

Suidou'omé

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1968. IX. ÉVFOLYAM 1. SZÁM

MAGYAR GEOFIZIKA
a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

IX. évfolyam

1. szám

Szerkesztőség

Magyar Geofizikusok Egyesülete
Budapest, V., Szabadság tér 17.
Telefon: 118-476

Felelős szerkesztő

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

Szerkesztő bizottság

CZEGLÉDI ISTVÁN
Dr. POZSGAY KÁROLY
RÁDLER BÉLA
Dr. RENNER JÁNOS

Felelős kiadó

SALA SÁNDOR
igazgató

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Meskó Attila: A sebességszűrés matematikai alapjai, digitális megvalósítása és közelítésének lehetőségei II. rész</i>	1
<i>Caturjan, A. A.: Beszámoló a gróznüji terület mély- és szupermély fúrásaiban végzett ipari-geofizikai vizsgálatokról</i>	20
<i>Salát Péter: Horizontálisan rétegzett szerkezetek elméleti vertikális elektromos szondázási görbéinek számítása</i>	24
<i>Ádám Antal – Bencze Pál – Wrana József: A totális szám-láló modellje</i>	30
<i>Szabó Zoltán: A földkéreg felső részének gravitációs adatokból számított sűrűsége</i>	35
<i>Egyesületi hírek</i>	19., 23., 29., 38

Index: 26 507

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest, VII., Lenin körút 9-11., Telefon: 221-293

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: **MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE**

Megjelenik évente hatszor. Megrendelhető egész évre 30,- Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 171.249-70. sz. csekkszámlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében.

68.7. Állami Nyomda, Budapest

A sebességszűrés matematikai alapjai, digitális megvalósítása és közelítésének lehetőségei*

II**

MESKÓ ATTILA

*Az első részben összefoglalt matematikai és szűrőelméleti ismeretekre építve bemutatjuk a sáv-
szűrés és optimumszűrés kapcsolatát, számítjuk a sebességszűrő súlyfüggvényének alakját különböző
látszólagos sebességparaméterek esetén, végül összehasonlítjuk az RNP módszert, illetve a hagyományos
időbeli szűrés – geofoncsoport kombinációt a sebességszűréssel.*

*Рассмотрев в первой части статьи математические основы и основы теории филь-
тров, во второй её части переходим к разбору связи между полосовой фильтрацией в случае
различных параметров кажущейся скорости даем вывод формулы характеристики ско-
ростной фильтрации, в заключение сравниваются метод РНП а также комбинация обын-
ной временной фильтрации и группирования сейсмоприемников со скоростной фильтра-
цией.*

*Es wird bei Anwendung der im ersten Teil zusammengefassten mathematischen und filtertheore-
tischen Kenntnisse die Beziehung des Bandpassfilters und des Optimumfilters gezeigt, die Gewichtsfunk-
tion des Geschwindigkeitsfilters für verschiedene scheinbare Geschwindigkeitsparameter berechnet und
schliesslich die RNP Methode bzw. die traditionelle gemeinsame Anwendung des zeitlichen Filters
und der Bündelung von Geophonen mit dem Geschwindigkeitsfilter verglichen.*

3. A sebességszűrés átviteli függvénye és súlyfüggvénye

A reflexiók szeizmikában – mint ismeretes – a regisztrált hullámtípusok-
nak csak kis részét hasznosítjuk: elsősorban a jól felismerhető valódi reflexió-
kat. Ezeket hasznos hullámoknak, jeleknek tekintjük. Bizonyos hullámok a
jeleket elnyomják vagy torzítják. Ezzel megnehezítik, esetleg megakadályozzák
a reflexiók felismerését vagy paramétereik pontos meghatározását. Ilyenek
például a felszíni zavarhullámok, a felszínközelből származó refraktált és dif-
fraktált hullámok stb. Mások a hasznos hullámokhoz rendkívül hasonlóak, de
nem valódi reflexiók és emiatt jelként való értelmezésük helytelen következte-
tésekre vezet: többszörös reflexiók. Az összes, nem hasznos beérkezéseket zajnak
nevezzük és különböző szűrési eljárásokkal igyekszünk a szeizmogramból el-
távolítani, vagy legalább a jelekhez viszonyítva csökkenteni.

A szeizmikus gyakorlatban a szűrési eljárásoknak számos típusa alakult
ki. Egy részük már a regisztrálás előtt alkalmazásra kerül: geofoncsoport,
keverő, elektromos szűrőkörök. Másokat – többnyire speciális felvételezési
eljárások befejező lépéseként – a regisztrátumok további feldolgozásában
használnak: RNP, horizontális és vertikális összegezések. Bizonyos szűrési mód-

* A Magyar Geofizikusok Egyesületében 1966. január 20-án elhangzott előadás.

** A dolgozat első része a MAGYAR GEOFIZIKA VIII. évfolyamának 5–6. számában
jelent meg. A képletek és ábrák számozása folyamatos.

** Первая часть статьи напечатана в сборнике „ВЕНГЕРСКАЯ ГЕОФИЗИКА”
вып. VIII. номер 5–6. Нумерация формул и рисунков последовательна.

** Der erste Teil der Abhandlung ist im Nummer 5–6 des VIII. Jahrganges „MAGYAR
GEOFIZIKA” erschienen. Die Numerierung der Formeln und der Abbildungen ist fortlaufend.

szerek egy-egy szűrt szeizmogram számítására több „nyers” vagy „bemenő” szeizmogramot használnak fel. Mások egyetlen szeizmogramot alakítanak át egy új, áttekinthetőbb szeizmogrammá. Ide sorolhatjuk a regisztrálás előtt alkalmazott szűrési módszereket is. Ilyenkor az eredeti, átalakítandó szeizmogramot a módszer alkalmazása nélkül regisztrálható, fiktív szeizmogrammal azonosítjuk.

A dolgozatban egyetlen szeizmogram átalakításaival foglalkozunk. A csatornák száma az átalakítás során csökkenhet. Speciálisan leképezhetjük a teljes szeizmogramot egyetlen csatornára is. (*RNP* egy-egy összegcsatornája).

A bemenő szeizmogram és lineáris módszerekkel átalakított változata közötti kapcsolatot kétváltozós, lineáris szűréssel írhatjuk le. A szűrő hatását a tér-idő tartományban a (2.1), a kétváltozós frekvenciatartományban a (2.2) egyenletek adják meg. Az első felvetődő gondolat természetesen az, hogy optimális átvitelre kell törekednünk, olyan átalakításokat végezzük, melyek a lehető legjobb $S(\omega, \psi)$ -t valósítják meg. A lehető legjobb átviteli függvény meghatározásával az optimumszűrő elmélet foglalkozik. Felhasználásával — feltéve, hogy elegendő pontossággal ismernénk a jelek és zajok kétváltozós spektrumait — meghatározhatnánk a kétváltozós optimumszűrő átviteli függvényét.

Elvi és praktikus nehézségek miatt azonban a gyakorlatban a kétváltozós optimumszűrőnek különböző közelítéseit szokták használni. Sokszor így is megfelelő jel/zaj arány javulás érhető el, kielégítő eredmények kaphatók. Az optimumszűrő igen egyszerű közelítése sávszűrő alkalmazása. Vizsgáljuk meg a közelítés mértékét és hatásának szerepét az egyszerűség kedvéért egyváltozós példán. Mindenekelőtt tekintsük át röviden az optimumszűrő megvalósításának alap gondolatait.

Szükségünk van a bemenetből kiemelendő, illetve eltávolítandó komponensek bizonyos leírására. Ismernünk kell a jelek és zajok olyan jellegzetes tulajdonságait, melyek elkülönítésük alapjául szolgálhatnak. Definiálnunk kell az átalakítás célját. (Például arra törekszünk, hogy a kimenet zajmentes legyen: simító-szűrés vagy — ha a jel alakjának megőrzése nem lényeges — csupán beérkezésének időpillanatát kívánjuk meghatározni: detektáló szűrés.) A cél közelítésének mérésére ún. jóság kritériumot kell választanunk, mely a tényleges és a kívánt kimenet valamilyen függvénye. (Például a gyakran használt átlag-négyzetes hiba kritérium esetén annál jobbnak tartjuk a közelítést, minél kisebb a tényleges és a kívánt kimenetek különbsége négyzetének időátlaga. A tényleges kimenet a (2.1) egyenletből kapható, mint a teljes bemenet és a súlyfüggvény konvolúciója. A kívánt kimenet a jelek és zajok leírására használt mennyiségekkel fejezhető ki. Simító-szűrés esetén a kívánt kimenet zajmentes, azaz megegyezik a torzítatlan jeleket leíró függvényvel.)

A kitűzött céltól való eltérés minimalizálása egy egyenletet ad, melyet úgy alakítunk, hogy benne a szűrő meghatározandó súlyfüggvényén (átviteli függvényén) kívül csupa ismert mennyiségek szerepeljenek. Az egyenlet megoldásával jutunk az optimális súlyfüggvényhez (átviteli függvényhez).

Ha célunk simítás, a jelekről és zajokról feltesszük, hogy korrelálatlanok, továbbá zérus átlagértékűek és teljesítményspektrumaikat ismerjük, a fentiekben vázolt számítás sorozat a szűrő átviteli függvényére

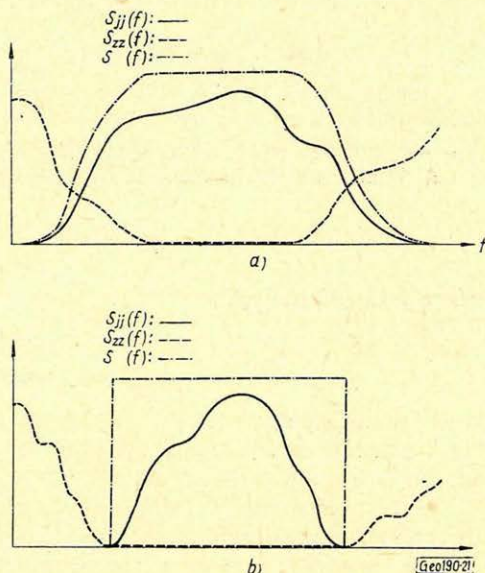
$$S(f) = \frac{S_{jj}(f)}{S_{jj}(f) + S_{zz}(f)} \quad (3.1)$$

eredményt ad, melyben $S_{jj}(f)$ a jel, $S_{zz}(f)$ a zaj teljesítményspektruma (*Davenport, Root, 1958*). A 21a ábra egyszerű példát mutat be a (3.1) képlet alkalmazására. Megrajzoltuk az $S_{jj}(f)$ és $S_{zz}(f)$ teljesítményspektrumokat és a felhasználásukkal számított optimális simítószűrő átviteli függvényét.

21. ábra. Sávszűrés, mint az optimális simítószűrő közelítése

(a) Jel és zaj teljesítményspektrumai: $S_{jj}(f)$ és $S_{zz}(f)$ illetve az optimális simítószűrő átviteli függvénye: $S(f)$

(b) Ha a jel és zaj spektrumai nem fedik át egymást a simítószűrő sáv szűrőbe megy át.



Фиг. 21. Полосовая фильтрация как приближение оптимальной сглаживающей фильтрации

(а) Спектры мощности сигнала и помехи: $S_{jj}(f)$ и $S_{zz}(f)$ и оптимальная характеристика сглаживающего фильтра: $S(f)$

(б) Если спектры сигнала и помехи не накладываются друг на друга, то ослабляющий фильтр переходит в полосовой фильтр

Fig. 21. Bandpass filter as Approximation zum optimalen Glättungsfilter

(a) Leistungsspektren des Signals $S_{jj}(f)$ bzw. Geräusches $S_{zz}(f)$ und die Übertragungsfunktion des optimalen Glättungsfilters $S(f)$

(b) Wenn die Signal- und Geräuschkennlinien einander nicht überdecken der Glättungsfilter in einen Bandpassfilter übergeht

Tételezzük fel most, hogy az $S_{jj}(f)$ egy f_1, f_2 sávon kívül mindenütt zérus és $S_{zz}(f)$ éppen a sávon belül vesz fel zérus értéket. A jel és zaj spektrumok nem fedik át egymást, azaz:

$$S_{jj}(f) = 0, \text{ ha } f < f_1 \text{ vagy } f > f_2 \quad (3.2)$$

$$S_{zz}(f) = 0, \text{ ha } f_1 < f < f_2$$

Az optimális simítószűrő átviteli függvényéből a (3.2) feltevések teljesülése esetén:

$$S(f) = 1, \text{ ha } f_1 < f < f_2 \quad (3.3)$$

$$= 0, \text{ máshol}$$

kapható. A simítószűrő sávszűrőbe ment át.

Fordítva: a sávszűrő (megfelelően választott alsó és felső határokkal) az optimális simítószűrő egy közelítésének tekinthető. A közelítés annál jobb, minél pontosabban teljesülnek a (3.2) feltevések. A közelítés egyenlőségbe megy át, ha a jel és zaj spektrumoknak nincs közös része.

Az optimális simítószűrő hatását tehát approximálhatjuk úgy, hogy kijelöljük az f_1 és f_2 értékeket, azaz a jeltartomány alsó és felső határát és az (f_1, f_2) sávot átengedő sávszűrőt alkalmazunk. Ekkor – hallgatólagosan ugyan – de feltételezzük, hogy a jelek és zajok közelítőleg kielégítik a (3.2)-t és emiatt van értelme „jeltartományról” beszélni.

Kétváltozós szűrés esetén hasonló módon járhatunk el. Meg kell határozni az (f, k) frekvenciasíkon a jeltartományt és ezen tartományt átengedő sávszűrőt kell terveznünk.

A jelek a szelvény síkjából érkező valódi reflexiók. Ezeket – újabb közelítéssel – síkhullámoknak tekintjük, melyek hullámnormálisa beleesik a szelvényen átmenő függőleges síkba. Legyen a hullámnormális felszínnel bezárt szöge: α . Ha a hullám diszperziómentes, a hullámforma a terjedés során változatlan marad. A vonal mentén észlelhető folyamatot a jólismert

$$g(t, x) = a \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (3.4)$$

függvény írja le, melyben

$$v = \frac{c}{\cos \alpha} \quad (3.5)$$

(v a hullám látszólagos sebessége). A látszólagos sebességnek előjele is van. A terítés mentén az x tengely felvétele kijelöl egy irányt. A sebesség pozitív előjelű, ha a hullámnormális és a kijelölt irány hegyesszöget zár be, negatív előjelű, ha tompaszöget. A (3.4) függvény Fourier-transzformáltját már számítottuk: (1.74). Diszperziómentes, ideális síkhullám képe az f, k síkon: az $f = -v \cdot k$ egyenes fölé koncentrálódó, a hullám alakjától függő $A(f)$ -fel „modulált” Dirac-késél:

$$G(f, k) = A(f) \cdot \delta \left(k + \frac{f}{v} \right).$$

(1. 16. ábra.) Valójában azonban egy tényleges hullám alakja a diszperzió miatt a távolsággal változik. Ezt úgy vehetjük figyelembe, hogy a (3.4)-et a diszperzió hatását leíró $d(x)$ függvénnyel szorozzuk:

$$g(t, x) = d(x) \cdot a \left(t - \frac{x}{v} \right). \quad (3.6)$$

A (3.6) Fourier-transzformáltját az (1.74), (1.36) és a konvolúciótétel felhasználásával kapjuk:

$$G(f, k) = D(k) * A(f) \delta \left(k + \frac{f}{v} \right) = A(f) D \left(k + \frac{f}{v} \right). \quad (3.7)$$

Pontosan az $f = -v \cdot k$ egyenesre eső, „végtelen magas” Dirac-él helyett az $f = -v \cdot k$ egyenes környezetében kapunk, most már véges nagyságú amplitúdóértékeket. Egy valódi hullám képét a 22. ábra mutatja be. A $G(f, k)$ kétváltozós függvényt szintvonalalaival ábrázoltuk. A legkisebb értékű, még megrajzolt szintvonal egy (f, k) tartományt határoz meg. A tartomány helyzete és alakja jellemző a hullámra. A gyors tájékozódás kedvéért sokszor ezt a tartományt azonosítjuk a hullám képével. Ha a $d(x)$ lassan változik, a $D(k)$ csak szűk sávban különbözik zérustól.

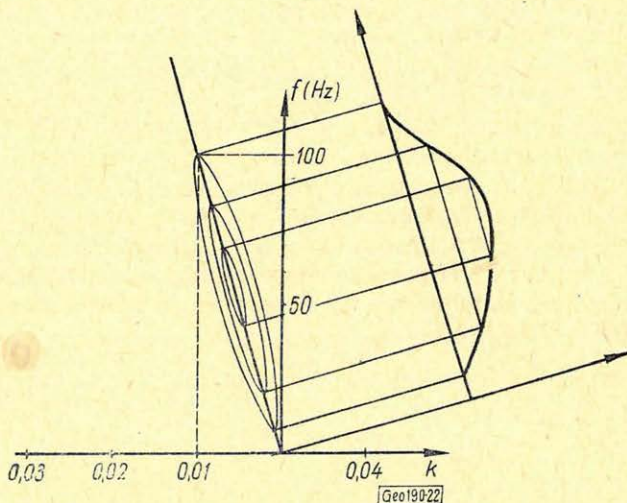
Minél nagyobb a hullám látszólagos sebessége, annál meredekebb az $f = -v \cdot k$ egyenes. Végtelen látszólagos sebesség, azaz a mérési vonalra merőleges hullámnormális esetén a diszperziómentes hullám képe pontosan az f tengelyre eső Dirac késél; valódi, diszperziót is mutató hullámé az f tengelyre szimmetrikus szűk tartomány.

Hasznos reflexiók esetén az α értéke közel 90° , a látszólagos sebesség abszolút értéke nagy. Emiatt a reflexiók lépe az f tengellyel kis szöveget bezáró egyenesek közötti tartományt tölti ki. Adott kutatási területen – a megfelelő dőlés és sebességviszonyok ismeretében – számítható az a legkisebb látszólagos sebesség, mellyel még hasznos reflexiók érkezhetnek be. Jelölje ezt v_0 . A v_0 által meghatározott, f tengelyre szimmetrikus, ék alakú területrészt tekintjük jeltartománynak: 23. ábra. A sebességszűrővel ezt a sávot, vagy a sáv kisebb részintervallumait kell kiemelni.

22. ábra. Csekély diszperziót mutató, 10 km/sec látszólagos sebességű és 60 Hz csúcsfrekvenciájú síkhullám képe az f, k síkon.

Фиг. 22. Дисперсия плоской волны с кажущейся скоростью 10 км/сек и частотой 60 Гц в плоскости f, k

Fig. 22. Bild einer, eine geringe Dispersion aufweisenden Ebenewelle mit 10 km/sec scheinbarer Geschwindigkeit und einer Spitzenfrequenz von 60 Hufz der Fläche f, k



23. ábra. Jelek és zajok idealizált eloszlása a kétváltozós f, k frekvenciasíkon. Csak az $f > 0$ félsíkot ábráztuk (Embree et al nyomán)

Фиг. 23. Идеализированное распределение сигналов и помех в частотной плоскости fk . На рисунке представлена только половина плоскости $f > 0$ (по Embree et al)

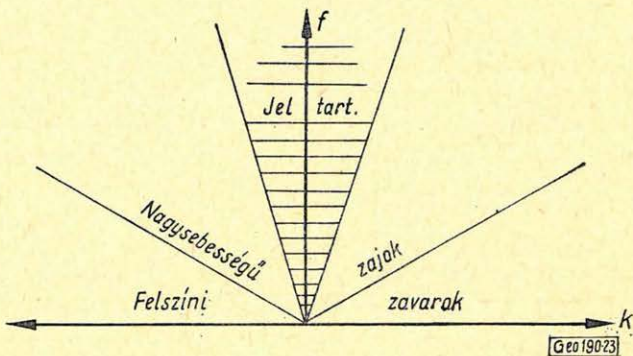


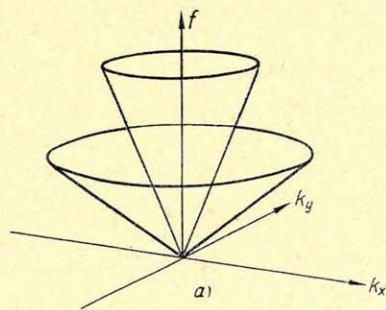
Fig. 23. Signale und Geräusche in einem idealisierten Fall auf der zweidimensionalen Frequenzfläche f, k . Es wird nur die $f > 0$ Halbebene dargestellt (nach Embree u. a.)

Tételezzük fel, hogy megfelelően tervezett sebességszűrővel eltávolítottuk a v_0 értéknél kisebb látszólagos sebességű zajokat. A művelet ellenére is megmaradnak olyan zajkomponensek, melyeknek normálisa a terítés irányával közel 90° -os szöget zár be. Ugyanis horizontálisan, de a vonalra merőlegesen érkező zaj látszólagos sebessége is nagy lehet, ugyanúgy, mint a közel vízszintes réteghatárról érkező valódi reflexióké. Emiatt sebességszűrés alkalmazása esetén is ajánlatos területi geofoncsoportokkal észlelni, melyekkel csökkenthetjük az oldalról érkező zajok amplitúdóját.

A robbantás után a felszínen lejátszódó folyamatot a $g = g(x, y, t)$ háromváltozós függvénnyel írhatjuk le; melyben az új (y) változó a terítésre merőleges irányban mért távolság. A jelek és zajok kiegészített ábrázolására be kell vezetnünk egy további térbeli frekvenciaváltozót. Jelöljük a két térbeli frekvenciaváltozót k_x -szel és k_y -nal. A k_x a k helyét foglalja el, míg k_y az új térbeli frekvenciaváltozó. A $g(x, y, t)$ folyamat ezek után a háromváltozós frekvencia-térben izo-felületekkel ábrázolható, melyek az azonos amplitúdó-sűrűségű pontokat tartalmazzák.

Síkhullám reflexióra, melynek normálisa a szelvényen átfektetett függőleges síkba esik, a vonalra merőleges irányban mérhető látszólagos hullámhossz, λ_y végtelen, így $k_y = 2\pi/\lambda_y = 0$. Valójában a hasznos reflexiók sem síkhullámok és emiatt a nekik megfelelő k_y nem pontosan zérus, csak igen kicsiny. A szelvény síkján kívülről érkező reflexiók y irányú térfrekvenciája nagyobb. Végül k_y a vonalra merőlegesen érkező felszíni zavarhullám esetén veszi fel a legnagyobb értéket. Emiatt a jeltartomány a k_y zérushoz közeli környezetét tartalmazza.

Az x irányban a hasznos hullámok látszólagos hullámhossza kisebb: $\lambda_x < \lambda_y$. Emiatt a jeltartomány k_x irányú felső határára jellemző $(k_x)_f$ nagyobb lehet a $(k_y)_f$ értéknél.



24. ábra. Jelek és zajok eloszlása a háromváltozós f, k_x, k_y frekvenciatérben: (a) és az $f = f_0$ síkon; (b) (Burg nyomán).

Фиг. 24. Распределение погналов и помех в частотном пространстве трех переменных (f, k_x, k_y, δ) а), б) в плоскости $f = f_0$ (по Бург)



Fig. 24. Signale und Geräusche (a) im dreidimensionalen f, k_x, k_y Frequenzraum, (b) auf der Fläche $f = f_0$. (nach Burg)

Az elmondottak értelmében a jel és zaj tartományokat a háromváltozós f, k_x, k_y térben a 24. ábrán megadott felületek választják el. Rögzített f értékre vonatkozó metszetet a 24b ábrán mutatunk be. Az elmondottakból kitűnik, hogy a kétváltozós geofoncsoporthoz felülvágó jellegű átviteli függvénnyel kell rendelkeznie. A megfelelő szűrőhatást a geofontávolságoknak és esetleg a geofonok érzékenységeinek megfelelő választásával állíthatjuk be.

Tételezzük fel, hogy az oldalról érkező zajokat geofoncsoporthoz eltávolítottuk. A sebességszűrés — mint speciális kétváltozós sávszűrés — kiemeli a nagy látszólagos sebességű valódi reflexiókat. További probléma marad a többszörösök és ghostok eltávolítása. A terjedési sebesség a mélységgel általában nő. Emiatt a többszörösök látszólagos sebessége általában kisebb, mint a velük egyidőben beérkező valódi reflexióké. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy meg-egyezzen vagy nagyobb legyen, mint a náluk korábban beérkező valódi reflexióké. Ha a sebességszűrő határait úgy állítjuk be, hogy átengedje a „korai” reflexiókat, átengedi a szeizmogram „végén” regisztrált többszörösöket is. Ezt a nehézséget az átengedett látszólagos sebességsáv határainak időbeli változtatásával küzdhetjük le. A szeizmogram elején v_0 -nak kicsinynek kell lennie — mely széles „éknak” felel meg. Majd a regisztrálási idővel növekednie kell — ami szemléletesen az ék „élesedését” jelenti. A sebességszűrés így a többszörösök bizonyos csökkentésére is alkalmas.

A v_0 sebességnél nagyobb abszolút értékű látszólagos sebességgel rendelkező hullámokat átengedő szűrő átviteli függvénye elvileg:

$$S(f, k) = 1, \text{ ha } \left| \frac{f}{k} \right| < v_0$$

$$= 0, \text{ ha } \left| \frac{f}{k} \right| > v_0$$
(3.8)

alakú volna. Azonban a bemenet spektruma valamilyen f_h felső határfrekvencián túl — a beérkezés látszólagos sebességétől függetlenül — zérus értéket vesz fel. Emiatt az átvitel valamilyen — az áteresztett időbeli frekvenciatartomány felső határára jellemző — f_h értéken túl, azaz $f > f_h$ esetén zérusnak választható. Másrésztől az f_h -nak felső határt szab a spektrumismétlődés is. Mint említettük, a vonal mentén, v látszólagos sebességű síkhullám beérkezésekor lejátszódó folyamat a

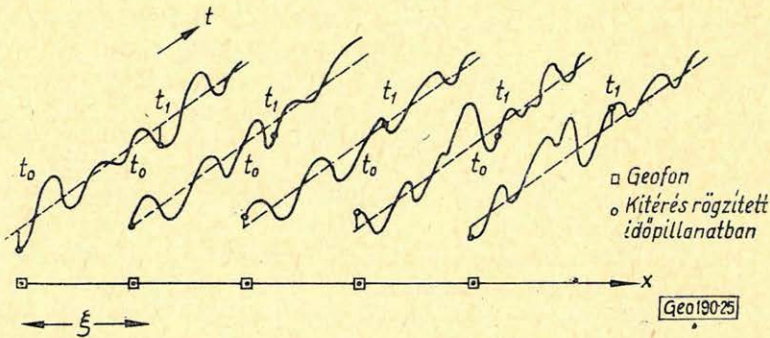
$$g(t, x) = d(x) a \left(t - \frac{x}{v} \right)$$
(3.9)

kétváltozós függvénnyel írható le. Rögzítsük gondolatban az időváltozó értékét! Akkor (3.9) az x koordináta folytonos függvénye marad. De a $g(t_0, x)$ értékét csak ott ismerjük, ahová geofont helyeztünk. A regisztrálás az x koordináta szerint már eleve digitális. Mintavételi távolság a geofonok távolsága: ξ (25. ábra). Emiatt a szeizmogram spektruma a k változó szerint mindenképpen ismétlődő. Az ismétlődés periódusa a k tengely mentén: $1/\xi$. A továbbiakban feltételezzük, hogy a mintavételi távolság megfelelően kicsiny, az ismétlődés az eredeti, folytonos függvény spektrumát nem torzítja. Azaz a k -beli felső határfrekvencia kielégíti a

$$k_h \leq \frac{1}{2\xi}$$
(3.10)

egyenlőtlenséget. Mivel az f és k között érvényes az $f = -v \cdot k$ összefüggés, a (3.10) egyszerűsített felső határt szab az f_h -ra is:

$$f_h \cong v_0 \cdot k_h \cong \frac{v_0}{2\xi} \quad (3.11)$$



25. ábra. A mérési vonal mentén lejátszódó folyamatot leíró $g(t, x)$ kétváltozós függvény értékét csak a geofonok koordinátaival kijelölt pontokban ismerjük. A regisztrálás a távolságváltozó szerint digitális

Фиг. 25. Значения функции двух переменных $g(t, x)$, описывающей процесс, протекающий вдоль линии наблюдений, известны лишь в точках отмеченных координатами сейсмоприемников. Регистрация по переменной расстояния цифровая

Fig. 25. Wir kennen den Wert, der den sich längs der Messungslinie abspielenden Vorgang beschreibenden zweidimensionalen Funktion $g(t, x)$ nur in den durch die Geophonen bestimmten Punkten. Die Registrierung ist nach den Raumkoordinaten digital

A geofontávolság, és a legkisebb, még hasznos információt hordozó látszólagos sebesség, v_0 megszabják az alkalmazható legnagyobb f_h értéket. A számszerű összefüggéseket az I. táblázat tartalmazza.

I. táblázat

Összefüggés a v_0 , ξ és f_0 között

v_0 (km/sec)	f_0 $\xi = (m)$			
	= 15	= 20	= 25	= 30
1	133,33	100,00	80,00	66,66
2	266,67	200,00	160,00	133,33
3	400,00	300,00	240,00	200,00
4	533,33	400,00	320,00	266,67
5		500,00	400,00	333,33
6			480,00	400,00
7				466,67
8				533,33

Általában az időtartománybeli szűrés is digitális, mely az f_h -ra további felső korlátot ír elő. Helyes mintavételezés esetén az f_h -ra érvényes az

$$f_h \cong \frac{1}{2\tau} \quad (3.12)$$

egyenlőtlenség. Az f_h -nak a (3.11) és (3.12) egyenlőtlenségeket egyaránt ki kell elégítenie; azaz

$$f_h \equiv \min \left(\frac{1}{2\tau}, \frac{v_0}{2\xi} \right). \quad (3.13)$$

A megvalósítandó átviteli függvény a (3.8) kiegészítésével:

$$\begin{aligned} S(f, k) &= 1, \text{ ha } \left| \frac{f}{k} \right| < v_0 \text{ és } |f| < f_h, \\ &= 0, \text{ ha } \left| \frac{f}{k} \right| > v_0 \text{ vagy } |f| > f_h. \end{aligned} \quad (3.14)$$

A (3.14)-nek megfelelő súlyfüggvényt inverz Fourier-transzformációval kapjuk:

$$\begin{aligned} s(t, x) &= \int_{-f_h}^{f_h} \int_{-\frac{|f|}{v_0}}^{\frac{|f|}{v_0}} e^{j(\omega t + vx)} dk df = \int_{-f_h}^{f_h} e^{j\omega t} \int_{-\frac{|f|}{v_0}}^{\frac{|f|}{v_0}} e^{jvx} dk df = \\ &= 2 \int_{-f_h}^{f_h} \frac{\sin 2\pi \frac{|f|}{v_0} x}{2\pi x} e^{j\omega t} df = \frac{2}{\pi x} \int_0^{f_h} \sin 2\pi \frac{f}{v_0} x \cos 2\pi t f df. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Felhasználva az

$$\int \sin af \cos bf df = -\frac{\cos(a+b)f}{a+b} - \frac{\cos(a-b)f}{a-b} \quad (3.16)$$

összefüggést a (3.15)-ből:

$$\begin{aligned} s(t, x) &= -\frac{2}{\pi x} \left[\frac{\cos 2\pi f \left(\frac{x}{v_0} + t \right)}{2\pi \left(\frac{x}{v_0} + t \right)} + \frac{\cos 2\pi f \left(\frac{x}{v_0} - t \right)}{2\pi \left(\frac{x}{v_0} - t \right)} \right]_0^{f_h} = \\ &= \frac{2v_0}{\pi^2 [x^2 - (v_0 t)^2]} \left\{ 1 - \cos 2\pi f_h \frac{x}{v_0} \cos 2\pi f_h t - \frac{v_0 t}{x} \sin 2\pi f_h \frac{x}{v_0} \sin 2\pi f_h t \right\} \end{aligned} \quad (3.17)$$

kapható. A (3.17) kétváltozós súlyfüggvényt többnyire digitális adatrendszerre alakítva alkalmazzuk. (Megjegyezzük azonban, hogy a sebességszűrés végrehajtására optikai eszközöket használó analóg módszereket is kidolgoztak: *Jackson, 1965/a és 1965/b*.)

Az alkalmazás előtt a (3.17) súlyfüggvényt, τ , illetve ξ mintavételi távolságokkal digitális adatrendszerre kell alakítanunk. A változtatható paramétereiket: az f_0 értékét és az együttható-elrendezés középpontját határozzuk meg úgy, hogy a végzendő műveletek minél egyszerűbbek legyenek. Helyezzük az

együttható-elrendezés középpontját két eredeti (átalakítandó) csatorna közé és használjunk páros, $2n$ számú csatornát! Akkor:

$$x = \left(l - \frac{1}{2} \right) \xi, \text{ ahol } l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(n-1), +n. \quad (3.18)$$

Alkalmazzunk egy-egy csatornán belül páratlan, $2m+1$ számú kiolvasási pontot! A t változó helyét a

$$t = i\tau, \text{ ahol } i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm m \quad (3.19)$$

foglalja el.

A (3.18) és (3.19) egyenletekből láthatóan a tényleges átviteli függvény a tervezett átviteli függvény és egy időben $(2m+1)\tau$, távolságváltozóban $2n\xi$ oldalhosszúságú, egységnyi magasságú négyszögimpulzus szorzata. Emiatt a tényleges átviteli függvény a pontos átviteli függvény és a négyszögimpulzus spektrumának konvolúciója. Az m és n értékeket megfelelően nagyoknak kell választani, hogy a súlyfüggvény $2n\xi(2m+1)\tau$ négyszögön túli részeinek elhagyása ne változtassa meg lényegesen a tervezett átviteli függvény értékét. Az okozott változás jellege a 13b ábra alapján megbecsülhető. Mértéke annál kisebb, minél hosszabbak a négyszög oldalai. Az oldalhossz a t változó szerinti irányban különösebb nehézség nélkül növelhető, $(2m+1)\tau$ elegendő nagy lehet, hiszen elegendően sok időbeli kiolvasás áll rendelkezésre. A $2n$ – mely az átalakításban felhasznált csatornák számát jelenti – azonban nem növelhető korlátlanul. Egy szélsőséges példával élve: ha $2n$ az összes csatornák számával egyenlő, a művelet a teljes szeizmogramból egyetlen csatornát állít elő. Általában arra törekszünk, hogy az átalakítás után a csatornák száma ne csökkenjen kevesebbre az eredeti szeizmogram csatornaszámának felénél. Ez szükségképpen azt jelenti, hogy a (3.14) átviteli függvény nem valósítható meg pontosan.

A v_0 helyett célszerű egy dimenziótlan változót bevezetni. Legyen:

$$v_0 = \frac{\xi}{\tau\kappa}. \quad (3.20)$$

A κ szemléletes jelentésű. Azt adja meg, hogy a v_0 látszólagos sebességű beérkezés időkülönbsége a szomszédos csatornák között hányszorosa az időbeli mintavételi távolságnak. Ha például $\xi = 25$ m, $\tau = 2 \cdot 10^{-3}$ sec, $v_0 = 2,5 \cdot 10^3$ m/sec, a (3.20)-ból:

$$2,5 \cdot 10^3 = \frac{25}{2 \cdot 10^{-3} \kappa},$$

és így $\kappa = 5$, megfelelően annak, hogy a $2,5$ km/sec látszólagos sebességű beérkezés 25 méter távolságban elhelyezett csatornák között 10 m/sec időkülönbséggel jelentkezik, mely a kiolvasási távolság ötszöröse.

Ha feltesszük, hogy az ismétlődés miatti spektrumtorzulás kicsiny, a (3.13)-ból az egyenlőtlenség jele elhagyható. Az f_0 az $1/2\tau$ és $v_0/2\xi$ mennyiségek közül a kisebbnek választható:

$$f_0 = \min \left(\frac{1}{2\tau}, \frac{v_0}{2\xi} \right). \quad (3.21)$$

A v_0 paraméter értéke dönti el, hogy melyik választással élünk; a $\frac{v_0}{2\xi} < \frac{1}{2\tau}$ egyenlőtlenség akkor teljesül, ha $v_0 < \xi/\tau$, vagy, a (3.30) egyenletben definiált sebességváltozóval ha:

$$\kappa > 1, \quad (3.22)$$

tehát ha szűrőnkön még olyan sebességű komponenseket is át akarunk eresztetni, melyek beérkezési időkülönbsége csatornánként nagyobb, mint az időbeli mintavételi távolság. Ekkor:

$$f_0 = \frac{v_0}{2\xi}. \quad (3.23)$$

A gyakorlatban leggyakrabban használt $\tau = 2$ msec esetén a (3.22) sokszor teljesül.

Alakítsuk át most a (3.17) súlyfüggvényt a (3.18) – (3.22) felhasználásával!

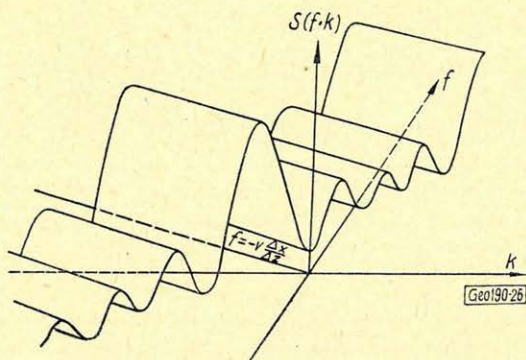
A zárójelben álló mennyiség előtti szorzóból a megfelelő változók behelyettesítésével:

$$\frac{2v_0}{\pi^2(x^2 - t^2v_0^2)} = \frac{\kappa}{\xi\tau} \frac{2}{\pi^2 \left[\left(l - \frac{1}{2} \right)^2 \kappa^2 - t^2 \right]}. \quad (3.24)$$

A zárójelben álló kifejezés értékét befolyásolja, hogy az f_0 -ra a (3.21)-ben felírt két lehetőség közül melyik teljesül.

a) Tegyük fel először, hogy a (3.22) nem érvényes, a v_0 elegendő nagy, azaz $\kappa < 1$. Akkor a (3.21)-ből:

$$f_0 = \frac{1}{2\tau} \quad (3.25)$$



26. ábra. Az RNP összegzés kétváltozós átviteli függvényének származtatása. A $q_0(u)$ függvényt toljuk el a $v = -k\Delta x/\Delta t$ egyenes mentén

Фиг. 26. Образование характеристики суммирования двух переменных РНП. Функцию $q_0(u)$ перемещаем по прямой $V = -\kappa\Delta x/\Delta t$

Fig. 26. Die Entstehung der zweidimensionalen Übertragungsfunktion der RNP Methode. Man verschiebt dabei die $q_0(u)$ Funktion längs der $f = -(\Delta x/\Delta t) k$ Geraden

és a trigonometrikus függvények argumentumai így alakulnak:

$$2\pi f_0 \frac{x}{v_0} = \pi \kappa \left(l - \frac{1}{2} \right), \quad \text{ahol } l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm (n-1), +n$$

és $2\pi f_0 t = \pi i$, ahol $i = 0, +1, +2, \dots +m$.

Mivel $\cos \pi i = (-1)^i$ és $\sin \pi i = 0$ a (3.17)-ből:

$$s(i, l, \kappa) = \frac{2}{\pi^2 \xi \tau} \frac{\kappa}{\left(l - \frac{1}{2} \right)^2 \kappa^2 - i^2} \left[1 - \cos \pi \kappa \left(l - \frac{1}{2} \right) \cdot (-1)^i \right]. \quad (3.26)$$

b) $\kappa > 1$ esetén a (3.23) egyenlőséget kell alkalmaznunk és a trigonometrikus kifejezések argumentumai:

$$2\pi f_0 \frac{x}{v_0} = \pi \left(l - \frac{1}{2} \right), \quad \text{ahol } l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm (n-1), +n$$

illetve: $2\pi f_0 t = \frac{\pi i}{\kappa}$, ahol $i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm m$.

Mivel $\cos \pi \left(l - \frac{1}{2} \right) = 0$ és $\sin \pi \left(l - \frac{1}{2} \right) = (-1)^{l+1}$,

továbbá

$$\frac{v_0 t}{x} = \frac{i}{\kappa \left(l - \frac{1}{2} \right)}$$

a (3.17)-ből:

$$s(i, l, \kappa) = \frac{2}{\pi^2 \xi \tau} \frac{\kappa}{\left(l - \frac{1}{2} \right)^2 \kappa^2 - i^2} \left[1 - \frac{i}{\kappa \left(l - \frac{1}{2} \right)} \sin \frac{\pi i}{\kappa} \cdot (-1)^{l+1} \right] \quad (3.27)$$

c) A képletek tovább egyszerűsödnek, ha $\kappa = 1$, hiszen $\cos \frac{\pi}{2} (2j+1) = 0$,

illetve $\sin \pi j = 0$, ha $j = 0, +1, +2, \dots$ és emiatt mind a (3.26)-ból, mind a (3.27)-ből:

$$s(i, l; \kappa = 1) = \frac{2}{\pi^2 \tau \xi} \frac{1}{\left(l - \frac{1}{2} \right)^2 - i^2} \quad (3.28)$$

adódik.

A megfelelő sebességszűréssel átalakított szeizmogramot úgy kapjuk, hogy a (3.26) – (3.28) súlyfüggvények (aszerint, hogy $\kappa < 1$, $\kappa > 1$ vagy $\kappa = 1$) és a digitált bemenő szeizmogram konvolúcióját képezzük. A számítás a (2.21) képlettel történik, melyben most

$$c_{il} = s(i, l; \kappa). \quad (3.30)$$

Látható, hogy a konvergencia nem gyors, a súlyfüggvények lassan tartanak zérushoz. Emiatt a súlyfüggvény előzőekben tárgyalt (és szükséges) és

rövidítése az előírt átviteli függvény torzulását okozza. A lassú konvergencia oka a (3.14)-ben előírt éles vágás. A súlyfüggvény szükséges hosszát kisebbé tehetjük az átviteli függvény simításával.

Ha az áteresztett sáv határát a szeizmogram mentén változtatni akarjuk, a \varkappa paraméter értékét kell előírt program szerint módosítani.

4. A sebességszűrés közelítései

Az *RNP* módszer, továbbá a geofoncsoportok és időbeli szűrés együttes alkalmazása bizonyos értelemben közelítései a látszólagos sebesség szerinti szűrésnek. Ezen szűrés eljárások közismertek, emiatt részletes tárgyalásuk szükségtelen. Csupán arra kívánunk rámutatni, milyen értelemben és milyen korlátok között tekinthetők a sebességszűrés közelítéseinek.

Összehasonlítási módszerünk a kétváltozós átviteli függvények vizsgálata. Az egyes módszerek akkor közelítik jól a sebességszűrést, ha átviteli függvényük jól közelíti a sebességszűrés átviteli függvényét.

Az *RNP módszer* a távolságváltozó szerint digitális, az időváltozó szerint folytonos szűrést valósít meg.

Tárgyaljuk külön a szummázás és a beépített szűrőfokozatok hatását. Ha 9 eredeti csatornából készítünk egy összegcsatornát, a szomszédos rések időbeli távolsága Δt , a csatornák vonatkoztatási pontjainak távolsága Δx , továbbá az egyes csatornákhöz különböző, c_i súlyokat rendelünk a szummázás művelete a

$$g_{ki}(t, x_0) = \sum_{i=-4}^4 c_i g_{be}(t + i\Delta t, x_0 + i\Delta x) \quad (4.1)$$

egyenlettel írható le. Ha a középső csatornára szimmetrikusan elhelyezkedő együttthatók azonos értékűek, a (4.1) művelet átviteli függvénye a (2.22) szerint:

$$S(f, k) = \sum_{i=-4}^4 c_i e^{j(\omega i \Delta t + \psi i \Delta x)} = c_0 + 2 \sum_{i=1}^4 c_i \cos i(\omega \Delta t + \psi \Delta x).$$

Az összefüggés segítségével tetszőleges, szimmetrikus érzékenység eloszláshoz tartozó átviteli függvényt meghatározhatunk. Vizsgáljuk először azt az esetet, melyben az érzékenységek azonosak (egyszerű összegzés). Ekkor $c_i = 1$ és a (4.1)-ből:

$$S(f, k) = \sum_{i=-4}^4 e^{ji(\omega \Delta t + \psi \Delta x)}. \quad (4.2)$$

A véges Dirac- δ sorozat Fourier-transzformáltjának levezetésekor alkalmazott gondolatmenet megismételhető. Csupán az $\omega \tau$ helyére kell az $\omega \Delta t + \psi \Delta x$ kifejezést beírni. Az (I. 43) felhasználásával:

$$S(f, k) = \frac{\sin 9\pi(f\Delta t + k\Delta x)}{\sin \pi(f\Delta t + k\Delta x)} q = q_9(f\Delta t + k\Delta x). \quad (4.3)$$

A $|q_9(u)|$ függvényt a 9. ábrán mutattuk be. Az *RNP* kétváltozós átviteli függvényét ábrázoló felületet úgy kapjuk, hogy a $q_9(u)$ függvényt önmagával párhuzamosan eltoljuk az (f, k) sík

$$0 = f\Delta t + k\Delta x \quad (4.4)$$

egyenese mentén: 26. ábra. A (4.4) így is írható:

$$f = -k \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Ebből a felírásból világosan látszik, hogy az átviteli függvény origón átmenő főmaximuma a $-\Delta x/\Delta t$ iránytangensű egyenesre esik. A 3. részben megmutattuk, hogy v látszólagos sebességű, diszperziómentes síkhullám képe az (f, k) síkon a $-v$ iránytangensű egyenesre; tényleges, diszperziót is mutató hullámé a $-v$ iránytangensű egyenes környezetébe esik: 16. és 22. ábrák. A Δt réstávolságokkal készített összeg emiatt átengedi a $v = \Delta x/\Delta t$ látszólagos sebességű, diszperziómentes síkhullámokat (alakjuktól, azaz az $A(f)$ függvénytől függetlenül).

A 27. ábrán az átviteli függvény szintvonalas képét mutatjuk be, 10 km/sec látszólagos sebességet kiemelő réseltolásra, mely a 22. ábrán bemutatott hullámra biztosítja a lehető legjobb átvitelt.

Az összegzés átviteli függvénye periodikus. A teljes átviteli függvény az origó középpontú, $1/\Delta x$, $1/\Delta t$ oldalhosszúságú négyzög ismétlése a teljes frekvenciasíkon. Jelöljük a tartomány frekvenciaegységekben megadott határait f_n és k_n -nel. A négyzög k tengellyel párhuzamos oldalának hossza a művelet során változatlan marad:

$$k_n = \frac{1}{2\Delta x}.$$

A másik oldal hossza a rések közötti időtolás pillanatnyi értékétől függ:

$$f_n = \frac{1}{2\Delta t}.$$

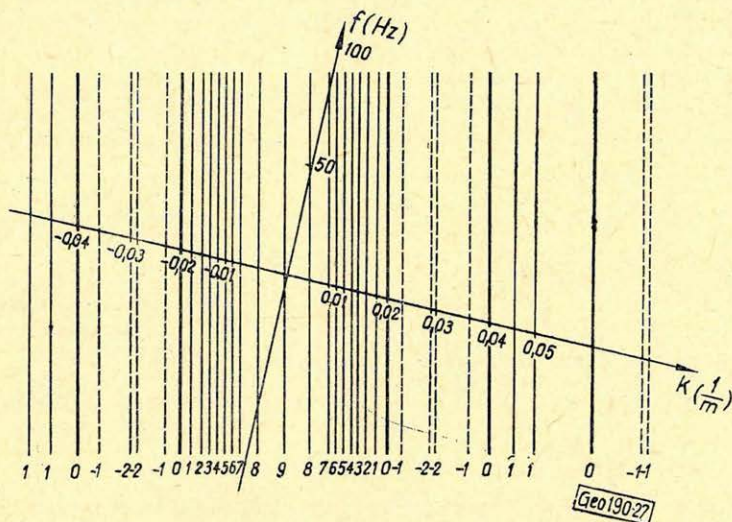
A szélső helyzetben, amikor $\Delta t = 10$ msec, $f_n = 50$ Hz. A Δt csökkentésével az f_n értéke nő: $\Delta t = 5$ msec esetén $f_n = 100$ Hz; $\Delta t = 2$ msec mellett $f_n = 250$ Hz, stb. A $\Delta t = 0$ esetben a határ a végtelenbe távolodik el. Amikor a zérus érték átlépése után a Δt előjele negatívvá válik és abszolút értékben újból növekedni kezd, a határ ismét egyre kisebb f_n értékekhez kerül. Végül $\Delta t = -10$ msec esetén újból $f_n = 50$ Hz. A maximálisan kiemelt látszólagos sebességet a $-\Delta x/\Delta t$ hányados, a négyzög egyik átlójának iránytangense adja meg. A pozitív Δt értékekhez tartozó átló a bal felső – jobb alsó sarkokat köti össze. Az átló a Δt csökkenésével az f tengely felé mozdul el. Majd negatív Δt esetén a jobb felső – bal alsó sarok helyzetbe fordul át: 28. ábra.

Az előző részben ismertetett sebességszűrővel való könnyebb összehasonlíthatóság kedvéért a 27. ábrán bemutatott átviteli függvény egyszerűsített képe mellett tüntessük fel a jeltartományt is! Az RNP elvben a jeltartomány egyes részintervallumainak, a $v = -\Delta x/\Delta t$ látszólagos sebesség környezetének kiemelését tűzi ki célul. Azonban – ahogyan ez a 29. ábrából kitűnik – a jeltartomány más komponenseit is átengedi, illetve a zajok egy részét sem távolítja el. További eltérés a sebességszűrő átviteli függvényétől az RNP összegzés átviteli függvényében a mellékmaximumok fellépése. A mellékmaximumokat csökkenteni lehet ha az eddig tárgyalt egyszerű összeget helyett súlyozott összeget képezzünk. Az egyes csatornák súlyozása a gyakorlatban a rések fényerejének vagy szélességének beállításával valósítható meg.

Ha a súlyokat a háromszögmódszer szerint választjuk:

$$\begin{aligned} c_0 &= 1 \\ c_{-1} &= c_1 = 0,8 \\ c_{-2} &= c_2 = 0,6 \\ c_{-3} &= c_3 = 0,4 \\ c_{-4} &= c_4 = 0,2 \end{aligned}$$

a mellékmaximumok értéke jóval kisebb lesz. A megfelelő átviteli függvényt ábrázoló felület metszetét egy, az (f, k) síkra és a síkbeli $f = -v \cdot k$ egyenesre merőleges síkkal a 30. ábra pontozott vonala mutatja. Az azonos érzékenységgű összegzéssel való összehasonlítás kedvéért felrajzoltuk az egyszerű összegzésre jellemző karakterisztikát is: 30. ábra folytonos vonala. Látható, hogy a mellékmaximumok csökkenésének „ára” az, hogy a főmaximum is kisebbé válik.



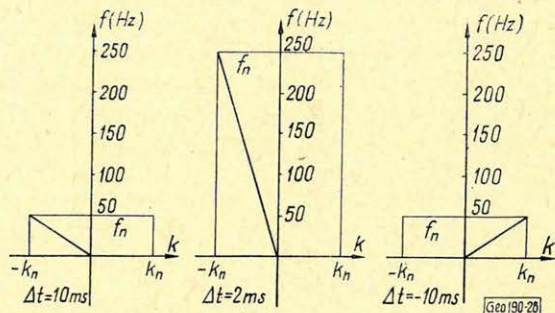
27. ábra. Az RNP összegzés kétváltozós átviteli függvénye

Фиг. 27. Характеристика суммирования двух исременных РНП
Fig. 27. Die zweidimensionale Übertragungsfunktion der RNP Summation

28. ábra. A maximálisan kiemelt látzólagos sebesség változása a Δt változása során.

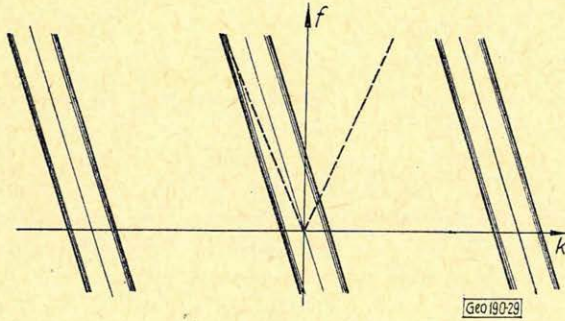
Фиг. 28. Максимальное изменение кажущейся скорости при изменении Δt

Fig. 28. Die Änderung der maximal verstärkten scheinbaren Geschwindigkeit mit der Änderung der Größe Δt .



Javítási lehetőség a visszajátszóba épített alul- és felülvágó szűrő-sorozatok alkalmazása. Ezek az összegzésnek megfelelő átviteli függvényből az f_1, f_2

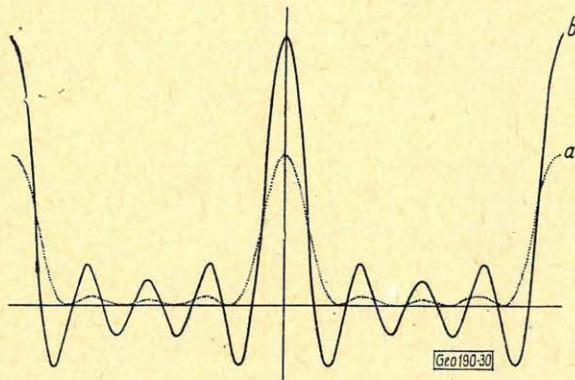
frekvenciák közötti részintervallumot vágják ki: 31. ábra. Az alulvágó szűrő a felszíni zavarhullámok tartományának az összegzés után még megmaradó részét távolítja el. A felülvágó a spektrumismétlődésből adódó hatásokat csökkentheti.



29. ábra. Az RNP összegzés átviteli függvényének sematikus képe és a jeltartomány

Фиг. 29. Схематическое изображение характеристики суммирования РНП и диапазон сигнала

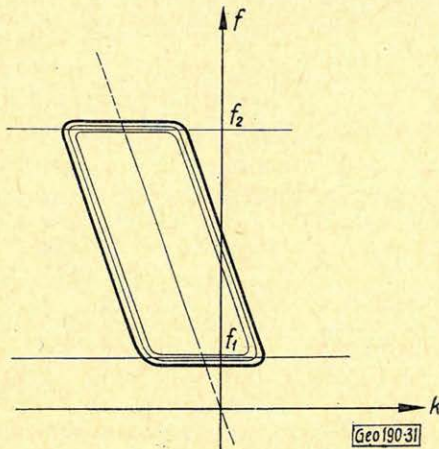
Fig. 29. Schematisiertes Bild der Übertragungsfunktion der RNP Summation und der Signalbereich



30. ábra. A háromszög módszer szerinti és a közönséges összegzés összehasonlítása. A kétváltozós átviteli függvényekből egy, az $f = -(\Delta x/\Delta t)k$ egyenesre és az f, k síkra egyaránt merőleges síkkal ki-metszett görbékét mutatjuk be.

Фиг. 30. Сравнение обычного и треугольного суммирования. Показаны кривые, полученные при сечении характеристик двух переменных плоскостью перпендикулярной к прямой $f = -(\Delta x/\Delta t)k$ и к плоскости f, k

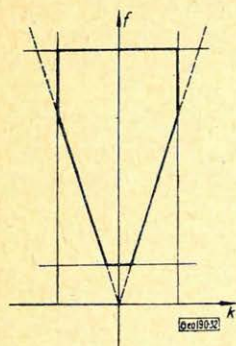
Fig. 30. Ein Vergleich mittels der Dreiecksmethode erhaltenen und der einfachen Summation. Es werden die aus den Oberflächen der Übertragungsfunktionen mittels einer auf die Gerade $f = -(\Delta x/\Delta t)k$ und die Ebene f, k gleicherweise senkrechten Ebene ausgeschnittenen Kurven gezeigt



31. ábra. Az RNP alul-és felülvágó szűrő alkalmazásával átalakított átviteli függvénye

Фиг. 31. Характеристика РНП, преобразованная фильтрации верхних и нижних частот

Fig. 31. Die durch Anwendung der Tiefpass- und Hochpassfilter veränderte Übertragungsfunktion der RNP Summation



32. ábra. Geofoncsoport és időbeli szűrés együttes alkalmazásának sematikus átviteli függvénye

Фиг. 32. Схематическая характеристика совместного применения группирования сейсмоприемников и временной фильтрации

Fig. 32. Schematisiertes Bild der Übertragungsfunktionen der gemeinsamen Anwendung der Bündelung von Geophonen und des zeitlichen Filters

Jó közelítéssel mondhatjuk: egy-egy összegcsatorna előállításakor célunk azon sebességtartomány kiemelése, melynek alsó és felső határát az összegcsatorna elején és végén érvényes réselemlések szabják meg. Ha $\Delta x = 20\text{ m}$ illetve 25 m , a szélső réselemlés 10 msec , az összegcsatornák készítése közben a 2. táblázatban szereplő sebességsávokat emeljük ki. A beosztás nem egyenletes.

2. táblázat

Összegszalag, csatornaszám	Kiemelt sebesség (km/sec)	
	20 m	25 m
1	2,0	2,5
2	2,14	2,68
3	2,31	2,88
4	2,5	3,12
5	2,73	3,41
6	3,0	3,75
7	3,33	4,17
8	3,75	4,69
9	4,28	5,36
10	5,0	6,25
11	6,0	7,50
12	7,50	9,38
13	10,0	12,5
14	15,0	18,75
15	30,0	37,5
16	∞	∞
17	30,0	37,5
18	15,0	18,75
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Túlságosan részletező a kis látszólagos sebességeknél, melyek egy része (különösen a szeizmogram későbbi szakaszain) érdektelen, nem tartalmaz hasznos információt. Kissé durva beosztású a nagyobb látszólagos sebességeknél, a jeltartományban. A valódi sebességszűrés lehetővé tenné a 2. táblázatban felsorolt sávok kiemelését mellékmaximumok fellépése nélkül. De lehetőséget

nyújt arra is, hogy a teljes jeltartományt a szükséges és tetszőlegesen szabályozható Δv lépésközzel bontsuk fel részintervallumokra. Emiatt a 3. részben leírt sebességszűrés hatásosabb, hajlékonyabb módszere a hasznos hullámok, a jelek kiemelésének, mint az *RNP*.

Hasonlítsuk össze most a sebességszűrést a hagyományos jel/zaj arány javító módszerek: a geofoncsoport és időbeli szűrés együttes alkalmazásával.

Azonos érzékenységgű, egymástól egyenlő, Δx távolságokra elhelyezett $2m+1$ számú geofonból álló csoport a $g_{be}(t, x)$ benenethez a

$$g_{ki}(t, x) = \sum_{i=-m}^m g_{be}(t, x + i\Delta x) \quad (4.6)$$

kimenetet rendel, ha vonatkoztatási pont a geofoncsoport középpontja. A (4.6) a (2.21) egyszerűsített alakjának felhasználásával konvolúcióképzésként is felírható:

$$g_{ki}(t, x) = \left[\sum_{i=-m}^m \delta(x + i\Delta x) \right] * g_{be}(t, x). \quad (4.7)$$

A geofoncsoport átviteli függvénye tehát véges, $2m+1 = M$ számú Dirac- δ impulzusból álló sorozat Fourier-transzformáltja. Az 1. részben ismertetett levezetés végeredményét, (1.43)-at az időváltozó helyett távolságváltozóra alkalmazva:

$$D_M(k) = \frac{\sin M\pi k\Delta x}{\sin \pi k\Delta x} \quad (4.8)$$

és így az azonos érzékenységgű geofonokból álló csoport átviteli függvénye:

$$S(k) = q_M(k\Delta x) = \frac{\sin M\pi\Delta x}{\sin \pi k\Delta x}.$$

A $|q_m(u)|$ függvényt néhány M paraméterre a 9. ábrán már bemutattuk. Látható, hogy a geofoncsoport, ha a bemenet k_n felső határfrekvenciája kisebb, mint $1/2 \Delta x$ alulvágóként működik. A mellékmaximumok fellépése miatt valójában csak az alulvágó közelítése. A mellékmaximumok értékét az érzékenységek megfelelő beállításával csökkenteni lehet. Ezen a helyen azonban nem térhetünk ki további részletekre és megelégszünk azzal a durva képpel, hogy a geofoncsoport alkalmazása az f , k síknak az f tengellyel párhuzamos sávjait emeli ki. A sávok határát például az erősítésnek a maximális erősítés $1/10$ részére való csökkenése jelölheti ki. A sávok szélességét a geofonok számának növelésével vagy a Δx geofontávolság növelésével tehetjük kisebbé. Előző állítás a 9. ábrából közvetlenül látszik, a második is nyilvánvalóvá válik, ha meggondoljuk, hogy az első zérushelyet a $k = M/\Delta x$ határozza meg és a főmaximum zérushely távolsággal arányosan csökken a főmaximum főmaximum tizedének megfelelő erősítés helye közötti távolság is.

Az időbeli frekvencia szerinti szűrőkkel a k tengellyel párhuzamos sávokat vágthatunk ki. Ha mind a két szűrés lehetőséggel élünk kiemelhetjük a jeltartomány egy részét. De még a legkedvezőbb választás esetén is szükségképpen átengedjük a nagysebességű zaj egy részét és eltávolítjuk a jel nagy időbeli és térbeli frekvenciájú komponenseinek jelentős részét: 32. ábra.

Ha módunkban áll csatornánként több geofont alkalmazni, akkor ezeket megfelelő időbeli sávszűrőkkel párosítva a kivágott kis téglalapokkal jobban közelíthetjük a jeltartományt. Nagyobb időbeli frekvenciákat áteresztő sávon a geofoncsoport áteresztési tartományát is nagyobboknak kell választani: *Embree, Burg, Backus, 1963*. Csatornánként 3–4 fajta geofoncsoporttal dolgozva a sebességszűrés jó közelítése érhető el. Azonban nyilvánvaló egy ilyen típusú közelítés technikai nehézsége és körülményes volta. Ha így járunk el, nincsen lehetőség a jeltartomány részintervallumainak átengedésére vagy a jeltartomány határainak változtatására sem.

Összefoglalva megállapíthatjuk: a sebességszűrést pontosan, hajlékonyan megvalósító digitális adatfeldolgozásra kell törekednünk. Ugyanakkor világosan látnunk kell a sebességszűrés korlátait is. A sebességszűrés lényegében a kétváltozós sávszűrők egy típusa és akkor a legeredményesebb, ha a jel és zaj tartományok nem fedik át egymást. A valóságos helyzet ennél bonyolultabb. Ha a szeizmogram digitális adatrendszerként áll rendelkezésre és elegendően gyors számítógéppel dolgozhatjuk fel, a kétváltozós optimumszűrés megvalósítása is reálissá válik. Ez pedig a jel/zaj arány javítására a sebességszűrésnél is kedvezőbb lehetőségeket nyújt.

IRODALOM

- Burg, J. P.*, 1964: Three-dimensional filtering with an array of seismometers. *Geophysics*, v. 29. 693–713.
- Davenport, B. D. and Root, W. D.*, 1958: An introduction to the theory of random signals and noise. McGraw–Hill Book Comp.
- Fail, J. P. and Grau, G.*, 1963: Les filtres en eventail. *Geophysical Prospecting*, v. 11, 131–164.
- Embree, P., Burg, J. P. and Backus, M. M.*, 1963: Wide-band velocity filtering – the pie-slice process. *Geophysics*, v. 28, 948–974.
- Jackson, P. L.*, 1965/a: Analysis of variable-density seismograms by means of optical diffraction. *Geophysics*, v. 30. 5–23.
- 1965/b: Directional and wide band velocity filtering. (Short note.) *Geophysics*, v. 30. 279–281.
- Meskó A.*, 1964: Reflexiós szeizmogramok szűrése. *Magyar Geofizika*, 4. 1–27.
- Posgay K.*, 1964: A szeizmikus módszer legújabb eredményei, alkalmazásának lehetőségei. Mérnöki Továbbképző Intézet, 1–59.
- Smith, M. K.*, 1956: Noise analysis and multiple seismometer theory. *Geophysics*, v. 21. 44–57.

EGYESÜLETI HÍREK A KÖZGYŰLÉSÉRŐL

Az egyesület oktatási munkája a beszámolási időszakban az alábbi statisztikával jellemezhető:

Év	Tanf. megnevezése	Óraszám	Hallgatóság száma
1965. I. 4–IV. 3.	Geoelektromos szaktanf. technikus szinten geofizikával foglalkozók részére	64	42
1965. VIII. 22–II. 10.	A mélyfúrású geofizika korszerű r. a. módszerei egyetemet végzettek részére	22	40
1966. XII. 7.–II. 9.	Elektronikus számítógép programozó tanfolyam geofizikusok részére		130
1967. VI. 7.–VII. 5.	Laterolog műszer tanfolyam technikusok részére (Szolnokon)	25	38

Igen aktív élet folyt egyesületünk bizottságaiban és vidéki csoportjainál is.

Beszámoló a groznüj-i terület mély és szupermély fúrásaiban végzett ipari-geofizikai vizsgálatokról

A. A. Caturján

Országunkban a kőolajtermelés állandó növelése szükségszerűen megköveteli a geofizikusoktól, hogy a kőolajtárolásra alkalmas szerkezetek felderítésével egyidejűleg kiszélesítsék a kutatómunkát a nagyobb mélységek felé a kőolajnak mélyebb szintekről történő kitermelése céljából.

Jelenleg a groznüj-i kőolajtelepeken, a felső-kréta- és alsó-kréta-üledékekből a kőolajtermelő fúrólukak átlagos mélysége 4200–4300 m-ig növekedett. Mivel a harántolt szelvényben omlékony kőzeteket találtak, főképpen majkopi lerakódásokban és foramenifera telepeken, a fúrólukak fúrását 1,8–2,1 g cm^{-3} fajsúlyú iszapok felhasználásával folytatják. Ezen a területen a fúrólukak átlagos hőmérséklete nem lépi túl a 125–130 °C-ot. A terület a Terek folyó jobbparti része. A Terek folyón túli síkságon a geotermikus gradiens jóval nagyobb és a sztavropoli területen fúrt fúrólukokban, 3500–3600 m mélységnél eléri a 150–160 °C-ot.

Természetes, hogy két olyan nehéz feltétel, mint az igen nagy fúróluk-hőmérséklet és a nagyfajsúlyú iszap a kőolajipari geofizikusoktól komoly műszaki intézkedéseket igényel, hogy biztosítsák a kapott anyagok jóminőségű interpretálásához szükséges geofizikai kutatások teljes komplexumának elvégzését.

Meg kell jegyezni, hogy ilyen nagy fúróluk-hőmérséklet csak Groznó körzeteiben és a sztavropoli területen van, ahol a kőolajkutató-geofizikai vizsgálatokat is vállalatunk végzi, és napjainkban a geofizikai műszereket gyártó vállalatunk által sorozatban kibocsátott fúróluk-mérőkészülékek hőállóképesége – műbizonylati adatok szerint – csupán 120 °C.

Ez természetes, mivel a műszerek hőállóképeségének növelése jelentősen megrágítja azokat, a Szovjetunió kőolajtermelő körzeteinek túlnyomó többségében pedig a fúrólukak hőmérséklete nem lépi túl a 100 °C-ot. Ezért nekünk, groznói kőolajipari geofizikusoknak, azonnal a gyári műszerek átvétele után, saját műhelyeinkben, azzal kell foglalkoznunk, hogy növeljük az átvett műszerek hőállóképeségét, a szokásos elektronikus alkatrészeknek hőálló alkatrészekkel való kicserélése útján. Kb. ugyanez a problémájuk a magyar geofizikusoknak is, s így nálunk a munkafeltételek megközelítően azonosak, bár a jelenleg fúrás alatt levő fúrólukak (kutak) mélységének növelésével kapcsolatban itt a hőmérséklet valószínűleg túllépi a 200–250 °C-ot.

Ennyit tehát röviden azokról a körülményekről, amelyek között a groznói kőolajkutató-geofizikusoknak dolgozniuk kell. Az egyes kutató-fúrólukokban elvégzett mérési eljárás nem nagyon különbözik az Országos Kőolaj- és Gázipari Trösztvállalatainál folyó munkálatoktól.

A vizsgálatok közé a következők tartoznak:

1. Szabványos karottázs (2 szelvényes) fedős gradiensszondával és *SP* (spontán potenciál).

2. *BKZ* – 6 szondával: 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 m és megfordított 4 m-es, az utóbbi időben a *BKZ* eljárásnál talp-szondákat használunk.
3. Mikroszonda: potenciál és gradiens
4. Ferdeségmérés, rendszerint 25 m-ként
5. Termoszelvény az egész fúrólukban
6. Laterolog karottázs. 3 elektródás *ABK* – 3 típus
7. Mikrolaterolog karottázs
8. Kaverna-mérő
9. Gamma-karottázs és neutron-gamma-karottázs.

A Terek-folyón túli síkság körzeteiben, mivel ott kis ohmikus ellenállású szelvényünk van, a mérési komplexumhoz tartozik az indukciós karottázs is.

Indukciós karottázásra szolgáló műszer alkalmazását annak műszaki lehetőségei korlátozták, mivel az *IK-2-OKÉ* típusú műszer mérési tartománya 0–40 ohm.

Egyes fúrólukokban a kollektorok áteresztőképességének meghatározására *BKZ* karottázs-szondázást végeznek, két különböző ellenállású iszappal, emellett alúgnak az iszaphoz való hozzáadása útján annak ellenállását 3–4-szer változtatják. Nálunk a fúrólukak fúrása édesvízű (sómentes) iszapokkal történik, a rétegvizek nagyfokú ásványtartalma mellett, ami által lehetővé válik a fúrólukszelvény jó differenciálása, spontán potenciál görbe alapján (*PS* görbe szerint).

A fúrólukokban az összes kőolajkutatási- geofizikai vizsgálatokat egyeres kábellel végezzük, *OKSz64L* berendezés felhasználásával, ami természetesen a karottázs munkálatok elvégzését megnehezíti, mivel fúrólukba bonyolult elektronikájú készüléket kell leereszteni. Az utóbbi két év folyamán meghonosították a *KTB-6* márkájú háromeres karottázs kábel (hóálló) gyártását, de többségben a kutatócsoportok egyeres kábellel dolgoznak.

A fúrólukak mélységének növelésével és krétakori mészkőüledékekből történő nyersolaj kitermeléssel kapcsolatban jelentősen növekedtek az interpretálással kapcsolatos problémák, mivel repedésszerű kollektorokkal dolgoztunk, emellett azoknak különböző volt a formája és mérete, tehát az átbocsátóképesség, olajtartalom és egyéb, kőolajkészletek kiszámításához szükséges paraméterek meghatározása rendkívül nehézé vált. Ezért a kőolajkutatási-geofizikai vizsgálatok hatékonyságának növelése céljából nálunk erőteljesen foglalkoznak a számítógépekkel történő interpretálás bevezetésével. Az első eredmények alapján számíthatunk arra, hogy az interpretálás minősége a gépi adatfeldolgozás bevezetésével nagymértékben javulni fog.

A fentiekben felsorolt kutatási eljárásokon kívül a kőolajkutatási geofizikusok foglalkoznak a fúróluk műszaki állapotának meghatározásához szükséges problémákkal is:

1. A béléscsőtörés helyének meghatározása (rezisztiviméter, elektromos hőmérő, és radioaktív módszerek, izotópok alkalmazásával).

2. Széleskörűen alkalmazzák a perforálásnál és a torpedózásnál a kar-mantyú-lokátort.

3. A fúrószerszám vagy szivattyú-kompressziós csövek megszorítási hatásának meghatározása céljából alkalmazzuk a megszorítás-meghatározó berendezést, a bakui típust, amely mágneses mező változásának elvén működik, fémre gyakorolt mechanikai hatás mellett.

4. A szokásos kumulatív perforátorokon kívül, amelyekkel a bélésővek perforálása történik, műszaki célra alkalmazzák a golyós, kisméretű perforátorokat: *PP-38* típusú (golyós perforátor 38 m/m), amely tompa golyókkal perforál a szívó-nyomócsövek kétcollos falainak átlukasztására, két töltéses és egytöltéses *PVM-32* típusú perforátor (függőlegesen irányított perforátor 32 m/m), amely átlövi (perforálja) a 11–12 mm-es falvastagságú fúrócsöveket.

5. Széleskörűen elterjedt a cementdugók felszerelése lövéses tömítő eszközzel (*SzTsz*), igaz, hogy Groznóban jelenleg a rugós cementszondát (*PCZ*) alkalmazzák, mely jelentősen leegyszerűsíti a cementhidak felszerelését és szükségtelemné teszi a gumidugók alkalmazását, valamint az ehhez szükséges nagynyomású berendezés használatát a gumitömítésnek a perforáló puskába való besajtolásakor.

A groznói geofizikusok számára a legbonyolultabb olajkutatási-geofizikai vizsgálati feltételek akkor fordultak elő, amikor az 1. sz. Galjagajevszkaja nagymélységű fúrólukát furtak. Ezt a fúrólukát 1964. év kezdetén fejezték be, 5500 m-es mélységben. A lyuktalpban a hőmérséklet hosszantartó agyagos iszappal való hűtés után 189 C° volt, és 1,8 fajlagos súlyú agyagos iszapnál a nyomás 990 atm volt. Azonban az egész fúróluk-készülék és a felszíni berendezés (főképpen csörlő) gondos előkészítése útján, mivel a munkálatokat *SzKPPM-3000* típusú csörlővel végeztük, a kőolajkutatási geofizikai munkálatok egész komplexumát elvégezték és jelenleg befejeztük a perforálást az 5000 m-nél mélyebb intervallumokban.

Íme ilyen feltételek között kell dolgozniuk a „Grozneft” Tröszt olajkutató-geofizikusainak.

Magyarországra való érkezésem összefügg azzal, hogy meg kell ismerkednem az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt keretén belül működő geofizikusok műszaki ellátottságával, azaz felkészültségével ahhoz, hogy biztosítsák a kőolajkutatási-geofizikai kutatások szükséges komplexumának elvégzését a tervezett nagymélységű fúrólukákban. Ezenkívül meg kell ismerkednem a perspektivikus struktúrák nagymélységű vizsgálatának helyzetével a kőolajkészletek további növelése céljából.

Rövid itt tartózkodásom alatt nehéz lenne sokrétű összefoglalást készíteni, attól függetlenül azonban meghatározott véleményem alakult ki és következtetések vonhatók le.

1. A szeizmikus-olajkutató vállalat munkáiról minden esetre el lehet mondani, hogy a nagymélységű kutatásban az elvi irányzat helyes, a felszerelés kielégítő az összes korszerű módszerekhez és a szeizmikus kutatásban eddig létező módszerek módosításához. Azzal kapcsolatban, hogy a szeizmikus-kutatási munkálatokat egyes területeken nagymértékben komplikálják a különböző geológiai feltételek, kívánatos lenne – véleményem szerint – egy tökéletesen felszerelt kísérleti-módszertani szeizmikus-olajkutatási csoport (brigád) szervezése, amely csoport kidolgozná valamely bonyolult struktúrában a munkálatok szükséges technikáját és módszerét, átadná tapasztalatát a „termelő csoportnak”, maga pedig áttérne a következő munkakörzet tanulmányozására.

2. Az olajkutatási geofizikáról határozottan megállapítható, hogy a geofizikusok kielégítően felkészültek a 200 C° hőmérsékletet elérő nagymélységű fúrólukákban elvégzendő munkához. A hőállókészülékek minőségének további növelése idő kérdése, mivel az elvtársak itt nagyon energikusan foglalkoznak a kérdések megoldásával, és remélhetően meg fogják oldani ezeket a feladatc-

kat. A héteres, hőálló, páncélozott kábel alkalmazása már biztosítja az elektrometriás munkálatok elvégzését 250 C°-ig terjedő hőmérsékleteken. A meglévő műszerek alapján biztosítják a fúróluk paraméterek mérését 200 C° hőmérsékletnél.

A Nagykanizsai Gépgyár által készített és a „TÁTRA-138” típusú gépkocsira szerelt, 7000 m-es emelésre képes csörlő minden valószínűség szerint biztosítani fogja a nyugodt zavartalan munkát 5–6000 m-es mélységeken.

Külön ki kell hangsúlyozni azt a nagy és komoly munkát amely Barlay Z. vezetése alatt folyik az interpretálást végző új készülék és módszer kialakításával kapcsolatban.

Lényegében ez az osztály egy miniatűr tudományos kutató szerv. Az utóbbi időben ez az osztály az új technikai kidolgozása terén nagy eredményeket ért el a laterolog karottázshoz (7 elektródás és 9 elektródás pseudo-laterolog karottázshoz), a mikrolaterolog karottázshoz szükséges műszerek, valamint hőálló műszerek, a repedésmérő és egyéb készülékek kidolgozása terén. Érdekes munkát végeznek a modellezés terén, a különböző elméleti görbék összeállításával, mely görbék lehetővé teszik a fúrólukokban kapott kutatási-geofizikai anyagok mélyrehatóbb interpretálását. Nagy munkát végeztek a görbesereg-albumok összeállításával kapcsolatban, a különböző szondákra vonatkozó fajlagos rétegellenállások meghatározására stb. Ezen 12 főből álló kis csoport négy laboratóriummal rendelkezik, melyek mindegyikében összesen 2–4 fő dolgozik. Figyelembe véve a vezetőcsoport által végzett munka nagy fontosságát, érdemes mérlegelni e csoport kibővítését mind létszám, mind pedig a műszaki felszerelés vonatkozásában biztosítva e csoport számára a megfelelő feltételeket. Indokolt a radio-technikai és mechanikai műhely létrehozása a szükséges műszerek elkészítése céljából. Ezenkívül érdemes lenne ezt a csoportot szervezetileg közelebb hozni az egész Tröszt geofizikai szolgálatahoz.

EGYESÜLETI HÍREK A KÖZGYŰLÉSÉRŐL

Szakmai működés:

Egyesületünk szakmai működését az elmúlt három évben az alábbi formákban fejtette ki:

1. Nagyrendezvények
2. Klubnapok (szakmai)
3. Szakosztályi ülések
4. Téma-viták
5. Tanfolyamok
6. Bizottsági ülések
7. Vitaülések

Az előadó ülések megoszlása:

Év	Központi előadás	Felszíni szako.	Mélyfúr. szako.	Klubnap	Előad. sz.	
					magy.	külf.
1964. II. f. é. ...	5	2	2	1	8	2
1965	5	7	7	4	38	1
1966	7	5	5	7	16	5
1967	11	2	1	6	26	4

Horizontálisan rétegzett szerkezetek elméleti vertikális elektromos szondázási görbéinek számítása

SALÁT PÉTER

A viszonylag kisszámú elméleti görbe és a szondázási eredmények sokrétűsége szükségessé teszi új szondázási görbék kiszámítását. A gyors számítógépek elterjedése lehetőséget ad, hogy a vertikális elektromos szondázás eredményeinek értelmezésére egyre inkább felhasználják a mért görbék elméleti görbékkel való megközelítését számítógépek segítségével (Kunetz, 1967. szóbeli közlés). A dolgozat az elektromos szondázási gyakorlat zömét képező három, négy és ötréteges szelvények elméleti görbéinek számítására ad könnyen programozható eljárást és programvázlatot.

Теоретических кривых кажущегося сопротивления относительно мало, а разных результатов вертикального электрического зондирования относительно много. Поэтому нужно вычислить новые графики зондирования. Вычислительные машины дают возможность интерпретировать данный полевой график с приближением теоретическими кривыми. Доклад даёт простой вычислительный метод и блок-схему программы вычисления трёх, четырёх и пяти-слойных теоретических графиков ВЭЗ.

Die relativ kleine Anzahl der theoretischen Kurven und die Mehrfaltigkeit der Resultaten der Tiefsondierungen verursachen die Notwendigkeit der Rechnung neuer theoretischen Kurven. Mit Rechenmaschinen ist es möglich, die gemessenen geoelektrischen Kurven mit vielen gerechneten theoretischen Kurven zu vergleichen (Kunetz, 1967, wörtliche Mitteilung). — Die vorliegende Arbeit gibt ein leicht programmierbares Verfahren und Programm skelett, für die Rechnung theoretischer Kurven für drei, vier und fünfschichten-Modelle, welche in Tiefsondierungspraxis am meisten vorkommen.

Horizontálisan rétegzett szerkezetekre, az elektródák szimmetrikus gradiens (Schlumberger) elrendezése mellett (1. ábra) a látszólagos fajlagos ellenállás Stefanescu eredményei alapján a következő integrál kifejezéssel adható meg (Flathe, 1955):

$$\varrho_L(r) = \varrho_1 \left\{ 1 + 2r^2 \int_0^{\infty} K_i(m) \cdot J_1(mr) m \, dm \right\}. \quad (1)$$

Itt $K_i(m)$ az úgynevezett i rétegre vonatkozó magfüggvény (kernel function), J_1 , az elsőfajú elsőrendű Bessel-függvény.

- ϱ_i — a rétegenállások
- h_i — a réteghatármélységek
- d_i — a rétegvastagságok
- k_i — a visszaverődési koeficiensek

$$k_i = \frac{\varrho_{i+1} - \varrho_i}{\varrho_{i+1} + \varrho_i}. \quad (2)$$

A magfüggvény kiszámítására Flathe (1955.) adott rekurziós képleteket.

Az

$$u = e^{-2m} \quad (3)$$

helyettesítéssel az $(i+1)$ rétegre vonatkozó magfüggvény

$$K_{i+1}(u) = \frac{P_{i+1}(u)}{H_{i+1}(u) \cdot P_{i+1}(u)}, \quad (4)$$

ahol $P_{i+1}(u)$ és $H_{i+1}(u)$ a következő rekurzív formulákból nyerhetők:

$$P_{i+1}(u) = P_i(u) + H_i(u^{-1}) \cdot k_i u^{d_1+d_2+\dots+d_i} \quad (5)$$

$$H_{i+1}(u) = H_i(u) + P_i(u^{-1}) k_i u^{d_1+d_2+\dots+d_i}. \quad (6)$$

Az első tagok pedig

$$P_2(u) = k_1 u^{d_1} \quad (7)$$

$$H_2(u) = 1. \quad (8)$$

Az adott összefüggések segítségével írjuk fel a három, négy és ötréteges magfüggvényeket, mint a görbék számításának kiindulási alapjait:

$$K_3(u) = \frac{k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2}}{(1 + k_1 k_2 u^{d_2}) - (k_1 k_2 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2})} \quad (9)$$

$$K_4(u) = \frac{k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2} + k_3 u^{d_1+d_2+d_3} + k_1 k_2 k_3 u^{d_1+d_3}}{(1 + k_1 k_2 u^{d_2} + k_1 k_3 u^{d_2+d_3} + k_2 k_3 u^{d_3}) - (k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2} + k_3 u^{d_1+d_2+d_3} + k_1 k_2 k_3 u^{d_1+d_3})} \quad (10)$$

$$K_5(u) = \frac{k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2} + k_3 u^{d_1+d_2+d_3} + k_1 k_2 k_3 u^{d_1+d_3} + k_4 u^{d_1+d_2+d_3+d_4} + k_1 k_2 k_4 u^{d_1+d_3+d_4} + k_1 k_3 k_4 u^{d_1+d_4} + k_2 k_3 k_4 u^{d_1+d_2+d_4}}{(1 + k_1 k_2 u^{d_2} + k_1 k_3 u^{d_2+d_3} + k_2 k_3 u^{d_3} + k_1 k_4 u^{d_2+d_3+d_4} + k_2 k_4 u^{d_2+d_4} + k_3 k_4 u^{d_4} + k_1 k_2 k_3 k_4 u^{d_2+d_4}) - (k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2} + k_3 u^{d_1+d_2+d_3} + k_1 k_2 k_3 u^{d_1+d_3} + k_4 u^{d_1+d_2+d_3+d_4} + k_1 k_2 k_4 u^{d_1+d_3+d_4} + k_1 k_3 k_4 u^{d_1+d_4} + k_2 k_3 k_4 u^{d_1+d_2+d_4})} \quad (11)$$

Az (1) integrál kiszámításához a magfüggvény hatványsorba fejtésével lehet eljutni. A sorfejtési együtthatók egyszerűen kaphatók, ha feltesszük, hogy a d_i rétegvastagságok egész számok. Ez gyakorlatilag semmiféle korlátot nem jelent a rétegvastagságok viszonyára, mert megfelelő kicsiny hosszúság egységet választva a rétegvastagságok tetszőleges racionális értéket felvehetnek.

A magfüggvény sorfejtése:

$$K_i(u) = \sum_{n=1}^{\infty} Q_i(n) u^n. \quad (12)$$

Ezzel a helyettesítéssel az (1) integrál átalakítható:

$$\varrho_L(r) = \varrho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} Q_i(n) \int_0^{\infty} e^{-2nm} J_1(mr) m \, dm \right\}. \quad (13)$$

Az adott típusú integrálok pedig zárt formában megadhatók (Mooney et al., 1966):

$$\frac{\varrho_L(r)}{\varrho_1} = 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Q_i(n)}{\left(1 + \frac{4n^2}{r^2}\right)^{3/2}}. \quad (14)$$

A sorfejtésről Mooney és munkatársai (1966) bebizonyították, hogy a $0 \leq u \leq 1$ tartományban érvényes minden olyan szerkezetre, amelyik nem tartalmaz O vagy ∞ ellenállású réteget. Ha pedig ilyen réteg van, akkor is, bár az $u = 1$ -re a sorfejtés nem konvergens, a látszólagos ellenállást mégis lehet az adott képletből számítani.

A $Q_i(n)$ sorfejtési együtthatók a (9), (10) és (11) magfüggvény kifejezésekből és a (12) képletből nyerhetők. Például három rétegre (9) és (12) egybevetéséből adódik, hogy:

$$k_1 u^{d_1} + k_2 u^{d_1+d_2} = \sum_{n=1}^{\infty} Q_3(n) [(u^n + k_1 k_2 u^{n+d_2}) - (k_1 u^{n+d_1} + k_2 u^{n+d_1+d_2})] \quad (15)$$

A jobb oldali végtelen összegben szerepelnek a $Q_3(n)$ együtthatók. Közöttük olyan összefüggésnek kell fennállni, hogy az azonos kitevőjű u hatványok együtthatóinak összege zérus legyen. Ugyanis csak ekkor lehet igaz tetszőleges u mellett az egyenlőség. Az u^J együtthatóinak összehasonlításából:

$$Q_3(J) = k_1 Q_3(J-d_1) + k_3 Q_3(J-d_1-d_3) - k_1 k_2 Q_3(J-d_2) + k_0. \quad (16)$$

$$\text{Itt } k_0 = \begin{cases} k_1 & \text{ha } J = d_1 \\ k_2 & \text{ha } J = d_1 + d_2 \\ O & \text{ha a fenti egyenlőségek egyike sem igaz.} \end{cases} \quad (17)$$

A

$$Q_3(J) \equiv 0, \quad \text{ha } J \leq 0. \quad (18)$$

Ezek a rekurziós összefüggések lehetőséget adnak bármely $Q_3(J)$ együttható kiszámítására az előző $d_1 + d_2 = h_2$ darab együtthatóból.

Teljesen hasonló megfontolással kaphatók a négy réteges szelvény $Q_4(n)$ együtthatói:

$$Q_4(J) = k_1 Q_4(J-d_1) + k_2 Q_4(J-d_1-d_2) + k_3 Q_4(J-d_1-d_2-d_3) + \\ + k_1 k_2 k_3 Q_4(J-d_1-d_3) - k_1 k_2 Q_4(J-d_2) - k_1 k_3 Q_4(J-d_2-d_3) - k_1 k_2 k_3 Q_4(J-d_1-d_3) + k_0. \quad (19)$$

Itt

$$k_0 = \begin{cases} k_1 & \text{ha } J = d_1 \\ k_2 & \text{ha } J = d_1 + d_2 \\ k_3 & \text{ha } J = d_1 + d_2 + d_3 \\ k_1 k_2 k_3 & \text{ha } J = d_1 + d_3 \\ k_2 + k_1 k_2 k_3 & \text{ha } J = d_1 + d_2 = d_1 + d_3 \\ O & \text{ha a fenti egyenlőségek egyike sem igaz.} \end{cases} \quad (20)$$

A

$$Q_4(J) \equiv 0 \quad \text{ha } J \leq 0 \quad (21)$$

Végül pedig az ötréteges magfüggvény sorfejtési együtthatói:

$$Q_5(J) = k_1 Q_5(J-d_1) + k_2 Q_5(J-d_1-d_2) + k_3 Q_5(J-d_1-d_2-d_3) + k_1 k_2 k_3 Q_5(J-d_1-d_3) + \\ + k_4 Q_5(J-d_1-d_2-d_3-d_4) + k_1 k_2 k_3 Q_5(J-d_1-d_3-d_4) + k_1 k_3 k_4 Q_5(J-d_1-d_4) + \\ + k_2 k_3 k_4 Q_5(J-d_1-d_2-d_4) - k_1 k_2 Q_5(J-d_2) - k_1 k_3 Q_5(J-d_2-d_3) - k_2 k_3 Q_5(J-d_3) - \\ - k_1 k_4 Q_5(J-d_2-d_3-d_4) - k_2 k_4 Q_5(J-d_3-d_4) - k_3 k_4 Q_5(J-d_4) - \\ - k_1 k_2 k_3 k_4 Q_5(J-d_2-d_4) + k_0 \quad (22)$$

$$k_0 = \begin{cases} k_1 & \text{ha } J = d_1 \\ k_2 & \text{ha } J = d_1 + d_2 \\ k_3 & \text{ha } J = d_1 + d_2 + d_3 \\ k_1 k_2 k_3 & \text{ha } J = d_1 + d_3 \\ k_4 & \text{ha } J = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \\ k_1 k_2 k_4 & \text{ha } J = d_1 + d_3 + d_4 \\ k_1 k_3 k_4 & \text{ha } J = d_1 + d_4 \\ k_2 k_3 k_4 & \text{ha } J = d_1 + d_2 + d_4 \\ 0 & \text{ha egyik fenti egyenlőség sem teljesül.} \end{cases} \quad (23)$$

Ha J két vagy több vastagság-kombinációval is egyenlő egyszerre, akkor k_0 a megfelelő koefficiensek összege, amint ezt a (20)-nál láttuk és szintén igaz, hogy

$$Q_5(J) \equiv 0, \quad \text{ha } J \leq 0. \quad (24)$$

A következőkben megvizsgáljuk, hogy a látszólagos fajlagos ellenállás megadott pontossága hány tagig történő sorfejtéssel érhető el. Mooney és munkatársai (1966) a hibára egy felső korlátot adnak meg.

Ha n tag után befejeződik a sorfejtés, akkor az első n részletösszeg eltérése $Q_L < (r)$ valódi értékétől kisebb, mint

$$\varepsilon_k = r^3/8n^2. \quad (25)$$

Ugyancsak az említett szerzők állapították meg, hogy a valódi hiba körülbelül az ε_k hibakorlát négyzete

$$\varepsilon_v \approx \varepsilon_k^2. \quad (26)$$

Háromréteges görbéken végzett próbaszámításaink azt mutatták, hogy ezt a feltételt használva az albumokban található görbéktől erősebb az eltérés, különösen a nagyobb görbeletű szakaszokon. Tapasztalataink szerint jobb egyezés kapható, ha a valódi hibának (26) helyett az

$$\varepsilon_v \approx \varepsilon_k^{3/2} = r^{9/2}/8^{3/2}n^3 \quad (27)$$

értéket tekintjük.

A látszólagos fajlagos ellenállás görbéit 62,5 mm egységű kettős logaritmi-kus léptékben szokás ábrázolni (lg 10-nek megfelel 62,5 mm). Ha h mm-nél kisebb hiba engedhető meg, azaz

$$62,5[\lg(Q_L(r) + \varepsilon_v) - \lg(Q_L(r))] < h \quad (28)$$

akkor, mivel a logaritmus-függvény teljes differenciálja:

$$d(\ln x) = \frac{1}{x} dx \quad (29)$$

ezt figyelembe véve a (28) átalakítható:

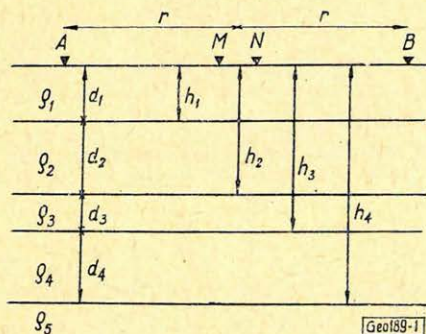
$$\ln[Q_L(r) + \varepsilon_v] - \ln[Q_L(r)] = \frac{\varepsilon_v}{Q_L(r)} < \frac{2,3}{62,5} \cdot h. \quad (30)$$

Ezt pedig (27) felhasználásával átrendezve:

$$n > \frac{1,06}{h} \cdot \frac{r^{3/2}}{\sqrt[3]{Q_L(r)}} \quad (31)$$

Ezt tekintjük a sorfejtés befejezésének kritériumaként. Nagy r -eknél ez a számológép számára gazdaságtalanul nagy munka lehet. Tapasztalataink szerint háromréteges görbéknel körülbelül 100–200-szor ($d_1 + d_2$) az az optimális részletösszeg tagszám, amely nagy r -eknél is 0,5–1% pontosan megközelíti az aszimptotikus értéket és még nem használ fel aránytalanul hosszú időt az utolsó tagok kiszámítására.

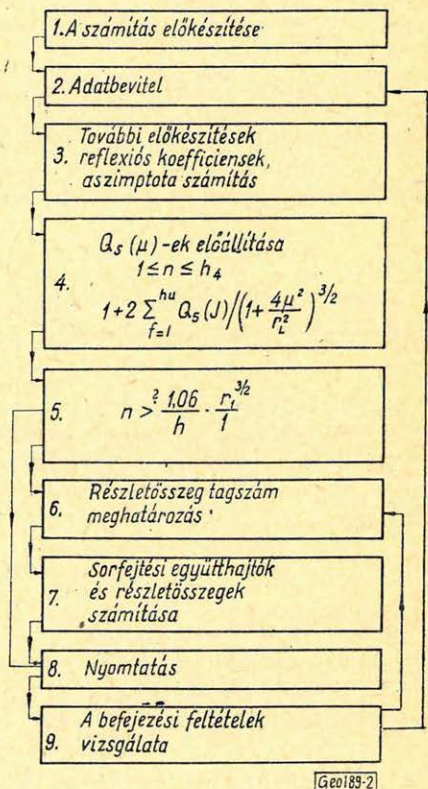
A fentiekben vázolt algoritmus alapján állítottam össze a programokat, amelyek bloksémáját és kissé részletesebb vázlatát az alábbiakban közlöm:



1. ábra. Vízszintes rétegzett közeg

Фиг. 1. Горизонтально-слоистая среда

Fig. 1. Horizontelles Schichtprofil



2. ábra. A számítás bloksémája

Фиг. 2. Блок-схема программы

Fig. 2. Blockscheme der Rechnung

Programvázlat ötréteges esetre.

1. A számítás előkészítése. Bizonyos rekeszekbe raktározódnak az r_i távolságok, amelyeknél a $Q_L(r_i)$ értékek kiszámolandók. Továbbá az r_i^2 és $r_i^{3/2}$ értékeket, az n^2 értékeket 1-től egy bizonyos határig szintén előre kiszámoltatjuk, mint olyan adatokat, amelyekre többször is szükség lesz.

$Q_1 = 1$ beállítás.

2. Adatbeolvasás. Bemenő adatok a rétegpáraméterek $Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, d_1, d_2, d_3, d_4$, valamint a görbe kiszámításának megállapítását vezérlő adatok Q_{max} , ill. Q_{min} ellenálláskorlát és r_{max} távolsághorlát, amely határokon túl nem kell számolni.

3. A k_i reflexiókoefficiensek és a nagy r_i -khez tartozó aszimptotikus $\varrho_L(r_i)$ értékek kiszámítása.

4. Az első $d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = h_4$ darab $Q_5(n)$ sorfejtési együttható előállítására és ezek segítségével az első h_4 tagú részletösszegek kiszámítása minden r_i -re (22, 23, 24 és 14 képletek).

5. A pontossági kritérium (31) alkalmazása az r_i -hez számolt részletösszegekre a $\varrho_L(r_1) \approx \varrho_L(r_0) = 1$ feltevéssel. Ha (31) igaz, ugrás 8.-ra, ha nem

6. meg kell határozni, hogy hány h_4 tagú ciklus lefutása után teljesül a (31)-es pontossági feltétel az adott r_i távolságnál, feltéve, hogy $\varrho_L(r_i) \approx \varrho_L(r_{i-1})$

7. A sorfejtési együtthatók és a részletösszegek elkészítése az előző pontban megadott tagszámig, h_4 tagú ciklusokban (22 és 14 képletek).

8. Az adott r_i és a hozzá tartozó eredmény kinyomtatása. Áttérés a következő (r_{i+1}) távolságra.

9. A görbe kiszámolását szabályozó feltételek vizsgálata. Ha a befejezési feltételek egyike sem teljesül, ugrás 6-ra, ha egyik is teljesül, akkor ugrás 2-re.

A vázolt algoritmus és blokk-séma alapján készített MITRA autokódban írt programmal a Geofizikai Intézet számára háromréteges elméleti szondázási görbéket számoltam MINSZK II gépen. A gép 40–45 r_i távolságnál 4–5 perc alatt számolta ki a látszólagos fajlagos ellenállás értéket. A négy- és öt-réteges programok alkalmazhatók a terepen mért görbék fokozatos megközelítésére, beleértve az ekvivalencia problémák vizsgálatát is.

IRODALOM

- [1] H. Flathé, 1955: A practical method of calculating geoelectrical model graphs for horizontally stratified media. Geophys. Prosp. V. 3. pp. 269–294.
- [2] H. M. Mooney, — E. Orellana, — H. Pickett, — L. Tornheim, 1966.: A resistivity computation method for layered Earth models. Geophysics V. XXXI. No. 1. pp. 192–203.

EGYESÜLETI HÍREK A KÖZGYŰLÉSÉRŐL

Nagyrendezvények:

A beszámolási időszakban három szimpóziumot és két vándorgyűlést szerveztünk. Az első 1964. szeptember 14–20-a között, a X. Jubileumi Szimpózium volt, amelyen két, párhuzamosan ülésező szekcióban 60, köztük 25 külföldi előadás hangzott el. A szimpóziummal egyidejűleg a Technika Házában műszerkiállítást rendeztünk.

Az Elnökség 1963-ban hozott határozatának megfelelően 1965-ben nem rendeztünk szimpóziumot, hanem „Geofizikai módszerek alkalmazása a nyersanyagkutatásban, különösen tekintettel a délalföldi területre” tárgykörrrel Szegeden, szeptember 8–10 között vándorgyűlést szerveztünk, amelyen a felszíni és mélyfúrású geofizika aktuális problémáival foglalkozó 15 előadás hangzott el.

Az 1966. szeptember 12–14 között rendezett XI. Szimpóziumon a plenáris üléseken és a két szekcióban 42 előadás, ezek között 14 külföldi beszámoló hangzott el.

1967-ben, mivel itthon nem rendeztünk szimpóziumot, május 31–június 1 között „Geofizikai módszerek alkalmazása az ásványi nyersanyagkutatásban a Dunántúl felületén” tárgykörrrel Veszprémben tartottunk vándorgyűlést, amelyen 12 előadás hangzott el.

1967. szeptember 18–22 között rendeztük a Deutsche Gesellschaft für Geologische Wissenschaften Fachverband Geophysik-vel időközben létrejött megállapodás alapján Leipzigben az első közös szimpóziumot, ahol két szekcióban 32 előadás hangzott el. Ezek közül 10 magyar volt.

Az 1966. évi záróülés határozatának megfelelően kísérletképpen bevezettük az egésznapos több előadást felölelő szakosztályi ülést. Az eredmény azonban nem egészen felel meg a célkitűzésnek. Egyes esetekben ugyanis olyan sok előadás került a programba, hogy nem maradt kellő idő aktív vita kibontakozására.

A totális számláló modellje

ÁDÁM A., – BENCZE P., WRANA J.

A tanulmány a tellurikus és magnetotellurikus mérések kiértékelésében használatos totális eljáráson alapuló terepi mérőberendezés modelljét – elsősorban annak elektronikáját –, valamint a vele végzett kísérleteket ismerteti. A műszer tellurikus és magnetotellurikus szelvényméréseknél a térváltozások digitálizálásával a terepen közvetlenül megadja 3 komponensre a totális értékeket $\pm 5\%$ -nál kisebb relatív középhibával, és így nomogramokkal a mérés végeredménye azonnal, belső munka nélkül megkapható.

В статье описывается модель полевой аппаратуры, принцип которой основан на применяемом в интерпретации статистическом способе ограотки теллурических измерений – в первую очередь её электроника – а также результаты праведенных опытов. При введении цифровой записи изменений поля при теллурических и магнетотеллурических наблюдениях, счетчик непосредственно в поле определяет статистическое значение трех компонент со средней относительной ошибкой менее $\pm 5\%$ что дает возможность с помощью номограмм сразу же получать конечные результаты.

In dem Artikel werden das Modell, in erster Linie die elektronischen Einheiten einer Messeinrichtung, die auf dem Prinzip des bei der Auswertung von tellurischen und magnetotellurischen Messungen angewendeten Verfahrens der Totalvariationen beruht, und die damit durchgeführten Versuche erörtert.

Das Gerät gibt bei tellurischen und magnetotellurischen Profilmessungen durch Digitalisation der Feldänderungen gleich die Werte der Totalvariationen für 3 Komponenten mit einem relativen mittleren Fehler von $\pm 5\%$ an und so können die Endresultate mit Hilfe von Nomogrammen ohne zusätzliche Arbeit ermittelt werden.

Egyik korábbi tanulmányunkban (Ádám, Benze, 1964.) ismertettük a tellurikában és magnetotellurikában használatos ún. totális feldolgozási módszert, ennek elvén működő műszerrel kapcsolatos elképzeléseinket, optikai és elektronikus megoldási lehetőségeket, valamint a műszer alkalmazásából származó előnyöket. Most a műszer véglegesnek tekinthető modelljét mutatjuk be néhány kísérlet eredményével együtt, amely felvilágosítást ad a modellel elérhető pontosságról.

Mint ismeretes, a totális módszerrel

$$V_x = \sum_{t_1}^{t_2} |\Delta x|$$

alakú értéket kell meghatározni pl. x komponensnél t_1 és t_2 időpont között, ahol Δx valamilyen időfüggvény két-két szélsőértékének ordinátakülönbségét jelenti. Ezt kívánjuk műszereinkkel valamilyen egységben meghatározni.

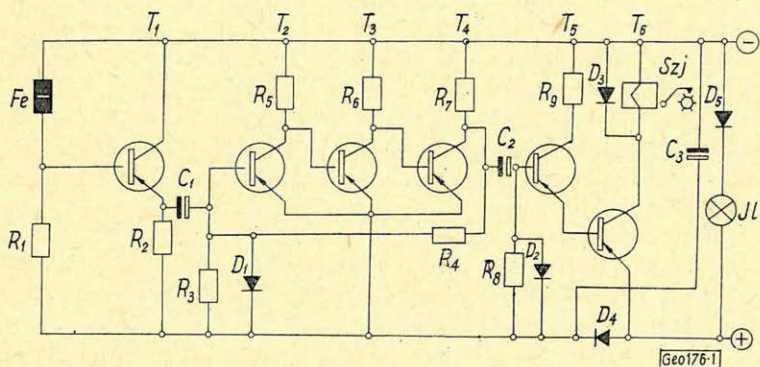
Az alkalmazott elektronikus megoldás

A térváltozásokat mérő tükrös galvanométer hosszú, vékony jelét egy hengertükrön kiképzett 0,5 mm-es osztású (egység) rácsra vetítjük. Ez az optikai kvantáló a változó intenzitású fényjelet egy fényellenállásra fókuszálja.

A fényellenállást a kvantálás következtében változó hosszúságú és frekvenciájú fotoimpulzusok érik. A feladat ezek erősítése, alakítása, majd az így nyert uniformizált jelekkel az elektromechanikus számláló működtetése. A lehetséges frekvenciák alsó határát a kvázistacionárius állapot (ún. zérus frekvencia), felső határát pedig a galvanométer maximális kitérési sebessége határozza meg. Az alkalmazott elektromechanikus számláló azonban a felső határt korlátozza, mintegy 10 impulzus/sec értékre. Ha az ún. zérus frekvencia átviteléhez is ragaszkodunk, egyenáramú erősítőt kell alkalmazni, amely a rendelkez-

zésre álló jelszint mellett, néhány kompenzált fokozattal kivitelezhető lenne. Ezt a megoldást azonban a fényellenállás elektromos tehetetlensége miatt el kellett vetnünk. A fényváltozások átalakításához ugyanis nagy [érzékenységu] fotoellenállást kellett alkalmazni, amelynek feleledési ideje akkora, hogy az 5 imp/sec körüli változásokat gyakorlatilag elintegrálja, azok a munkaellenálláson alig észlelhető változást eredményeznek. Ez különösen akkor jelentkezik, ha a galvanométer nyugalmi helyzetéből hirtelen fordul el. Ilyenkor a tartósan megvilágított fényellenállás még több másodpercig „emlékezik”, a munkaellenálláson a feszültség csak lassan épül le és közben egy sorozat hasznos jel leszámoló maradá el. Elektromosan egy változó egyenáramú szinttel van dolgunk, amelyre különböző amplitúdójú impulzusok szuperponálódnak. Ezek megbízható diszkriminálásához olyan eszközre lenne szükség, amely követné a mindenkori közéértéket és jelezné az ettől való eltérést. Ennek megvalósítása azonban meglehetősen bonyolult elektronikát kívánna. A probléma megoldása úgy is megközelíthető lenne, hogy külön csatornán erősítsenék a kváziszacionárius és külön a gyors változásokat. Ekkor azonban pontatlanságot okozna a két tartomány közötti frekvenciák feldolgozása.

Egyszerűbben érünk célt, ha lemondunk az egyenáramú erősítésről és a lassan változó egyenfeszültségről kapacitív úton leválasztjuk a gyorsabb impulzusokat. Ez a kompromisszum nem okoz nehézséget, ha figyelembe vesszük, hogy a számunkra hasznos információt jelentő változások a 0,1–10 imp/sec tartományban jelentkeznek.



1. ábra. A totális számláló műszer kapcsolási rajza
 Фиг. 1. Принципиальная схема счетчика
 Fig. 1. Schaltungsskizze des totalen Zählergerätes.

Az így kivitelezett rendszer kapcsolási vázlatát az 1. ábra szemlélteti. A berendezés működése tehát a következőképpen történik:

Az $R1$ munkaellenálláson keletkező egyenfeszültséget a $T1$ tranzisztorból kialakított emitterkövető kapcsolás fogadja. Ennek nagy bemenő impedanciája nem terheli számottevően a munkaellenállást, ezért ott a jel megfelelő amplitúdóval jelenik meg. Az emitterkövető kis impedanciájú kimenetéről $C1$ kondenzátorral választjuk le a váltókomponenst. $D1$ dióda a pozitív félperiódusokban történő gyors kisütést biztosítja. A $T2-T3-T4$ tranzisztorokból álló háromfokozatú, galvanikusan csatolt erősítő munkapontját az $R4$ ellenálláson át létesített negatív visszacsatolás stabilizálja. A mintegy 60 dB erősítés két irányban hat; egyfelől biztosítja, hogy még a 10 imp/sec sebességű, igen kis

amplitúdójú jelek is túlzérezelve, kapcsolásra alkalmas négyszögjelet szolgáltatnak, másfelől az RC -csatolótag által meghatározott alsó határfrekvencia is legalább két nagyságrenddel csökken. Az erősítő RC csatolással vezérli a $T5 - T6$ tranzisztorokból álló, emittercsatolású áramerősítőt, amelynek kimenetére csatlakozik a számláló jelfogó.

A $C2$ csatolókkondenzátor értékének megfelelő megválasztásával elérhető, hogy átlagosan $1/20$ sec hosszúságú impulzusok húzassák meg a jelfogót. Ez a megbízható működéshez elegendő és kis áramfogyasztást eredményez. A $D3$ dióda az Szj tekercsében a megszakításkor keletkező feszültségcsúcsokat zárja rövidre. Ezzel védi a kapcsolótranzisztort és a demagnetizálás gyorsításával hatásosabbá teszi a gyors számolást.

A számlálási sebességet felfelé a mechanikus rendszer mintegy 10 imp/sec-re, lefelé pedig az erősítő mintegy 2 imp/min-ban korlátozza.

Az erősítő áramfeltétele csatornánként 10 mA-rendű, ehhez járul minden számlálásakor az $1/20$ sec időtartamú, mintegy $0,4$ amper erősségű meghúzó impulzus.

A teljes terepműszer 3 csatornából áll, minthogy a totális abszolút ellipszis meghatározásához 3 komponens totális változásainak mérése szükséges.

Kísérletek a totális számlálóval

A fentiekben ismertetett műszer kísérleti modelljével a Nagycenk melletti obszervatóriumban tartós (2 hónapos) kísérletet végeztünk. Az alábbiakban főként ezeknek az eredményeiket, valamint a belőlük lesűrűhető konstrukciós következtetéseket ismertetjük.

A próbaszámlálásokkal egyidejűleg regisztráltuk is ugyanazokat a változásokat. A számlálót 5 percenként olvastuk le és ennek megfelelően olvastuk ki a filmről is az ötperces totális értékeket. Minthogy a rács $0,5$ mm-es, a műszer a totális értékeket mm-ben adja meg. A filmről is mm-ben történt a kiolvasás.

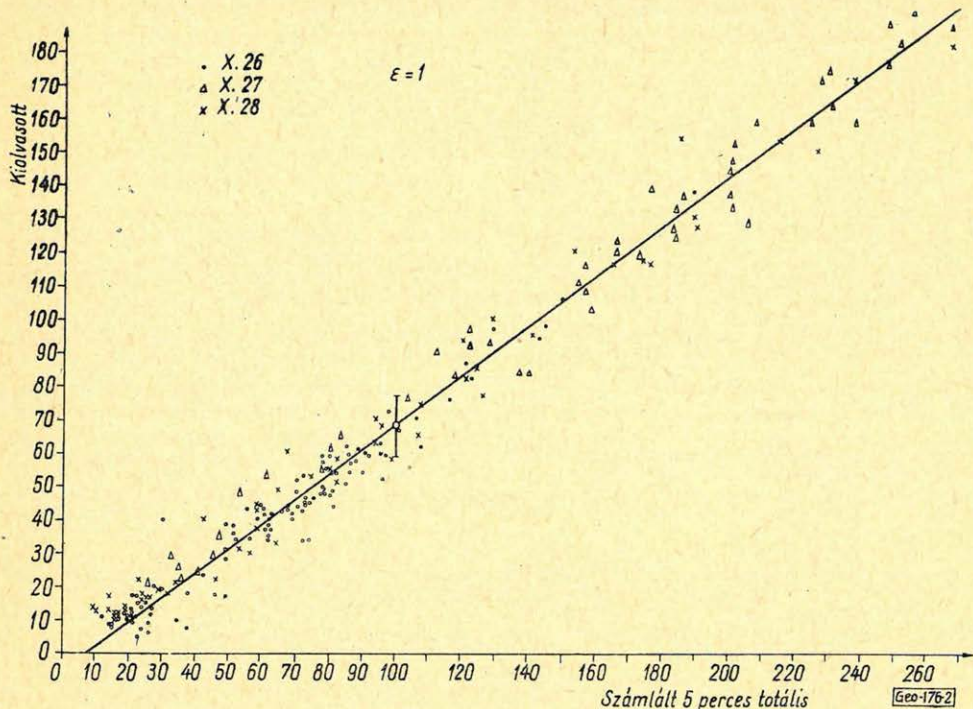
Először a vizsgálat alapjául szolgáló (etalon) totális kiolvasások megbízhatóságát ellenőriztük többszöri kiolvasással. Az eltérés pl. két kiolvasási sorozat között a következő volt: 30 érték közül 10 értéknél ± 1 , 4 értéknél ± 2 , 1 értéknél pedig -3 mm, 15 értéknél nem volt eltérés. Összehasonlítva ezeket a számlált és kiolvasott értékek különbségével (L. az ábrákon), a kiolvasás hibáját elhanyagoljuk a műszer megítélésénél.

Az elektródapotenenciált kompenzációval, vagy nagy kapacitású kondenzátorral ($5k \mu F$) választottuk le, tehát az utóbbi esetben a szűrőn keresztül történt a számlálás.

A vizsgálatok eredményeit diagram formájában mutatjuk be. Az ordinátán a regisztrátumról kiolvasott 5 perces totális értékeket, az abszcisszára pedig a számlált értékeket raktuk fel.

$\varepsilon = 1$ feszültségérzékenységi fokozat mellett kondenzátor nélkül végzett próbaszámlálás összehasonlítása a kiolvasott értékekkel a 2. ábrán látható. A totális számláló feszültségérzékenysége közel másfélszerese az etalon-műszerének. A kapcsolatot kifejező egyenest 198 adatból határoztuk meg. Az érzékenységekülönbség következtében az nem az origóból indul, tehát a totális számláló akkor is számlál, amikor a filmen változás nincs. A középhiba érdekes módon változatlan a 40 -es és 200 -as számlált érték között: ± 9 . Ennek megfelelően a százalékos hiba csökken és 180 -nál éri el az 5% -t. Ez a totális érték megfelel 20 sec-os változás esetén 3 mm-es amplitúdónak (30 sec-nél $4,5$ mm-nek). A gyakorlatban ennél nagyobb változásokkal dolgozunk, tehát a műszer

százalékos hibája kisebb 5%-nál. 3 egymásutáni napon kapott adatokat külön megjelöltük a műszer stabilitásának igazolása végett.



2. ábra. Szűrőkondenzátor nélkül, $\varepsilon = 1$ érzékenységi fokozatban végzett próbaszámlálás össze hasonlítása regisztrátumról kiolvasott totális értékekkel

Фиг. 2. Сравнение пробного отсчета при чувствительности $\varepsilon = 1$ без фильтрующего конденсатора со значениями, полученными статистическим способом обработки теллураграмм

Fig. 2. Vergleich ohne Filterkondensator bei der Empfindlichkeitsstufe $\varepsilon = 1$ ausgeführten Probezählung mit den aus den Registrierungen entkommenen totalen Werten

A 3. ábrán mutatjuk be $\varepsilon = 2$ mellett, $5 \text{ k } \mu\text{F}$ -on keresztül történt számlálás eredményét. A kiegyenlítő egyenes alapján arra következtethetünk, hogy a szűrő mellett mintegy 6%-os az érzékenységsökkenés. Ez megfelel Sebestyén és Hoboth (1963) számításának, amelyet ugyanezen kapacitás alkalmazásával kaptak $T = 20 \text{ sec}$ körüli változásokra, 2000 ohm-os körellenállásból kiindulva. A középhiba $\mu = \pm 1$, tehát kisebb, mint $\varepsilon = 1$ mellett kapott érték. Ettől függetlenül a totális számlálónál célszerűbb kompenzációval kiküszöbölni az elektródapolarizációt. A számlálóval ui. a különböző periódusú változásokat nem tudjuk szétválasztani, márpedig ezekre a műszer feszültségérzékenysége a kapacitás impedanciájából adódóan jelentősen megváltozik. A 4. ábrán csak ezért jelentkezik ilyen kis átlagos érzékenységsökkenés, mert a tevékenység a vizsgálat alatt egyöntetűen 10–20 sec közötti kis amplitúdójú zaj volt. A polarizáció jelentőségével a totális értékekben egy külön tanulmányban foglalkoztunk (Ádám, Verő, 1966.) és rámutattunk annak változására a pulzációk és a polarizáció amplitúdó-arányának függvényében. A gyakorlatban általában előforduló polarizáció elhanyagolható.

sott tényleges tellurikus változásokkal 1 perces időintervallumokat választva alapul. Az 4. ábra 5 perces szakasz elemzését adja, a fenti tényezők variálása mellett. A 0,5 mm-es rácsszélesség mellett 0,5 és 0,3 mm-es fényjellel számoltunk, 0,25 mm-es rácsszélesség mellett pedig 0,25 mm-el. Valamennyi esetben kb. 6 mm-es kétszeres amplitúdó értéknél (2 A) az eltérés jelentősen csökken. (Ez százalékban kifejezve még inkább megnyilvánul). Érdekes módon valamivel nagyobb a hiba 0,25 mm-es rácsszélességnél, mint 0,5 mm-nél, ha mindkét esetben a fényjel szélessége megegyezik a rácsszélességgel. Jelentősen megnő a fenti két esethez viszonyítva a hiba (eltérés), ha 0,5 mm-es rácsnál a számlálót már 0,3 mm-es fényjel megszólaltatja. Az obszervatóriumi kísérleteinknél feltehetően ez utóbbi eset okozta az ismertetett nagyobb középhibát. (l. a 2. ábrán).

IRODALOM

- Ádám A.: — Bencze P.: A térfelületváltozások szélső értékei közti különbségeknek abszolút értékét összegező műszer (ún. totális számláló) tellurikus és magnetotellurikus kutatásokhoz. Magyar Geofizika, V. évf. 15. old. 1964.
- Ádám A. — Verő J.: A tellurikus mérések feldolgozási módszereinek vizsgálata a különböző periodusú változások szuperpozíciója esetén. I. rész. Totális módszer. Geofizikai Közlemények XVI. kötet 1–2. sz. 17–24 old. 1966.
- Sebestyén K. — Hoboth J.: Új szempontok a tellurikusáram mérésekben. Magyar Geofizika, IV. évf. 52. old. 1963.

MAGYAR GEOFIZIKA IX. ÉVF. 1. SZÁM

A földkéreg felső részének gravitációs adatokból számított sűrűsége

SZABÓ ZOLTÁN

A földkéreg szerkezetének vizsgálatánál nagy szerepe van a gravitációs izosztatikus anomáliáknak. Az anomáliák nagyságrendje viszont nagymértékben függ a redukciónál alkalmazott átlagsűrűség-től. A dolgozat gravitációs adatok alapján próbálja meghatározni a kéreg átlagsűrűségének értékét. A földfelszín 11 különböző pontjáról származó adatok alapján a kéreg felső részének átlagsűrűsége 2,70 gcm⁻³-nek adódik.

При исследовании строения земной коры большую роль играют гравитационные изостатические аномалии. Величина аномалии, однако, в значительной мере зависит от примененной при редукции средней плотности. В этой работе дается расчет значений плотности коры на основании гравитационных данных. Согласно данным полученным в 11 различных точках поверхности земли получилось, что значение средней плотности верхней части коры равно 2,70 г см⁻³.

Bei der Untersuchung der Struktur der Erdkruste haben die isostatischen Schwereanomalien grosse Bedeutung. Die Größenordnung der Anomalien hängt im grossen Masse von der bei Reduktion angewendeten Durchschnittsdichte ab. Die Abhandlung versucht die Bestimmung der Durchschnittsdichte der Erdkruste auf Grund der Schwereangaben. Es ergibt sich auf Grund der von 11 verschiedenen Punkten der Erdoberfläche berührenden Angaben für die Durchschnittsdichte der oberen Erdkruste der Wert 2,70 gcm⁻³.

A Föld belső szerkezetének tanulmányozásához elsősorban a szeizmológia szolgált adatokat. Jelenlegi ismereteink alapján a Föld belsejében három elsőrendű diszkontinuitási felület van, közülük gyakorlati szempontból legjelentősebb a legfelső, melyet egyben a szilárd földkéreg határának is tekintünk.

E felület létezésére először Mohorovičič hívta fel a figyelmet, ezért a felületet róla Mohorovičič szintnek, vagy röviden *Moho*-nak nevezik.

Az utóbbi évtizedben a világ legkülönbözőbb pontjain — legtöbb esetben széleskörű nemzetközi összefogással — kiterjedt szeizmikus méréseket végeztek

a kéregvastagság megállapítása céljából. Az adatok azt mutatják, hogy a kéreg vastagsága a kontinensek alatt 30–35 km. Több-kevesebb biztonsággal az is megállapítható, hogy a kéreg két közel azonos vastagságú részre tagolódik. Szeizmikus sebességadatok alapján a felső részt gránitos az alsót gabbrójellegű összetételűnek tekintjük.

A földkéreg felépítésének tanulmányozása tulajdonképpen gravitációs adatok alapján indult a múlt század második felében. Kialakult az izosztázia elmélete, mely szerint a *Föld* kontinentális kéregrészei úszó testként merülnek bele az alattuk levő nagyobb sűrűségű magmába. Az úszás tekintetében kétféle nézet alakult ki, az *Airy*-féle feltevés, mely szerint a kéreg sűrűsége mindenütt azonos és $0,6 \text{ gcm}^{-3}$ -el kisebb az alatta levő magma sűrűségénél. A *Pratt*-féle hipotézis szerint a kéreg sűrűsége hegységek területén kisebb, tengerek alatt pedig nagyobb. Földtani és szeizmológiai adatok *Airy* felfogását támasztják alá (1).

A gravitációs kutatásban alkalmazott izosztatikus redukció kidolgozása *Heiskanen* nevéhez fűződik, aki *Airy* feltevéséből indult ki és a földkéreg sűrűségére a gránitok közepes sűrűségének megfelelően $2,67 \text{ gcm}^{-3}$ értéket vett fel. Ezt az értéket a gravitációs gyakorlatban ma már világszerte elfogadták.

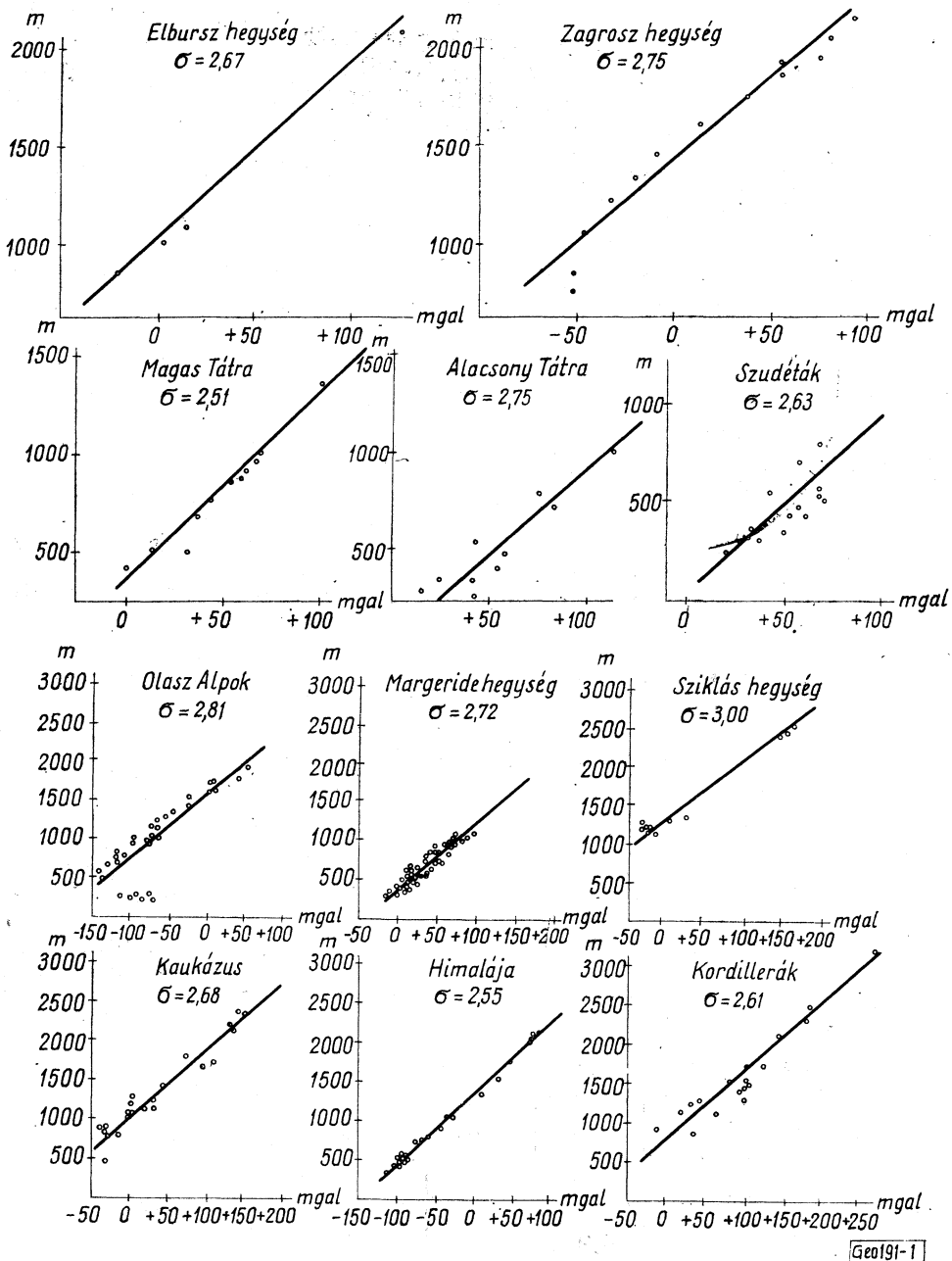
Clarke és *Washington* (2) vizsgálatai szerint a *Föld* kőzetöve 95%-ban savanyúmagmás kőzetekből és 5%-ban üledékes kőzetből áll. *Heiskanen* tehát helyesen járt el, amikor a kéreg sűrűségéeként a gránit átlagos sűrűségét fogadta el.

Egyes kutatók a *Föld* legkülönbözőbb helyéről begyűjtött sok ezer kőzetminta sűrűségének meghatározása alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a kéreg átlagos sűrűsége $2,77 \text{ gcm}^{-3}$. (3). Az egyes kontinensek adatait külön-külön is feldolgozták és a táblázatban közölt eredményeket kapták.

A földtani adatok tehát $0,1 \text{ gcm}^{-3}$ értékekkel nagyobb értéket adtak, mint a geofizikai gyakorlatban elfogadott $2,67$ sűrűségérték. Ez az eltérés arra indított bennünket, hogy gravitációs adatokból is meghatározzuk a kéreg felső részének legvalószínűbb sűrűségértékét. Vizsgálatainknál abból az alapelvből indultunk ki, hogy a gravitációs free-air anomália szoros korrelációban van a felszíni domborzattal, mert tartalmazza a vonatkozási szint – legtöbb esetben a tengerszint – és az észlelés helye közötti kőzettömegek vonzását is.

1. táblázat Таблица 1. Tabelle 1.

Terület Территория Gebiet	Átlag Средняя плотность Durchschnittliche Dichte	Közepes magasság Средняя высота Mittlere Höhe
Európa	$2,75 \text{ gcm}^{-3}$	686 m
Ázsia	$2,72 \text{ gcm}^{-3}$	972 m
Afrika	$2,77 \text{ gcm}^{-3}$	616 m
Észak Amerika	$2,75 \text{ gcm}^{-3}$	575 m
Dél Amerika	$2,72 \text{ gcm}^{-3}$	633 m
Ausztrália	$2,79 \text{ gcm}^{-3}$	245 m
Antarktisz	$2,79 \text{ gcm}^{-3}$	– m



1. ábra $\Phi_{uz. 1.}$ Fig.1.

A gravitációs anomáliák magasságtól való függésével már sokan foglalkoztak, hazánkban legutóbb *Pintér A.* és *Szabó G.* (4) közöltek ilyen jellegű vizsgálatokat. A gravitáció geodéziai vonatkozásai kapcsán a Columbus Egye-

tem (USA) munkatársai *Hirvonen* és *Uotila* tanulmányozták a free-air anomáliák magasságfüggését (5). Céljuk a *Föld-alak* vizsgálatokhoz átlagos free-air anomália meghatározása volt. Az általuk közölt adatokat más szerzők (6, 7) adataival való kiegészítéssel jól fel lehet használni nagy kiterjedésű hegység-vonulatok átlagsűrűségének meghatározására.

Vizsgálatainknál csak olyan területeket vettünk figyelembe, ahol az állomásmagasságok közötti különbség meghaladja az 500 métert. Az eredmények az 1. ábrán jól leolvashatók. Láthatjuk, hogy a különböző lánchegységek gravitációs adatokból nyert sűrűségértékei $2,51-3,00 \text{ gcm}^{-3}$ közé esnek. A feldolgozott 11 terület sűrűségének átlagértéke $2,70 \text{ gcm}^{-3}$, jó egyezésben a gravitációs gyakorlatban elfogadott $2,67 \text{ gcm}^{-3}$ sűrűségértékkel.

IRODALOM

- [1] *Egyed L.*: A Föld fizikája Bp. 1956.
- [2] *Vadász E.*: Elemző földtan Bp. 1955.
- [3] *Vendl A.*: Geológiai I–II. Bp. 1951.
- [4] *Sz. Pintér A.* – *Szabó G.*: Gravimétermérések magassági korrekciója. Geofizikai Közlemények XV. 1–4. 1966.
- [5] *Uotila U. A.*: Investigations on the Gravity Field and Shape of the Earth. Helsinki 1960.
- [6] Iranian National Report on Gravity Measurements in Iran. 1965.
- [7] *Chudoba V.*: Das Tschechoslowakische Gravimeternetz I. und II. Ordnung. Geofysikalni Sbornik No 63. 1957.

EGYESÜLETI HÍREK

Néhány szó az Egyesület tisztújító közgyűléséről

Egyesületünk 1967. november 27-én tartotta tisztújító közgyűlést. A közgyűlésen elhangzott főtisztvári beszámoló az elmúlt évek egyesületi tevékenységére vonatkozó számos fontos és jellemző adatot tartalmazott, ezek közül néhányat alábbiakban összefoglalunk:

Az egyesületi taglétszám alakulása az 1964. Jubileumi közgyűlés óta:

ÉVsz.	Belépett	Meghalt	Törölve	Kilépett	Tényleges létszám
1964. májustól	19	–	–	–	392
1965	24	2	–	1	413
1966	43	1	12	6	437
1967	46	–	7	3	473

A taglétszám általában jellemzi a geofizikával foglalkozó szakemberek létszámát.

Mint látható, a fluktuáció nem nagy, de az Egyesületben a taglétszám emelésére még lenne lehetőség. Erre mutat pl. a múlt évben az OKGT Szeizmikus Üzemében végzett toborzás tapasztalata, amikor is több mint 20 tag került felvételre.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Мешко, А.</i> : Математические основы скоростной фильтрации, осуществление её в цифровой форме и возможность приближения	1
<i>Сатурян, А. А.</i> : Доклад о состоянии промыслово-геофизических исследований в глубоких скважинах в районах Грозного	20
<i>Шалат, П.</i> : Расчет теоретических кривых ВЭЗ в случае горизонтально-слоистых структур ..	24
<i>Адам, А. — Бенце, П. — Врана, Й.</i> : Модель счетчика статистически определяющего составляющие поля теллурических токов	30
<i>Сабо, З.</i> : Плотность верхних частей земной коры рассчитанная по данным гравиразведки	35
НОВОСТИ В ОБЩЕСТВЕ ВЕНГЕРСКИХ ГЕОФИЗИКОВ	19., 23., 29., 38

INHALTSVERZEICHNIS

<i>Meskó, A.</i> : Matematische Grundlagen der Geschwindigkeitsfilterung, ihre digitale Ausführung und Näherungsmöglichkeiten. II. Teil	81
<i>Caturján, A. A.</i> : Bericht über die im Groznij-Gebiete bei Tief- und Supertiefbohrungen ausgeführten industriellgeophysikalischen Untersuchungen	20
<i>Saldt, P.</i> : Berechnung der theoretischen elektrischen Vertikalsondierungskurven von horizontal gesichteten Strukturen	24
<i>Ádám, A — Bencze, P. — Wrana, J.</i> : Modell des elektrischen Zählers von Totalvariationen	30
<i>Szabó, Z.</i> : Die aus Gravitationsangaben berechnete Dichte des oberen Teils der Erdkruste	35
Nachrichten des Vereins Ungarischer Geophysiker	19., 23., 29., 38

Nyomdai kézirat elkészítésének előírásai

A Magyar Geofizika szerkesztősége csak az alábbi módon elkészített kéziratot fogadja el:

A kézirat A/4-es papíron (normál irodapapír) két példányban küldendő be. Ezek közül az egyik példány első gépelés legyen. (Indigóval készült másolatot a nyomda nem fogad el.) A papírlapon csak az egyik oldalra lehet gépelni 2-es sortávval. Egy-egy sorban 50 betűhely lehet. A bal margót az írógép 20-as beosztására kell állítani. Egy oldalon 25 sor gépelés lehet. A gépelt szövegben minden szükséges ékezetet fel kell tüntetni, amelyik nincs az írógépen, azt tollal utólag kell felrakni.

A táblázatokat külön lapra kell gépelni, helyüket a folyamatos szöveg bal oldali margóján is fel kell tüntetni.

A rajzokat tussal kell megrajzolni pausz vagy fehér papíron. A különböző jelölések csak csíkozással, pontozással oldhatók meg, színezett rajzok nem közzölhetők. Csak kemény, kontrasztos fényképfelvételek fényes papírra készült másolatai alkalmasak a közlésre. Térképeken, szelvényrajzokon a léptéket rajzos léptékben adjuk meg. Az ábrák aláírását, lábjegyzeteket külön lapra kell gépelni, sorrendjüknek megfelelően.

Minden rajzon, fényképen fel kell tüntetni az ábrák számát, valamint nyíllal meg kell jelölni a felső szélét.

A kéziratban a görög, gót betűket, matematikai ábrákat és képleteket rajzolt betűkkel (nem folyóírással) kell feltüntetni.

A cikkhez a lapban orosz, valamint német kivonatot közlünk. Kérjük a szerzőt, hogy ennek szövege röviden ismertesse a tanulmányt úgy, hogy az az összefoglalás alapján érthető legyen.

Amennyiben az idegen nyelvű összefoglalást a szerzőnek nem áll módjában a fenti két idegen nyelven megadni, úgy kérjük annak fordításra alkalmas magyar nyelvű kivonatát 3 példányban.

A fordítás költségét, valamint a nem szabvány formában érkező kézirat gépelési költségét a szerzői díjából térítjük meg.

SZERKESZTŐSÉG