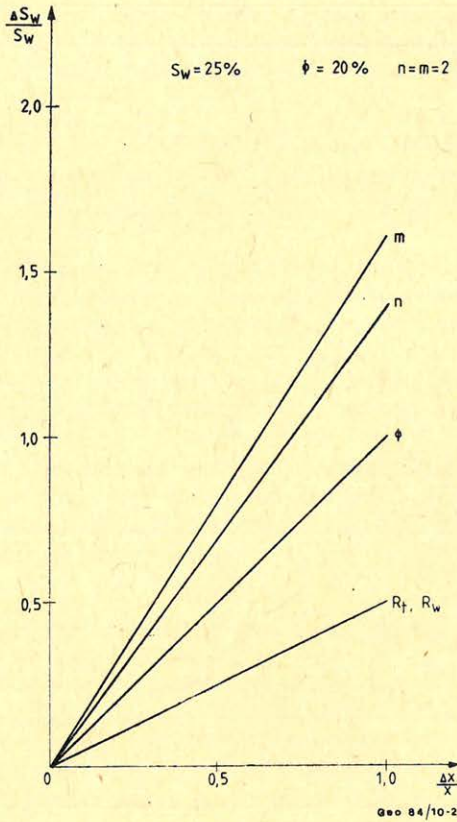
$$W_1 = \frac{R_w}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_w} = \frac{1}{n}, \quad (2)$$

$$W_2 = \frac{R_t}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_t} = -\frac{1}{n}, \quad (3)$$

$$W_3 = \frac{\Phi}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial \Phi} = -\frac{m}{n}, \quad (4)$$

$$W_4 = \frac{m}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial m} = \frac{m}{n} \cdot \log_e \Phi^{-1}, \quad (5)$$

$$W_5 = \frac{n}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial n} = \log_e S_w^{-1}. \quad (6)$$



2. ábra. Puc. 2. Fig. 2.

A (2)–(6) képletek ránézésre mutatják, hogy az  $R_w$ ,  $R_t$  és  $\Phi$  súlya csak az  $m$  és  $n$  értékétől függ, tehát ha azok állandók, e paraméterek súlyai is állandók. Míg az  $m$  és  $n$  kitevők hiba súlya a porozitás, illetve a víztelítettség értékétől függően változik, mégpedig azok csökkenésével nő.

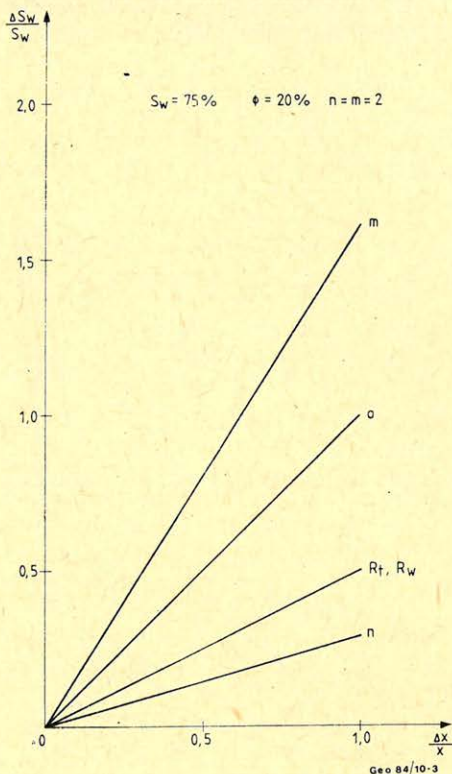
Szemléltetésképpen bemutatjuk az 1–3. ábrákat. Az 1. ábra 20% porozitású és 50% víztelítettségű tiszta kőzetre vonatkozik, ahol  $m = n = 2$ . Ekkor legnagyobb súlyal  $m$ , majd  $\Phi$ , majd  $n$ , majd a legkisebbel  $R_t$  és  $R_w$  bír.

Ha a víztelítettség csökken (2. ábra  $S_w = 25\%$ ), az  $n$  súlya megnő, ha pedig a víztelítettség nő (3. ábra,  $S_w = 75\%$ ), az  $n$  súlya lecsökken.

Ha a porozitás 20%-hoz képest csökken, a helyzet ugyanaz lesz, de  $m$  súlya még nagyobb lesz, vagyis még jobban kihangsúlyozódik (4. ábra).

Megállapíthatjuk, hogy a gyakorlat számára fontos esetekben ( $\Phi = 2 - 30\%$ ,  $S_w = 10 - 100\%$ ) a legnagyobb hibát az  $m$  és  $n$  kitevő hibás értéke, míg

a legkisebbet a fajlagos ellenállás paraméterek hibája okozza. Ebből egyenesen az következik, hogy a szelvényező műszerek pontosságánál nagyobb szerepet játszik a réteg heterogénitásának mértéke, ugyanis az ilyen formációkban a legkevésbé lehet az  $m$  és  $n$  állandóságára számítani. A második következtetés az, hogy még a legkorszerűbb eszközök esetén sem nélkülözhetők a laboratóriumi magminta mérések  $m$ -re és  $n$ -re. Ezt még a statisztikus értelmezési módszerek (Zverev-módszer, Global, Ultra stb.) sem teszik szükségtelemmé.



3. ábra. Puc. 3. Fig. 3.

A másik nagyobb súlyú paraméter a porozitás, amely közvetett módon rendszerint  $m$  és  $n$  értékében, jobban mondva szóródásában is tükröződik. Ugyanis a nagyporozitású formációk inkább tekinthetők homogénnek. A heterogénitás a kis porozitású tárolók jellegzetessége. A szelvényekből meghatározott porozítások és fajlagos ellenállás értékek alapján felépített cross-plot alkalmas  $m$  szóródásának, vagyis a heterogénitás mértékének a vizes szakaszokon való meghatározására.

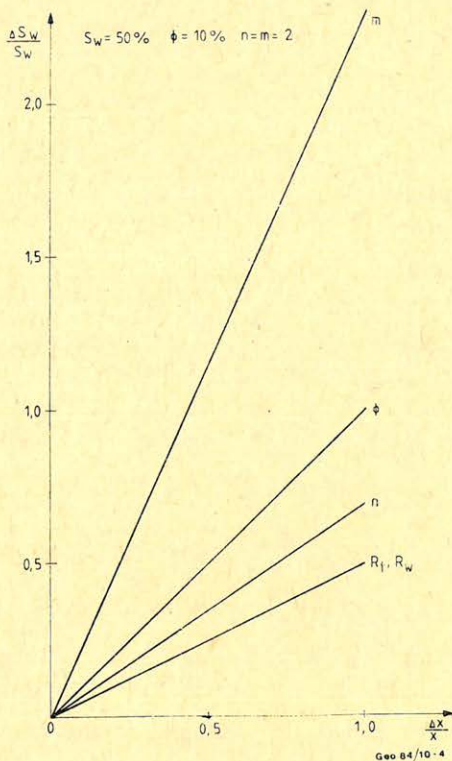
Monolit formációkban rendszerint egy porozitás szelvény is elég a porozitás meghatározására. A konszolidált kőzetekben ( $\Phi < 20\%$ ) az akusztikus szelvény látszik a legkedvezőbbnek, nagyporozítások és agyagtartalom esetén a sűrűség, míg a kisporozitású tiszta kőzetekben a neutron-szelvényeknek vannak előnyei.

Ha a kőzetváz ásványos összetétele változik, rendszerint mind a három „porozitás szelvényre” szükség van a mátrixjellemzők változásának a kapott

porozitásra gyakorolt hatása kiküszöböléséhez. A porozitás meghatározás hibáját az akusztikus szelvény esetén a

$$\Phi = \frac{\Delta t - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m} - V_{sh} \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m} \quad (7)$$

képletből az Archie-formulára bemutatott módon számíthatjuk. A számítások részletezése nélkül mutatjuk be az 5. ábrát, amelynek ordinátáján a porozitás számítás relatív hibája, az abszcisszáján a porozitás nagysága van ábrázolva. A görbék paramétere az agyagtartalom ( $V_{sh}$ ).



4. ábra. Puc. 4. Fig. 4.

Az ábra az alábbi paraméterekkel lett számítva:

$\Delta t_t = 615 \pm 6,15 \mu \text{ sec/m}$	(folyadék – idő)
$\Delta t_m = 175 \pm 7,0 \mu \text{ sec/m}$	(mátrix – idő)
$\Delta t_{sh} = 300 \pm 10 \mu \text{ sec/m}$	(agyag – idő)
$\Delta V_{sh}/V_{sh} = 0,2$	(agyagtartalom relatív hibája)

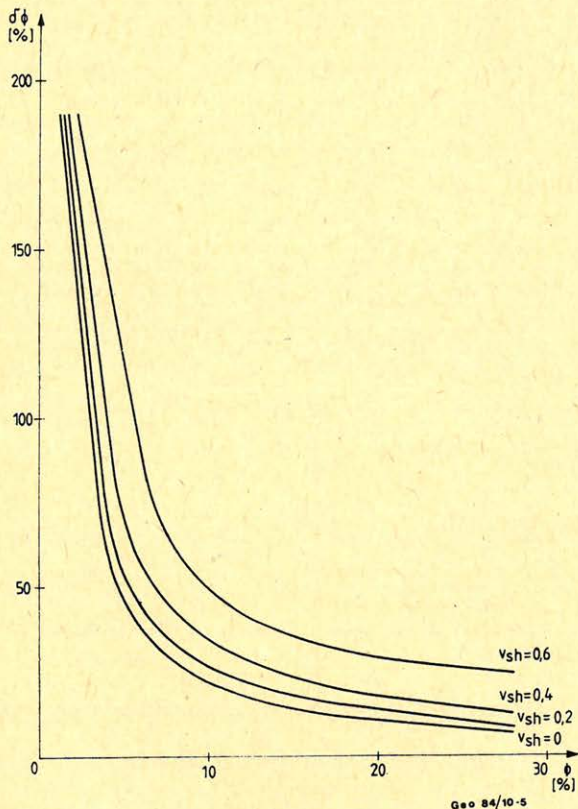
A relatív hiba fordítva arányos a porozitással, amelyet jó közelítéssel az alábbi összefüggések fejeznek ki:

$$0-20\% \text{ agyagtartalom mellett: } \delta \Phi_1 = \frac{0,02}{\Phi} \quad (8)$$

$$20-40\% \text{ agyagtartalom mellett: } \delta \Phi_2 = \frac{0,03}{\Phi} \quad (9)$$

$$40-60\% \text{ agyagtartalom mellett: } \delta \Phi_3 = \frac{0,05}{\Phi} \quad (10)$$

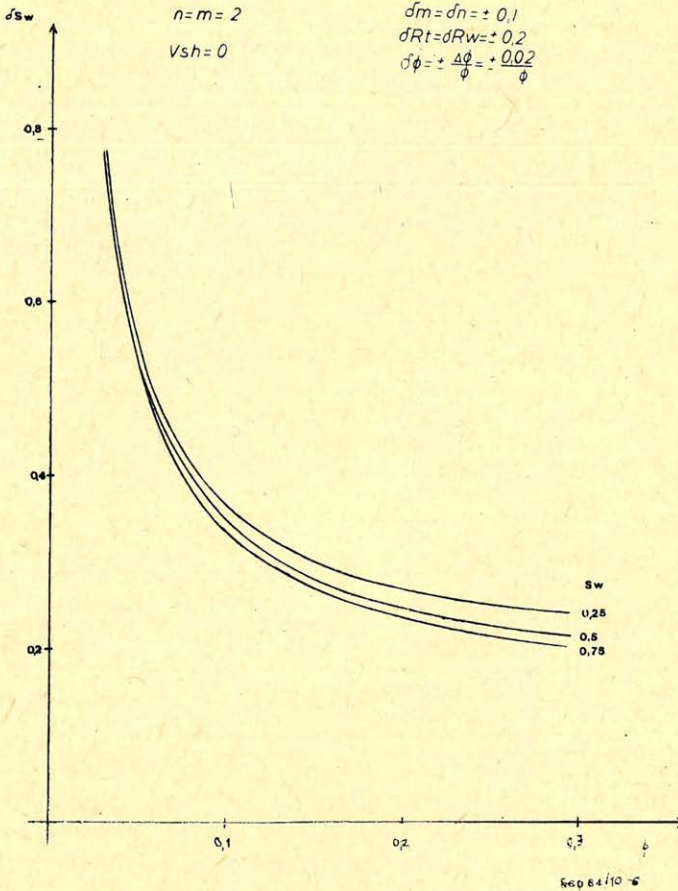
A fentiek alapján az Archie-formula érvényességi tartományában a víztelítettség meghatározás relatív hibáját a porozitás függvényében is kifejezhetjük. Példa erre a 6. ábra, amely a tiszta konszolidált kőzetekre jellemző ( $m = n = 2$ ,



5. ábra. Puc. 5. Fig. 5.

$\Phi = 0-30$ ,  $V_{sh} < 0,2$ ,  $\delta m = \delta n = \pm 0,1$ ) és normális körülmények között elérhető szelvényezési és adatmeghatározási pontosság ( $\delta R_f = \delta R_w = \pm 0,2$ ) mellett mutatja a víztelítettség számításunk hibájának alakulását.

Kitűnik, hogy a víztelítettség számítás bizonytalansága 10%, de különösen 5% alatti porozitások mellett nagy és a porozitás csökkenésével rohamosan nő. Úgy tűnik, hogy 3% porozitás alatti kőzetekben a víztelítettség karotázis szelvényekből való meghatározásának nincs reális lehetősége.



6. ábra.

Puc. 6.

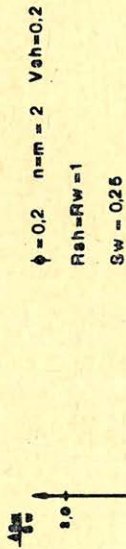
Fig. 6.

### 3. Értelmezési algoritmusok összehasonlítása hibaérzékenységük alapján

A víztelítettség meghatározás lehetősége ott van meg, ahol a porozitás és a fajlagos ellenállás között egyértelmű kapcsolat van a vizes rétegekben. Vagyis ahol a porozitásból a vizes réteg fajlagos ellenállása kiszámítható. A szénhidrogénes réteg mért fajlagos ellenállása jóval nagyobb ennél és az eltérés mértéke rendszerint jellemző a szénhidrogén telítettségre. Az agyagos képződményekben a két fajlagos ellenállás viszonya az agyagtartalomnak, az agyag minőségének a rétegvíz fajlagos ellenállásának stb. bonyolult függvénye lehet. Ezért a helyi viszonyok tanulmányozása alapján vagy néha csupán elméleti megfontolások és laboratóriumi mérések eredményeképpen igen sok agyagos formula jött létre és került a szakirodalomba. Ezek egy ponton az agyagtartalom zéró érték mellett találkoznak és az Archie formulára redukálódnak.

Akár a szakirodalomban közölt algoritmusok közül kívánunk választani, akár saját ismeretanyagunkra támaszkodva kívánjuk a víztelítettség algoritmust

ROe —  
Schlumberger — —

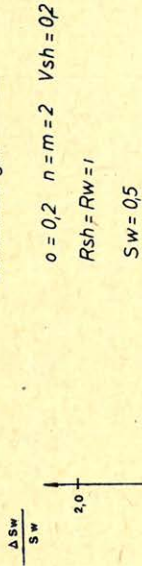


7. ábra.

Puc. 7.

7. Fig.

ROe —  
Schlumberger — —



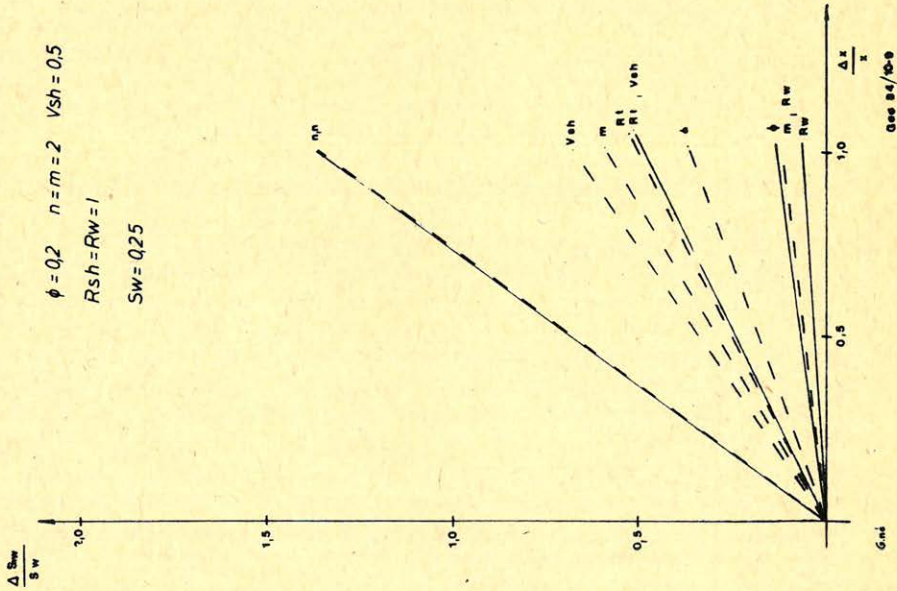
8. ábra.

Puc. 8.

Fig. 8.

R0e —  
Schlumberger — —

$\phi = 0.2$   $n = m = 2$   $Vsh = 0.5$   
 $Rsh = RW = 1$   
 $SW = 0.25$



9. ábra.

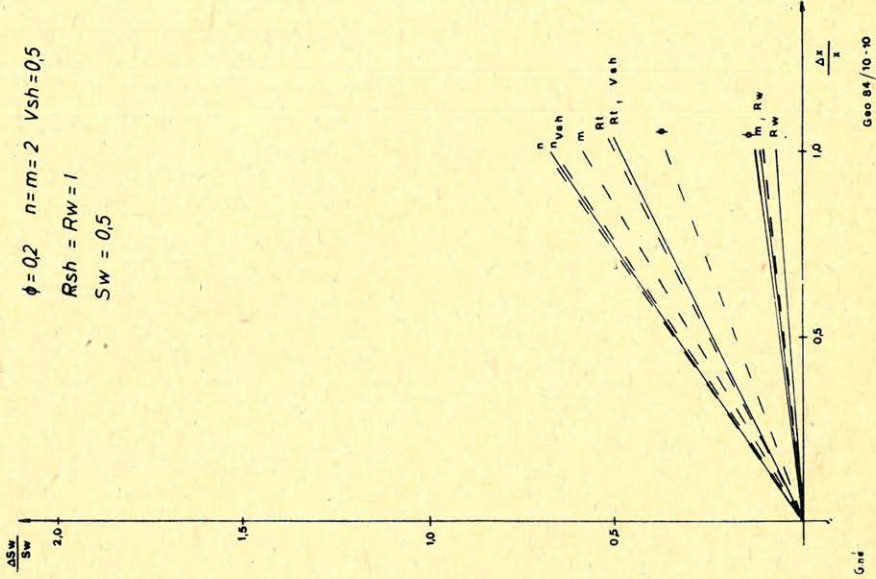
Puc. 9.

Fig. 9.

Geo 84/0-9

R0e.  
Schlumberger

$\phi = 0.2$   $n = m = 2$   $Vsh = 0.5$   
 $Rsh = RW = 1$   
 $SW = 0.5$



10. ábra.

Puc. 10.

Fig. 10.

Geo 84/10-10

kidolgozni, a tárolóra vonatkozó bizonyos *apriori* ismeretekkel rendelkezünk kell.

Az algoritmus kiválasztásának módszerül az irodalomból vett vagy a hasonló mezőkön saját tapasztalataink alapján kidolgozott algoritmusok hibaérzékenység vizsgálatát választhatjuk. Ehhez a szóhajóhető algoritmusoknak a bennük szereplő változók szerinti deriváltjai alapján meghatározzuk azok egyes paraméterekre vonatkozó hibaérzékenységét (vagyis az egyes paraméterek hibájának súlyfüggvényeit) az (1) formulán bemutatott módon [(2) – (6) összefüggések]. Az egyes algoritmusokból az azonos paraméterekre kapott súlyfüggvények egyszerűbb esetekben közvetlenül összehasonlíthatók. A bonyolultabb esetekben, mint amilyenek az agyagos kőzetekre vonatkozó képletek, ez az út nem járható. Ilyenkor célszerű azt az utat követni, hogy az egyes paraméterek súlyfüggvényeit a tároló kőzetekre vonatkozó *apriori* ismeretünk alapján választott főbb paraméter értékek (átlagos porozitás ( $\Phi$ ),  $m$  és  $n$  kitevők átlagos értéke, agyagtartalom ( $V_{sh}$ ), víztelítettség ( $S_w$ )) néhány értéke mellett az 1–4 ábrákhoz hasonló módon ábrázoljuk a könnyebb összehasonlítás céljából.

Példaként bemutatjuk az alábbi két agyagos formula összehasonlítását:

*Poupon – Levoux formula (Schlumberger):*

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \left[ \frac{V_{sh} \left(1 - \frac{V_{sh}}{2}\right)}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\Phi^{\frac{m}{2}}}{\sqrt{aR_w}} \right] S_w^{\frac{n}{2}} \quad (11)$$

*RO<sub>e</sub> (Algyői formula SZKFI):*

$$S_w^n = \frac{R_w}{R_t \left[ V_{sh} \frac{R_w}{R_{sh}} + \frac{\Phi^m}{(1 - V_{sh})^{m-1}} \right]} \quad (12)$$

A formulák jelölését és az egyes paraméterek súlyfüggvényeit a függelék tartalmazza.

Megjegyezzük, hogy a (12) algoritmus olyan agyagos kőzetekre vonatkozik, amelyek agyagtartalma ( $V_{sh}/50\%$ -nál kisebb). Ezért a két algoritmus összehasonlítását  $50\%$  agyagtartalom felett nem érdemes vizsgálni.

A példánkban a két algoritmust a következő paraméter csoport mellett hasonlítjuk össze:

7. ábra – :  $\Phi = 0,2$ ,  $R_{sh} = R_w = 1$  ohm,  $V_{sh} = 0,2$ ,  $S_w = 0,25$

8. ábra – :  $\Phi = 0,2$ ,  $R_{sh} = R_w = 1$  ohm,  $V_{sh} = 0,2$ ,  $S_w = 0,5$

9. ábra – :  $\Phi = 0,2$ ,  $R_{sh} = R_w = 1$  ohm,  $V_{sh} = 0,5$ ,  $S_w = 0,25$

10. ábra – :  $\Phi = 0,2$ ,  $R_{sh} = R_w = 1$  ohm,  $V_{sh} = 0,5$ ,  $S_w = 0,5$

Látjuk, hogy a választott paraméterekkel jellemzett esetekben a folytonos egyenesekkel jelölt (12) algoritmus kedvezőbb a hibákra való érzékenység szempontjából mint a (11) algoritmus. Természetesen a feltétel-rendszert mindig az aktuális tároló viszonyoknak megfelelően kell megválasztani. Egy más feltétel rendszer esetén (pl.  $R_w < R_{sh}$ ,  $R_w \ll 1,0$  ohm  $\Phi < 0,2$  stb.) lehet, hogy a (11) algoritmus lesz kedvezőbb.

### 3. Összefoglalás

Megállapítottuk, hogy a szemcsék közötti porozitású, nem agyagos kőzetekben a víztelítettség meghatározás hibája a porozitás csökkenésével nő és 10% porozitás alatt a víztelítettség meghatározás bizonytalansága nagy.

A 3–5% porozitás alatt a víztelítettség karotázás módszerekkel való meghatározásának nincs reális lehetősége.

A víztelítettség meghatározás legnagyobb súlyú paraméterei az  $m$  és  $n$  kitevők, amelyek in situ viszonyok melletti mérése rendkívül fontos a víztelítettség meghatározása szempontjából.

A különféle értelmező algoritmusok kiválasztásának döntő szempontja az algoritmusoknak az adott tárolóviszonyok és az adott karotázás mérési komplexum melletti hiba érzékenységük lehet.

### IRODALOM

- [1] Zverev, G. N.: Teorija interpretácija promüszlovo-geofiziceszkih dannüh. VNII Nefteprom-geofizika, Ufa, 1979. UDK 681. 3. : 550. 832.
- [2] Mayer, C, Sibbit, A.: GLOBAL, a new approach 10 computer – processed log interpretation, SPE paper 9341, 1980.
- [3] Markó L.: Hibaterjedés a karotázás szelvényfeldolgozásban és értelmezésben. SZKFI jelentés, 1981.

### Függelék

#### Jelölések

$\Phi$	= porozitás (%)
$S_w$	= víztelítettség (%)
$m$	= porozitás kitevő
$n$	= telítettség kitevő
$R_w$	= rétegvíz fajlagos ellenállás, ohmm
$R_t$	= réteg valódi fajlagos ellenállás, ohmm
$V_{sh}$	= agyagtartalom (%)
$a$	= állandó, (0,6 – 1,0)
$R_{sh}$	= agyag fajlagos ellenállás, ohmm
$\Delta t$	= akusztikus terjedési idő $L$ , $\mu$ sec/m
$\Delta t_m$	= a kőzetváz akusztikus terjedési ideje $L$ , $\mu$ sec/m
$\Delta t_f$	= a pórus folyadék akusztikus terjedési ideje $L$ , $\mu$ sec/m
$\Delta t_{sh}$	= az agyag terjedési ideje $\mu$ sec/m

A (11) sz. (Schlumberger) formula paramétereinek hiba súlyfüggvényei:

$$W_1 = \frac{R_w}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_w} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{1 + A \cdot B} \quad A-1$$

$$\text{ahol: } A = V_{sh} \left(1 - \frac{V_{sh}}{2}\right)$$

$$B = \left(\frac{a \cdot R_w}{R_{sh} \Phi^m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$W_2 = \frac{R_t}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_t} = -\frac{1}{n} \quad \text{A-2}$$

$$W_3 = \frac{\Phi}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial \Phi} = -\frac{m}{n} \cdot \frac{1}{1 + A \cdot B} \quad \text{A-3}$$

$$W_4 = \frac{m}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial m} = -\frac{m}{n} \left(\frac{1}{1 + A \cdot B}\right) \log \Phi \quad \text{A-4}$$

$$W_5 = \frac{n}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial n} = \frac{1}{n} \log \left[ R_t \left( \frac{A}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\Phi^{\frac{m}{2}}}{\sqrt{a \cdot R_w}} \right) \right] \quad \text{A-5}$$

$$W_6 = \frac{V_{sh}}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial V_{sh}} = -\frac{2}{n} \cdot \frac{1 - \frac{V_{sh}}{2} - \frac{V_{sh}}{2} \log V_{sh}}{1 + \frac{1}{A \cdot B}} \quad \text{A-6}$$

A (12) sz. formula paramétereinek súly függvényei:

$$W_1 = \frac{R_w}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_w} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{1 + C \cdot D} \quad \text{A-7}$$

$$\text{ahol: } C = V_{sh}(1 - V_{sh})^{m-1},$$

$$D = \frac{R_w}{R_{sh} \Phi^m}.$$

$$W_2 = \frac{R_t}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial R_t} = -\frac{1}{n} \quad \text{A-8}$$

$$W_3 = \frac{\Phi}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial \Phi} = -\frac{m}{n} \cdot \frac{1}{1 + C \cdot D} \quad \text{A-9}$$

$$W_4 = \frac{m}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial m} = -\left(\frac{m}{n} \log \frac{\Phi}{1 - V_{sh}}\right) \frac{1}{1 + C \cdot D} \quad \text{A-10}$$

$$W_5 = \frac{n}{S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial n} = \frac{1}{n} \log \left[ \frac{R_t}{R_{sh}} \cdot V_{sh} \left(1 + \frac{1}{CD}\right) \right]. \quad \text{A-11}$$

## Könyvismertetés

**Handbuch der Physik/Encyclopedia of Physics**

Volume XLIX/7 Geophysics III/7.

Editor in chief: *S. Flügge*, Editor: *K. Rawer*.

Springer-Verlag ISBN 3-540-11425-4, 0-387-11425-4.

Az 1956-ban megjelent első, majd az 1957-ben kiadott második geofizikai kötet után 1966-ban kezdte meg a Springer kiadó a Geophysics III. kötetének több alkötetben történő közlését.

A jelen VII. rész 544 oldalon 224 ábrával a felső atmoszféra aeronomiájával, közelebbről a termoszférával és az ionoszférával foglalkozik. Az aeronomia egyik alapvető témaköre a napsugárzás és hatása az atmoszféra vegyi és dinamikus szerkezetére. A könyv a modelalkotás legfontosabb eredményeit foglalja össze, valamint elméleti és kísérleti tanulmányokat közöl a semleges és ionizált atmoszféráról.

A könyv három fő fejezetre tagozódik:

Schmidtke, G., a freiburgi egyetem tanára 57 oldalon foglalkozik a Nap ibolyántúli sugárzásának modellezésével, s a modellek aerodinamikai alkalmazásával.

Suchy, K., a dortmundi egyetem professzora mintegy 150 oldalon tárgyalja az aeronomikus plazma transzport együtthatóit és ütközési frekvenciáit, részletesen kitérve az összes lehetséges kölcsönhatásra.

A kötet szerkesztője, Prof. K. Rawer, írta a legterjedelmesebb 3. fejezetet, melyet a semege és ionizált atmoszféra modellezési kérdéseinek szentel. Az alfejezetek: mérési módszerek, mléré eredmények, kísérleti modellezés, aeronomikus modellezés.

A könyv függelékében D. Bilitza rövid összefoglalót ad a fotoelektronok szerepéről a felső atmoszféra hőmérsékletében.

A mű a Springer kiadótól megszokott gondos és alapos munka s a tárgykörrel foglalkozók számára nélkülözhetetlen alapmunka.

*D. J.*

**G. Buntebarth: Geothermics.** Springer-Verlag, ISBN 3-540-12751-8, 0-387-12751-8. 144 oldal, 66 ábra, Ára: kb 23\$.

A szerző, a Technische Universität, Clausthal tanára.

E könyvét német nyelven már megjelentette a Springer kiadó (1980). A téma és a könyv iránti nagy érdeklődést tükrözi a most megjelent angolnyelvű kiadás.

A könyv 6 fejezetre és egy függelékre oszlik. A fejezetcímek jó áttekintést adnak a tartalomról:

1. A hővezetés fizikai alapjai.
2. A kőzetek hőtani tulajdonságai.
3. A földkéreg hűlésének analitikus megközelítése.
4. A Föld belsejének hőállapota.
5. A hőmérséklet meghatározási módszerek.
6. A geotermikus hő, mint energia forrás.
7. Függelék

A könyv több mint 300 irodalmi hivatkozást ad.

*D. J.*

# Számítógépes időtérkép — mélységtérkép transzformáció, vetők figyelembevételével

KÉSMÁRKY ISTVÁN\* — MAKÁRY ELEMÉR\*

*Egy általános célú adatbázis kezelő és grafikus megjelenítő programcsomag szolgáltatásaira támaszkodva készült el a Geofizikai Kutató Vállalatnál az időtérkép-mélységtérkép transzformációs program.*

*Az algoritmus lényege, hogy az időfelület adott pontjában a gradiens és a legfelső réteg intervallumsebességének ismeretében meghatározható a nulla offsethez tartozó sugár emergencia szöge és azimutja. Ezután (vízszintes homogén rétegsori feltételezve) a sugár a Snelliusz törvény alapján nyomonzható lefelé, ameddig az adott  $t_0$  érték „el nem fogy”. A transzformáció pontonként hajtható végre. A kapott mélységtérkép mélyfúrási adatokkal történő korrekciójával naprakész kutatási térképek nyerhetők.*

*A program lehetővé teszi, hogy az időfelület modellt több folytonos síma részből állítsuk össze, ezáltal több tektonikai blokk is egymástól függetlenül kezelhető, transzformálható. A kapott mélységtérkép szintén független tartományokból áll, melyek a transzformáció következtében egymáshoz képest elmozdulhatnak (eltávolodhatnak, vagy téves időfelület kijelölés esetén egymásra csúszhatnak.).*

*На основании стандартного пакета программ управления данными и графических построений в Геофизическом предприятии была написана программа преобразования карт времен в карты глубин. Основой алгоритма является то, что в данной точке временной поверхности при известных значениях градиента и интервальной скорости верхнего слоя можно определить угол выхода и азимут луча, относящегося к нулевому расстоянию от пункта взрыва. Затем, предполагая горизонтальный и однородный разрез, по закону Снеллуса можно проследить распространение луча вниз до тех пор, пока не кончится данное значение  $t_0$ . Преобразование проводится поточечно. Вводя поправки согласно данным бурения, по полученной карте глубин можно получить актуальные разведочные карты.*

*Программа дает возможность составить модель временной поверхности из нескольких непрерывных гладких частей, благодаря чему тектонические блоки можно строить и трансформировать независимо друг от друга. Полученная карта глубин также состоит из независимых областей, которые в результате преобразования могут сдвинуться друг относительно друга (разойтись или в случае неправильного выделения временной поверхности надвинуться друг на друга).*

*A program to do time to depth transformation was implemented at the Geophysical Exploration Company. The transformation program is supported by a general purpose data base handling and graphic package with the following main functions:*

- Data file generation and maintenance
- Gridding
- 2D filtering (smoothing) of surfaces
- Extrapolation of surfaces to avoid edge effects
- Data editing
- Coordinate transformations
- Drawing isoline maps and perspective figures

*The main point of the algorithm is that the emergence and azimuth angles of the zero offset ray at a certain point can be computed from the gradient of the time surface and the interval velocity of the uppermost layer. Supposing a simple homogeneous horizontal layer sequence the ray can be traced downward (by the Snell's law) until the specified  $t_0$  value "decays". The resultant depth map can be corrected due to borehole data to produce up-to-date exploration maps.*

*The program makes possible to create discontinuous time surface models containing several distinct smooth continuous parts which can independently be handled, transformed. The resultant depth surface also contains the correspondent blocks which may be relatively shifted to each other or partially overlapped in case of false interpretation, due to the different dips of the time surface parts.*

\* Geofizikai Kutató Vállalat, 1391 Budapest, Pf. 213.

Az 1980-as évek elejére a hardware eszközök fejlődése és az interaktív grafikus perifériák elterjedése lehetővé tette, hogy a szeizmikus adatfeldolgozási programcsomagok mellett megjelenjenek a kiértékelési rendszerek. A folyamat révén megvalósul a teljes szeizmikus technológiai lánc számítógépesítése, mely bizonyára nagy hatással lesz az ipar mennyiségi és minőségi teljesítőképességének alakulására.

Ilyen irányú fejlesztés első lépéseként készült el a Geofizikai Kutató Vállalatnál az időtérkép-mélységtérkép transzformációs program. A transzformációs program egy általános célú adatbázis kezelő és térbeli (3 dimenziós) adatok grafikus megjelenítését végző programcsomag szolgáltatásaira támaszkodik, melynek néhány fontosabb funkciója az alábbi:

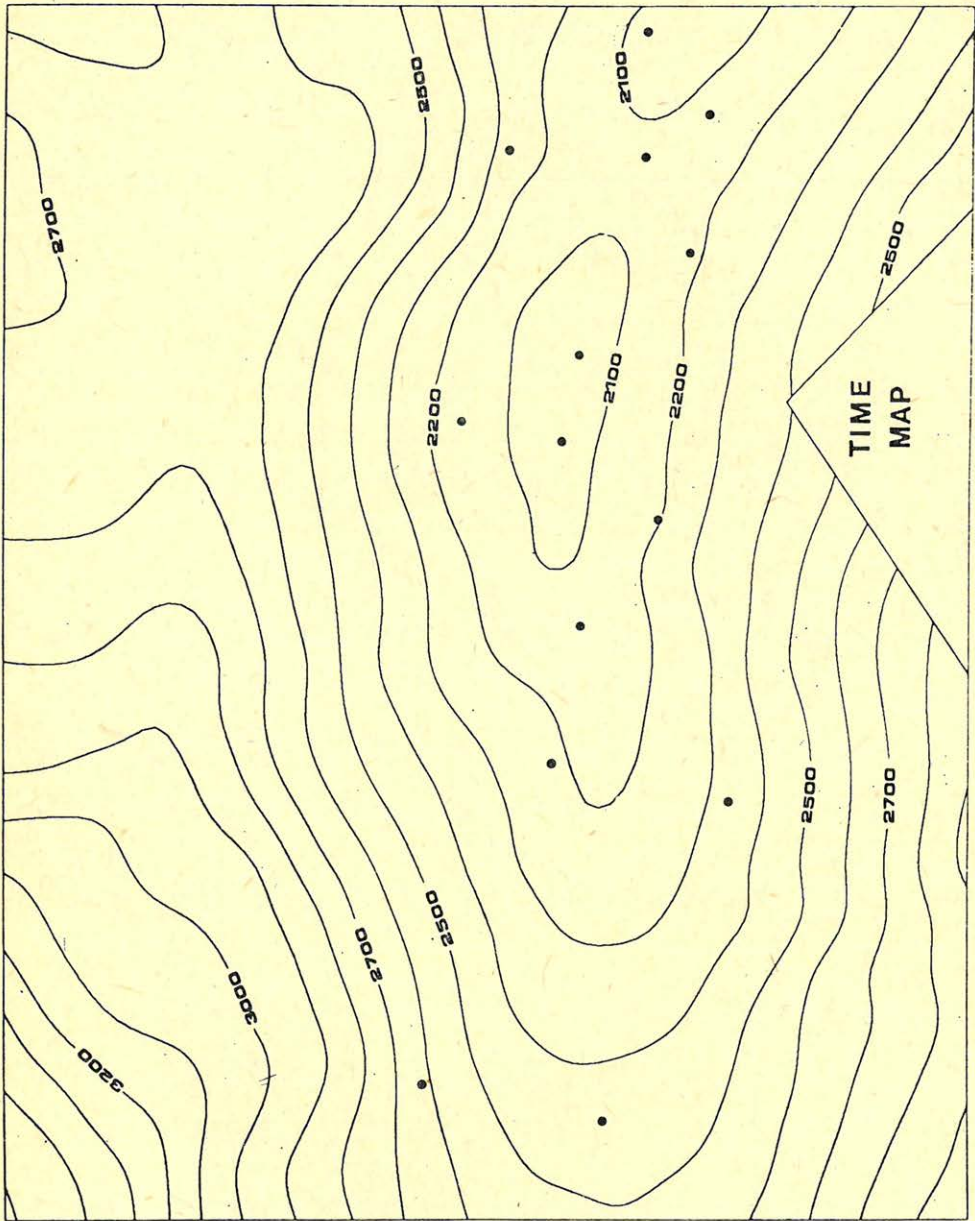
- Adatfájlok létrehozása, karbantartása.
- Szabálytalan és szabályos adatstruktúra konverziók.  
(Szabálytalan eloszlású pontokkal definiált felület szabályos rácshálóba interpolálása stb.)
- Felületek 2 dimenziós simítása.
- Felületek extrapoláció jellegű kiterjesztése a szélhatások kiküszöbölésére.
- Adatszerkesztések.  
(Adatok összegyűjtése több adatfájlból, különféle kritériumok alapján).
- Koordináta transzformációk végrehajtása.
- Szintvonalas vagy perspektivikus rajzok készítése szabályos rácshálózatba interpolált adatok alapján. (A felület nem szükségszerűen egyértékű, tartalmazhat vetőket, hézagokat, töréseket.)

A jelenlegi hardware adottságok az irodalmi hivatkozásokban leírt korrekt és kifinomult algoritmusok helyett csupán egy erősen leegyszerűsített (3 dimenziós) algoritmus megvalósítását engedik meg.

Az algoritmus lényege, hogy az időfelület adott pontjában a gradiens és a legfelső réteg intervallumsebességének ismeretében meghatározható a nulla offsethez tartozó sugár emergencia szöge és azimutja. Ezután (vízszintes homogén rétegsort feltételezve) a sugár a Snelliusz törvény alapján nyomozható lefelé, ameddig az adott  $t_0$  érték „el nem fogy”. A transzformáció pontonként hajtható végre. A pontonként végrehajtott transzformáció szabálytalan eloszlású pontokkal definiált mélységfelületet eredményez akkor is, ha az eredeti időfelület szabályos hálózatban volt mintavételezve. A további feldolgozáshoz a mélységfelületet szabályos rácshálózatba kell interpolálni.

Egy újabb korrekciós lépésben a kapott mélységfelület és a mélyfúrások mélység adatainak eltérései (a szabálytalan eloszlásban adott reziduálok) szintén szabályos hálózatba interpolálhatók és a mélységtranszformációval kapott felülethez adhatók. Az így előállított felület pontosan illeszkedik a mélyfúrási adatokra. (Ez a korrekció fizikailag egy vízszintes irányban lassan változó sebességfüggvény hatásának fogható fel.)

A program lehetővé teszi, hogy az időfelület modellt több folytonos síma részből állítsuk össze, ezáltal több tektonikai blokk is egymástól függetlenül kezelhető, transzformálható. A kapott mélységtérkép szintén független tartományokból áll, melyek a transzformáció következtében egymáshoz képest elmozdulhatnak (eltávolodhatnak, vagy téves időfelület kijelölés esetén egymásra csúszhatnak).



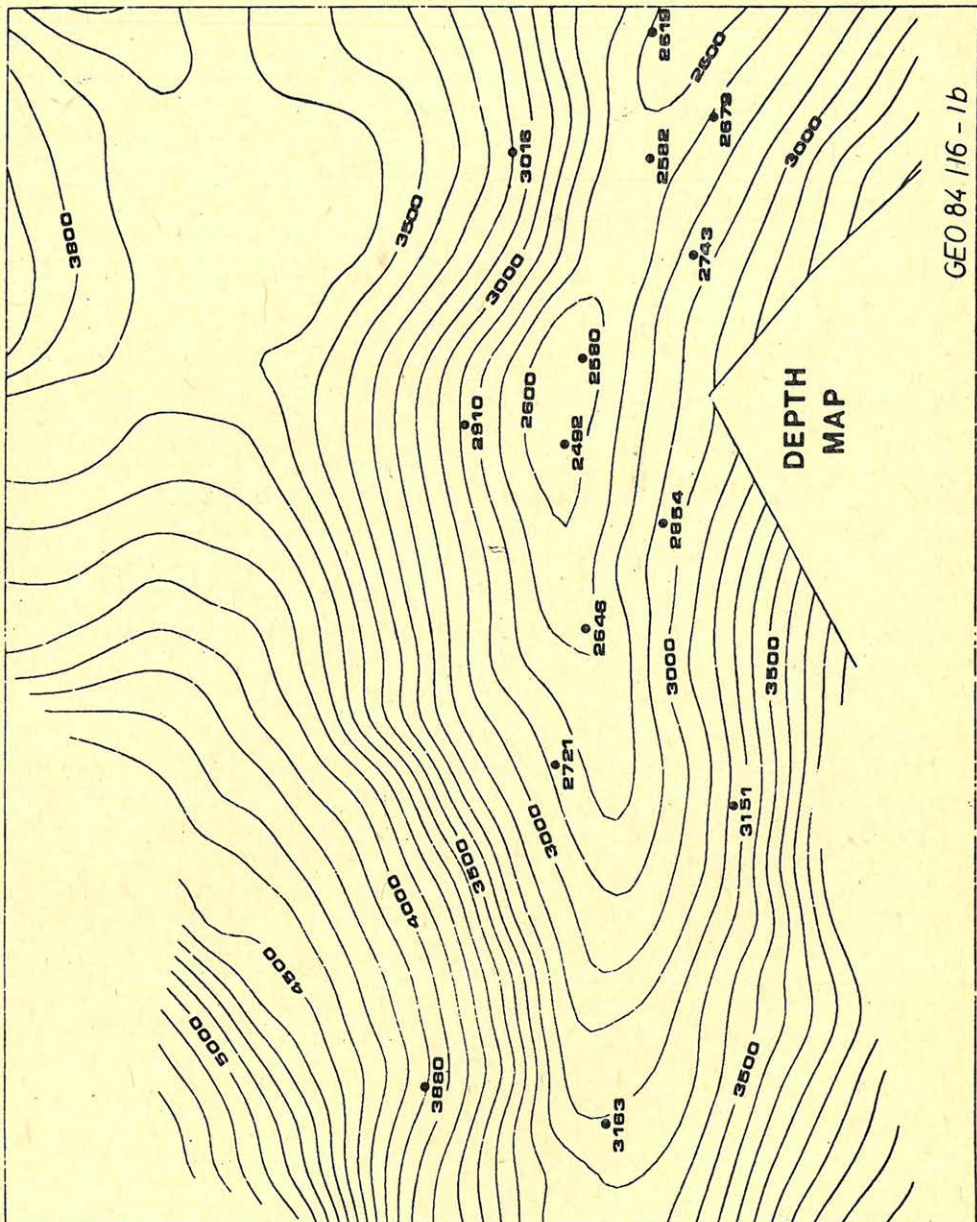
GEO 84/16 - 1a

**TIME  
MAP**

*1. a. ábra.*

*Рис. 1. а.*

*Fig. 1. a.*

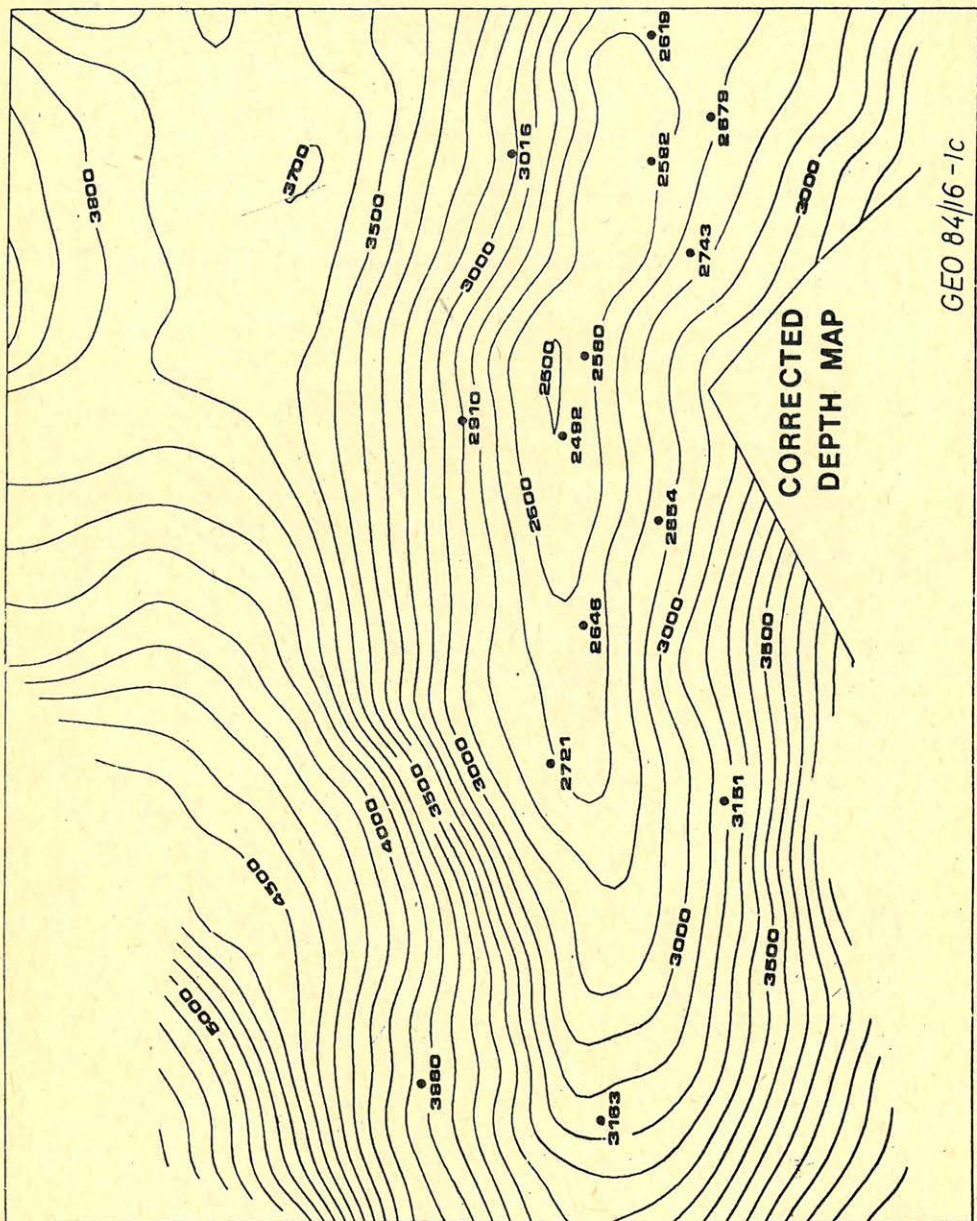


GEO 84 /16 - 1b

1. b. ábra.

Рис. 1. б.

Fig. 1. b.



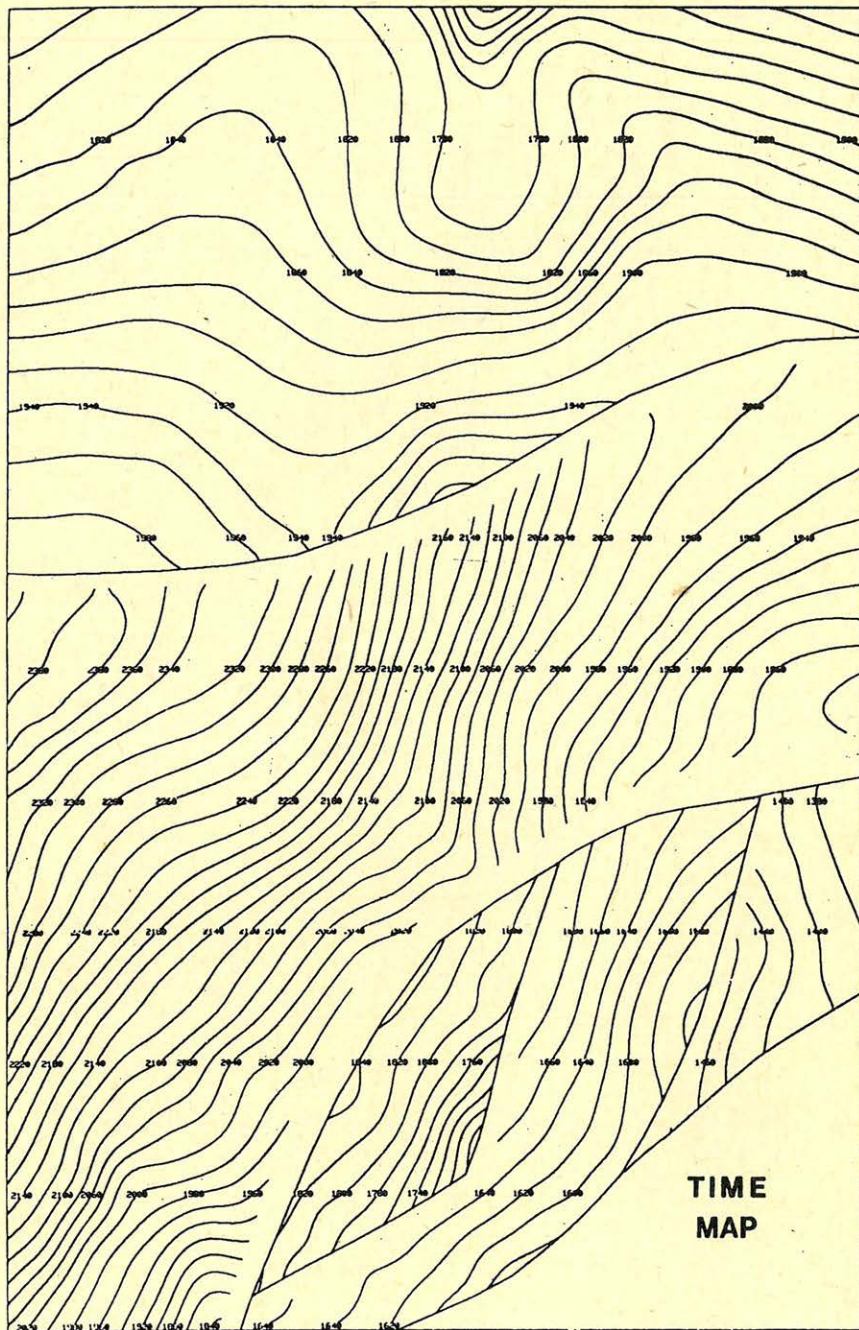
**CORRECTED  
DEPTH MAP**

GEO 84/16-1c

*I. c. ábra,*

*Puc. 1. c.*

*Fig. 1. c.*

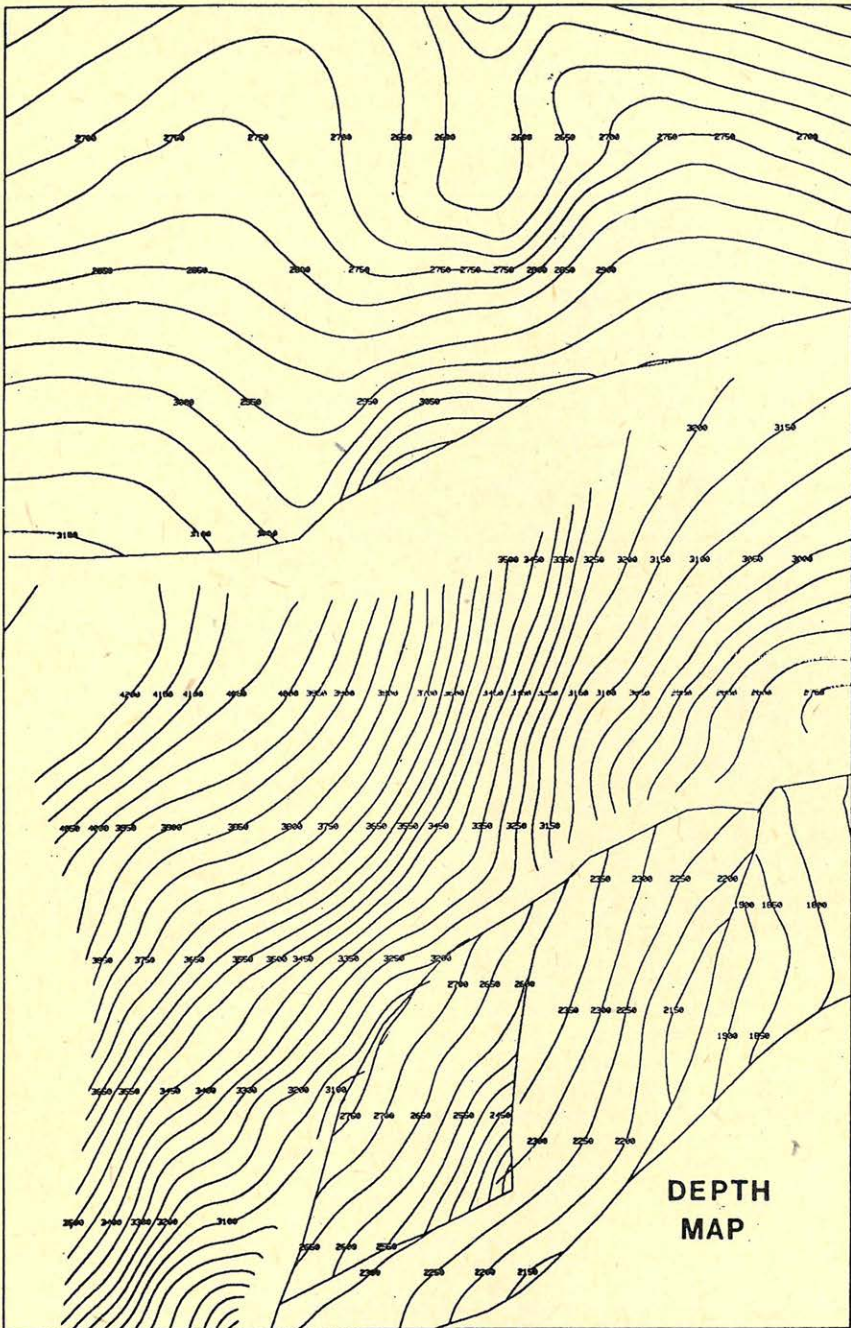


GEO84/16-2a

2. a. ábra.

Рис. 2. а.

Fig. 2. a.

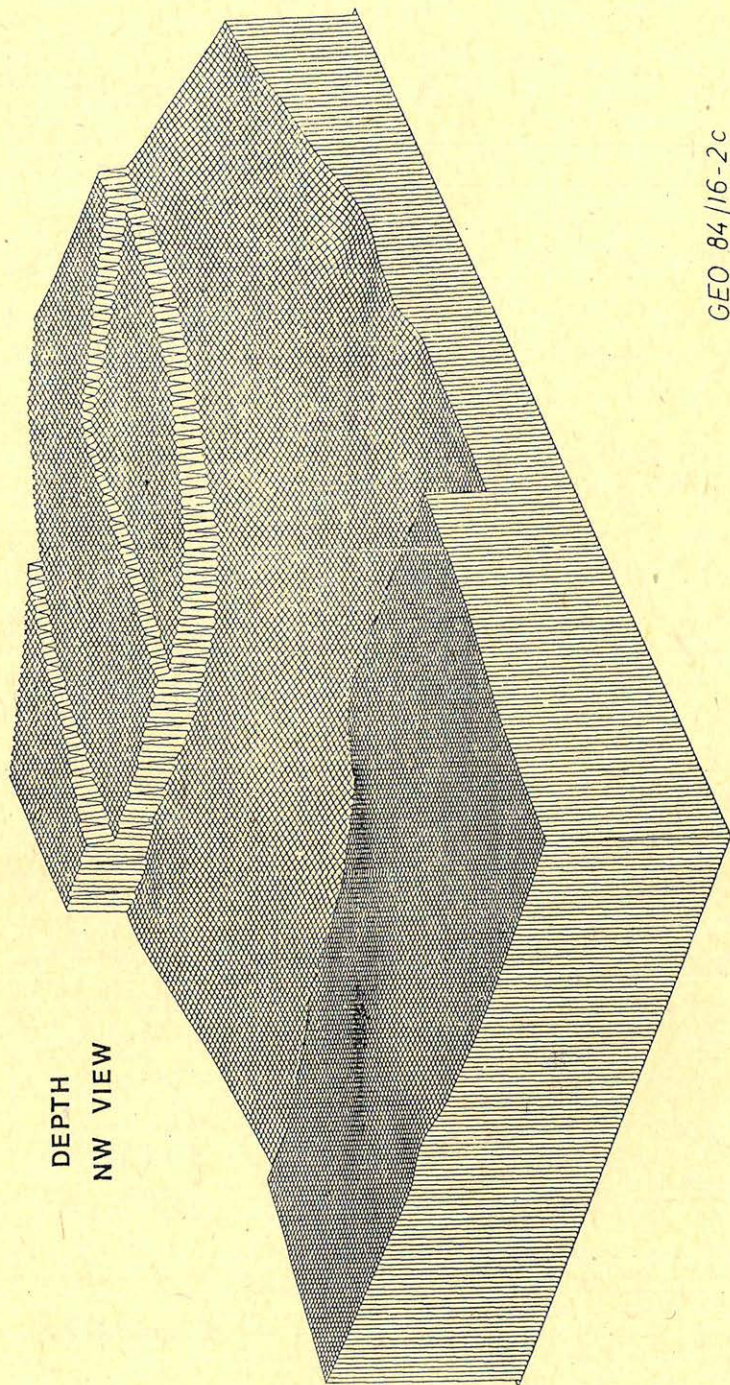


GEO 84/16-2b

2. б. ábra.

Рис. 2. б.

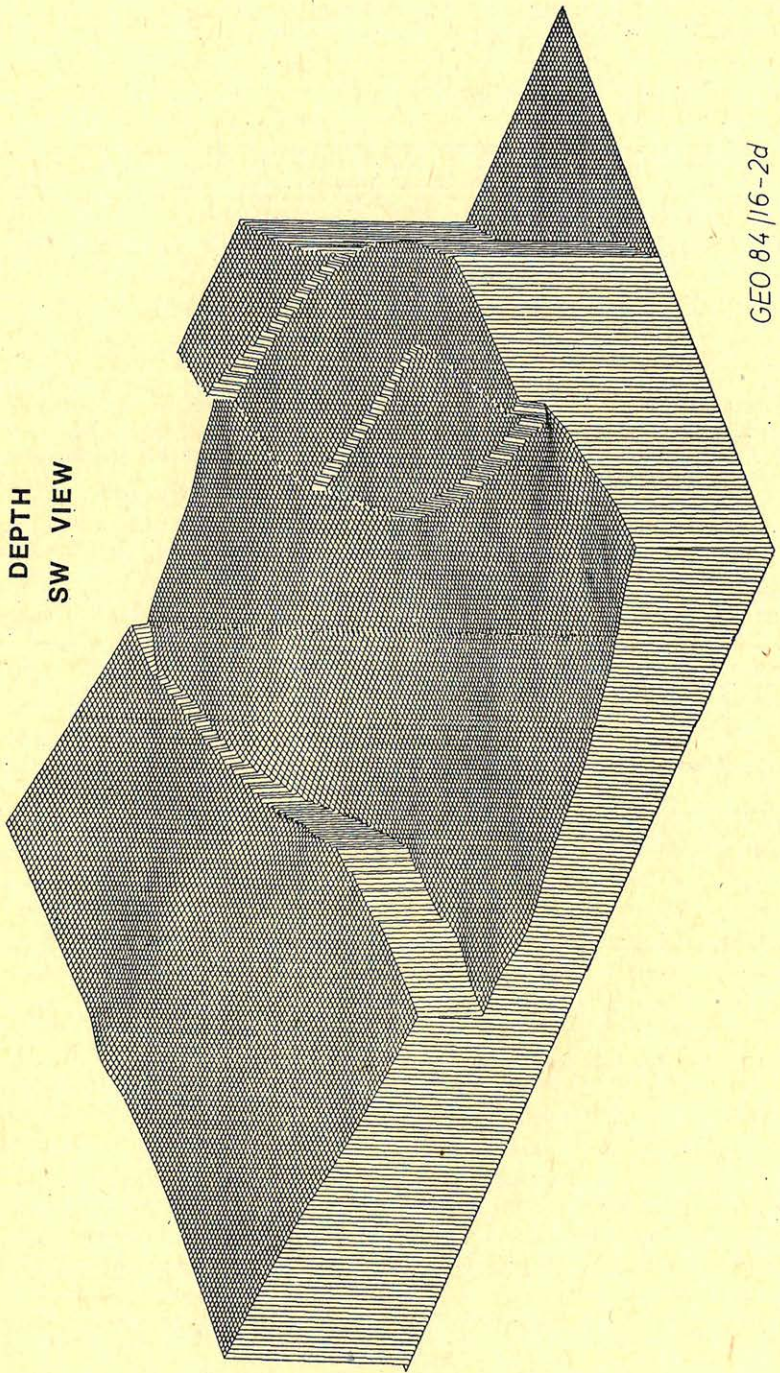
Fig. 2. b



GEO 84/16-2c

2. c. *abra.* Puc. 2. 4. Fig. 2. c.

DEPTH  
SW VIEW



GEO 84/16-2d

2. d. ábra. Puc. 2. ő. Fig. 2. d.

## *Példák*

Az első ábra egy egyszerű antiklinális időtérképét, mélységtranszformáltját és a mélyfúrási adatoknak megfelelő korrekcióját mutatja (*1a, 1b, 1c ábra*).

A második ábra egy bonyolultabb, töréses blokkokat tartalmazó időtérképét, a megfelelő mélységtranszformáltat és perspektivikus képét mutatja 2 irányból (*2a, 2b, 2c, 2d ábra*).

## *Következtetések*

A megvalósított algoritmus lehetővé teszi a vető zónák korrekt migrációját és a kiértékelés egyes hipotéziseinek vizsgálatát a pannon medence aljzatig.

A mélységtérkép mélyfúrási adatokkal történő korrekciójával a kutatás pillanatnyi állapotának pontosan megfelelő térképek nyerhetők.

## IRODALOM

*Baumgarte, J.*: Konstruktive Darstellung von seismischen Horizonten unter Berücksichtigung der Strahlenbrechnung im Raum. Geophysical Prospecting, Vol. 3. p 126, 1954.

*Hubral, P., Krey Th.*: Interval velocities from seismic reflection time measurements, SEG kiadvány, 1980.

*Sattlegger, J.*: Interpretive Seismic Processing Package, 1981/83.

---

## Szeizmikus észlelő rendszerek tervezése

TÓTH LÁSZLÓ\* – MÓNUS PÉTER\* – ZSÍROS TIBOR\*

*A szeizmikus mérőrendszerek, csoportos geofon rendszerek a modern szeizmológia és szeizmika fontos eszközei. A dolgozat segítséget kíván nyújtani az ilyen csoportos érzékelők geometriájának tervezéséhez. Az ismertetett eljárás a geometriai elrendezésből adódó elméleti átviteli függvény tervezése helyett a jel és a zaj statisztikai tulajdonságainak ismeretében az elérhető jel/zaj arány alapján optimalizálja az elrendezést. A módszer elsősorban és közvetlenül a szeizmológiában felmerült igényeket elégíti ki, geofon csoportok tervezésére nem tettünk kísérletet.*

*Важным средством современной сейсмологии и сейсморазведки являются сейсмические системы наблюдения и группирования сейсмоприемников.*

*Эта работа поможет в планировании групп сейсмоприемников. В описанном способе вместо применения теоретической передаточной функции геометрических схем, расстановки оптимизируются на основании величины отношения сигнал/помеха при известных статистических свойствах сигнала и помехи. Непосредственного и в первую очередь способ отвечает потребностям сейсмологии. Опыты группирования сейсмоприемников не проводились.*

*The seismic measuring systems, geophone arrays are important tools in the modern seismology and seismics. This paper is intended to give help for design of sensor arrays. The method presented in the paper optimizes the S/N ratio basing on the knowledge of the statistical features of the noise as well as the signal instead the design of the theoretical transfer functions depending on the geometry of the arrays. The method directly meets the demands arising in the seismology, we did not make efforts to design geophone arrays for seismic purposes.*

### Bevezetés

A szeizmikában már az 1920-as években használtak csoportos geofonokat, melyek segítségével az észleléseknél jel/zaj javulást sikerült elérni. A szeizmológiában a módszer alkalmazása csak később indult meg. Amikor a nukleáris fegyverkísérletek korlátozásáról, illetve betiltásáról folyó tárgyalások kapcsán előtérbe került a szeizmológia, mint az ellenőrzés lehetséges eszköze, az egész tudományág gyors fejlődésbe lendült.

Az 1958-as genfi tárgyalások után 1960–63-ban az Amerikai Egyesült Államokban és Angliában kísérleti mérőrendszereket (az angolszász irodalomban array) létesítettek, majd a biztató eredmények után az amerikai ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) finanszírozásával Montana államban 1965-ben felépítettek egy nagy kiterjedésű szeizmikus mérőrendszert (*LASA*). Mintegy 6 évvel később kezdte meg működését egy hasonló megfigyelőrendszer Norvégiában (*NORSAR*). A 200 km átmérőjű területen elhelyezett és 588 szeizmométerből álló amerikai *LASA*, valamint a 100 km átmérőjű és 198 érzékelőt tartalmazó norvég *NORSAR* azóta is a világ két egyedülálló ilyen jellegű létesítménye. Később – miután megfelelő mennyiségű feldolgozásra váró kísérleti anyag gyűlt össze – a magas üzemeltetési költségek miatt méretüket csökkentették, illetve csak részleges üzemben működtették.

A fejlődés egyik fontos része volt a digitális jelerősítés bevezetése és a hatalmas adatmennyiség kezelését és feldolgozását lehetővé tevő nagy számítógépekkel felszerelt adatközpontok megjelenése. A *NORSAR* központjában például két

\* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Budapest.

IBM-360-as számítógép az on line adatrögzítést, a jelfelismerést, két IBM-370-es gép pedig az off-line adatfeldolgozást végzi (Husebye 1970, Husebye and Bungum 1970).

Időközben az elméleti kutatások is intenzívebbé váltak, habár teljesen új matematikai eljárások kidolgozására nem volt szükség, hiszen az antenna és a radarelméletből lehetőség volt a haladó hullámokat leíró módszerek átvételére, a szeizmikában pedig az idősorok analízise volt viszonylag ismert feladat. E forrásokból táplálkozva az utóbbi években kialakult a szeizmológiának egy új matematikai ága, melyet gyakran kvantitatív szeizmológiának neveznek (Aki and Richards 1980).

Az array koncepció előnyei kezdettől fogva világosak voltak a szakemberek előtt, széles körű elterjedését azonban gátolta nagy számítógép igénye és ennek magas ára. Napjainkban az elektronika fejlődése, a mini-számítógépek megjelenése már lehetővé teszi, hogy mind több országban a hagyományos szeizmológia átadja a helyét egy új, minőségileg más, korszerű digitális szeizmológiának.

Ismeretes, hogy a földrengések és robbantások során felszabadult energia egy része rugalmas hullámok formájában sugárzódik ki, mely a hullámterjedés törvényeinek megfelelően különböző utakon jut el az észlelőhöz, magával hordozva a forrásról és a terjedési közegről szerzett információt. Az észlelés körülményei határozzák meg, hogy a regisztrált jel mennyi hozzáférhető értékes információt, illetve mennyi értéktelen, zavaró összetevőt tartalmaz, másszóval milyen jel/zaj arányt sikerül elérni. A jel és a zaj megítélése természetesen szubjektív, ami az egyik esetben káros zaj, az egy más esetben éppen a vizsgálni kívánt jel lehet. A mérés előtt kell eldöntenünk, hogy mi az aminek a jelenléte kívánatos a felvételen, és mi az ami nem. Például a norvégiai *NORSAR* tervezésénél a teleszeizmikus ( $10^\circ$  fölött) események észlelése volt az elsődleges cél. Ennek alapján a szeizmométereket egymástól több km távolságban, egy 8 km átmérőjű kör területén helyezték el. Az ilyen érzékelők közötti távolság oda vezetett, hogy a lokális – néhány száz km távolságban kipattant – rengések korrelálatlanná váltak, a zaj tartományába estek. A rendszer nem alkalmas a közeli események megfigyelésére. Számos hasonló példát hozhatnánk, többek között ilyen feladat az antennák méretezése. Senki sem várja el, hogy egy *URH* sávra készített, nagyon jól működő antennát középhullámon eredménnyel használhat.

Egy szeizmikus array geometriai elrendezésének és az érzékelők számának tervezése meglehetősen bonyolult feladat (Lacoss 1965), főleg néhány szabályos elrendezés viselkedését vizsgálták (Haubrich 1968). A tervezés során az átviteli függvényt igyekeznek optimalizálni, de elengedhetetlen a helyi szeizmikus zaj statisztikai tulajdonságainak ismerete. Az érzékelők száma és geometriai elrendezése mellett fontos tervezési szempont a nagyfokú jelazonosság, amihez homogén, horizontálisan rétegzett geológiai szerkezet kell.

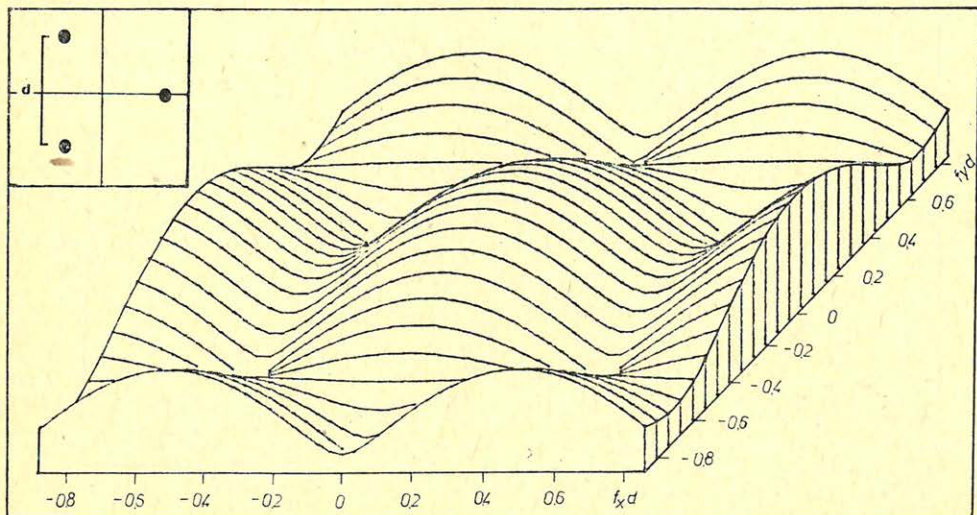
#### *Alapvető követelmények az átviteli függvénnyel kapcsolatban*

Legyenek a szeizmométerek az  $X_1, X_2, \dots, X_L$  helyen. Ha a kimeneteket összeadjuk, az adott geometria esetén a hullámszám tartományban az átvitel a következő függvénnyel jellemezhető (Meskó 1977):

$$B(k) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L e^{-jkX_i},$$

ahol  $k$  a hullámszám vektor.

A  $B(k)$  függvény (a továbbiakban átviteli függvény) lényegében egy diszkrét Fourier-transzformáció a tértartományban. Világos, hogy e függvény mennyire meghatározó szerepet játszik az adatfeldolgozás során. Optimális esetben az átviteli függvény keskeny, meredek lefutású főmaximummal rendelkezik, a mellékmaximumok pedig ehhez képest kicsik. Minthogy  $B(k)$  mindenképpen periódikus (Meskó 1977, Bath 1974), szükséges, hogy a periódusa elég nagy legyen. A rendszer mérete határozza meg az átviteli függvény főmaximumának szélességét. Pl.  $0.01 \text{ km}^{-1}$  szélességű csúcs eléréséhez legalább  $100 \text{ km}$ -es



GEO 84/15-1

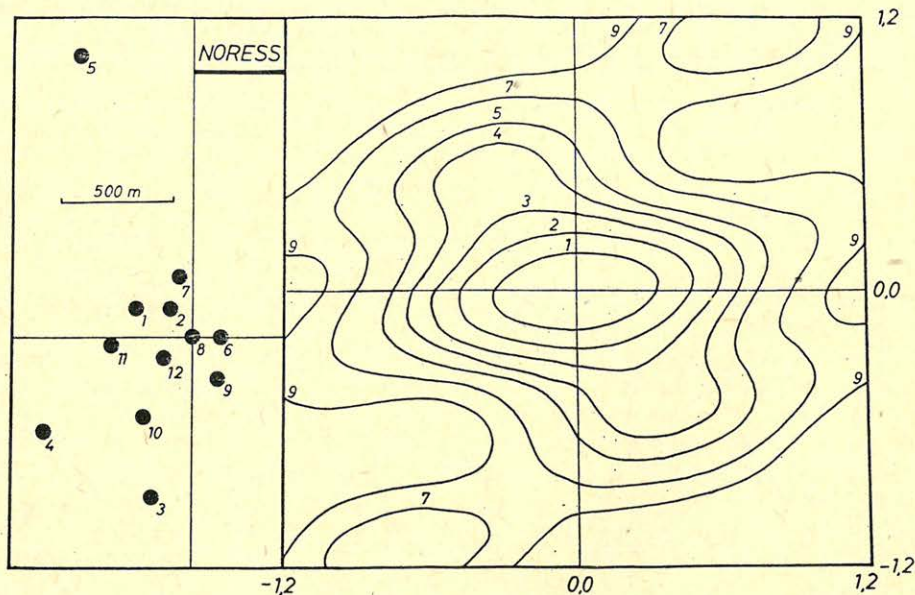
1. ábra. Háromelemű, szabályos háromszög alakú szeizmométer csoport átviteli függvényének abszolút értéke direkt összegezésre

Рис. 1. Абсолютное значение передаточной функции состоящей из трех элементов расстановки сейсмоприемников, форма которой правильный треугольник

Fig. 1. The absolute value of the transfer function of a triangle shaped seismograph pattern consisting of three elements for direct stacking

kiterjedés kell. A szeizmométerek számát számos egymásnak ellentmondó kívánalom alapján lehet megadni. Több érzékelővel a mellékmaximumokat jobban le lehet csökkenteni, ellenben ez megnöveli az építési költséget és a feldolgozás bonyolultabbá válik. A tapasztalat azt mutatja, hogy az érzékelők távolságának és számának meghatározásánál a döntő szempont az aliasing minimalizálása kell hogy legyen. Ismeretes, hogy egy folytonos függvény térbeni mintavételezése hullámszám aliasinghoz vezet, mert az átviteli függvény periódikussá válik. Egyenközű mintavételezés esetén a periódus  $1/\Delta X$ , ahol  $\Delta X$  a mintavételi távolság. Ekkor a legnagyobb torzítatlanul átvihető hullámszám  $k_N = 1/2 \Delta X$ ; például  $\Delta X = 10 \text{ km}$  esetén  $k_N = 0,05 \text{ km}^{-1}$ . Ez nagyon alacsony érték, hiszen a P hullám látszólagos sebessége  $8 \text{ km/s}$ , vagy nagyobb, ami  $1 \text{ Hz}$ -en megfelel  $k \leq 0,13 \text{ km}^{-1}$ -nek. Ez azt jelenti, hogy  $10 \text{ km}$  távolságban elhelyezett szeizmométerekkel a P energia nagy része az aliasing tartományba esik. Az ilyen torzulások elkerülésére  $1 \text{ km}$ -nél nem nagyobb szenzortávolság kell.

Olcsóbb és elegánsabb módja az aliasing csökkentésének, a nagy mellékmaximumok elkerülésének a szabálytalan pontokban történő észlelés. Természetesen az átviteli függvény ekkor is periódikus lesz, de a periódus könnyebben megnövelhető. Ilyen rendszert tervezni azonban nem könnyű, a 2. ábrán látható NORESS több éves kísérletezés eredménye (Mykkeltveit and Ringdal 1981).



GEO 84/15-2

2. ábra. A norvégiai NORESS átviteli függvényének abszolút értéke. A szintvonalak a csúcs alatti értéket mutatják dB-ben

Рис. 2. Абсолютное значение норвежской NORESS передаточной функции. Изолинии показывают значение в децибеллах под пиком

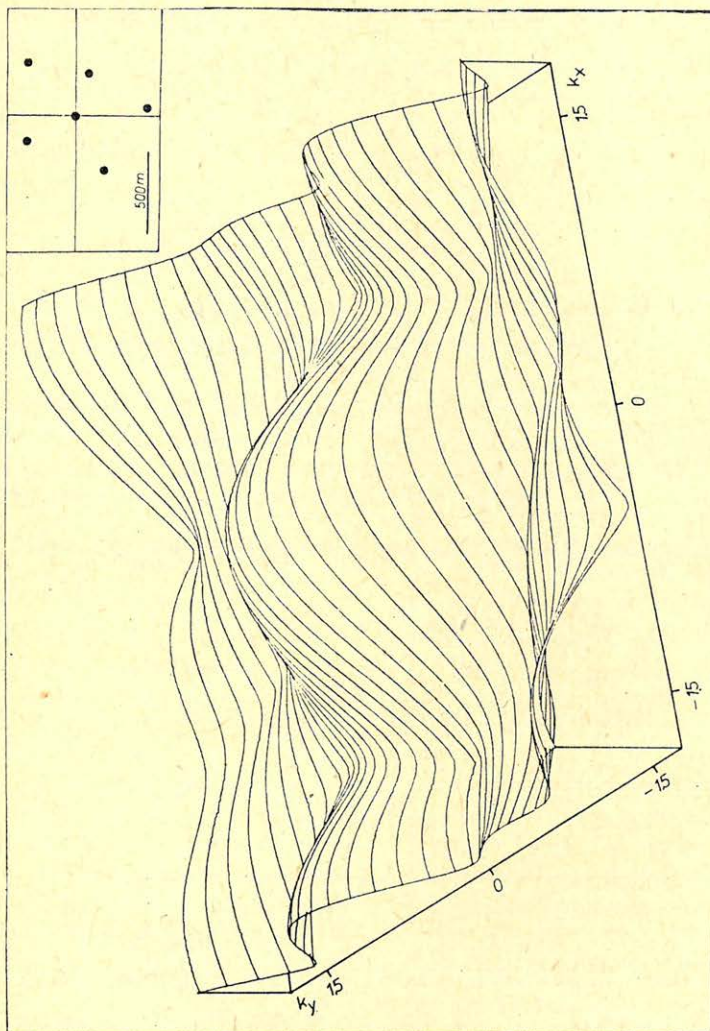
Fig. 2. The absolute value of the transfer function of the Norwegian NORESS. The isolines show the values below the peak in dB scale

Néhány geometriai elrendezés átviteli függvényének abszolút értékét mutatja az 1–3. ábra.

### A szeizmikus jel és zaj statisztikai tulajdonságai

A jel és a zaj statisztikai tulajdonságaira tett feltevések érvényességén múlik, hogy milyen jel/zaj javulást tudunk elérni. A jelenleg működő nagy array-k tervezésénél főleg elméleti megfontolásokra támaszkodtak, mivel megfelelő mérési anyag nem állt rendelkezésre. Ez azt eredményezte, hogy az elméleti  $\sqrt{N}$ -szeres, (ahol  $N$  az érzékelők száma) 10 dB jel/zaj növekedés helyett 3–5 dB-t kaptak.

Ebből a megközelítésből vizsgálva olyan távolságra kell elhelyezkedni a szeizmométereknek, hogy ez a távolság a jel maximális, illetve a zaj minimális korrelációjának feleljen meg.



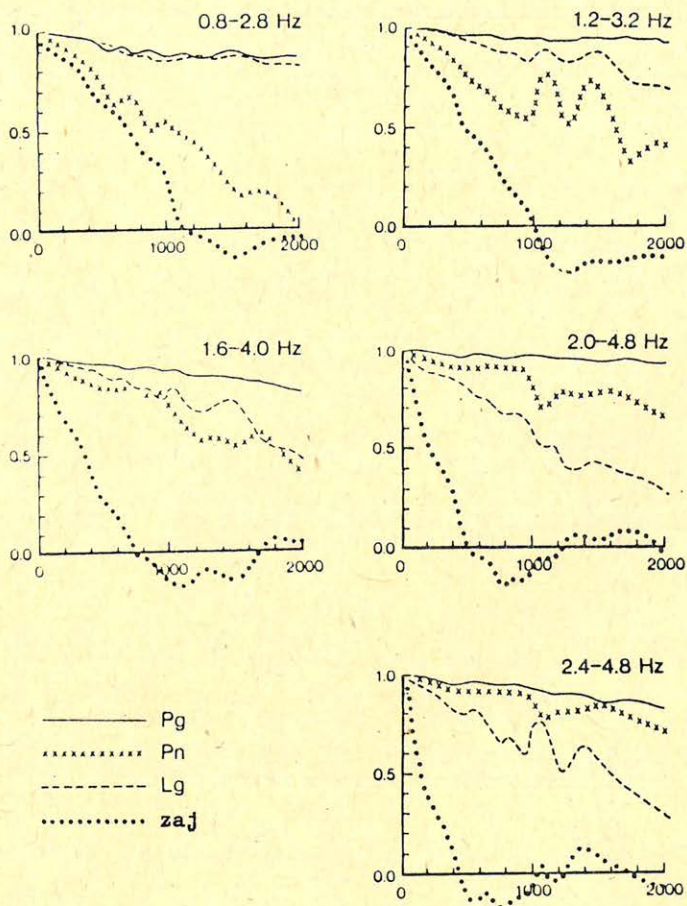
GEO 84/15 - 3

3. ábra. A tervezett újkígyósi mini-array átviteli függvényének abszolút értéke

Рис. 3. Абсолютное значение передающей функции уйкідешской расстановки

Fig. 3. The absolute value of the transfer function of a mini array planned in Újkígyos

Korrelációs vizsgálatot végeztünk a 12 csatornás NORESS adataiból. A rendelkezésre álló szeizmogramok 100 Hz-en voltak mintavételezve. A jel korrelációt a  $P_g$ ,  $P_n$  és  $L_g$  fázisokra számoltuk. Fázisonként 2 s-ot (200 adat) vizsgáltunk; a 12 csatorna 66 kereszt-korrelációt szolgáltat 120 – 1950 m távolság tartományban. A korreláció értékeit 100 m-es távolságokra egyenközűvé interpoláltuk, a eredmény a 4. ábrán látható.



GEO 84/15-4

4. ábra. Keresztkorreláció a távolság (méter) függvényében különböző hullámokra, különböző frekvencia intervallumokban

Рис. 4. Взаимокорреляция различных волн в зависимости от расстояния в различных интервалах частот

Fig. 4. Cross-correlations as the functions of the distance for different waves in different frequency intervals

A távolság függvényében történő ábrázolás impliciten tartalmazza a kör-szimmetria feltételezését. Rövid időt tekintve a jel és a zaj lehet anizotróp, de az általunk használt 2 s-os átlag esetén az izotrópia mindenképpen fennáll.

A 4. ábrán látható, hogy a  $P_g$  fázisnak minden frekvencián nagy a korrelációja, az  $L_g$  pedig magasabb frekvenciákon meglehetősen gyengén korrelál. A  $P_n$  korrelációja növekszik a frekvenciával a 4 Hz körüli spektrális csúcshoz megközelítve. Ami a zaj korrelációját illeti, a legszembetűnőbb az, hogy a görbén egy negatív minimum van, s csak ezután tart a nullához. A minimum a 0,6–3,0 Hz tartományban 3–4 km/s sebességgel haladó Rayleigh, illetve 6 km/s sebességű 1 Hz körüli térhullám terjedésre utal, ami a zaj haladó részét jelenti (*Mykkeltveit et. al. 1982*).

*A szeizmométerek geometriai elrendezésének optimalizálása*

Jellemezzük a jel/zaj arányt a következő értékkel:

$$G^2 = \frac{\sum_{i,j=1}^L W_i W_j R_{ij}^S}{\sum_{i,j=1}^L W_i W_j R_{ij}^N},$$

ahol  $R_{ij}^S$  a jel,  $R_{ij}^N$  a zaj keresztkorrelációja az  $i$ -edik és  $j$ -edik szeizmométer között,  $W_i$  súlytényezők. A leggyakrabban használt direkt összegzés esetén  $W_i = 1$ ,  $i = 1, 2, \dots, L$ .

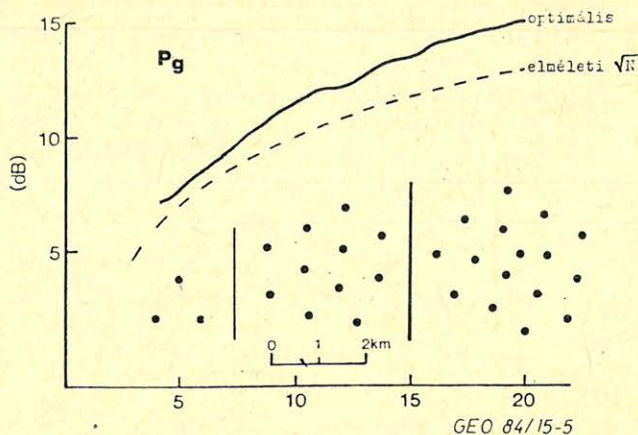
Előfordul, hogy a direkt összegzés helyett célszerű súlyozott összegzést alkalmazni (*Christofferson and Husebye 1972*). Ilyen súlyozással lehet kompenzálni a rossz geometriai elrendezésből adódó hibákat. Megfordítva: optimális konfiguráció esetén a súlyok értéke közel egy lesz.

Mivel  $R_{ii}^S = R_{ii}^N = 1$ , a fenti összefüggés egyszerűbb alakban:

$$G^2 = \frac{1 + (L-1) \bar{R}_S}{1 + (L-1) \bar{R}_N},$$

ahol  $\bar{R}_S$  és  $\bar{R}_N$  az átlagos jel és zaj korreláció, ha az érzékelők száma  $L$ .

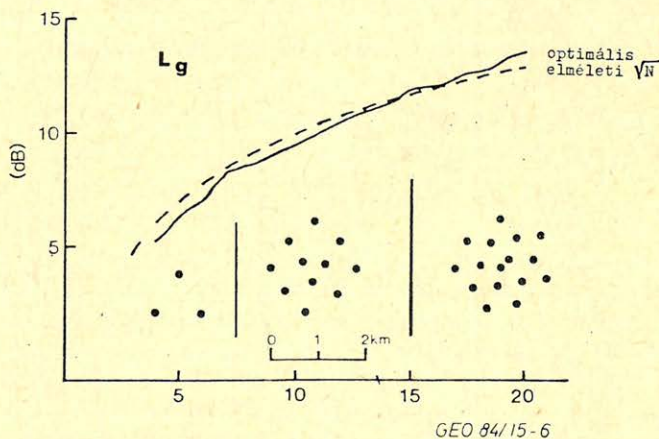
Az optimalizáció lényegében a  $G^2$  függvény maximalizálása az érzékelők koordinátái szerint. A maximum kereséséhez a 4. ábra korrelációs függvényeinek analitikus közelítéseit használjuk.  $N$  szenzor esetén az optimális geometriát az  $N-1$  esetre optimalizált elrendezés felhasználásával számoljuk úgy, hogy a hozzátett pontot mozgatjuk addig, míg  $G^2$  értéke maximális lesz (*Fletcher and Powell 1965*). A kiindulási konfiguráció egy szabályos háromszög, melynek az oldalhossza a zaj korrelációs minimumához tartozó távolság. Amint az várható, az optimális elrendezést a továbbiakban is erősen meghatározza a zaj korrelációs minimuma, de kevésbé korreláló fázisra ( $L_g$ ) a jel korrelációs görbéje is fontossá válik. Minthogy ezen tulajdonságok frekvencia függőek, különböző frekvencia intervallumban más-más geometriát kapunk. A frekvencia szerint átlagolt eredményeket 3–20 szeizmométer esetén az 5. és 6. ábrák mutatják a  $P_g$  illetve  $L_g$  fázisra. Míg  $L_g$  esetén a jel/zaj arány az elméleti  $\sqrt{N}$  körül van,  $P_g$ -re ez az érték szisztematikusan magasabb. Megjegyzendő, hogy a  $\sqrt{N}$ -szeres javulás azonos jel és korrelálatlan zaj feltevésén alapul.



5. ábra. Az optimalizált geometriájú rendszerrel elérhető jel/zaj arány az érzékelők számának függvényében  $P_g$  hullámra

Рис. 5. Отношение сигнал/помеха достигаемое оптимизированной расстановкой в зависимости от количества сейсмоприемников для волн  $P_g$

Fig. 5. Achievable S/N ratio as the function of the number of the sensors using arrays of optimized geometry for waves  $P_g$



6. ábra. Az optimalizált geometriájú rendszerrel elérhető jel/zaj arány az érzékelők számának függvényében  $L_g$  hullámra

Рис. 6. Отношение сигнал/помеха достигаемое оптимизированной расстановкой в зависимости от количества сейсмоприемников для волн  $L_g$

Fig. 6. Achievable S/N ratio as the function of the number of the sensors using arrays of optimized geometry for waves  $L_g$

A vizsgálat azt mutatja, hogy a  $P_g$  detektáláshoz az érzékelők közötti távolság optimálisan a zaj korrelációs minimuma körül van kb.  $L < 15$ -ig. Több szenzor esetén a kiterjedés nem növekszik, a legkedvezőbb telepítési hely a közép-

ponti érzékelő környékén van. Ezt azonban elérhetjük súlyozással is úgy, hogy a központi érzékelőnek viszonylag magas súlytényezőt adunk. Tehát az adott jel és zaj feltételek mellett az optimális array 18–20 érzékelőt tartalmaz.

### Összefoglalás

Ismerve egy területen a szeizmikus jel és zaj távolság szerinti korrelációját, meg tudunk tervezni egy olyan optimális geometriájú csoportos szeizmográf rendszert, melyben az érzékelők kimeneteit összegezve a jel/zaj javulás a legnagyobb lesz. A módszer rendkívül egyszerű, könnyen alkalmazható bárhol, mindössze a korrelációs függvények ismeretét tételezi fel.

### IRODALOM

- Aki K., Richards P. G.*: Quantitative Seismology Theory and Methods I–II., W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1980.
- Bath M.*: Spectral Analysis in Geophysics, Elsevier, 1974.
- Christofferson A., Husebye E. S.*: Least Squares Signal Estimation Techniques in Analysis of Seismic Array P-waves, Geophys. J. R. Astr. Soc., 38: 525–552, 1972.
- Fletcher R., Powell M.*: A rapidly convergent descent method for minimalization, Computer Journal, 6: 163–168, 1965.
- Haubrich R. A.*: Array Design, Bulletin of the Seism. Soc. Amer., 58: 977–991, 1968.
- Husebye E. S.*: The Norwegian Seismic Array, NORSAR Report No. 7, 1970.
- Husebye E. S., Bungum H.*: Seismic Arrays and Data Handling Problems, NORSAR Report 8, 1970.
- Lacoss R. T.*: Geometry and Patterns of Large Aperture Seismic Arrays, M. I. T. Lincoln Lab. Technical Note 1965–64, pp. 83.
- Meskó A.*: Szeizmika I–II. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, 1977.
- Mykkeltveit S., Ringdal F.*: Further development of the NORESS small-aperture array, NORSAR Sc. 1–80/81.
- Mykkeltveit S., et. al.*: Seismic Array Configuration Optimization, NORSAR, Contr. 318, 1982.

## KIVONATOS TÁJÉKOZTATÓ

### A NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM DOKTORI SZABÁLYZATA ALAPJÁN

*A Nehézipari Műszaki Egyetem Tanácsának  
40/1984. számú határozatából*

A Nehézipari Műszaki Egyetem Tanácsa a művelődési miniszter 20/83. XI. 3./MM számú rendelete 18. §-ában foglaltak alapján az egyetemi doktorátus megszerzésének feltételeit és módját az alábbiakban szabályozza.

### III. Az egyetemi doktorátus megszerzése

#### 4. §

- (1) A Nehézipari Műszaki Egyetemen egyetemi tudományos fokozatként egyetemi doktorátus szerezhető. Az egyetemi doktorátus az adott tudományterületen az egyetemi végzettség megszerzéséhez szükséges tanulmányokat meghaladó magasabb tárgyismeretről, az elméleti és gyakorlati kérdések alapvető összefüggéseinek ismeretéről, s a tudományos kutatás módszereinek alkalmazásában való jártasságról tanúskodik.
- (2) Az egyetemi doktorátus megszerzésének feltétele:
  - a) egyetemi végzettség,
  - b) doktori szigorlat sikeres letétele,
  - c) egy idegen nyelv középfokú ismerete,
  - d) a tudományos munka módszereinek alkalmazásával készített, önálló kutatáson alapuló értekezés, vagy jelentős alkotás (találmány) benyújtása,
  - e) az értekezés bíráló bizottság előtti megvédése.
- (3) Az egyetemi doktorátust szerzett személy családi neve mellett az egyetemi doktorátusra utaló dr. univ. rövidítést jogosult használni.

#### 5. §

- (1) Az egyetemi doktorátust szerzett személyeket az Egyetem Tanácsa ünnepélyes eljárás keretében doktorrá avatja.
- (2) A magyar állampolgárságú, doktorrá avatott személyek doktorrá avatásuk alkalmából esküt tesznek a Magyar Népköztársaság alkotmányára.
- (3) A kitüntetéses doktori cím feltételeinek megfeleltek a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsától kérhetik a kitüntetéses doktorrá (Promotio sub auspiciis Rei Publicae Popularis) avatásukat.

- (4) Az egyetem az egyetemi doktorátus adományozásával egyidejűleg javaslatot tehet a Tudományos Minősítő Bizottságnak az egyetemi doktori értekezésnek kandidátusi értekezésésként való elfogadására. Az előterjesztésre a Kari Doktori Bizottság tehet javaslatot – részletes indoklással – az Egyetemi Doktori Tanács felé.

#### IV. Az Egyetemi Doktori Tanács

##### 6. §

- (1) Az Egyetemi Tanács az egyetemi doktorátussal kapcsolatos egyetemi feladatok ellátása érdekében Egyetemi Doktori Tanácsot hoz létre. A tanács 9 tagú, elnöke az egyetem mindenkor tudományos rektorhelyettese. A megbízás 3 évre szól.
- (2) Az Egyetemi Doktori Tanács tagjait az Egyetem Tanácsa, a rektor javaslata alapján, az egyetemmel munkaviszonyban álló, a tudomány kandidátusai, a tudomány doktorai, ill. a Magyar Tudományos Akadémia tagjai közül 3 éves időtartamra jelöli ki, úgy, hogy a Tanács tagjai között az egyetem valamennyi egyetemi kara képviseltesse magát.

Az Egyetemi Doktori Tanács tagjai lehetnek címzetes egyetemi docensek és tanárok is.

##### 7. §

- (1) *Az Egyetemi Doktori Tanács feladatai:*

- a) állást foglal az egyetemi doktorátussal kapcsolatos elvi ügyekben,
- b) a Kari Doktori Bizottság előterjesztése alapján dönt az egyetemi doktorátus adományozásáról,
- c) külföldi állampolgár kérelme alapján engedélyezi az egyetemi doktorátus idegen nyelven való megszerzését,
- d) műszaki főiskolai végzettséggel, ill. üzemmérnöki diplomával rendelkező pályázók esetén, legalább öt év szakmai gyakorlat és legalább három év kutatói vagy egyéb tudományos tevékenység bizonyítása mellett, kimagasló szakmai és tudományos eredmények igazolása esetén, egyéni elbírálás alapján javaslatot tesz az Egyetemi Tanácsnak az egyetemi végzettség nélküli doktori eljárás engedélyezésére,
- e) eldönti a doktori értekezés helyett jelentős szellemi alkotásnak minősülő találmány, illetve szabadalom leírásának és dokumentációjának elfogadását,
- f) különösen indokolt esetben – egyedi elbírálás alapján – felmentést ad a középfokú nyelvtudás követelménye alól, illetőleg alapfokú nyelvvizsgát ír elő,
- g) a jogszabályban megállapított előfeltételek fennállása esetén javaslatot tesz az Egyetemi Tanácsnak a doktor univ. cím adományozására a külföldi egyetemen szerzett tudományos fokozat alapján,
- h) kimagasló eredményt felmutató doktori értekezés eredményes megvédése esetén az egyetemi doktorátus adományozásával egyidejűleg javaslatot tehet a Tudományos Minősítő Bizottságnak az egyetemi doktori értekezés kandidátusi értekezésésként való elfogadására,

- i) ha bizonyítást nyert, hogy az elfogadott egyetemi doktori értekezést más készítette, vagy az más személy munkájának illetéktelen felhasználásával készült, javaslatot tesz az Egyetemi Tanácsnak az egyetemi doktorátus visszavonására.
- (2) Az Egyetemi Doktori Tanács indokolt esetben felülbírálja, vagy jóváhagyja a Kari Bizottságok határozatát.
  - (3) Bármely észrevétel, panasz esetén a fellebbezést az Egyetemi Doktori Tanácshoz kell benyújtani.

## V. Kari Doktori Bizottságok

### 9. §

- (1) Az Egyetem egyetemi karain Kari Doktori Bizottságokat kell létrehozni. A Kari Doktori Bizottságok létszáma 7 vagy 9 fő, elnöke a dékán, vagy – illetékes – helyettese.
- (2) A Kari Doktori Bizottságok tagjait – a dékán javaslatára – a karok tanácsai választják a kar oktatói, illetve kutatói közül a jelen szabályzat 6. § (2) bekezdésében meghatározott követelményekre figyelemmel, 3 éves időtartamra.

### 10. §

- (1) *A Kari Doktori Bizottságok feladatai:*

- a) határoz a doktori eljárás engedélyezése tekintetében,
- b) megállapítja a doktori szigorlat vizsgatárgyait,
- c) kijelöli a doktori vizsgabizottság (szigorlati bizottság) elnökét és tagjait,
- d) kijelöli a doktori szigorlatok időpontját,
- e) kijelöli a doktori értekezés előzetes bírálóját,
- f) kijelöli a doktori értekezés bíráló bizottsága elnökét és tagjait,
- g) kitűzi a doktori értekezés védésének időpontját,
- h) javaslatot tesz jelentős szellemi alkotásnak minősülő találmány vagy szabadalom, öt évnél nem régebben megjelent könyv, valamint doktori értekezést helyettesítő alkotás elfogadása tekintetében,
- i) állást foglal az egyetemen kívüli kutatóhelyen tanulmányokat folytató tudományos ösztöndíjas értekezésének egyetemi doktori értekezésésként való elfogadása kérdésében,
- j) gondoskodik a doktori szigorlat és az értekezés védésének lebonyolításáról,  
a munkahely képviselőjét a védésre meghívja,
- k) gondoskodik a doktori értekezés formai követelményeinek a meghatározásáról és betartásáról,
- l) a karon tartott egyes doktori szigorlatok engedélyezéséről, valamint azok menetéről folyószámmal ellátott szigorlati jegyzőkönyvet vezet, amelyet a Tudományos és Nemzetközi Osztálynak is megküld,
- m) javaslatot tesz az Egyetemi Doktori Tanácsnak a doktori fokozat odaítélésére, a 4. § (2) bekezdésében megjelölt feltételek megvizsgálása után.

## Doktori eljárás

### 12. §

- (1) A doktori eljárás megindítása iránti kérelmet annak a karnak a dékánjához kell benyújtani, amelyikhez a választott tudományszakot művelő tanszék, vagy tanszékek tartoznak.
- (2) A kérelemben meg kell jelölni az értekezés témáját, továbbá az értekezés elkészítéséhez szakmai irányítást nyújtó tanszéket, és csatolni kell hozzá
  - a) az egyetemi képesítést igazoló oklevelet (külföldön szerzett oklevél esetében az oklevél hiteles magyar nyelvű fordítását, magyar állampolgár kérelméhez az oklevél honosítását igazoló okiratot is),
  - b) az egyetemi (főiskolai) leckeönyvet,
  - c) amennyiben a jelölt magyar állampolgár, munkahelye vezetőjének és az illetékes pártszervezetnek a javaslatát, valamint véleményét,
  - d) erkölcsi bizonyítványt, ha a kérelmező magyar állampolgár,
  - e) önéletrajzot és a szakmai munkásság leírását.
- (3) Mentésül a doktori értekezés benyújtása és a szigorlat letétele alól az a magyar állampolgár, aki akadémiai tudományos fokozattal (a tudományok doktora vagy kandidátusa) rendelkezik, továbbá az a külföldi, aki tudományos fokozatot Magyarországon szerzett, illetőleg az, akinek külföldön szerzett tudományos fokozatát Magyarországon honosították. Az ilyen esetben a kérelemhez csatolni kell
  - a) a tudományos fokozatot tanúsító oklevelet (külföldön szerzett tudományos fokozat esetén az oklevél honosítását igazoló okiratot is),
  - b) a tudományos fokozat eléréseért benyújtott értekezés téziseit,
  - c) ha a kérelmező magyar állampolgár, a munkahely vezetőjének és az illetékes pártszervezetnek a javaslatát, valamint véleményét,
  - d) önéletrajzot,
  - e) nyilatkozatot arról, hogy a doktorátusért más egyetemhez nem folyamodott.
- (4) A doktori szigorlat során vizsgát kell tenni
  - a) a doktori értekezés témaköréhez tartozó alaptárgyból és szaktárgyból,
  - b) a marxizmus-leninizmusnak a szakterület ideológiai megalapozásához szükséges valamely tárgykörből.
- (5) A doktori szigorlat főtárgya annak a tudományszaknak jelentős része, amelynek tárgyköréből a doktori értekezés készül. Az egyetemenek a főtárgy szerint illetékes tanszéke köteles gondoskodni a jelölt szakmai irányításáról az értekezés elkészítése tekintetében. A doktori szigorlat követelményei megegyeznek a kandidátusi vizsga követelményeivel.
- (6) A szigorlat melléktárgya a főtárgyat kiegészítő, valamely más, az egyetemen művelt tudományszak meghatározott része.
- (7) Mentésül a doktori szigorlat főtárgyi vagy szakmai melléktárgyi szigorlata alól az, aki a Tudományos Minősítő Bizottság által előírt kandidátusi szakmai vizsgakötelezettségének eleget tett, és azok tárgya megfelel a doktori szigorlati tárgyaknak. A kandidátusi szakmai vizsga alól mentesülnek azok, akikre a 38/1883. (XI. 3.) Mt. sz. rendelet 5. szakaszában leírtak vonatkoznak.

- (8) Mentesül a marxizmus-leninizmus szigorlat alól az, akire a jogszabály rendelkezései jelenleg a 38/1983. (XI. 3.) Mt. sz. rendelet 5. szakasz (1) bekezdésben leírtak vonatkoznak. A mentesítés alapjául szolgáló igazolásokat csatolni kell a kérelemhez.
- (9) Kérelemre mentesíthető a külföldi állampolgár a marxizmus-leninizmus tárgykörből leteendő vizsga alól.

#### 14. §

- (1) A benyújtott kérelem elbírálása a Kari Doktori Bizottság feladata. A Kari Doktori Bizottság, amennyiben a kérelemnek helyt ad, úgy a szabályzat 10. § (1) bekezdése szerint meghatározott jogkörében az eljárás megindítása iránt intézkedik.
- (2) Abban az esetben, ha a kérelem hiányos, akkor a Kari Doktori Bizottság a kérelmezőt felhívja arra, hogy 15 napon belül pótolja a hiányokat. A hiányok határidőn belüli pótlása esetén a Bizottság az eljárás megindításáról gondoskodik, ellenkező esetben a kérelmet visszautasítja.
- (3) A Kari Doktori Bizottság döntését a kérelmezővel az ülést követő 8 napon belül írásban közli. A Bizottság döntése ellen a kérelmező 15 napon belül panasszal fordulhat az Egyetemi Doktori Tanácshoz. Az Egyetemi Doktori Tanács a panasz tárgyában következő ülésén határoz. A határozathozatal során a Tanács köteles vizsgálat tárgyává tenni, hogy a kérelmező rendelkezik-e a jogszabályban és jelen szabályzatban megállapított előfeltételekkel és a vizsgálatnak ki kell terjednie arra is, hogy a kérelmező a korábbi időszakban más egyetemeken, de az általa megjelölt témakörben terjesztett-e elő doktori eljárás indítása iránti kérelmet.

#### 15. §

- (1) A doktori szigorlatot a doktori vizsgabizottság (szigorlati bizottság) előtt kell letenni. A szigorlat nyilvános.
- (2) A szigorlati vizsgabizottság elnökét és 4 tagját tudományos fokozattal rendelkező oktatók, kutatók és külső szakemberek közül jelöli ki a Kari Doktori Bizottság, de olyan tárgyak tekintetében, amelyek oktatása az egyetem más karain folyik, illetőleg az ország más egyetemlein, jogosult a társkarok Kari Doktori Bizottságának, illetőleg a társegyetemek Egyetemi Doktori Tanácsának előzetes egyetértése alapján e karok, illetve egyetemek tudományos fokozattal rendelkező oktatóit megbízni a vizsgabizottságban való részvételre.
- (3) Nem lehet a szigorlati bizottság elnöke vagy tagja a jelölt közeli hozzátartozója (házastársa, egyeneságbeli rokona vagy testvére), valamint a jelölt fő-, illetve részfoglalkozású munkahelyén a jelölttel azonos szervezeti egységben (tanszék kutatócsoport, osztály) fő-, ill. részfoglalkozásban az eljárás időszakában dolgozó személyek.
- (4) A szigorlat egységes vizsgát képez. Az egyes szigorlati tárgyakból a vizsgáztatók külön-külön kérdeznek, de a bizottság minden tagja jogosult arra, hogy a szigorlat bármely tárgyát illetően kérdéseket tegyen fel.

- (5) A szigorlat befejezése után a vizsgabizottság zárt ülésen dönt a szigorlat elfogadása és minősítése tekintetében.
- (6) A sikeres doktori szigorlatnak három minősítési foka van: „summa cum aude” „cum laude” és „rite”. A sikertelen szigorlat minősítése „nem felet meg”. „Summa cum laude” minősítést az a vizsgázó érdemel, aki mindhárom vizsgatárgyból kimagasló ismeretekről tesz tanúságot, míg „cum laude” minősítést az szerezhethet, aki a szigorlati főtárgyból ér el kimagasló eredményt, ugyanakkor két másik vizsgája is a közepesnél magasabb szintű.
- (7) A doktori vizsgabizottság határozatát szótöbbséggel hozza, szavazategyenlőség esetén az elnök szavazata dönt.

## 16. §

- (1) Ha a szigorlat a melléktárgyból vagy a marxizmus-leninizmus tárgyköréből sikertelen, akkor a jelölt e tárgyból legkorábban 6 hónap múlva, a Kari Doktori Bizottság által meghatározott időpontban javító szigorlatot tehet.
- (2) Ha a főtárgyból, vagy a két másik tárgyból eredménytelen a szigorlat, akkor a teljes szigorlatot meg kell ismételni, legkorábban egy esztendő elteltével, a Kari Doktori Bizottság által meghatározott időpontban.
- (3) A szigorlat másodszor nem ismételhető.
- (4) A szigorlat ismétlése esetén a doktori eljárási díjat újjól meg kell fizetni.

## 17. §

- (1) A doktori szigorlat letétele és a középfokú nyelvtudás igazolása esetén nyújthatja be a jelölt doktori értekezését a Kari Doktori Bizottsághoz.
- (2) Az értekezés benyújtásának határideje a jelölt kérelmének elfogadását követő három év. E határidő elteltével a doktori eljárás engedélyezését újból kérni kell.
- (3) A doktori értekezést – vagy ezt helyettesítő szellemi alkotás dokumentációját – három példányban kell benyújtani.

## 18. §

- (1) A Kari Doktori Bizottság a doktori értekezés előzetes elbírálására két kandidátus, vagy ennél magasabb tudományos fokozattal rendelkező bírálót jelöl ki.

Az előzetes bírálók személyét illetően is alkalmazni kell a jelen szabályzat 15. § (3) bekezdésében megjelölt összeférhetlenségi szabályokat.

- (2) A bírálók a Kari Doktori Bizottság által jóváhagyott megbízásuktól számított 3 hónap alatt, külön-külön írásbeli véleményt tartoznak előterjeszteni az értekezés tartalmáról, kiemelve annak értékeit és fogyatékoságait, különös tekintettel annak önálló jellegére. Amennyiben a bíráló az értekezést kandidátusi értekezésésként is elfogadható műnek tartja, erre a körülményre – indokoltan – külön is köteles kitérni.

- (3) Az előzetes bírálatok benyújtása után a Kari Doktori Bizottság dönt az értekezés megvédését illetően. Abban az esetben, ha az előzetes bírálók egységesen megvédésére alkalmatlannak minősítik az értekezést — vagy az ezt helyettesítő szellemi alkotás dokumentációját — akkor a jelöltet új értekezés benyújtására hívja fel. Az új értekezés benyújtásának határidejét a Bizottság határozata közlését követő 2 éven belül jogosult megállapítani.

Ha csak az egyik bíráló minősíti az értekezést védeésre alkalmatlannak, akkor a Bizottság mindkét bíráló meghallgatása alapján szavazással dönt abban a kérdésben, hogy a jelöltet új értekezés benyújtására hívja fel, illetőleg engedélyezi az értekezés megvédését. A Bizottság határozatát szótöbbséggel hozza, szavazategyenlőség esetén az elnök szavazata dönt.

- (4) A Kari Doktori Bizottság, miután döntött arról, hogy engedélyezi az értekezés megvédését, határoz az elnökből, három tagból és a két bírálóból álló bíráló bizottság személyi összetételéről. A bíráló bizottságban sem vehet részt olyan személy, akinek részvétele a szabályzat 15. § (3) bekezdése szerint összeférhetetlen.

## 19. §

- (1) Az értekezés megvédésére a bíráló bizottság nyilvános ülésén kerül sor. Az ülésen a bírálók ismertetik részletes véleményüket, és a bizottság tagjai jogosultak a jelölt értekezésével kapcsolatos kérdések feltételére. A jelölt jogosult értekezése főbb tételeinek összefoglalására és köteles a feltett kérdésekre, valamint a bírálói észrevételekre választ adni.
- (2) A bíráló bizottság a jelölt védeése után zárt ülésen tesz javaslatot a Kari Doktori Bizottságnak a doktori szigorlat és a védeés alapján az egyetemi doktorátus odaítéléséről. A bírálóbizottság javaslatát szótöbbséggel alakítja ki, szavazategyenlőség esetén az elnök szavazata dönt.
- (3) Az Egyetemi Doktori Tanács a Kari Doktori Bizottság véleménye alapján határoz a doktori fokozat elnyerése tekintetében. Abban az esetben, ha a Kari Doktori Bizottság a tudományos fokozat odaítélése ellen foglalt állást, az Egyetemi Doktori Tanács — a Kari Doktori Bizottság elnökének meghallgatása után — engedélyt adhat arra, hogy a jelölt a határozat kézhezvételétől számított egy éven belül — újabb eljárási díj megfizetése ellenében — átdolgozott értekezés alapján újabb kísérletet tehesen értekezésének megvédésére. Amennyiben az ismételt védeésre nem adott az Egyetemi Doktori Tanács engedélyt, akkor a jelölt a sikertelen védéstől számított 3 év elteltével jogosult újabb doktori eljárás megindításának kérelmezésére.
- (4) A doktori fokozat odaítélése esetén az egyetem doktori oklevelet állít ki. Az oklevelet magyar nyelven kell kiállítani, és fel kell benne tüntetni azokat a szaktudományokat (bányászati, gépészeti, kohászati, műszaki alaptudományi), amelyek alapján az egyetemi doktorátus odaítélése történt. Az oklevelet a rektor és az illetékes kar dékánja írja alá (az oklevél szövegét az I. sz. melléklet tartalmazza).

A rektori hivatal a kiadott oklevelekről oklevélkönyvet vezet és a tanév végén felterjeszti a doktori oklevelet nyert személyek névjegyzékét a művelődési miniszterhez.

**Vegyes rendelkezések**

- (1) A szabályzat a művelődési miniszter jóváhagyásával lép hatályba, rendelkezéseit a hatálybalépés után benyújtott kérelmekre kell alkalmazni.
- (2) Az 1984. szeptember 1-e előtt engedélyezett, az egyetemi doktori cím megszerzésére irányuló eljárásra a korábban hatályos szabályzat érvényes.
- (3) A szabályzat hatályba lépésével egyidejűleg, ill. az akkor folyamatban levő doktori eljárások tekintetében azok lezárásával, az egyetemnek a Művelődési Minisztérium által 109.392/1970. XX. szám alatt jóváhagyott doktori szabályzata hatályát veszti.

**Dr. Czibere Tibor sk.**  
az Egyetemi Tanács elnöke

Ezt a szabályzatot a művelődési miniszter 30190/84. XI. sz. alatt jóváhagyta és rendelkezéseit 1984. szeptember 1-től kezdődően kell alkalmazni.

