

0362/4



2010

1003

# MAGYAR Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1969. X. ÉVFOLYAM 2—3—4. SZÁM

**MAGYAR GEOFIZIKA**  
**a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata**

X. évfolyam

2—3—4. szám

*Szerkesztőség*

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

*Felelős szerkesztő*

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

*Szerkesztő bizottság*

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

*Felelős kiadó*

SALA SÁNDOR  
 igazgató

TARTALOMJEGYZÉK

Dr. Renner János — 80 éves .....	41
<i>Molnár Károly — Rumppler János — Sághy György — Zsitvay Szilárd:</i> A magyarországi szénhidrogénkutatásban alkalmazott többszörös fedéses eljárás eddigi tapasztalatai .....	43
<i>S. Grössl — U. Patzer:</i> Reflexiós szeizmikus kutatások transzverzális hullámokkal .....	56
<i>G. Löser — E. Köhler — V. Kurrat:</i> Adalékok tektonikai diszkontinuitások reflexiós-szeizmikus vizsgálatához NDK-beli példák alapján .....	65
<i>D. Weintritt — G. Frosch — H. Regensburger — H. Wolf:</i> Digitális számítástechnika felhasználása szeizmikus mérések feldolgozására az NDK-ban .....	79
<i>E. Firmin — J. Wardell:</i> Digitális módszerek a szeizmikus adatok feldolgozásánál .....	89
<i>H. Stiller — C. Wagner — R. Heinrich — D. Freund:</i> Ásványtani-kőzettani viszonyok befolyása a hangsebesség nyomásfüggőségére kőzetekben .....	98
<i>G. Kunetz — J. M. Fourmann:</i> Időben változó automatikus szűrők alkalmazása a szeizmikus regisztrációkra .....	101
<i>Czeplédi István:</i> Tanulóprogramok alkalmazása a mélyfúrási geofizikai értelmezésben .....	116
<i>Barlai Zoltán:</i> Homokból, homoklisztből és agyagból összetett szénhidrogéntároló homokkővek geofizikai jellemzői .....	122
<i>Steiner Ferenc:</i> Gravitációs térképek transzformációs eljárásainak objektív vizsgálati módszerei .....	128
<i>Markó László:</i> Szelvényezési és szelvényértelmezési tapasztalatok nagy vezetőképességű fűtőfolyadékban .....	135
<i>K. Buckup:</i> Aquifer-típusú felszínalatti gáztárolókon végzett lyukgeofizikai mérések tapasztalatai .....	142
<i>M. Kopf:</i> Petrofizikai paraméterek mélységfüggése és azok felhasználása az alkalmazott geofizikában .....	148
EGYESÜLETI HÍREK .....	88, 147, 156
IX. évf. 1—6. sz. tartalomjegyzék .....	157

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 60,— Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 171.249—70. sz., csekkzámlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében.  
 69.929. Állami Nyomda, Budapest



A magyar tudományos társadalom ebben az évben ünnepli 80. születésnapját az ismert fizikusnak és geofizikusnak, dr. Renner Jánosnak, akinek tudományos tevékenysége kezdettől fogva Eötvös Loránd személyéhez kapcsolódott. Több évtizedes tanári munkájával párhuzamosan állandóan foglalkozott a geofizika elméleti és gyakorlati kérdéseivel és számos geofizikai mérést végzett mind belföldön, mind külföldön. A tömegvonzás és a tehetetlenség arányosságával kapcsolatos kísérleteivel sikerült e mérések pontosságát egy nagyságrenddel fokoznia, s ezeket, valamint a függővonalhajlások kérdésével kapcsolatos vizsgálatait ma is folytatja. Nagyrészt neki köszönhető az első olyan Eötvös-inga-típus kialakítása, amely már rendszeres terepi használatra is alkalmas volt.

Kiváló tudományos munkássága nyomán kapott megbízást 1947-ben a M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet vezetésére, s annak igazgatója volt 1954-ig. Jelenleg a budapesti Tudományegyetem geofizikai tanszékén működik c. tanárként. Tevékenyen részt vett, illetve részt vesz a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai, illetve Geodéziai főbizottságában, Földtani, Bányászati, valamint Karsztvízbizottságában.

Tudományos és népgazdasági téren végzett munkásságáért a Magyar Népköztársaság több magas állami kitüntetéssel és érdeméremmel tüntette ki.

Kiemelkedő szerepe volt a Magyar Geofizikusok Egyesülete megalakulásában; annak tiszteleti tagja és 1967 óta társelnöke. Neki ítelték oda 1960-ban az Egyesület Eötvös Loránd emlékérmét, az 1969. évi Eötvös-ünnepségek alkalmával pedig az Eötvös Loránd Fizikai Társulat emlékérmét.

A már kezdetben világhírré szert tett magyar geofizika megalapozásában és állandó fejlesztésében kimagasló része van dr. Renner Jánosnak, aki ma is lankadatlan agilitással végzi tudományos munkáját és adja át tapasztalatait az őt becsülő, tisztelő fiatalabb generációknak.



## DR. JÁNOS RENNER – 80 JAHRE

Die ungarische wissenschaftliche Welt feiert in diesem Jahre den 80. Geburtstag des bekannten Physikers und Geophysikers dr. János Renner, dessen wissenschaftliche Tätigkeit vom Anfang an eng mit dem weltberühmten Wissenschaftler Roland Eötvös verknüpft war. Parallel mit seiner jahrzehntelangen pädagogischen Arbeit beschäftigte er sich immer mit den theoretischen und praktischen Fragen der Geophysik und führte zahlreiche geophysikalischen Messungen sowohl in Ungarn als im Auslande – in Europa und Asien – aus. Mit seinen Experimenten in Bezug auf die Proportionalität der Gravitation und der Trägheit gelang es ihm, die Genauigkeit dieser Messungen um eine Größenordnung zu erhöhen. Diese und seine auf die Fragen der Lotabweichun-



gen bezüglich Untersuchungen setzt er auch noch heute fort. Grösstenteils ihm ist die Ausgestaltung der ersten solchen Eötvös-schen Drehwage zu danken, die schon auch für routinemässige Feldanwendung geeignet war.

Infolge seiner ausgezeichneten wissenschaftlichen Tätigkeit wurde er in 1947 zum Leiter des Ungarischen Staatlichen Geophysikalischen Instituts Roland Eötvös ernannt, dessen Direktor er bis 1954 blieb. Gegenwärtig ist er am geophysikalischen Lehrstuhl der Budapester Universität der Wissenschaften als tit. Professor tätig.

Er nahm, bzw. nimmt aktiv im Geophysikalischen und im Geodetischen Hauptkomitee, ferner in den Geologischen, Bergbau- und Karstwasserkomitee der Ungarischen Akademie der Wissenschaften teil.

Seine wissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Verdienste wurden von der Ungarischen Volksrepublik mehrmals mit hohen Auszeichnungen und Verdienstorden anerkannt.

Dr. János Renner hatte eine hervorragende Rolle in der Begründung der Gesellschaft Ungarischer Geophysiker; er ist deren Ehrenmitglied und 1967 Mitvorsitzender. In 1960 wurde ihm die Erinnerungsmedaille Roland Eötvös der Gesellschaft, anlässlich der Eötvös-Festtage in 1969 auch die Erinnerungsmedaille der Physikalischen Gesellschaft Roland Eötvös zuerkannt.

In der Begründung und stetigen Entwicklung der schon anfänglich zu Weltruhm gelangenen ungarischen Geophysik hatte Dr. János Renner einen hervorragenden Anteil. Auch heute vollführt er seine wissenschaftliche Arbeit mit unverminderter Agilität und überreicht er seine reichen Erfahrungen gerne an die jüngeren Generationen, die ihn aus Herzen schätzen und ehren.

#### Д-РУ Я. РЕННЕРУ ИСПОЛНИЛОСЬ 80 ЛЕТ

В текущем году венгерская научная общественность отмечает 80-летие со дня рождения известного физика и геофизика, д-ра Я. Реннера, научная деятельность которого уже с самого начала была связана с Л. Этвешем. Параллельно своей педагогической работе, проведенной в течение нескольких десятилетий, он постоянно занимался изучением теоретических и практических вопросов геофизики и выполнил ряд геофизических съемок как в Венгрии, так и за границей. Благодаря экспериментам, связанным с изучением пропорциональности притяжения и инерции, ему удалось повысить на один порядок точность измерений. Он и в настоящее время продолжает эти измерения, а также исследования по отклонению отвеса. В основном с его именем связано создание первого полевого типа вариометра Этвеша, применяемого для производственных работ.

На основании своей выдающейся научной деятельности в 1947 г. д-р Реннер получил поручение руководить Венгерским гос. геофизическим институтом им. Л. Этвеша и до 1954 г. он был директором этого института. В настоящее время он участвует в работе Геофизической кафедры Будапештского университета в качестве титулярного профессора. Он принимал и принимает деятельное участие в работе следующих комитетов АН ВНР: Главного Геофизического и Геодезического Комитетов, Геологического и Горного Комитетов, а также Комитета по карстовым водам.

Заслуги д-ра Реннера в области как науки, так и народного хозяйства, неоднократно отмечались высокими орденами и медалями ВНР.

Он сыграл выдающуюся роль в сознании Общества Венгерских Геофизиков; он является почетным членом, а с 1967 г. — председателем этого общества. В 1960 г. ему была присуждена медаль Л. Этвеша, а в 1969 г., по случаю торжеств, посвященных памяти Л. Этвеша — медаль Физического Общества Л. Этвеша.

Д-р Реннер внес значительный вклад в заложение основ и постоянное развитие венгерской геофизики, приобретившей уже в начале мировую известность. И в настоящее время д-р Реннер с неустанный активностью выполняет свою научную работу и передает приобретенный им опыт глубоко уважающим и высоко оценивающим его более молодым поколениям.



## A magyarországi szénhidrogén-kutatásban alkalmazott többszörös fedéses eljárással szerzett tapasztalatok

MOLNÁR K. – RUMPLER J. – SÁGHYGY. – ZSITVAY SZ.

Az előadás tárgyalta a reflexiós szeizmikus mérések egyik változata, a többszörös fedéses eljárás alkalmazásának szükségességét a magyarországi kőolajkutatásoknál és a kivitelezéshez szükséges műszeres és egyéb technikai adottságokat.

Ismertette az eljárás tervezésének szempontjait, amelyek alapján a kísérleti jellegű vonalszakaszok bemérésre kerültek. (Szabályos és szabálytalan jellegű zajok tanulmányozása).

Kitért a mérések során alkalmazott különböző metodikai változatok ismertetésére.

Tárgyalta a mérések során felmerült problémákat, így:

- a) a gerjesztés,
- b) a geofonköz, robbantópont-terítés közti távolság,
- c) a sztatikus, dinamikus korrekciók,
- d) valamint a gazdaságosság kérdését.

Végül az egyszeres és többszörös fedéssel felvett időszelvények analízisének útján levonta a mérésekből adódó következtetéseket és megjelölte a további tennivalókat.

В докладе обсуждается необходимость применения одного из вариантов сейсмического метода отраженных волн – метода многократного перекрытия, в области разведки венгерских месторождений нефти. Рассматриваются связанные с методом вопросы об аппаратурной оснащенности, а также прочие технические вопросы.

Излагаются принципы проектирования полевых работ, на основании которых были проведены участки профилей опитново характера. (Изучение регулярных и нерегулярных помех.)

Авторы останавливаются на изменениях, внесенных в методику исследований в процессе полевых работ.

Рассматриваются различные проблемы, возникающие в процессе работ, так напр. вопросы о

- a) возбуждении упругих колебаний,
- b) шаге сейсмоприемников и расстоянии между пунктами взрыва и разносами,
- в) статических и динамических поправок, а также
- г) об экономичности метода.

В заключение, по анализу временных разрезов, полученных при однократных и многократных перекрытиях, делаются выводы и намечаются направления дальнейших работ.

Es wird die Notwendigkeit der Anwendung eines bei reflexionsseismischen Messungen benutzten Verfahrens, des Stapelungsverfahrens in der Erdölforschung und die zur Durchführung dieser Messungen benötigten instrumentellen und anderen technischen Gegebenheiten erörtert.

Man legt die Gesichtspunkte der Planung des Verfahrens dar, auf Grund deren die experimentelle Linien gemessen wurden (Studien von regulären und irregulären Geräusche).

Es werden die während der Messungen benutzten verschiedenen methodischen Änderungen beschrieben und die aufgetauchten Probleme erörtert, so

- a) die Erregung
- b) Abstand der Geophonen, die Entfernung zwischen dem Schusspunkt und Aufstellung
- c) statische und dynamische Korrektionen
- d) die Frage der Wirtschaftlichkeit.

Schliesslich werden auf Grund der Analyse von Zeitprofilen, die mit einfacher und mehrfacher Stapelung aufgenommen wurden, die sich aus den Messungen ergebenden Folgerungen gezogen und die weiteren Aufgaben angegeben.

A magyarországi szénhidrogén-kutatás szolgálatában végzett szeizmikus reflexiós méréseinknél 1966-ig kizárólag fotoregisztrálású műszereket alkalmaztunk. Ezzel a „hagyományos” reflexiós technikával a magyar medence pannon képződményeinek kutatása során népgazdasági szempontból is igen jelentős, elsősorban boltozattípusú szénhidrogéntároló szerkezeteket mutattunk ki.



A pannon rétegsor finomabb részleteinek, valamint a pannonnál idősebb képződmények szerkezeti felépítésének meghatározása területén elért eredményeink viszont igen szerények. Az idősebb rétegsorból származó, mennyiségükben és minőségükben gyenge információk még áttekintő szerkezeti vázlatok készítésére is csak ritkán voltak elegendők. A kutatások során felmerült módszertani problémák (zavarhullám, jel/zaj viszony javítás, többszörösök kiszűrése) megoldásához az adott technika igen szűk korlátokat szabott.

Az 1966-ban beszerzett és üzembe állított korszerű mágneses jelerőgítési műszerek lehetővé tették a felmerült kutatási problémák szélesebb módszertani skálán történő tanulmányozását.

Már a mágneses jelerőgítési mérések kezdetén világossá vált, hogy az ugyanazon lövési paraméterekkel regisztrált hagyományos és mágneses anyag között lényeges különbség mutatkozik az utóbbi javára. Azonban az egyszerű szelvényezéssel párhuzamosan, egyrészt az említett kutatási problémák megoldására, az egyre nehezebb földtani célkitűzések teljesítésére, másrészt az analóg mágneses technika módszertani lehetőségeinek tanulmányozására és kihasználására irányuló törekvés eredményeképp 1967-től kezdődően végzünk a többszörös fedéses eljárással is kísérleti méréseket.

A kísérleti mérések helyeit úgy választottuk ki, hogy azok mind a földtani felépítés, a megoldandó feladat, mind pedig a felszíni és mélységi szeizmogeológiai adottságok tekintetében különbözőek legyenek.

A kézirat lezárásának időpontjáig összesen mintegy 150 km, az ország különböző 5 pontján bemért többszörös fedéses szelvényszakasz állt rendelkezésünkre.

Az anyag feldolgozását és összegezését CS-621 típusú analóg számítógépen végeztük el.

A mérések tervezésével, kivitelezésével kapcsolatos általános elvek ismertetésétől eltekintünk, azokat az idevonatkozó szakirodalom tartalmazza.

Minden egyes „stacking” kísérlet megkezdése előtt kiegészítő mérésekkel tanulmányoztuk a szabályos és szabálytalan zavarhullámokat. A szabályos zavarhullámok közül a néhány 100 m/sec sebességű kisfrekvenciás felszíni zavarhullám a műszer 36 dB/okt. meredekségű alulvágó szűrői következtében nem okozott különösebb problémát. A többszörös reflexiók megjelenése — elsősorban az alföldi kutatási területeken — a hasznos hullámok időintervallumában is igen gyakori.

Ilyen módon nyert adatok alapján eldönthető volt, hogy a közös mélységpontú, többszörös fedéses eljárást egy adott területen a szabályos vagy szabálytalan jellegű zajok csillapítására kell-e megtervezni.

Tekintsük át a következőkben a mérések során felmerült problémákat.

### *A hullámkeltéssel kapcsolatos kérdések*

A hullámkeltés az egyszerű szelvényezésnél is alapvető jelentőségű a megfelelő szeizmikus anyag biztosításához. A többszörös fedéses eljárásnál jelentősége fokozódik, mivel a méréseknél nemcsak a reflexiókeltésre kell a figyelmet fordítani, hanem arra is, hogy az egyes réteghatárokhöz tartozó reflexiókat kontroll-pontra közel azonos spektrummal regisztráljuk. Ellenkező esetben ugyanis az azonos mélységponthoz tartozó primer reflexiók a helyes sztatikus és dinamikus korrekciók alkalmazása után sem adják az összegezésnél az elvileg elérhető jel/zaj viszony javulást.



Hazai viszonyok között a probléma területenként másként jelentkezik. A dunántúli kísérleti méréseknél a rendkívül változatos felszínközeli szeizmológiai adottságok következtében az egymással szomszédos  $rp$ -ok reflexiói között esetenként 30–50%-os látszólagos frekvenciaeltérést is tapasztaltunk. Az eltérés nagyságát a robbantási paraméterek gondos megválasztásával sikerült csökkenteni.

#### *A geofon csoportok alkalmazásával kapcsolatos problémák*

Kísérleti méréseinknél 5-ös és 10-es geofon csoportokat alkalmaztunk. A bázistávolság megválasztásánál ügyeltünk arra, hogy a csoport jeltorzulást ne eredményezzen. Ezért a geofonbázistávolság a 60 m-t nem haladta meg. Egyes területeken adódott gyengébb eredmények a csoporton belüli geofonszám növelésének szükségességét vetik fel.

#### *A geofonköz-robbantópont-terítés távolság*

A többszörösök elnyomása, főképpen ha azok nagymélységű rétegekről származó egyszerű többszörösök, általában nagy robbantópont-terítéstávolság alkalmazását követeli meg. Ebből a szempontból a magyar medence ugyancsak speciális jellegű, mert a hatalmas üledékösszletben nagyon lassú a sebesség vertikális irányú változása, így a stacking hatásossága a regisztrálási idő növekedésével erőteljesen csökken.

Az ismert sebességfüggvényre és feltételezett többszörös terjedési utakra egyszerűen kiszámítható az azonos  $t_0$  időhöz, különböző  $x$  távolságokhoz tartozó egyszerű és többszörös közti  $\Delta t$  kilépési időkülönbség, ami tájékoztat az összegezés utáni elnyomás mértékére.

Megjegyezzük, hogy bár az idevonatkozó szakirodalom az eljárásnak a szabályos jellegű zavarok csillapítására vonatkozó előnyét emeli ki, hazai tapasztalataink szerint a jel/zaj viszony javítása céljából a szabálytalan háttérzaj csökkentése legalább olyan fontos. A pannon rétegsorban – de különösen az ennél idősebb képződményekben – gyenge reflektáló tulajdonságokkal rendelkező határfelületek vannak, amelyekről származó hasznos jelek igen gyengék.

Saját tapasztalataink szerint alapvetően fontos ennek a kérdésnek a vizsgálata, mert a többszörösök elnyomásához szükséges nagy távolságoknál sokkal gyengébb minőségű anyagot észleltünk, ami nemcsak kisebb amplitudóban, bizonytalanabb jelformában, hanem még jelentős látszólagos frekvenciaváltozásban is megnyilvánult.

Mindezek az okok az összegezés után is elég gyenge jeleket eredményeztek.

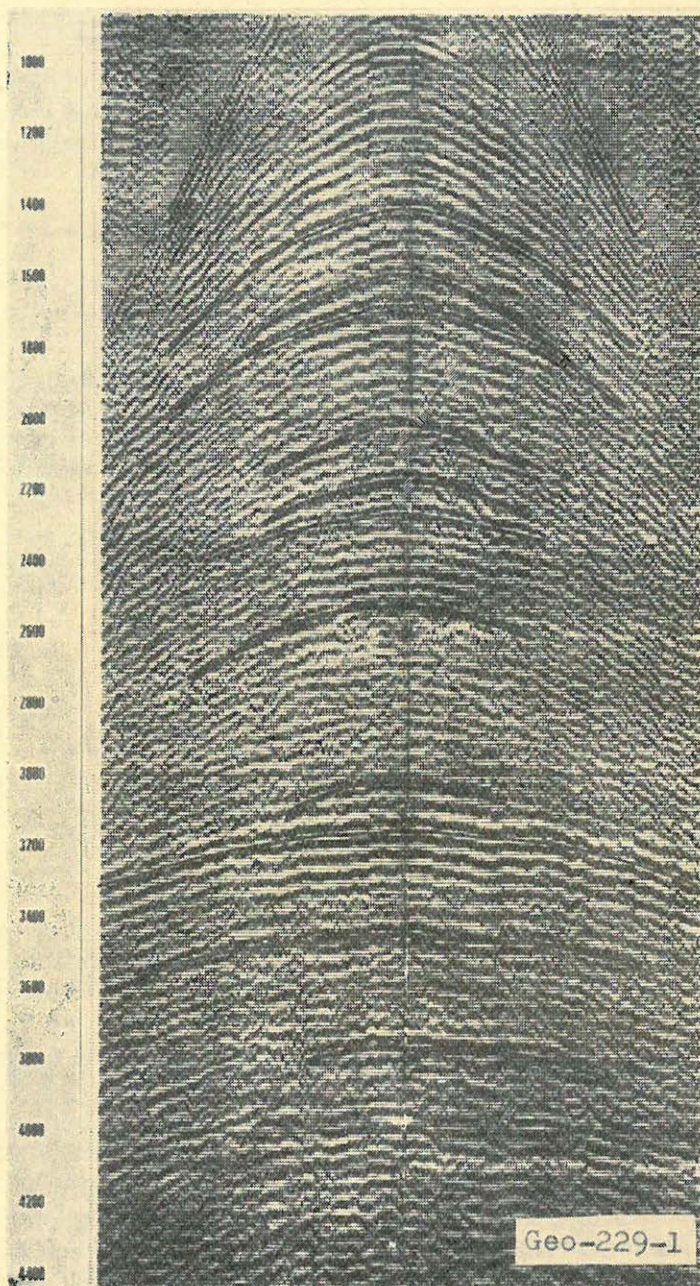
Ezért állíthatjuk, hogy egy adott többszörös fedéses lövési rendszer megtervezése nem egyszerűen abból áll, hogy a többszörösök adatainak ismeretében a kiszámított átviteli karakterisztika felhasználásával, a szükséges geofonköz és robbantópont-terítéstávolságot, valamint a fedés számszerű értékét meghatározzuk. A vizsgálatoknál mindig azt az optimumot kell keresni, amely a szabályos és szabálytalan zajokat tekintve a legkedvezőbb.

#### *Sztatikus-dinamikus korrekciók kérdése*

A megbízható, pontos sztatikus korrekciók fontosságáról az egyszerű fedésű szelvényeknél is sok gyakorlati tapasztalatot szereztünk. Nyilvánvalóvá vált, hogy az alföldi kutatási területeken is gyakorlati jelentősége van a sztatikus korrekcióknak. A többszörös fedésű szelvényeknél a remélt javulást sem-



missé teheti, ha nincsenek megfelelő sztatikus korrekciók. A legmegfelelőbb sztatikus korrekciókat az egyszeres fedésű, központi lövési rendszerekkel mért reflexiók felhasználásával nyertük. A nagy terítési távolságú lövésekre történő számításokat a robbantóponti értékek hiánya, valamint a gyengébb anyag és a dinamikus korrekció érzékenysége nem teszi lehetővé, az első beérkezések



1. ábra  
Фиг. 1.  
Fig. 1.



pedig nem voltak alkalmasak a számításokra. Az összegezés előtt az egyszeres szelvényekben sok helyütt másodlagos korrekciókat alkalmaztunk, elsősorban a felidős jellegű hibák kiküszöbölésére.

A dinamikus korrekciók számításához a reflexiós sebességmérésekből nyert adatok bizonyultak a legjobbnak. Elsősorban azért, mert karottázmérések általában csak távolabbi pontokról állnak rendelkezésre, a horizontális irányú sebességváltozás pedig a dinamikus korrekciókra már jól érzékelhető hatással van. A kezdeti (initial) sebességfüggvény javítását több esetben sikerrel végeztük el a 100 %-os szelvények adataiból a maradék görbületek meghatározásával.

### *Gazdaságossági kérdések*

A többszörös fedéses eljárás az egyszeres szelvényezéshez viszonyítva többszörös munkaráfordítást igényel. A kísérleti mérések első fázisában nem rendelkezünk megfelelő kábellel és kapcsolódobozzal, emiatt elég nehézkes volt rugalmas rendszerek mérése és a munka a sok átállás következtében elég körülményes volt.

1968-ban megfelelő felszereltséggel (stacking kábel, kapcsolódoboz) végeztük a méréseket. A könnyebb fúrhatóságú területeken ma már 30–40 lövés/nap biztosítható, amely 6-szoros fedés esetén átlagban 3 km-es napi bemérésnek felel meg (12 órás munkaidő mellett).

Az első többszörös fedéses szelvényszakasz bemérésére 1966-ban került sor. Mintegy 6 km hosszú 3-szoros fedést biztosító középlövéses stacking rendszert, 30 m-es geofonköz, 5-ös geofoncsoport alkalmazásával alakítottunk ki Sárvár közelében. A kísérleti mérés célja kizárólag a terepi mérések technológiájának és a számítógépen végzett műveletek technikai részleteinek kidolgozása volt.

A földtani célkitűzések megoldásának elősegítésére alkalmazott stacking mérésekre elsősorban 1967-ben Hódmezővásárhelytől D-re került sor. E kutatási területen 1966-ban folytatott mágneses jelerőgztetésű reflexiós mérések célja volt egyrészt a rendkívül nagy vastagságú (4000–6000 m) üledékösszlet szerkezeti viszonyainak meghatározása, másrészt a makói árok szegélyén a törészónák, valamint az üledéksorban található kiékelődések kimutatása.

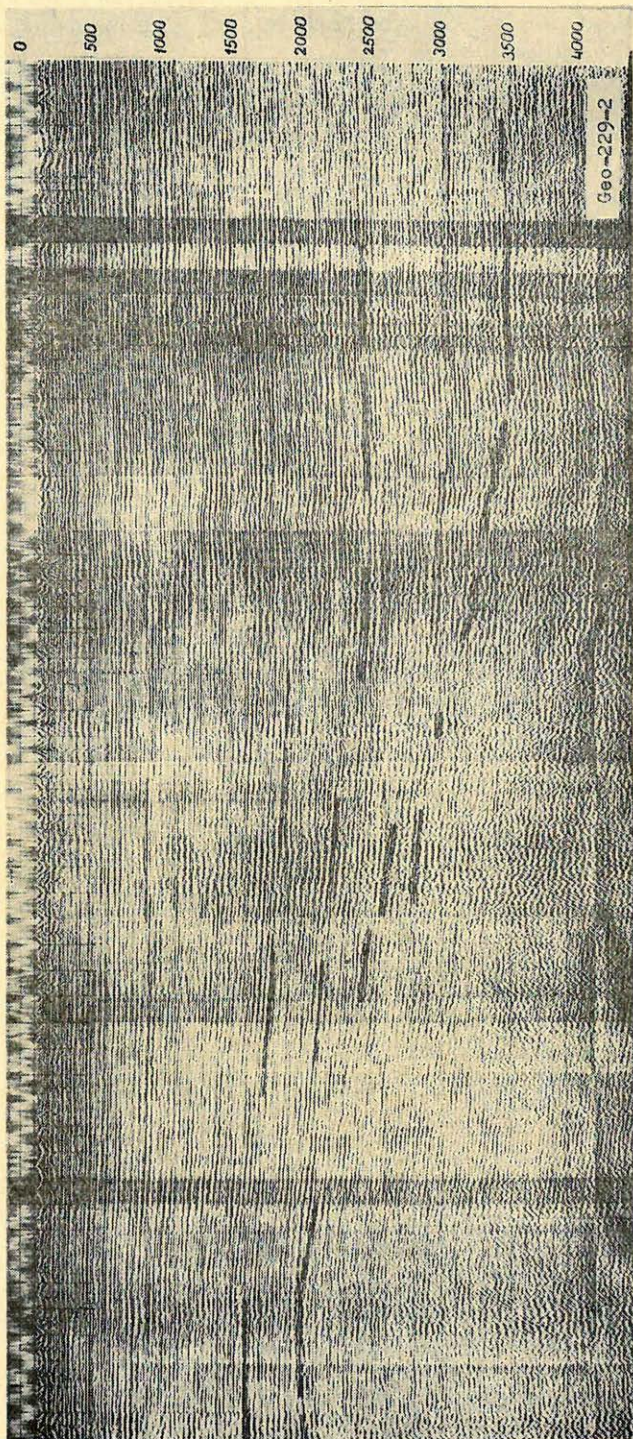
A problémák megoldását célzó stacking mérést megelőzően, a kutatási terület sebességviszonyainak tisztázására, a szabályos jellegű zajok vizsgálataira, kísérleti méréseket végeztünk. A „Dix” rendszerű felszíni sebességmérések egyrészt az átlagsebességviszonyok meghatározását, másrészt a többszörösök jelenlétének kimutatását szolgálták.

Az 1. ábrán bemutatásra kerülő sebességmérés szeizmogramszelvényén több különböző  $t_0$  értéknél jelentkező többszörös reflexiós beérkezés különíthető el. Az alkalmazni kívánt stacking-rendszer tervezéséhez felhasználtuk e többszörösök, valamint az azonos  $t_0$  értékekkel jelentkező egyszeres reflexiós beérkezések összehasonlításával előállított  $\Delta t$  görbéket.

A 6-szoros összegezést biztosító útidőgörbe rendszer robbantópont-terítés-távolsága 720 m, a geofonköz 30 m, a terítés-távolság 720 m, az alkalmazott geofonszám csoportonként 5. A sztatikus korrekciók meghatározására önálló, középlövéses útidőgörberendszert alakítottunk ki.

Az egyszeres, valamint a 6-szoros összegezéssel kialakított időszelvények összehasonlítása alapján a kísérleti mérés eredménye a következőkben foglalható össze (2., 3. ábra):





2. ábra  
Фиг. 2  
Fig. 2

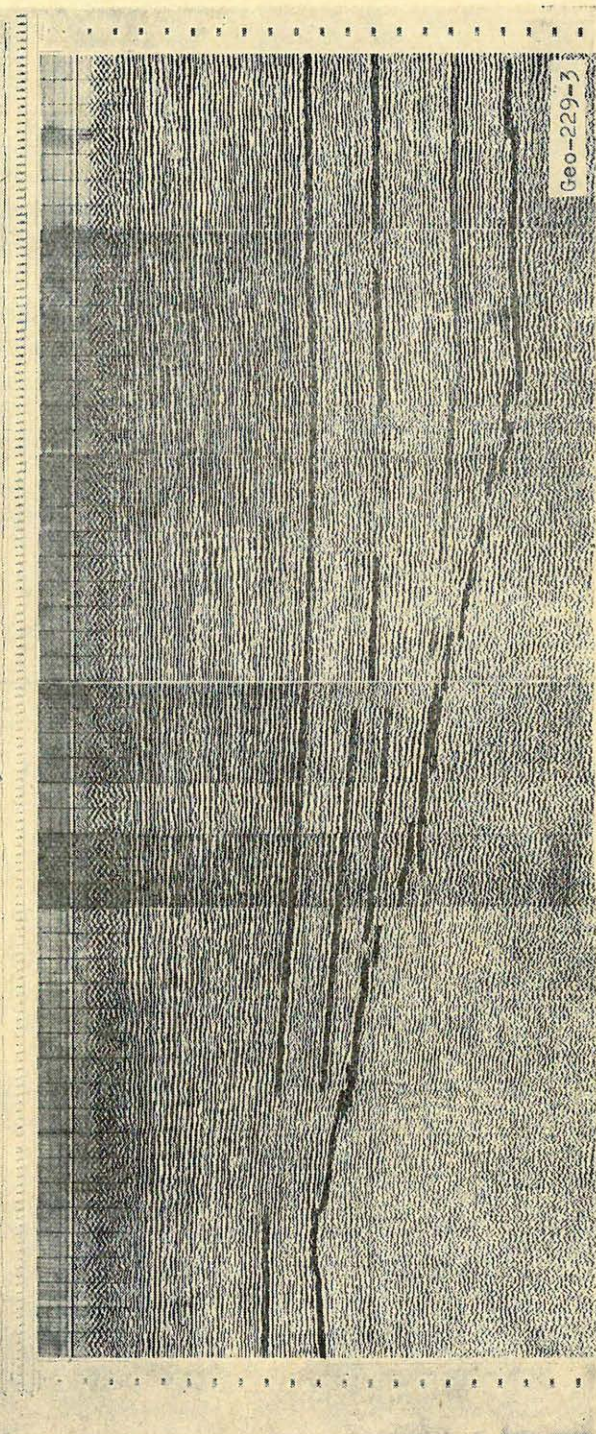


1. Az összegezett szelvényen az üledék-sorban jelentkező reflexiós szintek hosszan követhetők (pl. a szelvény 4<sup>80</sup> robbantópontnál 1,6 s értékkel jelentkező reflexiós beérkezés csaknem a szelvény teljes hosszában).
2. Az algyői gerincvonulat tetővidékén a paleozoós alaphegységgel azonosítható, 2,0 s körüli  $t_0$  értékkel jelentkező reflexiós beérkezés elmélyülése megbízhatóan követhető a szelvény mentén 3,5 s értékig.
3. Az egyes reflektáló szintek kiékelődése a gerincvonulat elmélyülő szakaszán jól kivethető a szelvényen.

Összefoglalva megállapítható, hogy a kialakított stacking-rendszer jónak bizonyult a jel/zaj viszony javítása szempontjából és a földtani felépítés meghatározásához szükséges információ mennyiséget tartalmazza.

Az előzőekben utaltunk arra, hogy az egyik tényező javítása érdekében eszközölt metodikai módosítás a másik tényezőnek az előbbinél nagyobb mérvű romlását idézheti elő.

Az ismertetett területtől É-ra, a makói árok É-i részén, a kísérleti mérések



3. ábra Fig. 3.



adatai alapján, a  $2,5-3,6$  s  $t_0$  értéknél jelentkező többszörös reflexiós beérkezések elnyomására 12-szeres fedésű rendszert terveztünk. A *SzeM-5/a* jelű vonalon kialakított 60 m-os geofonközű 1440 m robbantópont-terítéstávolságú rendszer a hasznos jelek szempontjából azonban rendkívül kedvezőtlennek bizonyult (4. ábra).

A nagy *rp*-terítéstávolság miatt a sekélyreflexiók kb. 1,0 s-ig kimaradnak, a mély  $2,5-3,5$  s  $t_0$  reflexiós beérkezésekre vonatkozó jel/zaj viszony az egyszeres rendszerénél tapasztaltnál kedvezőtlenebb. A 12-szeres összegezését biztosító rendszer jel/zaj viszonyra vonatkozó rossz hatásfoka az egyszeres szelvényeken tapasztalt, egy-

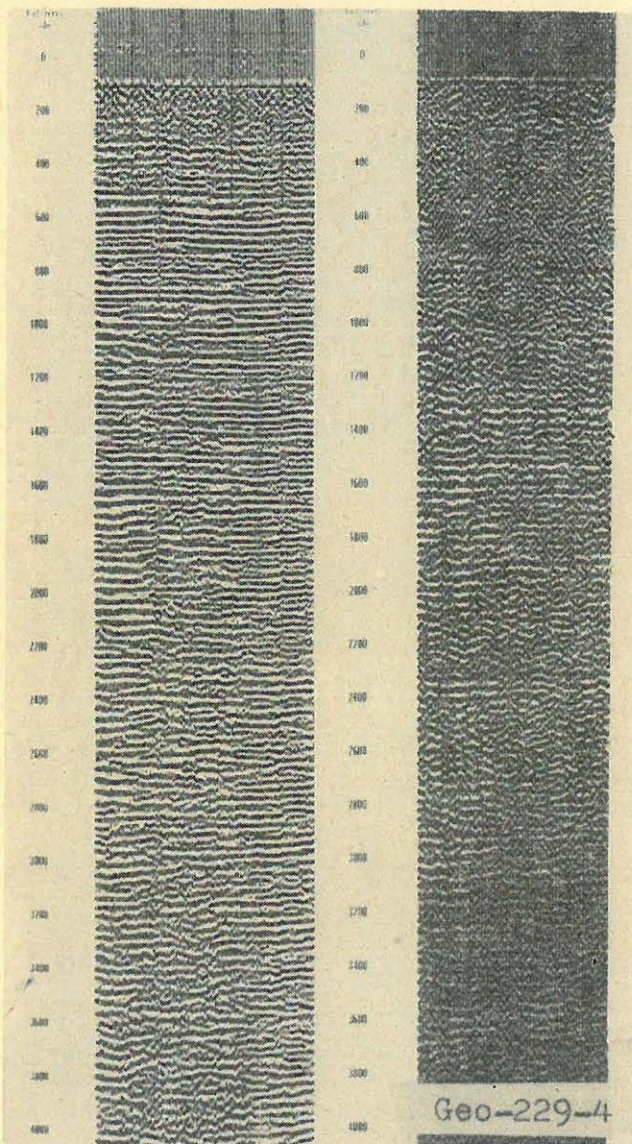
részt a robbantás környezetének változásával kapcsolatos, másrészt a nagy robbantópont-terítéstávolság következtében fellépő látszólagos frekvenciaváltozásoknak tulajdonítható.

Kedvezőbb eredményt kaptunk e vonalszakasz 6-szoros fedésű, 60 m-es geofonközű, központos lövéses bemérésével. A rendszer méretei a szabályos zajok erősítésére is kedvezők, ennek következtében a tényleges reflektáló horizontok kijelölése nehéz feladattá válik az időszelvényen. További kísérletek szükségesek a helyes robbantópont-terítéstávolság meghatározására.

Az 1967. évi stacking kísérleteket az egyszeres szelvény mérés technikai felszerelésével meglehetősen lassú előrehaladással végeztük.

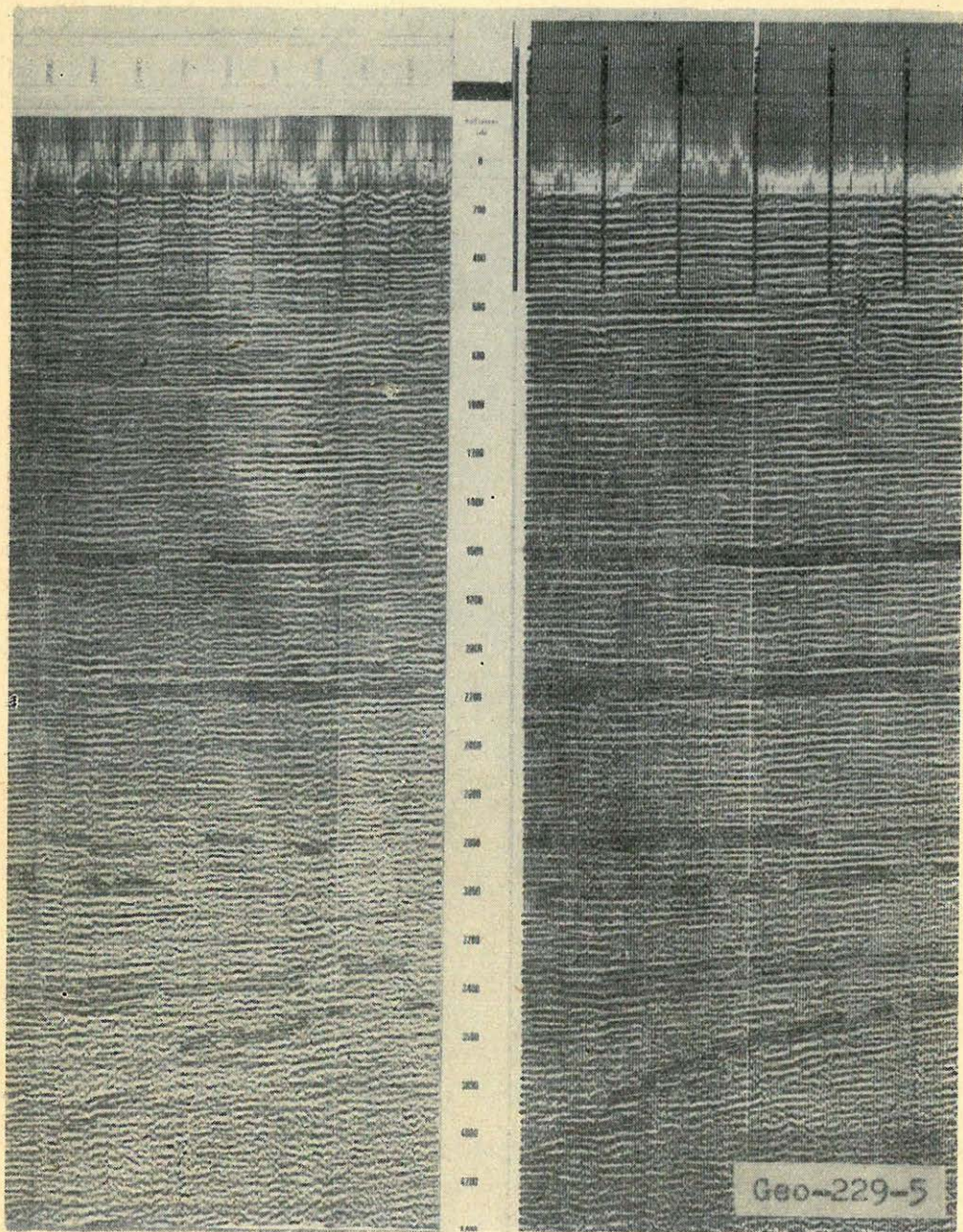
Az 1968. évi többszörös fedésű mérésekhez már 48 érpárral rendelkező kábelrendszert és kapcsolóberendezést alkalmaztunk.

A Tiszántúli D-i részén megkezdett kísérleteket már ezzel a technikai felszereléssel folytat-



4. ábra Фиг. 4. Fig. 4.





5. ábra    Фиг. 5.    Fig. 5.

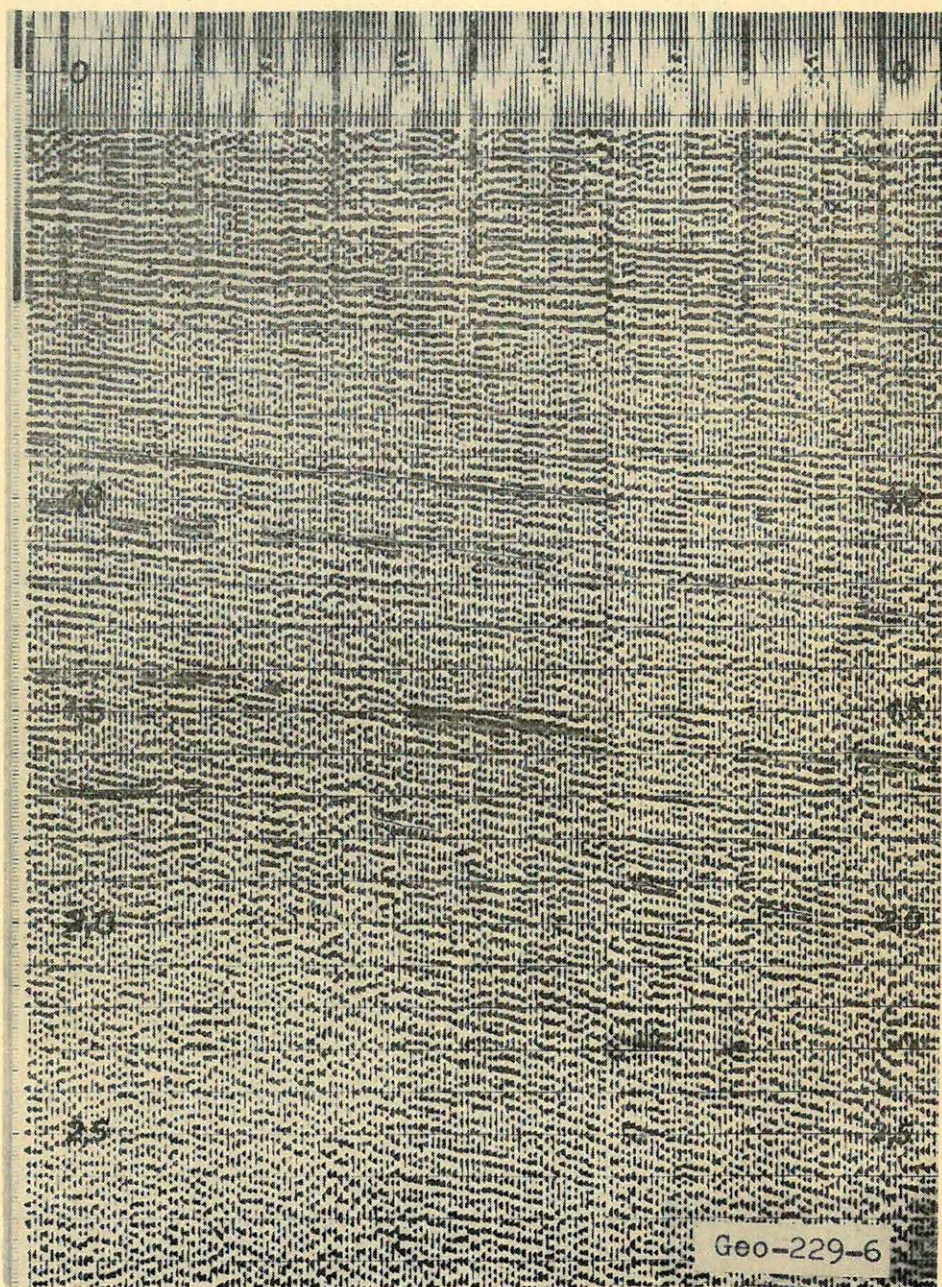
tuk. Célunk olyan észlelési rendszerek kialakítása volt, melyek a kitűzött feladatok megoldásával egyidejűleg a kellő ütemű előrehaladást is biztosítják.

Az 5. ábrán egy, az említett területről származó egyszeres és hatszoros fedéses szelvényszakaszt mutatunk be. Az egyszeres felvételezés időszelvényét összehasonlítva a 6-szoros összegezés időszelvényeivel, megállapítható, hogy



ez utóbbi mind az információ mennyiségét, mind pedig megbízhatóságát tekintve, jobbnak minősíthető.

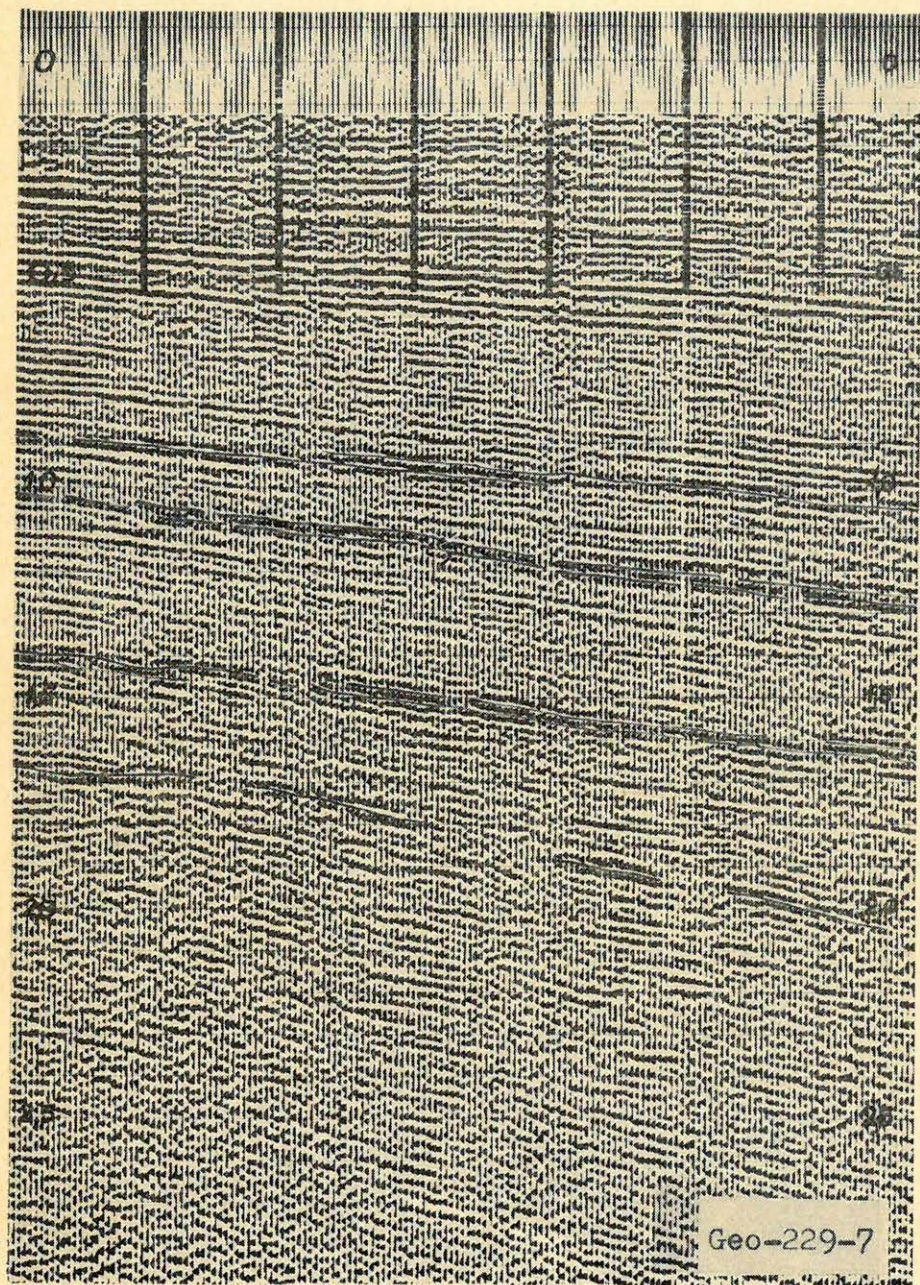
A Tiszántúlon végzett mérésekkel egyidőben az Üllés-Sándorfalva kutatási területen is kísérleti méréseket végeztünk 4-szeres fedésű kisnyílású stacking rendszerek vizsgálatára.



6. ábra    Φυγ. 6.    Fig. 6.



Az egyszeres fedéssel nyert időszelvényen kielégítő információt csupán a pannon korú üledékösszletből sikerült nyerni. A tervezett stacking rendszerrel elsősorban a szabálytalan zajszintet kívántuk csökkenteni. A bemutatásra kerülő szelvényszakaszt 4-szeres fedéses közléplövéses, 50 m-es geofonköz alkalmazásával kialakított rendszerből nyertük.



7. ábra Физ. 7. Fig. 7.



Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kutatási feladatok megoldására, – bár a javulás jelentős – 4-nél nagyobb számú fedőrendszerek alkalmazására lesz szükség e területen (6–7. ábra).

A felsorolt kísérleti méréseket az Alföldön sík felszíni területeken végeztük. A többszörös fedéses eljárással a Dunántúlon, Nagylengyel környékén is végeztünk kísérleteket.

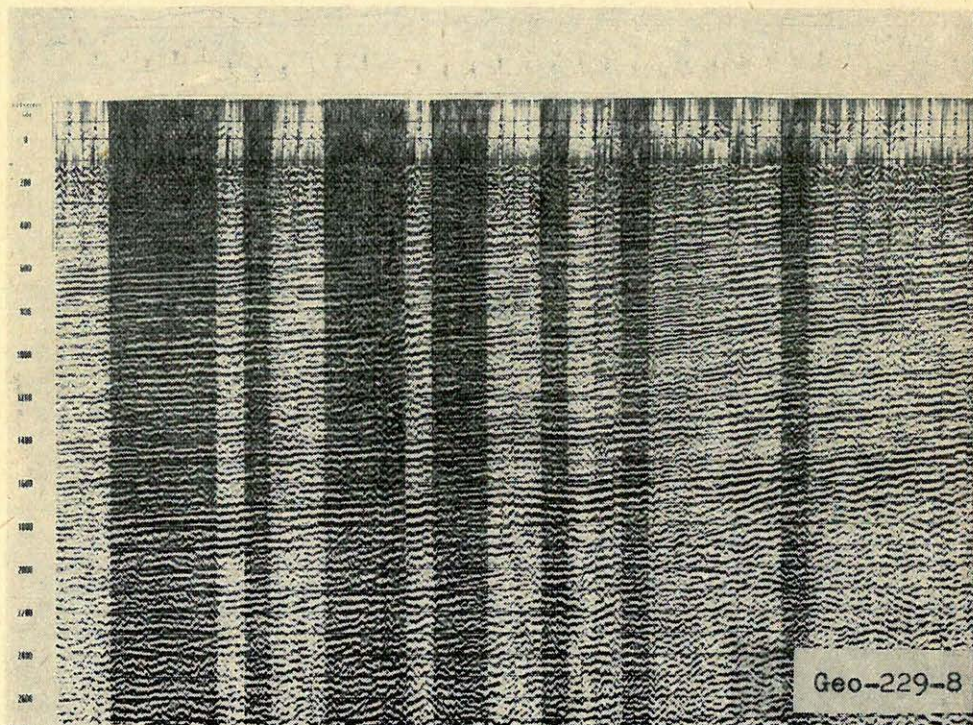
A mérések feladata a kutatási területen 2000–4500 m mélységértékek között elhelyezkedő töréses szerkezeti felépítésű mezozoós összlet szerkezeti viszonyainak felderítése volt. A kutatási terület felszíne rendkívül tagolt, a szintkülönbség helyenként a 200 m-t is meghaladja. Ezen a területen hagyományos fotoregisztrálású műszerekkel csak a pannon összletből sikerült információkat nyerni.

A mágneses jelerőztetésű egyszeres reflexiós mérésekkel a mezozoikum felszínéről és helyenként a rétegsorból is kaptunk adatokat.

A stacking mérések megkezdése előtt sebességviszonyok tisztázásához felszíni sebességméréseket végeztünk. Intenzív többszörösök jelenlétére a mérések eredményei nem utalnak.

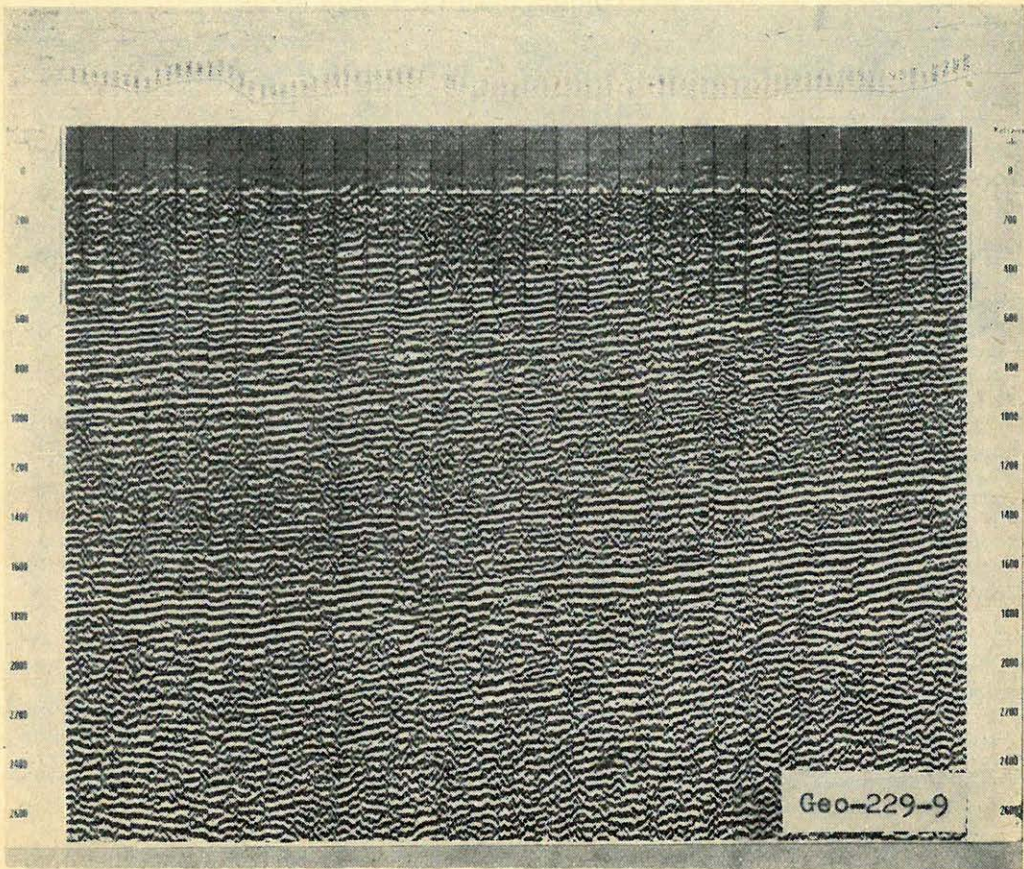
A reflektáló felületek várhatóan  $10^\circ$ -ot meghaladó dőlése és a többszörösök hiánya következtében, egy viszonylag szűk nyílásszögű, 6-szoros fedést biztosító rendszert terveztünk. Az alkalmazott geofonköz 20 m volt (8., 9. ábra).

A stacking mérés alkalmazásával a mezozoikumról származó információk mennyisége és megbízhatósága javult. Az összegezés hatékonyságát a reflexiós



8. ábra Φιγ. 8 Fig. 8.





9. ábra Φυσ. 9. Fig. 9.

beérkezések változó spektruma jelentősen csökkentette. További metodikai kísérleteket kívánunk végezni e területen, az azonos gerjesztési viszonyok biztosítása érdekében, valamint a dinamikus korrigálásra alkalmazott sebesség-görbe megbízhatóságának növelésére.



## Reflexionsseismische Untersuchungen mit Transversalwellen

S. GRÄSSL-U. PATZER, Leipzig

A *P*- és *S*-hullámok függélyes sebességoszlása alapján a transzverzális hullámok módszerének a laza üledékek szeizmikus kutatásánál mutatózó előnyeit, valamint a módszer felhasználhatóságát nagyobb mélységek átvizsgálásánál tárgyalja a dolgozat. A módszer segítségével végzett kutatási munkák problémáitakáját a szerzők barnaszénlelőhelyen az NDK-ban elsősorban végrehajtott szeizmikus reflexiós profilmérések példáján mutatják be. Ebben a vonatkozásban többek között egy különleges lövészi eljárást ismertetnek *S*-hullámok keltésére, valamint rámutatnak a transzverzális hullámok egyes dinamikus tulajdonságaira és az elért pontosságra.

В работе рассматриваются преимущества метода поперечных волн при изучении терригенных отложений, а также возможности его применения для исследования больших глубин, причем анализируется вертикальное распределение скоростей волн *P* и *S*. Проблематика разведочных работ, проводимых при помощи рассматриваемого метода, обсуждается на примере профильной съемки, проведенной в ГДР в качестве опытных работ в районе одного из бурогольных месторождений. В связи с этим приводится специальная схема наблюдений, применявшаяся для возбуждения волн *S*, обсуждаются отдельные динамические особенности поперечных волн и оценивается достигнутая точность.

Anhand der vertikalen Geschwindigkeitsverteilung für *P*- und *S*-Wellen werden die Vorteile der Transversalwellen-Methode bei der seismischen Erkundung in Lockersedimenten diskutiert. Anwendungsmöglichkeiten der Methode für die Untersuchung grösserer Teufen werden erörtert.

Die Problematik bei Erkundungsarbeiten mit Transversalwellen wird am Beispiel von erstmals in der DDR ausgeführten reflexionsseismischen Profilmessungen über einer Braunkohlenlagerstätte erläutert. In diesem Zusammenhang wird u. a. ein spezielles Verfahren zur Schußanregung von *S*-Wellen beschrieben, sowie auf einige dynamische Besonderheiten der Transversalwellen und die erreichte Genauigkeit eingegangen.

In immer größerem Umfang werden Transversalwellen hinsichtlich ihrer Verwendungsmöglichkeiten bei geologischen Erkundungsarbeiten untersucht (z. B. [1]). In der DDR konnten die ersten Erfahrungen mit Transversalwellen bei der seismischen Untersuchung der Lagerungsverhältnisse im Bereich einer Braunkohlenlagerstätte gesammelt werden. Zur Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten der Seismik für derartige Aufgabenstellungen erfolgten zunächst in verschiedenen Braunkohlenfeldern Untersuchungen der vertikalen Geschwindigkeitsverteilung sowohl für *P*-Wellen als auch für *S*-Wellen. Die Messungen wurden mit Hilfe der umgekehrten seismischen Vertikalprofilierung ausgeführt, bei der die Wellenanregung durch das Zünden kleiner Ladungen im Bohrloch und der Empfang an der Erdoberfläche in 3 Komponenten geschieht.

Da eine Bestimmung der als erste Einsätze auftretenden direkten *P*-Wellen von vornherein als sicher angesehen werden konnte, wurde besonderes Augenmerk auf eine bevorzugte *S*-Wellenerzeugung gelegt. Durch Verwendung kleinstmöglicher Ladungsmengen und Erzeugung einer Richtwirkung der abgestrahlten Energie konnten deutliche Einsätze der direkten *S*-Wellen erhalten werden. Die Ergebnisse wurden in Form eines vertikalen Laufzeitprofils dargestellt, das die Vertikallaufzeiten der korrelierbaren Einsätze als Funktion der Schußteufe enthält. *Abb. 1* zeigt ein derartiges typisches Laufzeitprofil aus dem Vorfeld eines Braunkohlentagebaues südlich Leipzig (siehe auch [2]).



Es ist zu erkennen, dass die  $P$ -Wellengeschwindigkeit  $v_p$  außer dem markanten Sprung an der Basis der Langsamschicht in ca. 24 m Tiefe keine deutliche Differenzierung aufweist.

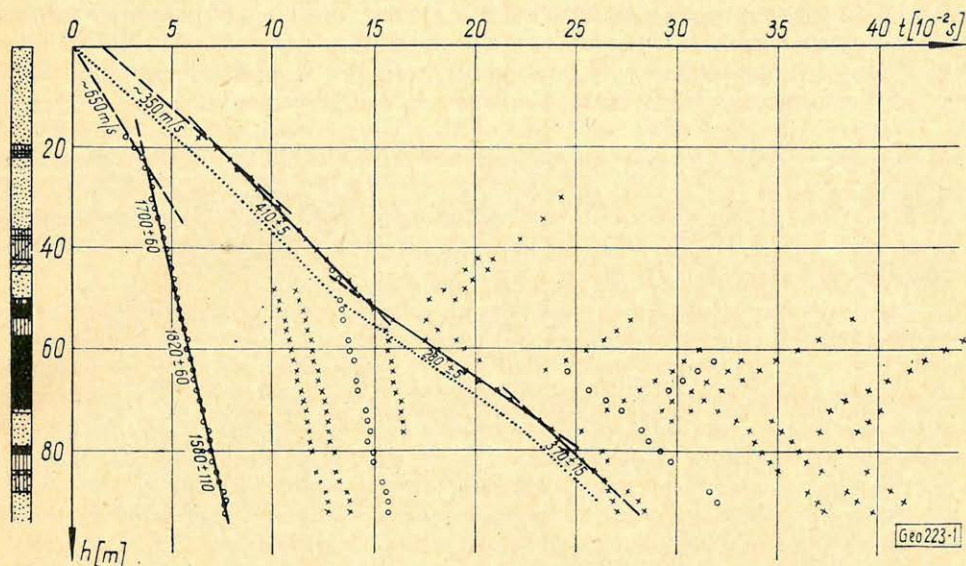


Abb. 1: Vertikales Laufzeitprofil aus dem Vorfeld eines Braunkohlentagebaues.

- x - Komponente X
- o - Komponente Z

1. ábra. Fügélyes útidő-metszet felszíni barnaszéntelep előteréből

- x - X-komponens
- o - Z-komponens

Фиг. 1. Вертикальный временной разрез, полученный в краевой части открытой буровогой залежи

- x - составляющая X
- o - составляющая Z

Für die  $S$ -Wellengeschwindigkeit  $v_s$  lassen sich deutlich mehrere Bereiche unterschiedlicher  $v_s$ -Werte ausgliedern. Der Flözkomplex weist mit 280 m/s die geringste Schichtgeschwindigkeit auf. Das Geschwindigkeitsverhältnis

$\gamma = \frac{v_p}{v_s}$  erreicht im Mittel etwa den Wert 5, für Braunkohle liegt er bei 6,6.

Bei den anderen im Laufzeitprofil dargestellten korrelierten Einsätzen, auf die in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden soll, handelt es sich um multiple, reflektierte bzw. Wechselwellen. In allen weiteren untersuchten Bohrungen auch anderer Meßgebiete ergaben sich prinzipiell ähnliche Gesetzmäßigkeiten in der vertikalen Geschwindigkeitsverteilung der  $P$ - und  $S$ -Wellen. Die erheblich stärkere Differenzierung von  $v_s$  gegenüber von  $v_p$  bedeutet, daß bei Anwendung der Transversalwellen-Methode von einer größeren Anzahl von Schichtgrenzen Reflexionen zu erwarten sind. Besonders günstige Schallhärtesprünge für Transversalwellen treten an der Grenze Braunkohle/Nebengestein auf. Infolge der erheblich geringeren Geschwindigkeit und Dichte der Kohle gegenüber dem Nebengestein – die Dichte verringert sich um 30–40 Prozent – ergeben sich für  $S$ -Wellen Reflexionskoeffizienten von 40 Prozent. Auf



Grund der merklich geringeren Geschwindigkeiten der *S*-Wellen im Verhältnis zu denen der *P*-Wellen läßt sich prinzipiell eine wesentlich größere Genauigkeit der Geschwindigkeitsbestimmung erreichen und zwar sowohl bei bohrlochseismischen Untersuchungen als auch bei reflexionsseismischen Profiluntersuchungen. Namentlich durch die genauere Bestimmbarkeit von  $v_s$  aus den Reflexionshyperbeln wird eine sicherere Erfassung horizontaler Geschwindigkeitsänderungen bei Verwendung reflektierter *S*-anstelle *P*-Wellen ermöglicht.

Des weiteren dürfte bei einer Erkundung mit *S*-Wellen eine weitaus größere Genauigkeit der Tiefenbestimmung reflektierender Schichtgrenzen erreichbar sein.

Für das Auflösungsvermögen ergeben sich, obwohl die vorherrschenden Frequenzen von *S*-Wellen i. a. geringer sind als die entsprechenden *P*-Wellen, ebenfalls günstigere Verhältnisse.

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß sich das Geschwindigkeitsverhältnis mit zunehmender Teufenlage der Schichten deutlich verringert. So konnte beispielsweise durch Ultraschallmessungen an wassergesättigten Sandproben nachgewiesen werden, daß sich der  $\gamma$ -Wert bei Vergrößerung der Belastung von  $1t$  auf  $3t$  von  $\gamma = 6,5$  auf  $\gamma = 3,5$  verringerte. Zum anderen ergaben Auswertungen fotografischer Registrierungen von Akustiklogmessungen z. B. für in ca.  $2000\text{ m}$  Teufe lagernden Hauptdolomit  $\gamma$ -Werte von  $1,8 - 1,9$ . Das Zentralproblem bei praktischen Messungen mit der *S*-Wellen-Methode besteht in einer sauberen Anregung hinreichend intensiver *S*-Wellen. Dem Untergrund muß durch eine gerichtete Anregung eine bevorzugte Schwingungsrichtung aufgeprägt werden. Diese notwendige gerichtete Anregung führt dazu, daß bei einer Umkehr der Anregungsrichtung auch die auf dem Seismogramm erscheinenden Transversalwellen eine Phaseninversion erfahren. Diese Erscheinung stellt das wichtigste Kriterium zur Identifizierung von *S*-Wellen dar.

Bei einer derartigen Anregung werden auf Grund vorhandener Inhomogenitäten nahe der Quelle und nichtidealelastischer Eigenschaften der Gesteine sowie durch die schwer realisierbare ideale Richtwirkung der Anregungsquelle stets noch andere, störende Wellen (z. B. *P*-Wellen) erzeugt, die nicht die Eigenschaft der Phaseninversion bei einer Umkehrung der Anregungsrichtung besitzen. Derartige Störwellen lassen sich durch Subtraktion zweier am gleichen Schußpunkt mit entgegengesetzt gerichteter Anregung registrierter Einzel-seismogramme eliminieren. Dieses durch Subtraktionsstapelung entstandene Seismogramm wird im allgemeinen als Differenzseismogramm bezeichnet. Mit Hilfe eines durch entsprechende Additionsstapelung gewonnenen Summen-seismogramms kann der Anteil der Wellen ohne Phaseninversion abgeschätzt werden.

Zur gerichteten Anregung von *S*-Wellen bei den später beschriebenen Feldmessungen wurde folgendes in [3] ausführlicher behandeltes Verfahren benutzt: An die sorgfältig geglättete vertikale Wand eines Schurfes wurde eine Spezialstahlplatte mit konzentrisch eingefrästen Rillen angebracht. Diese Rillen dienten zum Einlegen von Sprengschnur, die zur besseren Haftung noch mit feuchter Erde verschmiert war. Um den Wirkungsbereich der bei der Detonation entstehenden Stoßwellen nur auf die sogenannte „Arbeitsfläche“ des Schurfes zu beschränken, wurde das Schurfloch vor der Sprengung mit lockerem, stark absorbierendem Boden aufgefüllt.

Damit bei diesem Verfahren neben einer guten Richtwirkung (und damit einer hinreichend sauberen *S*-Wellenabstrahlung) eine größtmögliche Energie-



übertragung gewährleistet werden kann, erfolgten spezielle Untersuchungen über die optimalen Anregungsparameter durch quantitative Bestimmung des Richtwirkungskoeffizienten dieser Quelle. Als günstige Anregungstiefe ergab sich ein Wert von  $1 m$ . Weiterhin konnte festgestellt werden, daß für alle untersuchten Plattengrößen ein gemeinsamer Optimalwert existiert, wenn die verwendete Sprengstoffmenge auf die Größe der Anregungsfläche bezogen wird. Dieser Optimalwert liegt bei  $7 m$  Sprengschnur pro  $m^2$  Anregungsfläche.

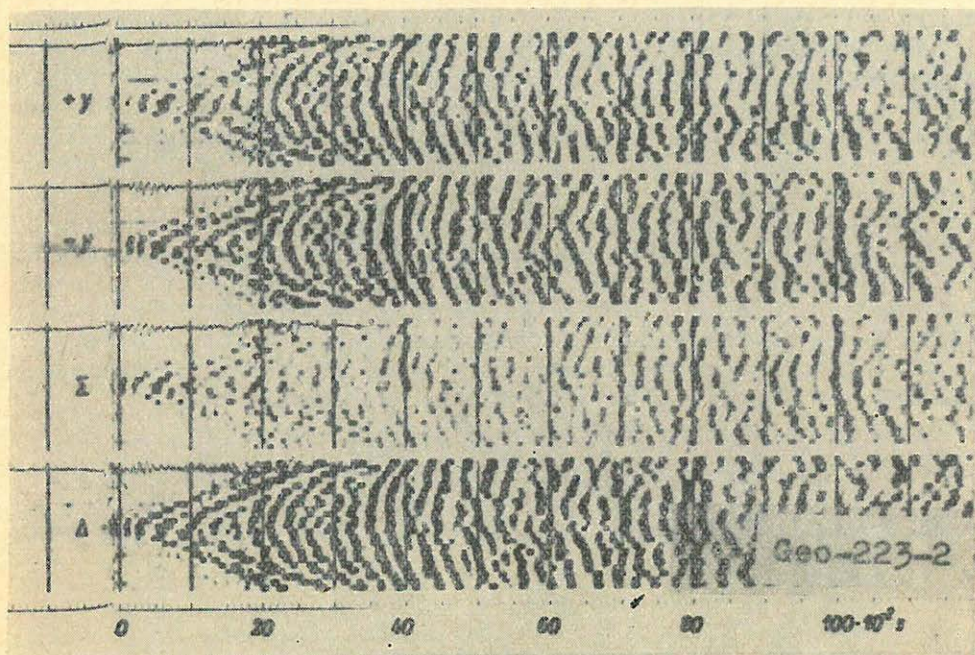


Abb. 2.: Überprüfung der Anregungsgüte am Schußpunkt 10 des in Abb. 4 und 5 dargestellten Profils

Einzelseismogramme (+Y und -Y)

Summenseismogramm ( $\Sigma$ )

Differenzeismogramm ( $\Delta$ )

2. ábra. A 4 és 5. ábrában ábrázolt metszet 10-es lövéspontjánál a rezgékeltési hatékonyság felülvizsgálata

Egyes szeizmogramok (+Y és -Y)

Összezszeizmogram ( $\Sigma$ )

Különbségszeizmogram ( $\Delta$ )

Фиг. 2. Исследование эффективности возбуждения колебаний в пункте взрыва № 10 по профилю, представленному на рисунках 4 и 5

отдельные сейсмограммы (+y и -y)

суммарная сейсмограмма ( $\Sigma$ )

разностная сейсмограмма ( $\Delta$ )

Abb. 2 zeigt im oberen Teil 2 Einzelseismogramme, die entgegengesetzten Anregungsrichtungen am gleichen Schußpunkt entsprechen. Das geringe Amplitudenniveau des Summenseismogramms belegt, daß bei dieser Anregung tatsächlich fast ausschließlich Transversalwellen erzeugt werden. Das ist auch der Grund dafür, daß auf dem Differenzeismogramm keine wesentliche Qualitätsverbesserung mehr festzustellen ist.



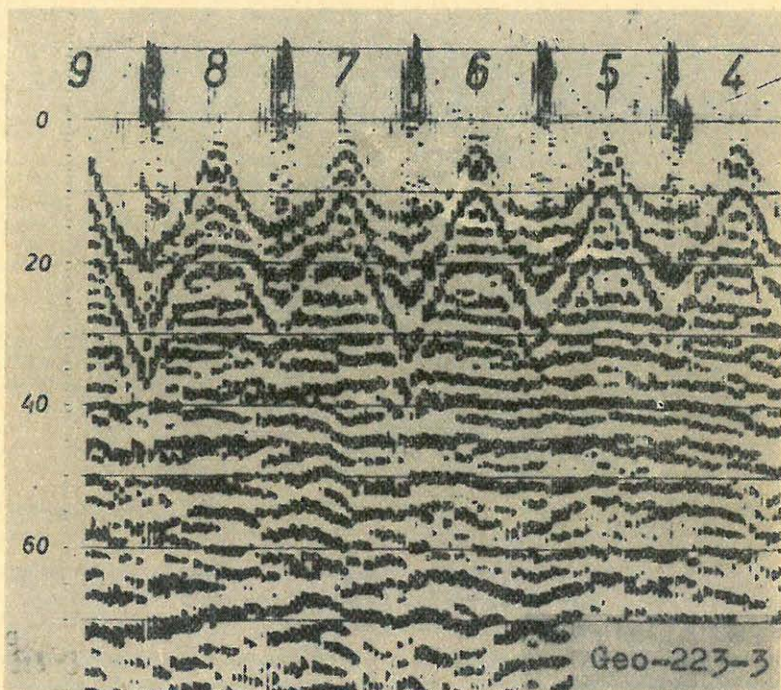
Die praktischen Profilmessungen erfolgten im Vorfeld eines Braunkohlen-tagenbaues, in dem auch die Geschwindigkeitsverteilung und die optimalen Anregungsparameter untersucht worden waren.

Als Beobachtungsschema wurde  $YY$  gewählt, das bedeutet Anregung und Aufnahme in der Horizontalkomponente senkrecht zum Beobachtungsprofil.

Zur Anregung wurden stets 2 jeweils mit der optimalen Ladungsmenge von  $1,4\text{ m}$  Sprengschnur belegte Stahlplatten mit  $50\text{ cm}$  Durchmesser verwendet. Die Anregung erfolgte an jedem Schußpunkt in den 2 entgegengesetzten Richtungen  $+Y$  und  $-Y$ .

Der Schußpunktabstand betrug  $55\text{ m}$ . Die Vermessung geschah mit Zentralaufstellungen bei 5facher Bündelung von Geophonen des Typs  $SPM-16$ . Zur Registrierung wurde eine im VEB Geophysik Leipzig entwickelte 24-spu-rige Transistorenfeldapparatur  $Rx\ 24\ TA$  mit Magnetbandzusatzgerät verwendet; die Aufnahme erfolgte mit Programmregelung und  $ARA$ , bei offenen Filtern und ohne Mischung.

Die Feldmagnetogramme wurden auf einer französischen Auswertezentrale  $CS\ 621$  dynamisch korrigiert und einer Subtraktionsstapelung unterworfen. *Abb. 3* enthält den Zeitschnitt eines vermessenen Profilstücks. Es zeigt sich, daß durch die Subtraktionsstapelung nicht alle Störwellenanteile beseitigt werden können. Deutlich ist eine auf allen Aufstellungen mit mehr oder weniger starker Intensität auftretende Oberflächenwelle erkennbar. Ihre Phasengeschwindigkeit liegt unter  $300\text{ m/s}$ , die Frequenz beträgt *ca.*  $20\text{ Hz}$ .



*Abb. 3.* Zeitschnitt eines Profilstückes in Flächenschrift (ohne Filterung und Mischung)

*3. ábra.* Egy profildarab időmetszete síkírásal (szűrés és keverés nélkül)

*Фиг. 3.* Временный разрез по участку профиля с плоской записью (без фильтрации и смешения)



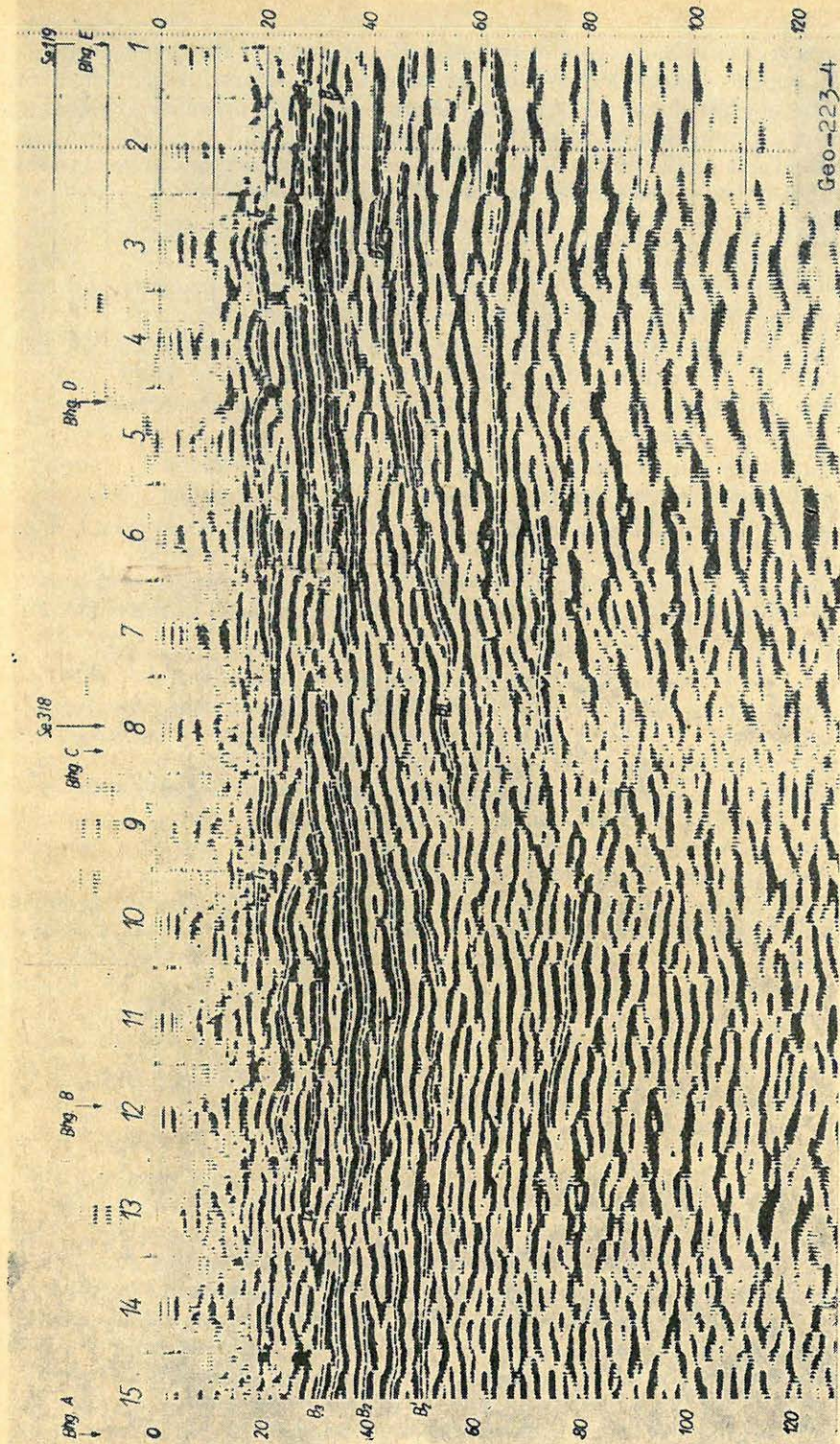


Abb. 4. Zeitschnitt eines Profils in Flächenschrift 4. ábra. Egy profil időmetazete síkrással  
 Фиг. 4. Временной разрез по одному из профилей с плоской записью

Geo-223-4



Durch starke Mischung läßt sich der Einfluß dieser Störwelle erheblich vermindern. *Abb. 4* zeigt den Zeitschnitt eines vermessenen Profils in Flächenschrift. Die entsprechende Abspiegelung erfolgte mit 100-prozentiger Mischung über 5 Spuren, bei offenen Filtern und ohne Regelung.

Die Korrelation der Reflexionseinsätze weist teilweise erhebliche Unsicherheiten auf. Die Ursachen hierfür sind in folgendem zu suchen:

1. Durch den komplizierten geologischen Aufbau der tertiären Schichtenfolge und den geringen Abstand zahlreicher seismisch wirksamer Schichtgrenzen herrscht allgemein ein recht kompliziertes, mit zahlreichen Interferenzen durchsetztes Schwingungsbild vor.
2. Die vor allem im Hangenden der Flöze teilweise feststellbaren rasch veränderlichen Intensitäten der Reflexionen sind u. a. durch Änderungen der Mächtigkeiten und lithologischen Zusammensetzung dünner Schichten bedingt.
3. Durch den Einfluß der sehr energiestarken Oberflächenwellen treten im schußpunktfernen Bereich Korrelationsunterbrechungen auf.
4. Auf Grund des relativ großen Reflexionskoeffizienten an den Grenzen Kohle/Nebengestein sind verschiedene Typen relativ starker multipler Reflexionen zu erwarten, die durch ihre Überlagerung mit den Nutzreflexionen größerer Laufzeit das Schwingungsbild zusätzlich komplizieren.

Durch die Anschlußmöglichkeit der verfolgten Horizonte an die zahlreichen Erkundungsbohrungen konnte die Richtigkeit der Korrelation ständig überprüft werden. Die vorherrschenden Frequenzen der Transversalwellen-Reflexionen aus der tertiären Schichtenfolge liegen bei 40 . . . 45 Hz.

Durch Anschluß an die einzelnen Bohrungen ergab sich folgende stratigraphische Zuordnung der einzelnen Reflexionshorizonte: Die mit *T* bezeichneten Horizonte schließen sich an verschiedene durch Bohrungen ausgewiesene Toneinlagerungen an. Erschwerend auf die Korrelation besonders dieser Horizonte wirkt sich in schußpunktfernen Bereichen die Oberflächenwelle aus, deren Einfluß selbst durch die starke Mischung der Spuren nicht vollständig verschwindet. Die mit *B* bezeichneten Horizonte wurden verschiedenen Schichtgrenzen im Flözbereich zugeordnet. So entspricht z. B. der als markanter Schwingungszug im gesamten Meßgebiet am sichersten verfolgbare Leithorizont *B*<sub>3</sub> der Oberkante des obersten Kohleflözes. Die an verschiedene andere Grenzen zwischen Kohle und Nebengestein anschließenden Reflexionshorizonte mit größerer Laufzeit als *B*<sub>3</sub> weisen mehr oder weniger ausgedehnte Korrelationsunterbrechungen auf.

Die folgende *Abb. 5* enthält das entsprechende konstruierte Tiefenprofil. Das Deckgebirge der Kohle besteht im Meßgebiet aus einer unregelmäßigen Wechsellagerung von Sanden und Tonen, dem sogenannten Haselbacher Komplex.

Die i. a. nur über kurze Erstreckungen verfolgbaren Reflexionen von Tonhorizonten aus dem Hangenden der Kohle belegen, daß die einzelnen erbohrten Tone im Deckgebirge tatsächlich nur linsenförmige Einlagerungen relativ geringer horizontaler Erstreckung darstellen. Lediglich im Bereich der größten Flözabsenkung lassen sich die in den Bohrungen *B* und *C* im Hangenden von Flöz *III* erbohrten Tone durch den Reflexionshorizont *T*<sub>4</sub> bei teilweise sehr guter Reflexionsqualität miteinander verbinden.



Demgegenüber konnte der Leithorizont  $B_3$  fast auf dem ganzen Tiefenprofil mit guter, teils sehr guter Reflexionsqualität erfaßt werden. Die tieferliegenden Horizonte weisen bei steigender Anzahl der darüberliegenden seismischen Grenzen mit ausgeprägtem Schallhärtesprung der Grenzen Kohle/Nebengestein, eine zunehmende Verschlechterung der Reflexionsqualität auf. Die in den Tiefenprofilen nicht bezeichneten Horizonte wurden keiner geologischen Schichtgrenze zugeordnet. Es ist möglich, daß sie nicht in jedem Fall einen separaten Reflexionshorizont repräsentieren. So ist z. B. schwierig zu entscheiden, ob der unmittelbar unter dem Leithorizont  $B_3$  gelegene Reflexionshorizont der Unterkante von Flöz  $III$  entspricht oder eine Nachphase des Schwingungszuges  $B_3$  darstellt.

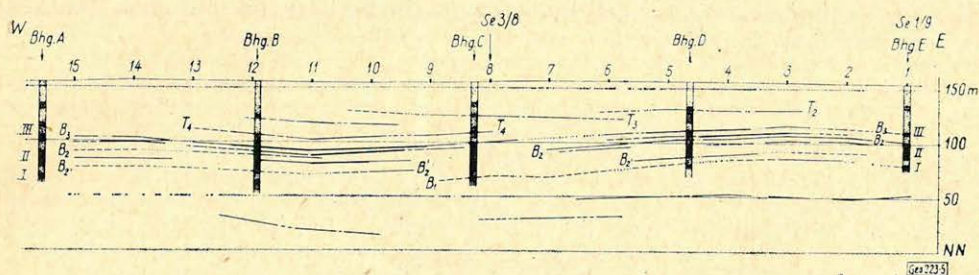


Abb. 5. Seismisches Tiefenprofil nach dem in Abb. 4 dargestellten Zeitschnitt

5. ábra. Szeizmikus mélységprofil a 4. ábrán szereplő időmetszet szerint

Фиг. 5. Сейсмический глубинный разрез, построенный по временному разрезу, показанному на фиг. 4.

Auf dem Tiefenprofil tritt zwischen den Bohrungen  $D$  und  $E$  eine nach den Unterlagen des 200 m-Bohrnetzes nicht feststellbare Hochlage des gesamten Flözkomplexes mit etwa 5 m Amplitude auf. Im westlich anschließenden Abschnitt läßt sich im Tiefenprofil eine durch die Erkundungsbohrungen festgestellte deutlich ausgeprägte Flözabsenkung bestätigen. Das Muldentiefste ist nach dem seismischen Tiefenprofil etwa 50 m östlich der Bohrung  $B$  im Bereich des Schußpunktes  $11$  zu erwarten.

Zur besseren Ausschöpfung des Informationsgehaltes der seismischen Registrierung wurde versucht, eine Bestimmung der Mächtigkeit des oberen Kohleflözes an Hand der Spektralcharakteristik seiner Reflexionseinsätze vorzunehmen. Bei geringer Mächtigkeit zwischen dem oberen Flöz  $III$  und dem Hauptflöz  $II$  stellen die Einsätze von diesen seismischen Grenzen ein breites Schwingungsband dar, in dem die Ausgliederung separater Einsätze nicht möglich ist.

Die Spektralcharakteristiken dieser Schwingungszüge, die sich aus mindestens 3 Einzelimpulsen zusammensetzen, zeigten ein sehr kompliziertes Verhalten und gestatteten keine quantitativen Aussagen.

Günstige Verhältnisse ergaben sich in den übermessenem Profilabschnitten, wo sich der zu untersuchende Schwingungszug nur aus 2 an einem dünnen Kohleflöz reflektierten Wellen zusammensetzt.

Abb. 6 zeigt ein Beispiel eines derartigen Amplitudenspektrums, nach dem sich eine Flözmächtigkeit von 3 m berechnen ließ. Das erbohrte Schichtenprofil hatte an dieser Stelle eine Flözmächtigkeit von 3,1 m ausgewiesen.



Abschließend sollen einige Angaben über die bei diesen Messungen erreichte Genauigkeit der Teufenbestimmung gemacht werden.

Die verschiedenen Toneinlagerungen zugeordneten Reflexionshorizonte lassen sich bei maximalen Abweichungen von 1–2 m den Ober- oder Unterkanten der erbohrten Tone zuordnen. Da bei diesen meist sehr geringmächtigen Tonhorizonten nicht verlässlich anzugeben ist, ob die korrelierten Phasen den Ober- oder Unterkanten entsprechen, erfolgte hierfür keine Bestimmung der mittleren Abweichungen. Beim Anschluß des Leithorizontes  $B_3$  an die durch die Bohrungen ermittelten Teufen der Oberkante von Flöz III treten maximale Abweichungen von 1 m auf. Für die übrigen Horizonte aus dem Flöz-bereich ergeben sich, wenn berücksichtigt wird, daß die Reflexionshorizonte  $B_2$  und  $B'_2$  jeweils 2 m über den ihnen zugeordneten stratigraphischen Grenzen liegen, maximale Abweichungen von 2 m.

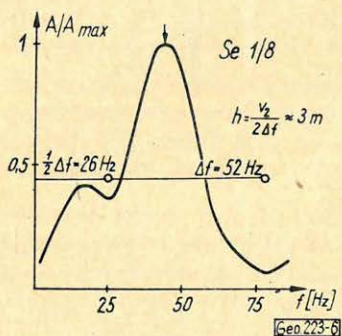


Abb. 6. Flözmächtigkeitsbestimmung anhand der Spektralcharakteristik  
 6. ábra. Telepvastagság-meghatározás a spektrálkarakterisztika alapján  
 Фиг. 6. Определение мощности залежи по спектральной характеристике

Der relative Fehler in der Teufenbestimmung der den Flözbegrenzungen entsprechenden seismischen Horizonte beträgt, bei Mitteilung über 20 verfügbare Anschlußwerte, knapp 2 Prozent.

Die hier vorgelegten Ergebnisse von Versuchsmessungen im Vorfeld eines Braunkohlentagebaues zeigen, daß reflektierte Transversalwellen erfolgreich zur Klärung der Lagerungsverhältnisse eingesetzt werden können. Die Verwendung der hier benutzten Methodik auch bei anderen, z. B. hydrogeologischen Erkundungsaufgaben im Lockersedimentbereich erscheint aussichtsreich.

Darüber hinaus dürften die hier gewonnenen Erfahrungen bei der Verwendung von Transversalwellen für erdölgeologische Probleme ebenfalls von Bedeutung sein.

#### LITERATUR

- [1] *Sammelband*: Poperecsnye i obmnyye volny v sejsmorazvedke. – Verlag „Nedra“, Moskau (1967).
- [2] *Patzer, U.; Grässl, S.*: Möglichkeiten der seismischen Erkundung von Braunkohlenlagerstätten. – *Sammelband „Geophysik in der Braunkohlenerkundung“*, Wiss. – Techn. Inform. – Dienst, Zentr. Geol. Inst. Berlin (in Vorbereitung).
- [3] *Grässl, S.; Patzer, U.*: Zum Problem der Energieanregung bei seismischen Untersuchungen mit Transversalwellen. – *Geophysik und Geologie*, Leipzig (im Druck).



## Einige Hinweise für die reflexionsseismische Untersuchung tektonischer Störungen anhand von Beispielen aus der DDR

G. LÖSER — E. KÖHLER — W. KURRAT

A bevezetésben a szerzők szembeállítják a reflexiós szeizmikus diszkontinuitás-térképezéshez a nemzetközi kutatási gyakorlatban levezetett kritériumokat a DDR-ben elért állapottal. Példák és statisztikus vizsgálatok alapján kimutatják, hogy tektonikai diszkontinuitások objektív megállapítását gyakran felszíni hatások és mérés technikai szabálytalanságok akadályozzák, ha tisztán a korreláció-megszakadásra, mint kritériumra támaszkodunk.

A továbbiakban azt tárgyalja a dolgozat, hogy milyen terepi-, illetve interpretációs-eljárások igényelnek megfelelő eredményeket. Különösen a kis ugrásmagasságú tektonikai diszkontinuitások vizsgálata nál kínálkoznak a többszörös fedéses eljárás egyes variánsai mert ezek módot adnak a felszíni, és mélység-hatás egyértelmű elválasztására. Itt a dolgozat beszámol az első tapasztalatokról.

Míg a felső perm-ben (Zechstein-ben), a mezozoikum-ban és a kainozóikum-ban szeizmikus reflexiós vezérhorizontok segítik bizonyos mértékben a diszkontinuitások utáni kutatást, tehát módot adnak az objektív kritériumok alkalmazására, addig a régebbi üledékekben az átfogó reflexiós horizontok csaknem teljesen hiányzanak. A dolgozat végén néhány példán bemutatják a szerzők, hogy itt milyen úton lehet a megoldást megközelíteni.

Сопоставляется международная практика сейсмического картирования методом отраженных волн с состоянием этих работ в ГДР. Опираясь на практические примеры и на результаты статистических исследований авторы показывают, что объективному выявлению тектонических нарушений часто препятствуют поверхностные эффекты и недостатки техники измерения, если при этом в качестве признака наличия тектонических нарушений берутся только разрывы в корреляции.

В дальнейшей части работы рассматривается эффективность различных методов полевых работ и интерпретации. Отдельные варианты многократного перекрытия оказываются эффективными главным образом для выявления тектонических нарушений небольшой амплитуды, поскольку они позволяют однозначно отделить поверхностные эффекты от глубинных. В связи с этим приводятся результаты первых опытных работ, проведенных в ГДР.

В то время, как о отложениях верхней перми (цехштейна), мезозоя и кайнозоя выявлению тектонических нарушений в определенной мере способствует наличие опорных отражающих горизонтов, позволяющее использовать объективные критерии, в более древних отложениях почти полностью отсутствуют сплошные отражающие горизонты. В заключение на некоторых примерах представляются пути приближенного решения этой задачи.

Einleitend werden aus der internationalen Fachliteratur abgeleitete Kriterien zur reflexionsseismischen Störungskartierung dem in der Erkundungspraxis der DDR erreichten Stand gegenübergestellt. Anhand von Beispielen und statistischen Untersuchungen wird nachgewiesen, daß eine objektive, eindeutige Festlegung tektonischer Störungen oft durch Oberflächeneinflüsse und meßtechnische Unregelmäßigkeiten erschwert wird, solange die Korrelationsunterbrechung als oft alleiniges Hauptkriterium verwendet wird.

Weiterhin wird diskutiert, welche Feld- und Interpretationsverfahren geeignete Ergebnisse erwarten lassen bzw. bringen. Insbesondere für die Erkundung tektonischer Störungen kleiner Sprunghöhen bieten sich verschiedene Varianten der Mehrfachüberdeckung an, die eine eindeutige Trennung zwischen Oberflächen- und Tiefeneffekt erlauben. Über erste Erfahrungen kann berichtet werden.

Während im oberen Perm (Zechstein), im Mesozoikum und Känozoikum reflexionsseismische Leithorizonte die Störungssuche in gewissem Umfang noch begünstigen, die Anwendung objektiver Kriterien also erlauben, fehlen durchgehende Reflexionshorizonte in den älteren Ablagerungen fast völlig. Welche Lösungswege hier beschrritten werden, wird anhand abschließender Beispiele erläutert.

Das Schwergewicht der geologisch-geophysikalischen Erkundung von Erdöl und Erdgas verlagert sich mehr und mehr in Richtung auf die Lösung komplizierterer Aufgabenstellungen. Zu den schwierigsten Fragen gehört ohne



Zweifel auch die Lokalisierung und speziellere Untersuchung tektonischer Störungen. Hier versagen häufig die anderen Verfahren bzw. sie können nur Teilbeiträge liefern, so daß der Reflexionsseismik besondere Bedeutung zukommt.

Zahlreiche Veröffentlichungen in der internationalen Fachliteratur befassen sich mit der erwähnten Problematik und geben theoretische und praktische Lösungswege an. Sowohl in der DDR als auch z. B. in der ČSSR und der VR Ungarn wird intensiv an dieser Aufgabe gearbeitet. Bei Gesprächen mit Fachkollegen anlässlich des letzten Symposiums in Leipzig, aber auch bei Besuchen geophysikalischer Institutionen in Brno und Budapest hatten wir uns von den erzielten Fortschritten überzeugen können. Es sei auch an den Vortrag von Rädler auf dem XI. Symposium 1966 in Budapest oder an das in der ČSSR und VRU praktizierte Verfahren der geologischen Interpretation seismischer Profilschnitte erinnert.

Wir möchten hier über einige Ergebnisse einer umfassenden Spezialauswertung der Literatur und über den in der DDR-Erkundungspraxis erreichten Stand der Störungsfestlegung unter verschiedenen geologischen Bedingungen informieren. Wir möchten darstellen, welche Möglichkeiten zur seismischen Störungskartierung wir sehen und wie diese Möglichkeiten gegenwärtig genutzt werden.

1967 wurde eine Zusammenfassung und Literaturzusammenstellung über „Einige Kriterien für das Auffinden tektonischer Störungen aus reflexionsseismischem Primärmaterial“ (Löser 1967) ausgearbeitet und allen seismischen Meßtrupps des VEB Geophysik Leipzig zur Verfügung gestellt. Die angeführten 17 kinematischen und 7 dynamischen Kriterien sind darin ausführlich erläutert und mit einer Bewertung versehen worden. Hier kann nur eine kurze Übersicht gegeben werden.

Abb. 1 enthält eine Zusammenstellung dieser Kriterien. Kaum eines der Kriterien ist isoliert anwendbar, wenn eine eindeutige Aussage über Vorhandensein und Charakter tektonischer Störungen gefordert wird, und jedes der Kriterien ist nur dann effektiv, wenn alle Einflüsse der Oberfläche (Morphologie, Langsamschicht, seismogeologisches Profil, Ankopplungsbedingungen, gewählte Parameter) und technische Störeinflüsse eliminiert sind. Das erfordert Sorgfalt und optimalen Aufwand von der Vorbereitung und Durchführung der Feldarbeiten bis zur Bearbeitung und Interpretation des Primärmaterials.

In welchem Umfange objektive Gesichtspunkte bei der Störungsfestlegung eine Rolle spielten, beweist das Ergebnis einer statistischen Überprüfung reflexionsseismischer Berichte aus den Jahren 1966 (38 Berichte) und 1967 (30 Berichte).

Abb. 2 zeigt, daß das Kriterium *I. 1* (Korrelationsunterbrechung) dominiert z. T. kombiniert mit *I. 2* (Laufzeitsprünge), *I. 3* (Neigungswechsel) oder *I. 4* (Störwellen, Interferenzen). Die restlichen 20 Kriterien wurden nur vereinzelt erwähnt.

Abb. 3 bringt die Diskrepanz zwischen der Aufgabenstellung und den gewählten Lösungsmethoden noch deutlicher zum Ausdruck: Auf den seismischen Profilen bzw. in den Profilbeschreibungen wurden 270 mal *I. 1*, ca. 60 mal *I. 2*, 35 mal *I. 3* und 45 mal *I. 4* angegeben. Das schließt nicht aus, daß die Geophysiker weitere Kennzeichen beachtet haben, die sie nur nicht erwähnten.



ohne Kennzeichen gelegentlich anwendbar

Isme rtetőjel nélkül alkalmazható alkalmazható biztos fontos, nagyon biztos, feltétlenül bevinni

\* anwendbar  
\*\* sicher  
\*\*\* wichtig, sehr sicher, unbedingt heranzuziehen

\*  
\*\*  
\*\*\*

Nr. szám	Bewertung Értékelés	Kurzbezeichnung des Kriteriums
<b>I. Kinematische Kriterien</b>		
1	*	Korrelationsunterbrechungen
2	***	Phasensprünge/Versetzungen
3	**	Leitreflexionen
4	*	Neigungswechsel
5	*	Verzerrungen, Interferenzen, versch. Störwellen
6	***	Anomal geneigte Phasenachsen
7	**	Auftreten von Diffraktionswellen
8	*	Auftreten reflektierter Refraktionswellen
9	*	Widersprüche zw. seismischen u. Bohrergebnissen
10	*	Ringschluss fehler
11	*	Anschießen
12	*	Mächtigungsänderungen
13	*	Geschwindigkeitsänderungen
14	*	Überlappungen
15	*	Änderungen der Eindringtiefe
16	***	Schirmwirkung der Bruchfläche
17	*	Trennung von Oberflächen- und Tiefeneffekt
		Auftreten „vorgesch. strukt. Antiklinalen“

Kritérium rövid jellemzése
<b>Kinematikus kritériumok</b>
Korrelációs szakadások
Fázisugrások/vézérhorizontok eltolódása
Dőlésváltozások
Torzulások, interferenciák, különböző zavarhullámok
Anomálishan dőlt fázistengelyek
Diffrakciós hullámok keletkezése
Reflektált-refraktált hullámok fellépése
Ellentmondások a szeizmikus és fúrási adatok között
Zárási hibák
Elvonszolódások
Vastagságváltozások
Sebességváltozások
Átfedések
Lehatolási mélység változások
Törési felület árnyékoló hatása
Felszíni és mélységi hatások szétválasztása
„Törésekkel kapcsolatos látszólagos boltozatok” megjelenése

<b>II. Dynamische Kriterien</b>		
1	*	Allg.-Änderung d. dynam. Besonderheiten
2	*	Änd. d. Amplituden, Intensität, Energieverteilung
3	*	Änd. d. Phasenzahl oder Phasenfolge
4	*	Wellenwechsel
5	*	Änderung des Frequenzspektrums
6	*	Änd. d. korrelierten Reflexionskoeffizienten
7	*	Änd. d. Korrelationsfunktion

<b>Dinamikus kritériumok</b>	
A	dinamikus sajátosságok általános megváltozása
Az	amplitúdók, intenzitás, energielosztás változása
A	fázisok számának vagy a fázisok egymáshoz követekezésének megváltozása
Hullám	változások
Frekvenciaspektrum	megváltozása
A	korrelált reflexiókoefficiensek változása
Korrelációs	függvény megváltozása

без обозначения — иногда применяемые  
\* — применяемые  
\*\* — уверенные  
\*\*\* — важные, очень уверенные, обязательно используемые критерии

11 Изменения мощности  
12 Изменения скоростей  
13 \* Перекрытия  
14 Изменения глубинности  
15 \* Эффект экранирования плоскости сброса  
16 \*\*\* Дифференциация поверхностей и глубинных эффектов

№	Оценка	Краткая характеристика критериев
<b>I. Кинематические критерии</b>		
1	*	Прерывы в корреляции
2	***	Фазовые смещения/смещения опорных отражений
3	**	Изменение угла наклона
4	*	Искажения, интерференции, различные волныпомехи
5	*	Оси синфазности с аномальным наклоном
6	***	Появление дифракционных волн
7	**	Появление отраженных преломленных волн
8	*	Противоречия между сейсмическими данными и данными бурения
9	*	Невязки
10	*	Смещения

<b>II. Динамические критерии</b>	
1 *	Общее изменение динамических особенностей
2 *	Изменение амплитуд, интенсивности волн и распределения энергии
3 *	Изменение числа или последовательности фаз
4 *	Смена волн
5 *	Изменение частотного спектра
6 *	Изменение коррелируемого коэффициента отражения
7 *	Изменение корреляционной функции

Abb. 1. Kriterien zur seismischen Störungskartierung (nach LÖSER 1967)

1. ábra. Kritériumok a szeizmikus zavartérképezéshez Löser 1967 szerint)

Фиг. 1. Критерии для сейсмического картирования тектонических нарушений (по Лёзеру, 1967)



Die zitierte Anleitung zur Störungsfestlegung soll es unseren Geophysikern erleichtern, noch verantwortungsbewußter und vielseitiger und mit ergänzenden Spezialuntersuchungen die Störungssuche zu betreiben, die gegenwärtig so wichtig für die Erdölerkundung ist.

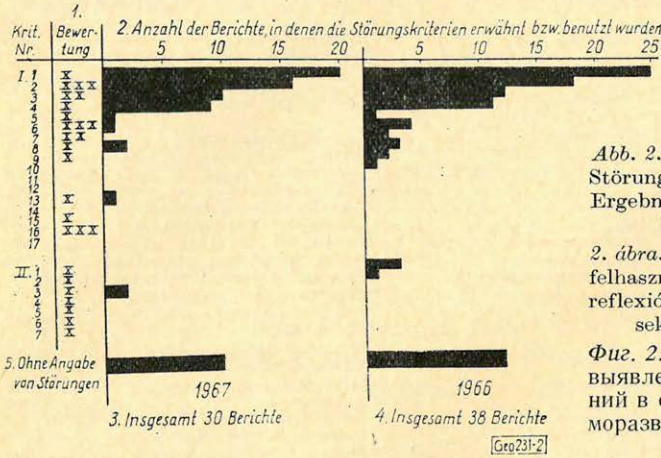


Abb. 2. Anwendung von Kriterien zur Störungssuche in reflexionsseismischen Ergebnisberichten der Jahre 1966 und 1967 (aus LÖSER 1968)

2. ábra. A zavarkeresési kritériumok felhasználása az 1966. és 1967. évi reflexiós szeizmikus eredményjelentésekben (Löser 1958 alapján)

Фиг. 2. Применение критериев для выявления тектонических нарушений в отчетах о результатах сейсморазведки за 1966 и 1967 гг. (по Лёзеру, 1968)

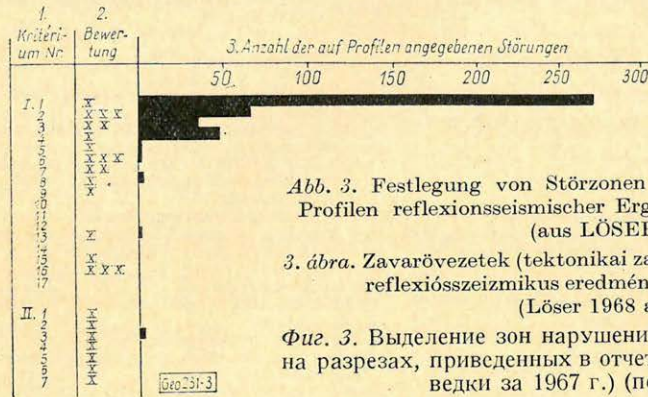


Abb. 3. Festlegung von Störzonen (tektonischer Störungen) auf Profilen reflexionsseismischer Ergebnisberichte des Jahres 1967 (aus LÖSER 1968)

3. ábra. Zavarövezetek (tektonikai zavarok) feltárása az 1967-es évi reflexiós szeizmikus eredményjelentések metszetein (Löser 1968 alapján)

Фиг. 3. Выделение зон нарушений (тектонические нарушения на разрезах, приведенных в отчетах о результатах сейсморазведки за 1967 г.) (по Лёзеру, 1968)

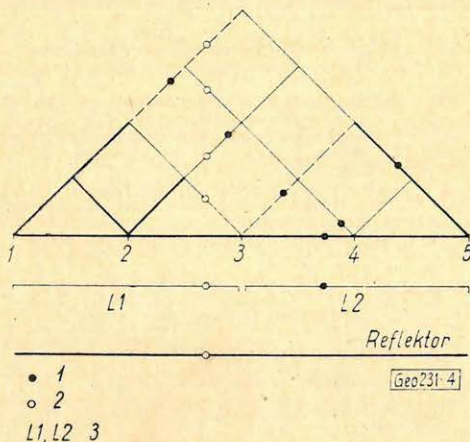


Abb. 4. Anwendung des Verfahrens mit Schußpunktvariation (Prinzipsskizze) (aus LAST 1968)

1 Oberflächeneffekt, 2 Tiefeneffekt  
3 Linienaufstellungen

4. ábra. A robbantáspont-változtatási eljárás (elvi vázlat) alkalmazása (Last 1968 alapján)  
1 Felszínhatás 2 Mélységi hatás  
3 Vonalfelállítások

Фиг. 4. Применение способа вариации пунктов взрыва (принципиальная схема) (по Ласту, 1968)



Da selbst in den tektonischen Stockwerken, wo reflexionsseismische Leit-  
horizonte die Störungsfestlegung erheblich begünstigen, eine eindeutige Inter-  
pretation infolge Überlagerung von Oberflächen- und Tiefeneinflüssen schwer  
ist, suchten wir nach Möglichkeiten, diese eindeutig zu trennen. Ein wesent-  
liches Mittel dazu ist das von KOVALEVSKIJ (1964) beschriebene und bei  
uns erfolgreich erprobte und weiterentwickelte „Verfahren der versetzten  
Schußpunkte“ (Schußpunktvariation), eine Variante der Mehrfachüberdeckung,  
auf die man besonders bei der Suche tektonischer Störungen geringer Sprung-  
höhen nicht verzichten sollte.

Abb. 4 zeigt das Prinzip der Feldtechnik und Auswertung: Quer zu einer  
vermuteten Störung wird eine Doppelaufstellung von 600 ... 1000 m Länge  
ausgelegt. Je nach dem benötigten Überdeckungsgrad werden  $n$  Schußpunkte  
darauf verteilt und nacheinander ausgeschossen. Jeder Schuß wird von beiden  
Stationen registriert. Tiefeneffekte verschieben sich nach den Gesetzen der  
geometrischen Optik im  $t$ - und  $x$ -Richtung, Oberflächeneffekte verbleiben am  
gleichen Geophon. Wir führen die Auswertung nach dem Gamburcev-Schema  
durch. Tiefeneffekte liegen dann übereinander (bis zu  $n-1$  mal registriert),  
Oberflächeneffekte schräg ( $n$ -mal registriert).

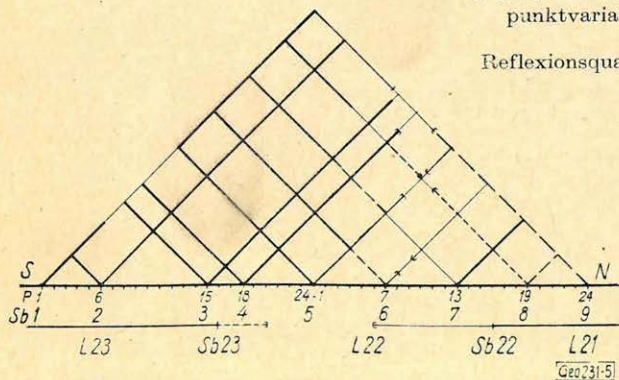


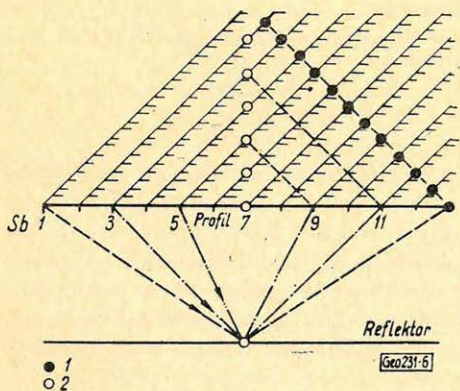
Abb. 5. Meßbeispiel des Verfahrens mit Schuß-  
punktvariation. Aufstellungsweite 690 m,  
Horizont Z

Reflexionsqualität: ————— sehr gut  
————— gut  
- - - - - fraglich

5. ábra. A robbantáspont-változ-  
tatási eljárás mérési mintája. Fel-  
állítási távolság: 690 m, Z-hori-  
zont

Reflexióminőség: ————— igen jó  
————— jó  
- - - - - kérdéses

Фиг. 5. Пример применения  
метода вариации пунктов  
взрыва; длина установки  
— 690 м. Горизонт Z



Качество отражений:

————— очень хорошие  
————— хорошие  
- - - - - спорные

Abb. 6. Verwendung der Einzelseismogramme  
von Stapelmessungen zur Störungssuche (Gam-  
burcev-Darstellung) (aus LAST 1968)

1 Oberflächeneffekt 2 Tiefeneffekt  
3 Linienaufstellungen

6. ábra. Átfedéses mérések egyedi szeizmogram-  
jainak alkalmazása zavarkeresésre (Gamburcev-  
előállítás) (Last 1968 szerint). 1 Felszíni hatás  
2 Mélységi hatás 3 Vonalfelállítások

Фиг. 6. Применение отдельных сейсмограмм, полученных при наблюдениях по способу  
накопления, для выявления тектонических нарушений (представление по Гамбурцеву)  
(по Ласту, 1968)



Abb. 5 ist ein Meßbeispiel aus dem Norden der DDR mit einem hohen Überdeckungsgrad. Hier konnte eine tektonische Störung mit einer Sprunghöhe von weniger als 50 m sicher nachgewiesen werden, was mit normalen Profil- und Linienaufstellungen nicht gelang.

Gleiche Gesichtspunkte gelten auch bei der Verwendung der Einzelseismogramme von Stapelmessungen (Abb. 6). Auch hier verschieben sich Oberflächen- und Tiefeneffekte unterschiedlich. Ausschnitte aus Einzelabspielungen von Magnetogrammen, die zur CRP-Stapelung aufgenommen wurden, deuten einmal auf tektonische Störungen (Abb. 7, Verschiebung um je 4 Spuren), dann auf Oberflächeneinfluß (Abb. 8, Verschiebung um je 2 Spuren).

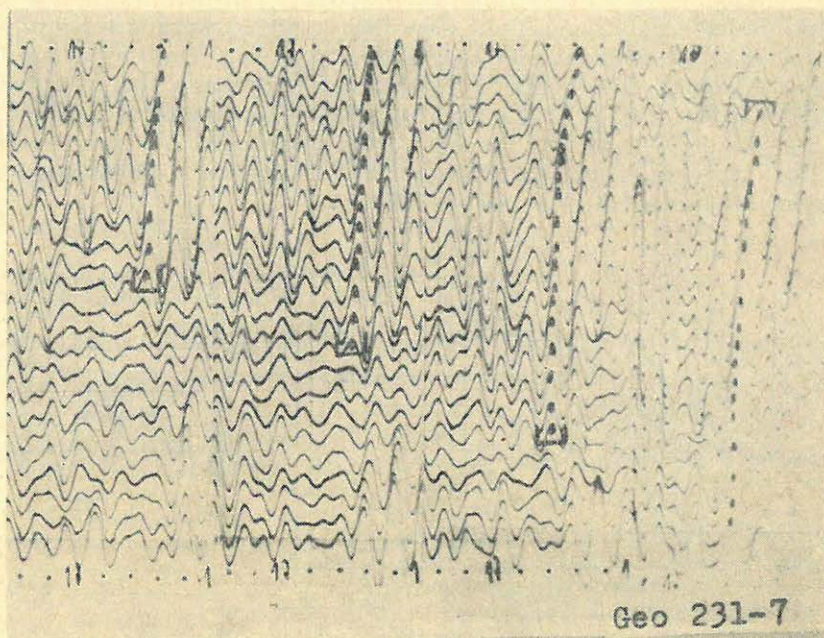


Abb. 7. Tiefeneffekt (Verschiebung um je 4 Spuren bei Sechsfachüberdeckung) auf Stapelseismogrammen (aus LAST 1968)

7. ábra. Mélységi effektus (négy nyomvonallal való eltolás hatszoros fedés mellett) a fedéses szeizmogramoknál (Last 1968 szerint).

Фиг. 7. Глубинный эффект (смещение по 4 трассам при шестикратном перекрытии) на сейсмограммах, полученных по методу ОГТ (по Ласту, 1968)

Es sei noch erwähnt, daß bei uns universelle Schußsysteme zur Mehrfachüberdeckung entwickelt wurden, die wahlweise die Liniensapelung („Laborlinien“, ebene und gerichtete ebene Wellenfronten), CRP-Stapelung, Auswertung mit Schußpunktvariation, verschiedene Korrelationszüge, Einfachprofilierung usw. gestatten. Geophon- und Schußpunktabstände lassen sich dabei beliebig variieren. Neben der Verbesserung der Qualität des Primärmaterials erhält man so eine große Zahl von Zusatzinformationen und Kontrollbeziehungen für die Störungskartierung.

Wenn störende Oberflächeneinflüsse nur von untergeordneter Bedeutung sind, können auch durch eine systematische Anwendung einfacher reflexionsseismischer Profilierungen mit gezieltem Einsatz von Verdichtungsmessungen



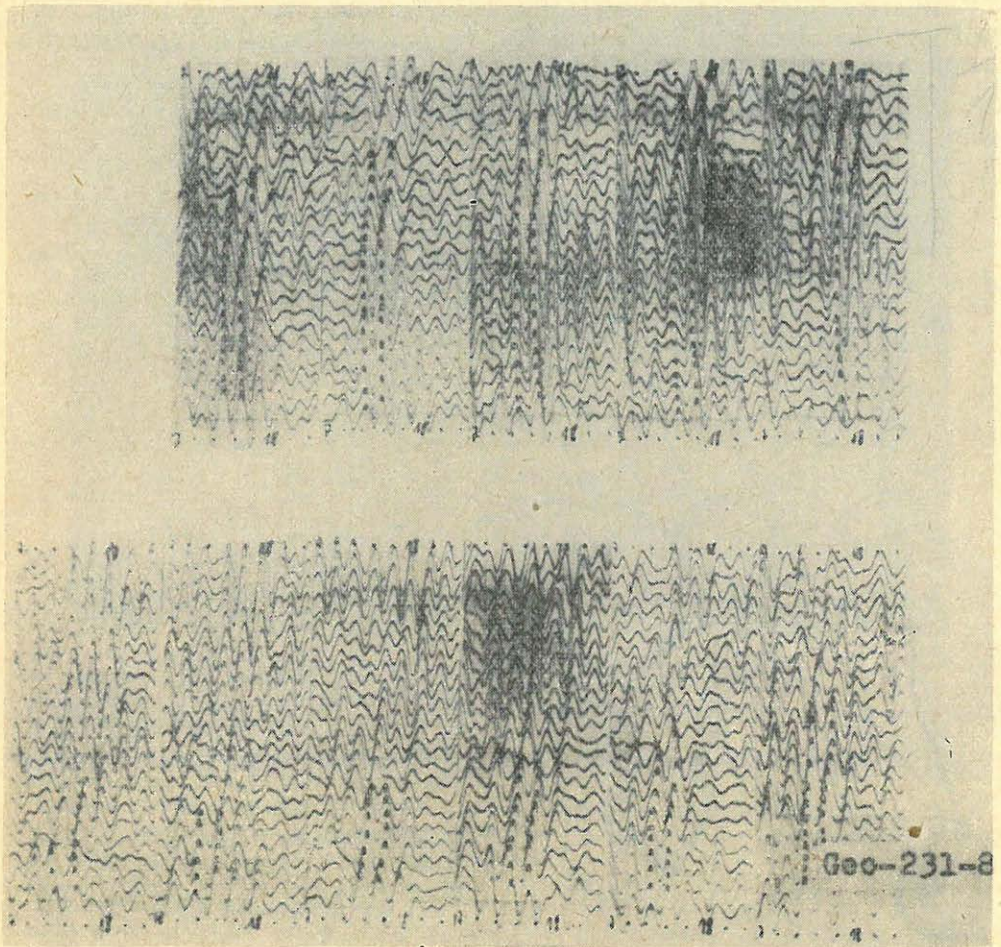


Abb. 8. Oberflächeneffekt (Verschiebung um je 2 Spuren) auf Stapelseismogrammen (aus LAST 1968)

8. ábra. Felszíni effektus (2-2 nyommal való eltolás) a fedékes szeizmogramoknál (Last 1968 szerint)

Фиг. 8. Поверхностный эффект (смещение по 2 трассы) на сейсмограммах, полученных по методу ОГТ (по Ласту, 1968)

einerseits und konsequenter Beachtung komplexer Interpretationskriterien andererseits Erfolge beim Nachweis von verdeckten Störungen z. T. geringer Sprunghöhe erzielt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen das Beispiel einer Störung am Nordosten der DDR. Hier sollten Lage und Streichen der Störung, der Verlauf der Störungsränder, der Charakter und der innere Bau der Störzone präziser ermittelt werden, Auf Abb. 9 sind die vor Beginn der speziellen Messungen vorliegenden Kenntnisse über die Störung (unterbrochene Signatur) sowie die Profilanlage dargestellt. Die auf diesem Bild besonders markierten Bereiche betreffen die Profile bzw. Profilabschnitte, von denen im folgenden einige Ergebnisse übermittelt werden sollen.



In erster Linie dienen Querprofile der Erkundung von Begrenzung, Verlauf und Charakter von Störungen. Für die Bestimmung des Störungsrandes wurden folgende Kriterien herangezogen:

- I. 1 („Abbrechen“ der Korrelation dynamisch charakteristischer Reflexionen),
- I. 2 (Laufzeitversetzungen der Leitreflexionen),
- I. 3 (Änderungen der Neigung der Phasenachsen),
- I. 6 (Auftreten von Diffraktionswellen) bzw.
- II. 1, 2 und 3 (starke Veränderungen in der Dynamik der Reflexionswellen, d. h. in Phasenzahl, Frequenz- und Energiegehalt).

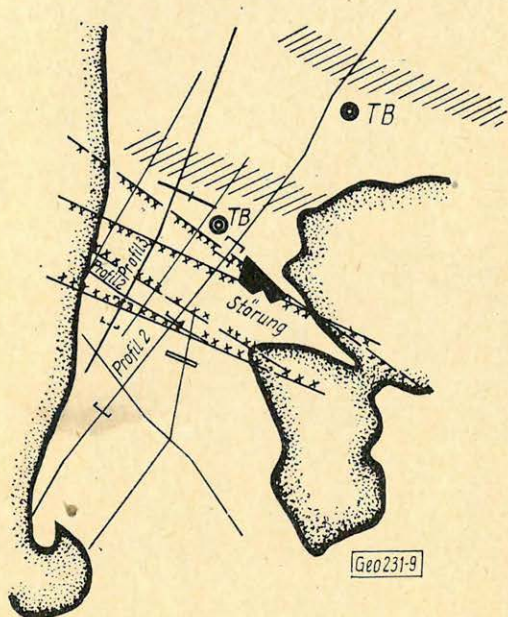


Abb. 9. Profilanlage und Ergebnisse der Reflexionsseismik bei der Erkundung einer Störung im Nordosten der DDR

9. ábra. Metszetek és a reflexiós-szeizmikus eredmények egy diszkontinuitás vizsgálatánál az NDK észak-keleti részében

Фиг. 9. Разрезы и результаты сейсмо-разведочной съемки, проведенной для выявления тектонического нарушения в северо-восточной части ГДР

Zwei Seismogrammeispiele sollen das verdeutlichen.

In Abb. 10 liegen zwei benachbarte Seismogramme – ohne Mischung und Filterung registriert – aus dem Bereich des Südrandes des Störungssystems vor. Während im Laufzeitbereich zwischen 1,1 und 1,6 s ungestörte Lagerungsverhältnisse vorliegen und die postsalinaren Reflexionshorizonte *M*, *S* und *X* durchgehend korrelierbar sind, weist insbesondere die Ausbildung der Reflexionen *Z* und *Z<sub>w</sub>* auf das Vorhandensein von Dislokationen hin. Die Korrelation der Horizonte *Z* und *Z<sub>w</sub>* muß unterbrochen werden, da sich das Schwingungsbild dieser Leitreflexionen erheblich ändert. Die im oberen Teil des Seismogrammblocks erkennbaren Wellenzüge, deren Phasenachsen nach größeren Laufzeiten hin abbiegen, sind möglicherweise als diffraktierte Wellen aufzufassen.

Auch auf den Parallelprofilen erkennt man bei ungestörten Verhältnissen im Laufzeitbereich von 0,8 . . . 1,6 s (Horizonte *K*, *M*, *S*) Komplikationen in den Zechsteinreflexionen, insbesondere bei *Z* und *Z<sub>w</sub>*. Durch die von beiden Seiten, d. h. von den ungestörten Blöcken her, gesicherte Korrelation der



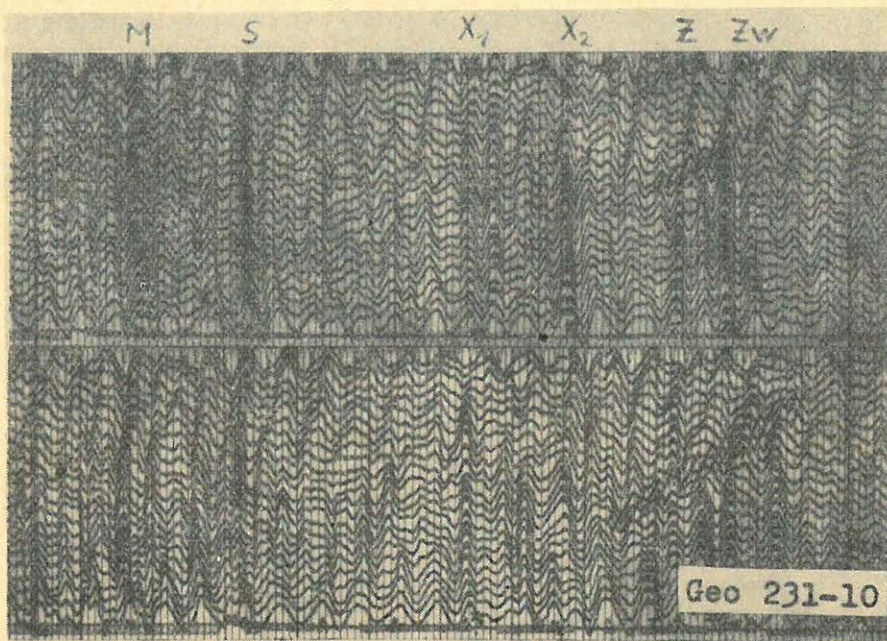


Abb. 10. Seismogrammbeispiel von einem Abschnitt des Profils 3 im Bereich des Südrandes des Störungssystems (Laufzeitbereich 1,0 bis 2,1 s) Parameter: Ausstellungsweite 345 m; Gruppenschüsse 5-fach linear, Basis 40 m, Bohrtiefe 24 m, Gesamtladung 50 kg; Geophonbündelung 10-fach, Basis 20m; ohne Mischung und Filterung registriert

10. ábra. Szeizmogram-példa a 3. metszet egy részéről a diszkontinuításos rendszer déli perem-tartományából (Útidőtartomány: 1,0–2,1 s).

Paraméterek: Térköz = 345 m; csoportos lövés: lineáris 5-szörös; alapvonal: 40 m; fúrásmélység: 24 m; ösztöltet: 50 kg; geofonkapesolás: 10-szeres, alapvonal 20 m; regisztrálás: keverés és szűrés nélkül.

Фиг. 10. Пример сейсмограмм, полученных по профилю 3 в области южного края системы нарушений (интервал времен от 1,0 до 2,1 сек)

Параметры: длина установки – 345 м; линейная группировка пунктов взрыва – 5-кратная; база – 40 м; глубина взрывных скважин – 24 м; общий вес зарядов – 50 кг; группировка сейсмоприемников – 10 приборов на базе 20 м; запись без смещения и фильтрации

Leitreflexionen gelingt es, den gestörten Bereich zu lokalisieren. Erhebliche Unterschiede sind dabei sowohl in den Laufzeiten als auch in den Differenzlaufzeiten und im Wellenbild der beiden Leitreflexionen Z und Z<sub>w</sub> festzustellen. Die plötzlichen Veränderungen der dynamischen Charakteristiken (im Bereich weniger seismischer Spuren) und Beugungserscheinungen auf den Seismogrammen stehen mit der Störungszone in direktem Zusammenhang und dienen zur Festlegung der Störungsränder. Die Seismogramme enthalten darüber hinaus Hinweise für einen „Zwischenblock“ innerhalb der Störzone. Einige dieser Ergebnisse sind in 2 schematischen Laufzeitprofilen zusammengefaßt, deren Lage in Abb. 9 durch verstärkte Linien hervorgehoben ist.

Das in Abb. 11 oben dargestellte Laufzeitschema entspricht einem Abschnitt des Querprofils im Bereich des Südrandes der Störung. Die überlappten Laufzeitkurven der Reflexionen Z und Z<sub>w</sub> werden als von verschiedenen Blöcken stammend interpretiert. So können Reflexionen von der Tiefscholle südlich der Störung, vom Zwischenblock der Störzone und von der Hochscholle nördlich



der Störung herrühren. Unterstützt wird diese Deutungsvariante durch die interessanten Ergebnisse des Korrelationsprofils (Abb. 11 unten), welches in unmittelbarer Nähe des südlichen Störungsrandes, etwa parallel zum Streichen der Störung, vermessen wurde. Bei einem Laufzeitvergleich der auf diesem Profil registrierten Reflexionen bzw. Phasen – die einzelnen Reflexionen sind kaum voneinander zu trennen, da das Auflösungsvermögen nicht ausreicht – mit den auf dem Querprofil erhaltenen Impulsen ergibt sich, daß auf dem Korrelationsprofil die Leitreflexionen  $Z$  und  $Z_s$  je  $2mal$  mit unterschiedlichen Laufzeiten und Empfangsrichtungen auftreten: einmal aus der Profilebene von einem etwa horizontal liegenden Zwischenblock und zum anderen von der Seite, von der nach Norden einfallende Tiefscholle. Mit dem in  $NW$ -Richtung zunehmenden Abstand des Profils vom südlichen Störungsrand kann erklärt werden, daß auf dem nordwestlichen Profilabschnitt nur noch Reflexionen vom Zwischenblock auftreten, die kürzere Laufzeiten aufweisen.

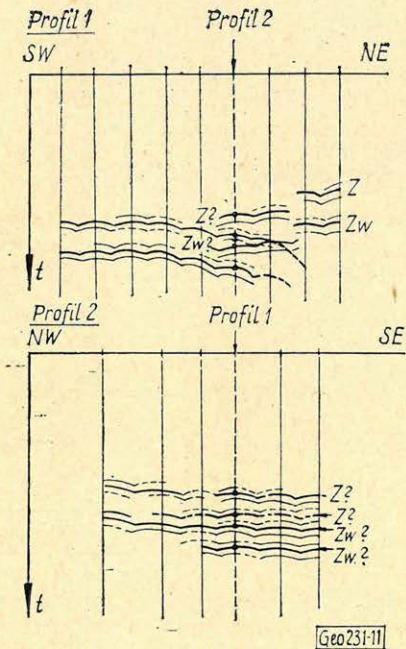


Abb. 11. Schematische Laufzeitprofilardarstellungen der Reflexionen  $Z$  und  $Z_w$  im Bereich der Störung

Profil 1: Querprofil über die Störung  
 Profil 2: Korrelationsprofil etwa parallel zur Störung (in unmittelbarer Nähe des Südrandes der Störzone)

11. ábra. A  $Z$  és  $Z_w$  reflexiók sémátikus útidőprofilképei a diszkontinuitás tartományában:

1. profil: keresztben a diszkontinuitáson
2. profil: korrelációs-profil közel párhuzamosan a diszkontinuitással (a diszkontinuitási zóna déli peremének közelében)

Фиг. 11. Схематический временные разрезы отражений  $Z$  и  $Z_w$  в области зоны нарушений  
 Разрез 1 – по поперечному профилю над нарушением

Разрез 2 – по корреляционному профилю, идущему почти параллельно нарушению (в непосредственной близости южного края зоны нарушений)

Geo231:11

Indem man diese Deutung der reflexionsseismischen Ergebnisse berücksichtigt, erhält man folgendes Bild vom tektonischen Bau im Bereich der Störung (Abb. 12). Dieses schematische Tiefenprofil entspricht dem Konstruktionsergebnis des erwähnten Querprofils. Anhand dieses Profils lassen sich die Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten und einige dabei gewonnene Erkenntnisse zusammenfassen:

1. Die Existenz, Lage, Streichrichtung und Begrenzung der Störung konnten sicher nachgewiesen werden.

2. Der Charakter der Störung kann als staffelförmiger Abbruch der Zechsteinbasis mit einem etwa  $500 \dots 700 \text{ m}$  breiten Zwischenblock aufgefaßt werden. Die Sprunghöhen betragen an beiden Rändern je etwa  $100 \dots 150 \text{ m}$ .



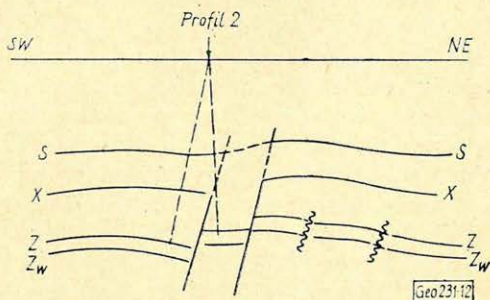
3. Die Störung wird durch das Zechsteinsalinat mehr oder weniger kompensiert, wodurch die postsalinaren Schichten lediglich ein flexurartiges Verhalten aufweisen.

4. Ein dichtes, gleichmäßig angelegtes Profilnetz ist für die detaillierte Erkundung von Störungen erforderlich.

Abb. 12. Schematisches Tiefenprofil (Profil 1) über die Störung; wahrscheinliche Interpretationsvariante von reflexionsseismischen Ergebnissen

12. ábra. Sémátikus mélységprofil (1. met-szet) a diszkontinuitás felett; a reflexiós-szeizmikus eredmények valószínű interpretá-ció s változata

Fig. 12. Схематический глубинный разрез (по профилю 1) над зоной нарушений; вероятный вариант интерпретации результатов сейсморазведки МОВ



5. Auch Korrelationsprofile, insbesondere solche in Störungsrandnähe, können Hinweise für die geophysikalisch-geologische Interpretation der Meßergebnisse enthalten und müssen daher sorgfältig und gründlich ausgewertet werden.

6. Die Anwendung einer Vielzahl von Kriterien im Sinne des ersten Teiles der Ausführungen ist notwendig, um die Sicherheit der geologischen Aussagen bei der reflexionsseismischen Untersuchung von Störungen zu erhöhen.

Abschließend möchten wir auf die spezielle Problematik der Verfolgung von Reflexionsgrenzen und tektonischen Störungen im Präzechstein der DDR eingehen. Das Fehlen von Leitreflexionen und das häufige Auftreten von Mehrfachreflexionen im Laufzeitbereich unterhalb des Z-Horizontes bereitet für die Störungssuche erhebliche Schwierigkeiten. Abb. 13 zeigt ein verallgemeinertes, schematisiertes Laufzeitprofil mit durchgehend korrelierbaren Leithorizonten bis zum Zechstein und mit nur über wenige Aufstellungen aushaltenden Phasenachsen aus dem Präzechstein.

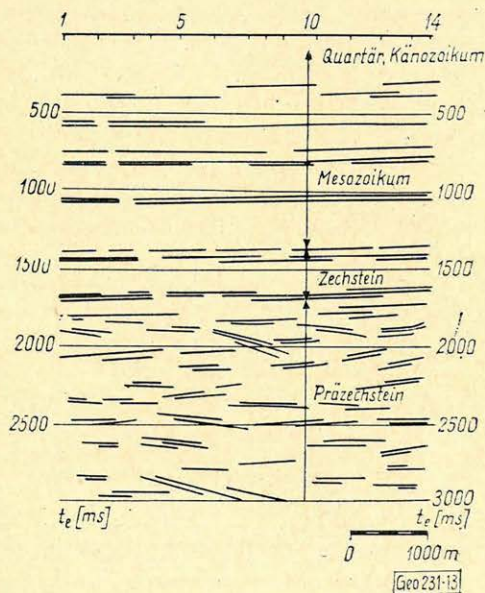


Abb. 13. Verallgemeinertes schematisiertes Laufzeitprofil aus dem Norden der DDR

13. ábra. Általánosított sémátikus útidőmetszet az NDK északi részéről

Fig. 13. Обобщенный схематический временный разрез по северной части ГДР

Für diesen Tiefenbereich liesen sich erst über eine Anzahl von speziellen Analysen, zu denen nicht zuletzt eine gründliche Störwellenanalyse gehörte, Anhaltspunkte über die Tiefenlage bzw. Lauf-



zeit von reellen Reflexionsgrenzen und über tektonische Störungen gewinnen.

Dazu wurde in einem Meßgebiet im Norden der DDR eine genaue Wellenbildanalyse im Laufzeitbereich des tiefsten noch über alle Profile verfolgbaren Leithorizontes unter Beachtung der bereits oben erwähnten Störungsmerkmale durchgeführt. Es handelte sich dabei um den Reflexionshorizont Z an der Zechsteinbasis. Dieser zeichnet sich durch das Auftreten einer größeren Anzahl von Störungen geringer Sprunghöhen aus. Setzt man voraus, daß diese Verwerfungen in der Regel unter einem bestimmten Winkel nach der Tiefe zu ihre Fortsetzung finden, so lassen sich auf den einzelnen Profilen durch die exakte Festlegung von Z-Störungen bereits entscheidende Ausgangspunkte für die Auffindung tektonischer Störungen im Präzechstein fixieren.

Das Fehlen von Leithorizonten unterhalb des Zechsteins machte es erforderlich, sich einen Überblick zu verschaffen, in welchen Laufzeitbereichen nach Z reelle Tiefenreflexionen auftreten und in welchem Umfang mit Mehrfachreflexionen aus dem mesozoischen Deckgebirge zu rechnen ist.

Zu diesem Zwecke wurden die Ergebnisse von seismischen Vertikalprofilierungen aus der Umgebung des Untersuchungsgebietes herangezogen, sowie Resultate von Geschwindigkeitsmessungen (in Form von  $\Delta t/t_0$  - Analysen),

Parameter-Diagramm-Auswertungen von Profisseismogrammen mit doppelter Korrelation und Phasenhäufigkeitsbestimmungen aus dem eigentlichen Meßgebiet zusammengestellt. Aus dem Vergleich dieser Untersuchungsergebnisse konnte geschlußfolgert werden, daß reelle Tiefenreflexionen aus dem Präzechstein bevorzugt in zwei Laufzeitbereichen zu erwarten sind.

Diese Information führte dazu, daß bei der Korrelation der Phasennachsen auf den Seismogrammen den erwähnten Laufzeitabschnitten besondere Beachtung in bezug auf Störungsanzeichen geschenkt wurde. Es stellte sich heraus, daß für diese Laufzeiten zugleich die auffälligsten Störungsindikationen zutreffen und daß diese stets in unmittelbarer Nachbarschaft von Versetzungen oder Korrelationsunterbrechungen des Z-Horizontes zu beobachten sind.

Auffälligstes Störungsmerkmal war die plötzliche Neigungsänderung bestimmter Phasennachsen bzw. das Auftreten von vereinzelt stärker geneigten Reflexionen, die horizontal liegende Phasennachsen durchqueren. Es kann sich hierbei um Diffraktionswellen an Verwerfungen im Präzechstein handeln (Abb. 14).

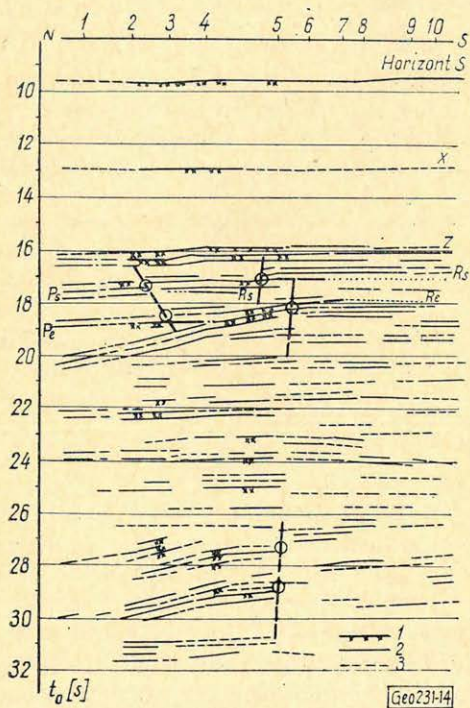


Abb. 14. Abschnitt eines reflexionsseismischen Laufzeitprofils mit geneigten Phasennachsen  
14. ábra. Reflexiósszeizmikus útidőprofil ferde fázistengelyekkel

Фиг. 14. Отрезок временного разреза с наклонными осями синфазности



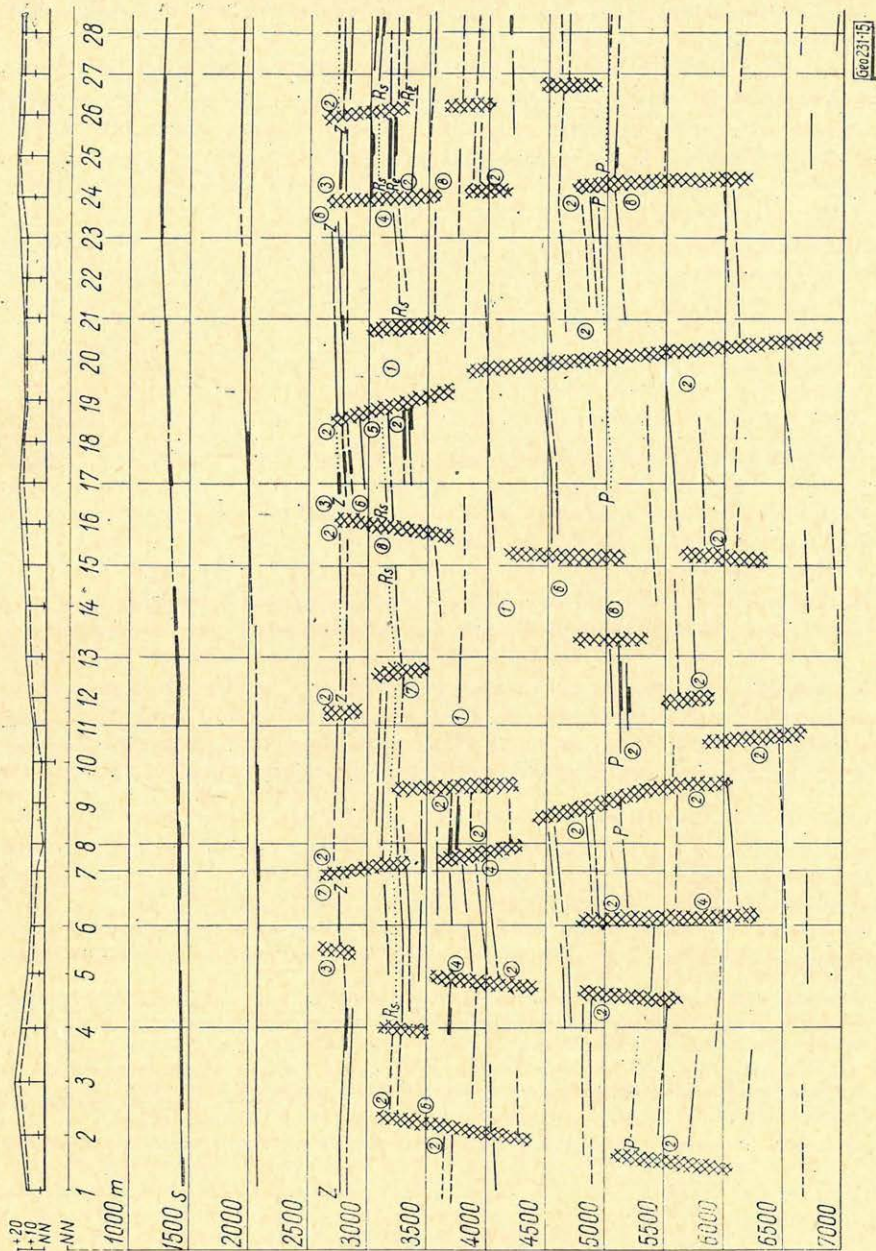


Abb. 15. Ausschnitt aus einem reflexionsseismischen Tiefenprofil mit Angabe des Tiefenbereiches der Störungsindikationen

15. ábra. Reflexiósszeizmikus mélység-profil részlete a diszkontinuitási indikációk mélységtartományának megadásával

Фиг. 15. Отрезок сейсмического глубинного разреза с указанием диапазона глубин с признаками наличия нарушений



Im Ergebnis der Störwellenanalyse wurden nach einem bestimmten Nummernsystem, das die Besonderheiten der einzelnen Störungsindikationen zum Ausdruck brachte, Störungssignaturen an den Stellen der Tiefenprofile eingezeichnet, an denen auf den entsprechenden Seismogrammen tatsächlich Störungsmerkmale der eingangs erwähnten Art zu erkennen waren. Bei der Interpretation der Meßergebnisse galten nur jene Profilabschnitte als sicher gestört, in denen sich in vertikaler Folge mehrere dieser Störungssignaturen befanden (*Abb. 15*).

Auf oberflächengeologisch oder technisch bedingte Qualitätsbeeinflussung wurde in diesem Zusammenhang besonders geachtet. Ein Vergleich mit Ergebnissen von benachbarten *RNP*-Profilen zeigte bezüglich der tektonischen Aussage über den tieferen Untergrund eine gute Übereinstimmung.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Mit einer eingehenden Wellenbildanalyse, die vor allem auf das Erkennen von Störungsanzeichen ausgerichtet war, erreichten wir in einem Untersuchungsgebiet im Norden der *DDR*

1. Angaben über das Vorhandensein tektonischer Störungen im Präzechstein,

2. die Gewinnung indirekter Anhaltspunkte für die Tiefenlage bzw. Laufzeit von reellen Reflexionsgrenzen unterhalb der Zechsteinbasis und

3. Hinweise auf Mehrfachreflexionen (vor allem dicht nach der Reflexion *Z*); Multiple ließen sich anhand ihres ruhigen Schwingungsbildes auf Profilabschnitten mit mehreren sicheren Störungsindikationen feststellen.

Darüber hinaus gelang es durch die Sichtung des gesamten späteren Laufzeitbereiches auf Störungsmerkmale rückwirkend die Deutung von Korrelationsunterbrechungen im Horizont *Z* als echte tektonische Störungen oder als bloße Interferenzeffekte zu sichern. Das ist insofern von großer Bedeutung, als der Horizont *Z* einen wichtigen Leithorizont im Norden der *DDR* darstellt.

#### LITERATURHINWEISE:

- Kovalevskij, G. L.*: Die Methodik der versetzten Schußpunkte für die Erforschung von Bruchstörungen. *Geologija i geofizika* 12 (1964), S. 108. . .110.
- Last, H.*: Beitrag zur seismischen Erkundung verdeckter tektonischer Störungen geringer Sprunghöhe im *Z*-Horizont. Seminararbeit (unveröffentlicht), Inst. f. Geophysikal. Erkundung u. Geologie d. *KMU* Leipzig 1968), 44 Seiten.
- Löser, G.*: Einige Kriterien für das Auffinden tektonischer Störungen aus reflexionsseismischem Primärmaterial. *VEB Geophysik* (Inst. f. Geophysikal. Erkundung u. Geologie (1967), 27 Seiten, 89 Lit. (unveröffentlicht).
- Löser, G.*: Methodik zur reflexionsseismischen Erkundung verdeckter tektonischer Störungen. Inauguraldissertation Math.-Nat. Fakultät d. *KMU* Leipzig (1968), 163 Seiten, 125 Lit. (unveröffentlicht).



## Die Nutzung der digitalen Rechentechnik zur Bearbeitung seismischer Ergebnisse in der DDR

D. WEINTRITT-G. FROSCH-H. REGENSBURGER-H.  
WOLF

*Azok a feladatok, melyeket az NDK-ban a legközelebbi években a geofizika, de különösen a szeizmika területén meg kell oldani, egyre magasabb követelményeket állítanak a mérési technika és az interpretációs módszerek elé. Jellemző ilyen követelmények*

– a mélységi hatótávolság növelése – a felbontóképesség növelése – a pontosság növelése.

*Mindeme feladatok megoldása számára technikai eszközként a modern elektronikus számítási technika kínálkozik. A szeizmikus jelek digitális feljegyzése a terepen s azok feldolgozása gyors elektronikus számítógépekkel új lehetőségeket nyitnak meg, amelyeket egyelőre nem is tudunk teljesen áttekinteni.*

*A dolgozatban azokról az előkészítő munkálatokról számolnak be, amelyek az NDK-ban folyamatban vannak, azonban csak a programtechnikai oldalra szorítkozva. Már elég régen megindultak az NDK-ban az előmunkálatok algoritmusok és programok összeállítására a szeizmikus adatok digitális feldolgozása számára. Ez idő szerint egész sor program áll már készen egyes szeizmogram-nyomok feldolgozására, melyek közül az előadás részletesen ismerteti azt, amelyet a többszörös reflexiók kiküszöbölésére dolgoztak ki.*

*Задачи, решаемые в ГДР в ближайшие годы при помощи геофизических, и в частности, сейсморазведочных работ, предъявляют все более жесткие требования к технике полевых работ и методике интерпретации. Эти требования характеризуются необходимостью увеличить*

– глубинность, – разрешающую способность и – точность исследований.

*Техническое средство для решения всех этих задач представлено современной электронной вычислительной техникой. Цифровая регистрация сейсмических сигналов в полевых условиях и обработка их на быстродействующих электронных вычислительных машинах открывают новые, пока еще необозримые возможности.*

*В настоящей работе описывается состояние подготовительных работ по внедрению в ГДР цифровой сейсмике, причем авторы ограничиваются изложением техники составления программ. В ГДР в народном предприятии „Геофизика” уже довольно давно начаты предварительные работы по составлению алгоритмов и программ для цифровой обработки сейсмических данных. В настоящее время уже имеется ряд программ для обработки отдельных трасс сейсмограмм. В качестве примера в докладе подробно описывается программа для подавления кратных отражений.*

*Die Aufgaben, die durch die geophysikalische, speziell die seismische Erkundung in der DDR in den nächsten Jahren zu lösen sind, stellen zunehmend erhöhte Anforderungen an Messtechnik und Interpretationsmethodik. Diese Anforderungen werden charakterisiert durch*

– vergrößerte Tiefenreichweite – erhöhte Auflösung – erhöhte Genauigkeit.

*Das technische Hilfsmittel zur Lösung dieser Aufgaben stellt die moderne elektronische Rechentechnik dar. Die digitale Aufzeichnung der seismischen Signale im Feld und die Bearbeitung auf schnellen elektronischen Rechenautomaten eröffnen neue Möglichkeiten, die sich gegenwärtig noch nicht überblicken lassen.*

*In vorliegendem Aufsatz wird über den Stand der Vorbereitungsarbeiten zur Einführung der Digitaleismik in der DDR berichtet, wobei wir uns auf die programmtechnische Seite beschränken. Bereits seit geraumer Zeit werden im VEB Geophysik die Vorarbeiten zur Schaffung von Algorithmen und Programmen für die digitale Bearbeitung seismischer Daten geleistet; gegenwärtig liegt schon eine Anzahl von Programmen für die Bearbeitung einzelner Seismogrammspuren vor. Als Beispiel dafür wird das Programm zur Unterdrückung von Mehrfachreflexionen näher erläutert.*

*Die Aufgaben, die durch die geophysikalische, speziell die seismische Erkundung in der DDR in den nächsten Jahren zu lösen sind, stellen zunehmend erhöhte Anforderungen an Messtechnik und Interpretationsmethodik.*



Diese werden charakterisiert durch

- vergrößerte Tiefenreichweite
- erhöhte Auflösung
- erhöhte Genauigkeit.

Das technische Hilfsmittel zur Lösung dieser Aufgaben stellt die moderne *elektronische Rechentechnik* dar. Die *digitale Aufzeichnung* der seismischen Signale im Feld und die nachträgliche Bearbeitung auf schnellen elektronischen Rechenautomaten eröffnen neue Möglichkeiten, die wir gegenwärtig noch nicht vollständig überblicken können, ähnlich wie vor etwa 10 Jahren zwar die prinzipiellen Möglichkeiten der analogen Magnetbandaufzeichnung wohl erkannt, ihre spätere stürmische Entwicklung aber bei weitem nicht vorausgesagt werden konnte.

An dieser Stelle soll nicht nochmals auf die Vorzüge der Digitalseismik eingegangen werden. Unsere Aufgabe soll es vielmehr sein, einen Überblick über den Stand der Vorbereitungsarbeiten zur Einführung der Digitalseismik in der DDR zu geben, wobei wir uns auf die programmtechnische Seite beschränken werden. Für den VEB Geophysik stellt die Einführung der Digitalseismik eine zwingende Notwendigkeit dar, da die analoge Magnetbandtechnik an den Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit angelangt und eine wesentliche Verbesserung nur durch langwierige Weiterentwicklungen zu erreichen ist. Abgesehen vom Zeitaufwand, der mit den aus den Erkundungsaufgaben resultierenden Terminen kollidiert, bestünde der wesentliche Mangel derartiger Entwicklungen, die vor allem den Vorarbeitungssektor betreffen, in der geringeren Flexibilität der entwickelten Spezialgeräte gegenüber methodischen Veränderungen. Daher wird – auch im Zusammenhang mit den notwendigen Ersatzinvestitionen für die moralisch und physisch verschlissenen Analog-Magnetband-Apparaturen – auf die Einführung der Digitaltechnik orientiert.

Neben der Schaffung der technischen Basis, d. h. digitaler Feldapparaturen, einer leistungsfähigen Rechenanlage und der notwendigen Peripheriegeräte (*A/D-Wandler, D/A-Wandler, Zeichengeräte, Sichtgeräte als Monitor u.a.*), ist die Schaffung der theoretischen und programmtechnischen Voraussetzungen eine Hauptaufgabe, von deren erfolgreicher Lösung die wissenschaftliche und die ökonomische Effektivität der Digitalseismik entscheidend abhängen.

Der Käufer einer Rechenanlage erhält in der Regel mit der mitgelieferten „software“ eine gewisse Grundlage für die umgehende Inbetriebnahme der Anlage durch Nutzung erprobter *Programme bzw. Programmsysteme*. Geophysikalisch orientierte Programme sind in den für Austausch vorgesehenen Programm-bibliotheken kaum vorhanden. Geophysikalische Unternehmen sind daher meist gezwungen, ihre Programme selbst zu entwickeln. Einem internationalen Austausch steht in entscheidendem Masse die Vielzahl der verwendeten Anlagentypen entgegen.

Bereits seit geraumer Zeit werden in VEB Geophysik Vorarbeiten zur Schaffung von *Algorithmen und Programmen* für die digitale Bearbeitung seismischer Daten geleistet. Da gegenwärtig die für den späteren Routineeinsatz vorgesehene Rechenanlage noch nicht zur Verfügung steht, müssen Algorithmen und Programme auf einer vorhandenen Anlage anderen Typs eingefahren und auf Funktionstüchtigkeit getestet werden. Bei Festlegung der Reihenfolge der Entwicklung wurde besonderer Wert darauf gelegt, zuerst solche Programme zu schaffen, die bereits vor Inbetriebnahme des geschlossenen digitalen Aufnahme- und Vorarbeitungssystems produktiv genutzt werden können und die sich



später zwanglos in ein geschlossenes Programmsystem einbauen lassen. So wurden bisher sowohl Programme zur eigentlichen Spurbearbeitung, als auch Programme für gewisse sekundäre Berechnungen entwickelt. Einige dieser Programme sollen in folgenden vorgestellt werden.

Grundsätzlich erfolgte die Programmierung aller umfangreicheren Probleme, für die die Speicherkapazität der kleinen Anlagen (*ZRA 1 = 4096* Worte) nicht ausreichte, auf der mittleren DV-Anlage *NATIONAL ELLIOTT 503* in der dieser Maschine eigenen *ALGOL-Version*.

Einerseits waren unzureichende Programmierkapazität und die nur bedingte Nutzung der fremden Anlage – andererseits die möglichst schnelle Verfügbarkeit der erarbeiteten Verfahren dafür ausschlaggebend, dass die Programme nicht im wesentlich effektvolleren Maschinencode abgefasst wurden.

Gegenwärtig liegt bereits eine Anzahl von Programmen für die Bearbeitung einzelner Seismogrammspuren vor, die die Grundlage für die spätere automatische Bearbeitung der im Feld digital aufgezeichneten Seismogramme bildet. Algorithmen und Programme werden an theoretischen Beispielen (z. B. synthetischen Seismogrammen) oder Seismogramm-Ausschnitten getestet, die mit Hilfe eines Kurvenabtastgerätes in Lochstreifen umgesetzt werden.

*ALGOL-Programme* sind zur Lösung folgender Probleme ausgearbeitet worden:

- *Korrelationsfunktionen*
- *Frequenzfilterung für verschiedenartige Charakteristiken*
- *Deconvolution*
- *Unterdrückung von Reverberationen*
- *Unterdrückung von multiplen Reflexionen*

Durch eine andere Arbeitsgruppe des VEB Geophysik (*SANDNER, ZENKER*) sind Programme in der Maschinensprache für *ZRA 1* für folgende Probleme aufgestellt worden:

- *Richtungsanalyse*
- *Deconvolution in verschiedenen Versionen*
- *Unterdrückung von Reverberationen und ghost-Wellen*
- *Frequenzfilterung (u. a. Simulation von Analogfiltern aus Standardapparaturen)*
- *optimum vertical stack (OVS)*
- *optimum horizontal stack (OHS)*
- *Fächerfilterung*

Soweit die begrenzte Anzahl der einstellbaren Operatoren dazu ausreicht, ist es möglich, die Zeitbereichsfilterung auch auf einer Analogauswerte-Zentrale mit Hilfe einer Laufzeitkette zu realisieren. Allerdings zeigten bisherige Berechnungen, dass dies nur in beschränktem Umfang möglich ist. Die digitale Berechnung der Operatoren, der Vergleich zwischen gewünschtem und erreichtem Effekt bildet eine nützliche Unterstützung der konventionellen Magnetbandtechnik.

Ausserdem liegen *Programme für die Berechnung synthetischer Seismogramme* (aufgestellt vom Institut für Datenverarbeitung) und zur *Geschwindigkeitsauswertung nach SATTLEGER* vor.

Als ein Beispiel für die Spurbearbeitung soll nunmehr das Programm zur Unterdrückung von multiplen Reflexionen näher erläutert werden. Es baut



auf dem von ANSTAY und NEWMAN 1966 veröffentlichten Prinzip der Retrokorrelation auf und verbindet die Idee der genannten Autoren mit einer vorhergehenden Deconvolution und einer gewissen Selektion.

Die Retrokorrelation – mathematisch gleichzusetzen mit der Faltung der Seismogrammspur mit sich selbst, der sogenannten Autoconvolution – ermöglicht eine Aussage über das Auftreten von multiplen Reflexionen, die unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden sind. Die einfache Subtraktion der Retrokorrelogrammspur von der Seismogrammspur ist nicht möglich, da es sich um Funktionen unterschiedlicher Dimensionen handelt (wird die Amplitude der Seismogrammspur z. B. in cm als relativer Einheit gemessen, dann hat die Retrokorrelogrammspur die Dimension  $\text{cm}^2$ ). Die Berechnung einer

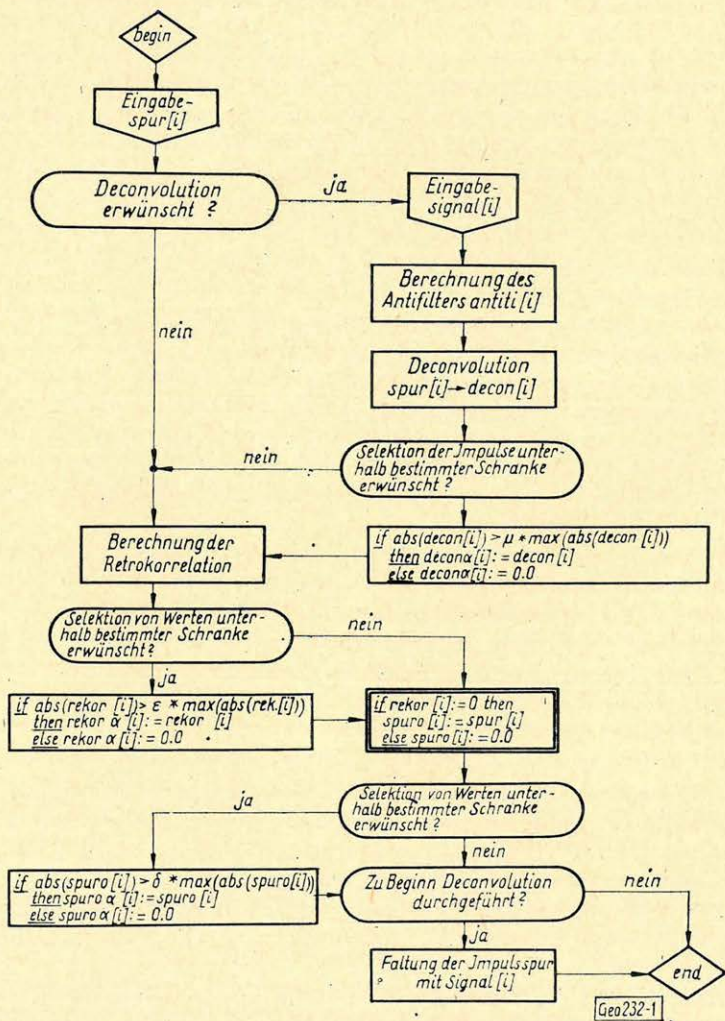


Abb. 1. Multiplenunterdrückung durch Retrokorrelation: Grobblaufschema

1. ábra. Többszörösök kiküszöbölése retrokorrelációval. Vázlatos lefuttatási séma

Fig. 1. Подавление кратных волн ретрокорреляцией. Общая схема выполнения программы



Seismogrammspur, die – zumindest näherungsweise – keine multiplen Reflexionen enthält, die unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden, lässt sich auf folgende Weise realisieren (Abb. 1.):

- für die jeweilige Seismogrammspur wird die Autoconvolution berechnet. Die Autoconvolution nimmt nur dann einen von Null verschiedenen Wert an, wenn für den durch die Zeitverschiebung zwischen der Seismogrammspur und ihre zeitinvertierten Version bestimmten Moment mit einer Multiplen zu rechnen ist.
- Durch den Rechenautomaten werden nunmehr die Zeiten bestimmt, an denen nicht mit Multiplen zu rechnen ist. Die zugehörigen Amplitudenwerte des Ausgangsseismogramms werden unverändert in die Ergebnisspur übernommen. War zu einem bestimmten Zeitpunkt mit einer Multiplen zu rechnen, wird diesem Zeitpunkt in der Ergebnisspur der Amplitudenwert Null zugeordnet.
- Die graphisch auszugebende Ergebnisspur enthält somit nur primäre Reflexionen und solche Multiple, die nicht unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden sind.

Das Verfahren ist bisher nur an theoretischen Beispielen geprüft worden. Da die ersten Tests mit geringer Anzahl von Reflektoren ermutigend verliefen,

Ausgangsmaterial: Synthetisches Seismogramm Bohrung Triebsee  
(Impulsseismogramm mit allen Multiplen)

Berechnet auf Rechenanlage NE 503

$$\tau = 15 \text{ ms}$$

$$t = 100 \cdot 2\tau$$

$$t = 200 \cdot 2\tau$$

Impulsseismogramm ohne Multiple

Abb. 2. Multiplenunterdrückung durch Retrokorrelation, Ausgangsmaterial: Synthetisches Seismogramm Bohrung Triebsee (Impulsseismogramm mit allen Multiplen:)

2. ábra. Többszörösök kiküszöbölése retrokorrelációval. Kiindulási anyag: Szintetikus szeizmogramm a Triebsee-fúrásból (impulzus-szeizmogramm valamennyi többszörössel)

Фиг. 2. Подавление кратных волн ретрокорреляцией. Исходной материал: синтетическая сейсмограмма по данным из скважины Трибзе (импульсная сейсмограмма со всеми кратными волнами)

$\epsilon = 0\%$

$\epsilon = 0,8\%$

$\epsilon = 8,1\%$

$\epsilon = 20\%$

Berechnetes Impulsseismogramm ohne Oberflächenmultiple

Geo 232-2



wurde eine Anzahl von Tests an größeren Datenmengen durchgeführt. Es ist mit drei Arten von Fehlern zu rechnen:

- Fehler 1. Art: Eine primäre Reflexion wird nicht gefunden, da zum gleichen Zeitpunkt eine Multiple erwartet wird
- Fehler 2. Art: Eine primäre Reflexion wird durch eine interne Multiple vorgetäuscht
- Fehler 3. Art: Die Amplituden der angezeigten „primären“ Reflexionen können durch Überlagerungen mit internen Multiplen verfälscht sein.

Das Ergebnis eines Tests mit einer größeren Datenmenge zeigt die *Abb. 2*. Als Grundlage diente ein synthetisches Impulsseismogramm, das bei 750 Elementärschichten ca. 120 primäre Reflexionen enthält. Bei geeigneter Wahl von  $\epsilon$ , einem Parameter für den Selektionsprozeß, der die Zeiten ermittelt, an denen Multiple zu erwarten sind, gelang es, rund 60 % der primären Reflexionen aufzufinden.

Da in das Ergebnis der Retrokorrelation auch die Korrelationseigenschaften des seismischen Signals selbst eingehen und das Signal auf seinem Laufweg und in der seismischen Apparatur stark verformt und dabei mehr oder weniger stark schmalbandig gefiltert wird, ist eine Verbesserung des Auflösungsvermögens durch eine vorhergehende inverse Filterung zu erwarten, die das seismische Signal im Idealfall auf einen Nadelimpuls komprimiert. Durch diese inverse Filterung erhält man ein Impulsseismogramm. Das Impulsseismogramm ist die Grundlage für den geschilderten Selektionsprozeß zur Unterdrückung von Oberflächenmultiplen. Soweit mit Reverberationen zwischen der Erdoberfläche und der Basis der Langsamschicht (oder Seeboden) zu rechnen ist und die entsprechenden Parameter bestimmt werden können (Reflexionskoeffizient, Laufzeit bzw. Mächtigkeit und Geschwindigkeit), sollte vor der Deconvolution ein Antireverberations-Prozeß durchgeführt werden. Nach der Extraktion der Oberflächen-Multiplen muß dann selbstverständlich das als Ergebnis erhaltene Impulsseismogramm wieder mit der bei der Deconvolution verwendeten Signalform gefaltet werden, um ein mit der Ausgangspur vergleichbares Seismogramm zu erhalten.

Abschließend soll nun noch das für die Rechenanlage *NE 503* programmierte Verfahren zur Berechnung von Tiefenlinienplänen unter Berücksichtigung der Strahlenbrechung im Raum erläutert werden.

Als Ausgangsmaterial dienen  $t_0$ -Isochronenpläne. Auf diesen manuell vorbereiteten Karten werden die Lotzeiten auf einem regelmäßigen Gitter (Hexagonalgitter) interpoliert. Die Herstellung der Isochronenpläne – zumindest als erste Arbeitsunterlage – durch Abgriff der Lotzeiten aus Laufzeitprofilen mit Hilfe eines Kurvenabastgerätes und anschließende Berechnung auf dem Rechenautomaten bei gleichzeitiger Interpolation auf das Hexagonalgitter ist vorgesehen.

Jeder der Hexagonalgitterpunkte kann als ein fiktiver Schuß- bzw. Beobachtungspunkt aufgefaßt werden. Die Berechnung der Koordinaten der Reflexionspunkte, die den an den Gitterpunkten bestimmten Lotzeiten zuzuordnen sind, erfolgt nach dem in *Abb. 3* wiedergegebenen Grob Ablaufschema.

Nach der Eingabe des Programms werden über die Schreibmaschine die Steuerdaten ( $m$  = Anzahl der Zeiten des Meßgebietes,  $n$  = Anzahl der Spalten,  $a$  = Punktabstand,  $k$  = Anzahl der zu konstruierenden Horizonte) verlangt.



Je nachdem, ob mit konstanten Schichtgeschwindigkeiten oder mit einem speziellen Geschwindigkeitsansatz gerechnet werden soll, müssen die Geschwindigkeiten  $v_1, v_2, \dots, v_k$  oder die Kennziffern der einzelnen Horizonte (Hauptgruppen HA (I : K)) mit dem entsprechenden Ansatz mittels Lochstreifen eingegeben werden.

Im Teilprogramm „LOT“ werden die Lotzeiten des I . . ten Horizontes ebenfalls über Lochstreifen eingelesen, die Zeitgradienten an den einzelnen Hexagonalgitterpunkten bestimmt und aus beiden die „fiktiven Lotpunkte“ des I . . . ten Horizontes berechnet.

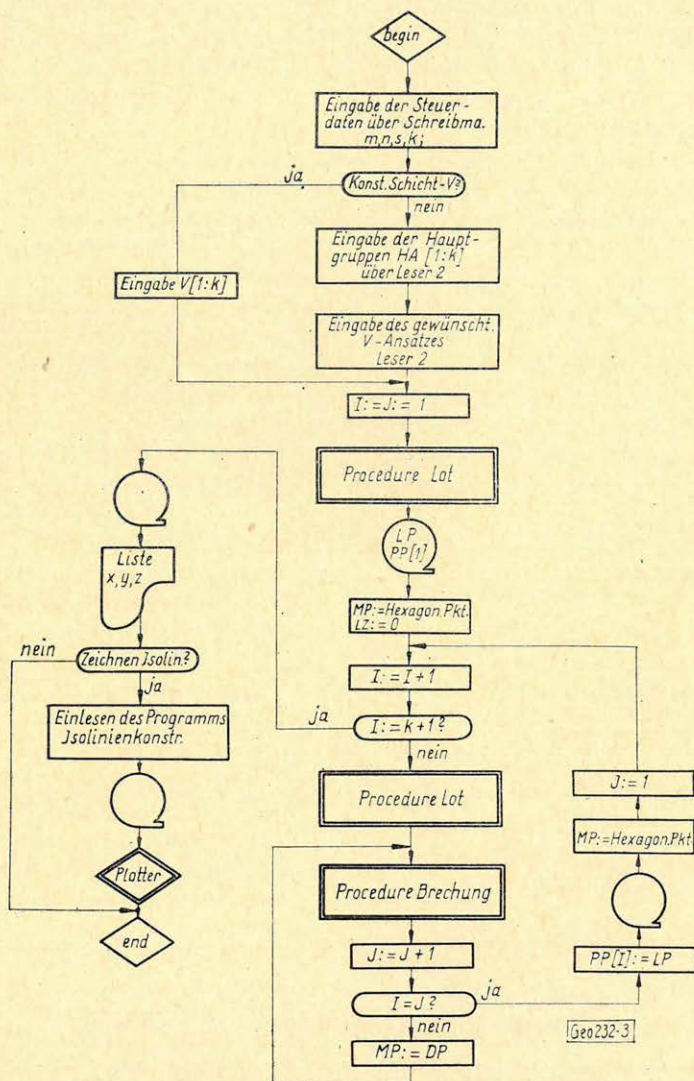


Abb. 3. Kartenkonstruktion: Grobabaufplan

3. ábra. Térképszervezés: Vázlatos lefutási séma

Фиг. 3. Построение карты: общая схема выполнения программы



Die Lotpunkte des  $I$ . Horizontes sind bereits seine Reflexionspunkte  $PP$  (1). Sie werden auf dem Magnetband zwischengespeichert.

Nunmehr werden die Strahlenwege von den Meßpunkten  $MP$  über die einzelnen Horizonte  $J := 1, 2, \dots, I-1$ , an denen jeweils die Brechung stattfindet, verfolgt.

Das Teilprogramm „Brechung“ bestimmt die Durchstoßpunkte  $DP$  der Strahlen im  $J \dots$  ten Horizont, die Brechungsebenen aus benachbarten Durchstoßpunkten und die Richtungen der an diesen Ebenen gebrochenen Strahlen.

Danach wird die Restlaufzeit zwischen den Horizonten  $I$  und  $J$  berechnet. Schließlich werden mit Restlaufzeit, Richtung des gebrochenen Strahls und Geschwindigkeit  $v$  ( $J+1$ ) die „fiktiven“ Lotpunkte so lange verbessert, bis der Horizont  $I$  erreicht wird. Erfolgt also die Beantwortung des Tests  $I=J$  mit „ja“ dann ist die Konstruktion des  $I \dots$  ten Horizontes abgeschlossen. Es wird auf dem Magnetband zwischengespeichert.

Nachdem der letzte Horizont  $K$  berechnet wurde (Test  $I = K+1? = ja$ ), werden die Koordinaten  $x, y, z$  der Profilmunkte der einzelnen Horizonte vom Magnetband gelesen und über den Schnelldrucker ausgegeben. Sollen

Isolinien- oder Mächtigkeitkarten angefertigt werden, dann muß ein zweites Programm (Isohypsenkonstruktion) in den Computer eingegeben werden. Das Programm liest die Horizonte vom Magnetband und stellt sie im online-Betrieb auf dem *Calcomp-Plotter* graphisch dar. Das rechteckige Meßgebiet kann maximal aus 1400 Hexagonalgitterpunkten bestehen.

Das Programm belegt rund 6000 Hauptspeicherplätze und ca. 18 000 Plätze auf dem Zusatzkernspeicher.

Die graphisch ausgegebenen Isolinienkarten (Abb. 4) können entweder als vorläufige Arbeitsunterlagen verwendet oder nach entsprechender abschließender Beschriftung und fotografischer Vergrößerung – soweit erforderlich – den Ergebnisberichten beigelegt werden.

Das von *STOJANOW* aufgestellte Zeichneprogramm erlaubt auch die graphische Darstellung von Profilschnitten.

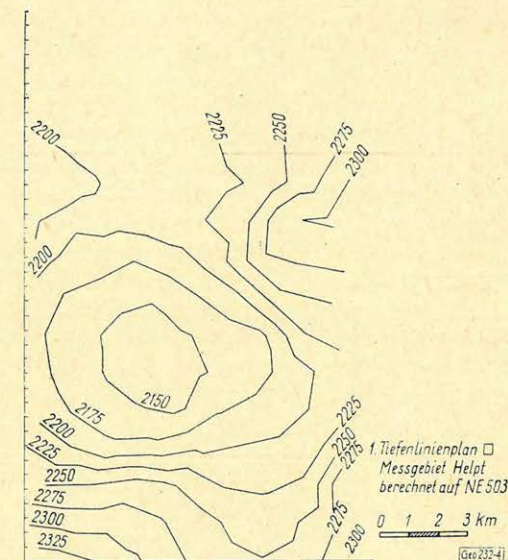


Abb. 4. Tiefenlinienplan, Messgebiet Helpt  
Berechnet auf NE 503

4. ábra. Mélységvonal-vázlat a Helpt-i mérési területről (Az Elliot 503-on számolva)

Фиг. 4. План изолиний глубин для района Хелпт; Вычисления проведены на ЭВМ Эллиот 503

Für die Berechnung der Reflexionspunkt-Koordinaten an 560 Gitterpunkten werden bei drei Reflektoren ca. 5 min. Maschinenzeit benötigt. Die anschließende graphische Darstellung auf dem on-line-Plotter erfordert nochmals etwa 55 min. Eine wesentliche Reduzierung der benötigten Ma-



schinenzeit ist nur durch den Einsatz eines magnetbandgesteuerten Zeichenautomaten zu erwarten.

Die Transformation von Isochronen in Tiefenlinien ist mit Hilfe des vorliegenden Programmes unter folgenden Voraussetzungen möglich:

Die Isochronen dürfen keine Unterbrechungen aufweisen. Störungen bzw. reflexionslose Zonen sind daher durch Isochronen von Phantomhorizonten zu überbrücken. In der Nähe solcher Zonen ist das zu untersuchende Gebiet zu unterteilen und die Teilgebiete zu überlappen; dies ermöglicht eine anschließende Interpretation der Störungen. Tiefenlinienkarten werden nur von rechteckigen Meßgebieten hergestellt.

Zur Konstruktion können in ihrem Aufbau verschiedenartige Geschwindigkeitsansätze eingegeben werden. So ist es u. a. möglich, zwischen verschiedenen

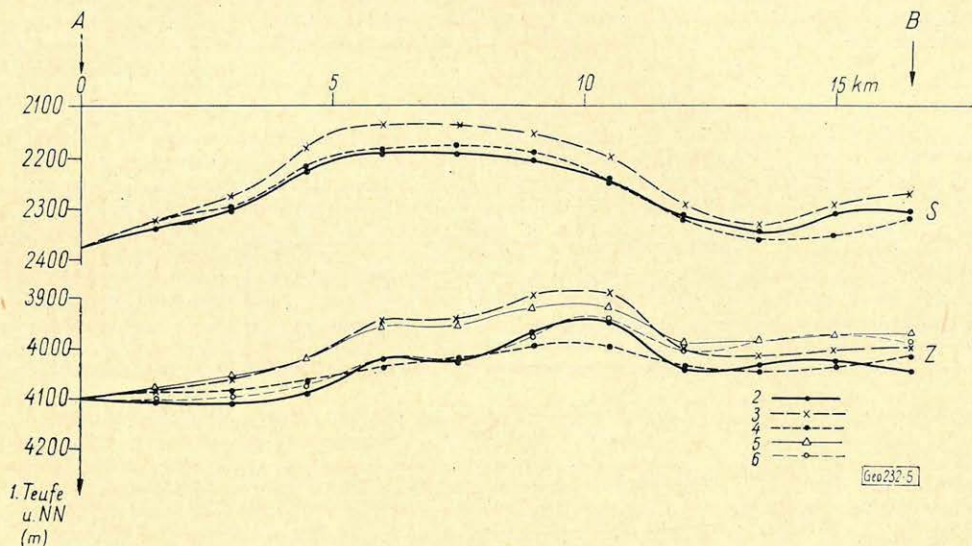


Abb. 5. Profile mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten

- 1 Teufe
- 2 — □ — konst. Schichtgeschw. (6. Schichten)
- 3 — \* — kombinierter V-Ansatz
- 4 — - - - - aus Ergebnisber. Helpt
- 5 — △ — mittlere Geschwindigkeit
- 6 — 0 — konst. Schichtgeschwind. (3 Schichten)

5. ábra. Profilok különböző sebességvariánsokkal

- 1 Mélység
- 2 konstans sebesség (6 réteg)
- 3 kombinált sebesség-feltevés
- 4 Helpt-i eredményjelentés alapján
- 5 átlagos sebesség
- 6 konstans sebesség (3 réteg)

Фиг. 5. Разрезы с различными вариантами скоростей

- 1 — глубина
- 2 — постоянная пластовая скорость (6 пластов)
- 3 — комбинированный закон изменения скоростей
- 4 — из отчета по району Хелпт
- 5 — средняя скорость
- 6 — постоянная пластовая скорость (3 пласта)



Reflexionsgrenzen oder für unterschiedliche geologische Stockwerke spezielle Geschwindigkeits-Teufenfunktionen zu verwenden, wie sie von *REINHARDT* für den Nordteil der DDR vorliegen. Da der Tiefenlinienverlauf stark von horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitsgradienten beeinflusst werden kann, ist es vorteilhaft, zur Interpretation eine Anzahl von Tiefenlinienplänen heranzuziehen, die sich auf unterschiedliche Varianten von Geschwindigkeitsansätzen begründen. Besonders für die Beurteilung tiefer und flacher Strukturen ist es von großem Wert, wenn Tiefenlinienpläne bzw. – Profile mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten konstruiert werden. Durch die beschriebene digitale Berechnung können derartige zusätzlichen Wünsche sehr schnell und exakt erfüllt werden (*Abb. 5.*). Darüber hinaus führt die Berücksichtigung der Strahlenbrechung im Raum zu einer genaueren Interpretation der reflexionsseismischen Ergebnisse.

An der Vervollständigung der hier vorgelegten und noch lückenhaften Programmbibliothek wird weiter gearbeitet.

BERTHA ISTVÁN

1886 szept. 10. – 1969. febr. 21.

Egyesületünk egyik alapító tagját veszítettük el. Mint okleveles gépészmérnök, harmadfél évtizedig a MÁVAG-ban működött, de mérnöki munkája mellett már 1926-tól kezdve az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben is végzett laboratóriumi ésszámoló munkát. Később, mint az Intézet tudományos munkatársa, terepi munkálatokban is részt vett.

Munkáját mindegyik munkahelyén mindig példamutató pontossággal és lelkiismeretes szorgalommal végezte. Kedves, szerény és közvetlen lényével munkatársainak megbecsülését és őszinte szeretetét érdemelte ki.

Mindig figyelemmel kísérte Egyesületünk munkáját és sok tagtársunkhoz baráti kapcsolat fűzte.

Kedves jó Pista Bácsink! Emlékét mindig kegyelettel őrizzük!

*Renner János*



## Digitális módszerek a szeizmikus adatok feldolgozásában

E. FIRMIN — J. WARDELL

A digitális feljegyzési és feldolgozási módszerek bevezetése a szeizmikus adatok feldolgozásánál nemcsak a régebben használt analóg-technika alkalmazási pontosságának fokozását tette lehetővé, hanem módot nyújtott új komplikáltabb módszerek kidolgozására is, amelyek a statisztikus információ-elmélet alapján állanak. Két ilyen modern eljárás: a dekonvolúció, eljárás a reflexiók hullámelemek élesebbé tételére, továbbá a szélessávú többszörözés, egy többszátornás eljárás, mely viszont lehetővé teszi a mélyről jövő többszörös reflexiók gyengítését. A fejlődés fontos fázisát jelzik azok az automatikus módszerek is, amelyek a sebességfüggvény és a sztatikus korrekciók elemzésére szolgálnak, amely-nél normális szeizmikus feljegyzéseket használunk fel. A legközelebbi jövő számára kifejlesztési állapot-ban vannak olyan automatikus módszerek, amelyek csoportos szeizmikus adatok felvételére, migrációk végrehajtására, valamint mélységi korrekciók elvégzésére és izovonalak megrajzolására használhatók. Mindezen modern digitális eljárások igen hasznosnak bizonyultak mély, erősen fedett, olajat tartalmazó szerkezetek feltérásában.

Внедрение цифровой записи и обработки сейсмических данных привело не только к увеличению точности применения ранее созданных аналоговых методов, но и к разработке новых, уточненных способов, основанных на теории статистической информации. В качестве примера можно назвать два из этих методов: деконволюцию, которая служит для более явного выделения отраженных волн, и накопление в широкой полосе, которое является многоканальным методом для подавления кратных отражений от глубоких частей разреза. Современное значительное развитие выражается в создании автоматических методов для анализа скоростных функций и введения статических поправок, использующих обычные записи отраженных волн. Скоро закончится разработка автоматических методов для записи данных сети сейсмических станций, для учета миграции, для введения поправок за глубины и для построения изолиний. Все эти новые цифровые методы оказались весьма эффективными при разведке глубоких и трудно вскрываемых нефтеносных структур.

Die Einführung digitaler Aufzeichnungs- und Bearbeitungs-Methoden bei der Behandlung seismischer Daten ermöglichte nicht nur die Erhöhung der Genauigkeit bei der Anwendung der alten analogen Technik, sondern auch die Ausarbeitung neuer, entwickelterer Methoden, die auf Grund der statistischen Informationstheorie stehen. Zweie dieser moderner Verfahren sind: Dekonvolution, eine Methode für die Verschärfung der Reflexionswellenelemente, und Breitband-Stacking, ein Mehrkanä-lenverfahren, welches die tiefen Mehrfachreflexionen abzuschwächen ermöglicht. Eine bedeutende Phase der Entwicklung wird auch durch die automatischen Methoden repräsentiert, die zur Analyse der Geschwindigkeitsfunktionen und der statischen Korrekturen dienen, wobei normale seismische Rekorder gebraucht werden. Für die nächste Zukunft stehen im Entwicklungsstadium automatische Methoden für die Aufnahme von Daten seismischer Stationsgruppen, Ausföhrung von Migrationen, sowie Tiefenkorrekturen und das Zeichnen von Isolinien. Alle diese moderne Digitalverfahren erwiesen sich als sehr nützlich bei der Aufdeckung von tiefen, stark verschleierte ölenhaltenden Strukturen.

Mióta megkezdődött a szeizmikus módszerek alkalmazása az olajkutatás-ban 1930-ban, nagy fejlődés következett be, fokozva ennek a kutatási módszer-nek hatékonyságát.

Kezdetben a szeizmogramokat papíron regisztrálták, ezeket nem lehetett megismételni. Később az 1950-es évek elején kifejlesztették az első analóg mágnesszalagos regisztrátorokat, melyek különböző analóg szűrők alkalmazásával lehetővé tették a szeizmikus felvételek megismételését. Az eljárás gyorsan oda fejlődött, hogy a szeizmikus adatokat szelvény formában regisztrálták sztatikus és dinamikus korrekciók alkalmazásával, az 1960-as évek elején pedig a többszörös felszínalatti átfedés elérése céljából végzett lövések adatait összegezt szelvények formájában kezdték visszajátszani.



Ugyanakkor új energiaforrásokat fejlesztettek ki és nagy javulás következett be általában a szeizmikus műszerek tervezésében és használatában.

Azonban még a fenti fejlődés ellenére is nyilvánvaló volt, hogy az olajkutatás nem lesz képes kielégíteni az olaj iránti fokozódó követelményeket, hacsak nem fejlesztenek ki újabb eljárásokat.

A geofizikai ipar azt az utat választotta, hogy a digitális számítógépes módszereket kiterjesztette a szeizmikus kutatásra. Ezek az eljárások magukkal hozták a statisztikus információs elmélet kifejlesztését és alkalmazását a szeizmikus adatok feldolgozásában és digitális regisztráló rendszerek kidolgozását a szeizmikus adatok terepi rögzítéséhez. Ez a fejlődés lehetővé tette a szeizmikus adatok alaposabb és részletesebb, lépésről lépésre történő analizisét, valamint fejlettebb és rugalmasabb feldolgozási megoldások alkalmazását speciális szeizmikus kutatási problémák vizsgálatához.

Vizsgáljuk meg először röviden a digitális terepi rendszert. Mágnesszalagon történő analóg regisztrálás esetén a torzítás vagy a szeizmikus hullámforma felbontásának vesztesége nélkül reprodukálható amplitúdó intervallum (vagyis a dinamika-tartomány) kb.  $50 \text{ dB}$ . A digitális terepi rendszer a szeizmikus jeleket bináris számrendszerben kódolja és ezt a kódot mágnesszalagra írja le. A számoknak az a tartománya, mely rendszerint leírható a mágnesszalagra, olyan, hogy elméletileg  $84 \text{ dB}$  dinamik tartomány érhető el, de gyakorlatban ez  $76 \text{ dB}$ -ra csökken, ha figyelembe vesszük a nagy amplitúdók okozta torzítás és a szeizmikus jelfelbontásban a műszeres zajok által okozott veszteség miatti eltérést. A dinamik tartománynak ez a nagy növekedése lehetővé teszi sokkal kisebb amplitúdójú szeizmikus jelek regisztrálását és ezt követő visszanyerését, mint korábban. Ezenkívül a digitális módszer a szeizmikus felvételek sokkal pontosabb megismételhetőségét eredményezi, még hozzá olyan formában, mely közvetlenül felhasználható digitális számítógépekben a statisztikus információs elméleten alapuló feldolgozási menet alkalmazása céljából.

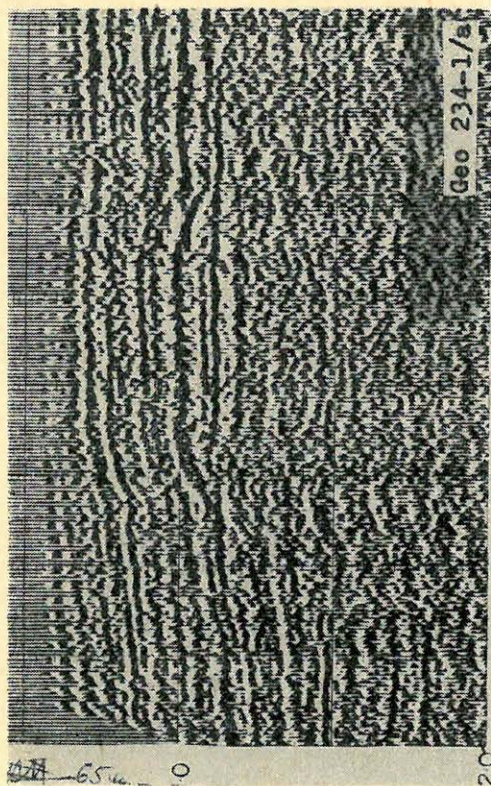
Az *1. ábra* két szeizmikus szelvényt mutat, melyeket Libiában egy reef-szerkezet felett állítottak elő. Az analóg és digitális regisztrálást egyidejűleg végezték ugyanabból a lövésből és ugyanazzal a geofon terítéssel úgy, hogy az eredményként kapott szelvények szemléltetik a szeizmikus adatok digitális felvétele és feldolgozása által elérhető javulást, összehasonlításban a modern analóg regisztrálással és feldolgozással.

Az elmúlt 5 vagy 6 évben a szeizmikus digitális technológia gyorsan fejlődött és újabb feldolgozási eljárások alakultak ki. Ebben az előadásban két ilyen eljárásról szeretnénk röviden beszélni, ezután rövid áttekintést adnánk a jelenlegi fejlődésről és a belátható jövőben várható eredményekről.

A digitális technológiában kifejlesztendő egyik legeredményesebb eljárás a dekonvolúció vagy inverz szűrés.

Az eredeti szeizmikus robbantási impulzusnak rendszerint széles, lapos amplitúdóspektruma van. A földnek az impulzussal szembeni viselkedése következtében, miáltal az eredeti impulzus lineáris konvolúción megy keresztül, az eredeti impulzus lejtője megváltozik, amint az a földön keresztülhalad. A nagy frekvenciák már a lövésnél csillapítódnak, más frekvenciák pedig azoktól a közegektől függően csillapodnak, melyeken keresztülhaladnak. Az impulzust a reverberációs rendszerrel végbemenő konvolúció meghosszabbítja, a föld-geofon csatlakozás ugyancsak el tudja torzítani a detektált impulzus alakját. Ezért az egyes sebesség-határfelületekről regisztrált végleges hullámforma többé nem éles impulzus, hanem egy sokkal hosszabb hullámforma, melyből





1. ábra. Libiai szárazföldi adatok:

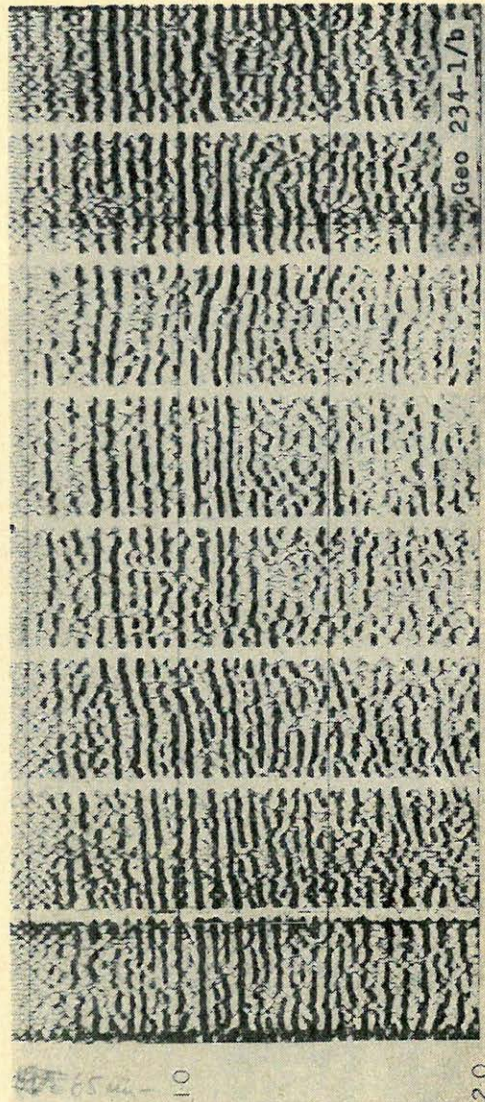
- a: digitális szelvény
- b: analóg szelvény

Фиг. 1. Данные из Ливии (наземная съемка):

- a) цифровой разрез
- б) аналоговый разрез

Fig. 1. Daten aus Libien (Landfläche)

- a: Digitales Profil
- b: Analoges Profil



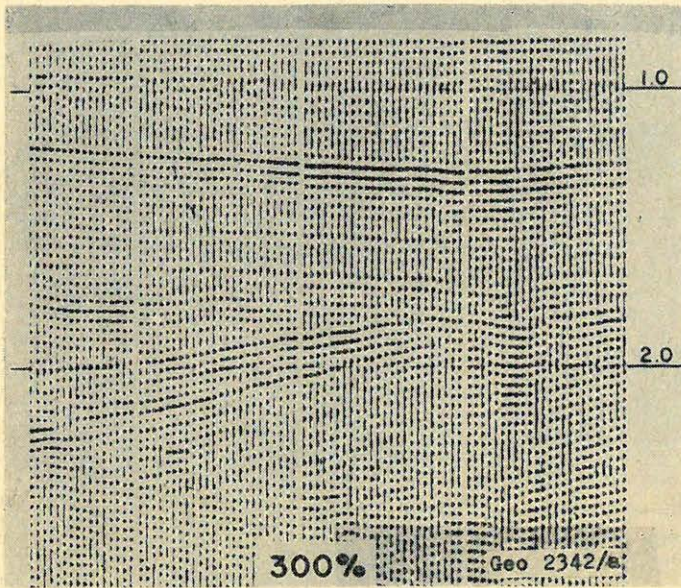
sok frekvencia hiányzik. Mindegyik csatorna különböző lesz a különböző sugárutaknak megfelelően és mindegyik lövés különböző a változó lövés közeg miatt.

Amire szükség van, az nem más, mint az egyes sebességhatárokról kapott hullámforma visszaalakítása eredeti éles impulzussá. Vagyis vissza kell állítani a csillapított frekvenciákat és csökkenteni kell a felerősített reverberációs frekvenciákat. Ezt nevezik „spektrum-fehérítésnek”.

A műveletet dekonvolúcióval végzik el. Ennek a folyamatnak megértése céljából meg kell vizsgálnunk azt mind a frekvencia-, mind az idő-tartományban. Először vizsgáljuk meg a folyamatot a frekvencia-tartományban. Megpróbáljuk fehéríteni a regisztrált hullámforma amplitúdó-spektrumát és ennek megvaló-



sítása céljából mindegyik frekvenciát be kell szoroznunk egy tényezővel úgy, hogy az összes eredő frekvencia azonos amplitudóval rendelkezék. Ez úgy érhető el, hogy mindegyik frekvencia amplitudóját saját amplitudójának reciprokával szorozzuk be, vagyis inverz szűréssel. Az egyes dekonvolúciós szűrők tényleges tervezése az időtartományban történik az egyes nyomvonalak autokorrelációs függvényének felhasználásával az amplitudóspektrum előállítására céljából. Az időtartományban végzett dekonvolúció hatása a reflexiók hullámelemek meg- rövidülésében nyilvánul meg, vagyis a reflektált hullámok felbontásának növekedésében.



2. ábra. Sztratigráfiai csapda (7. vonal)

a: dekonvolúció előtt

b: dekonvolúció után

Фиг. 2.

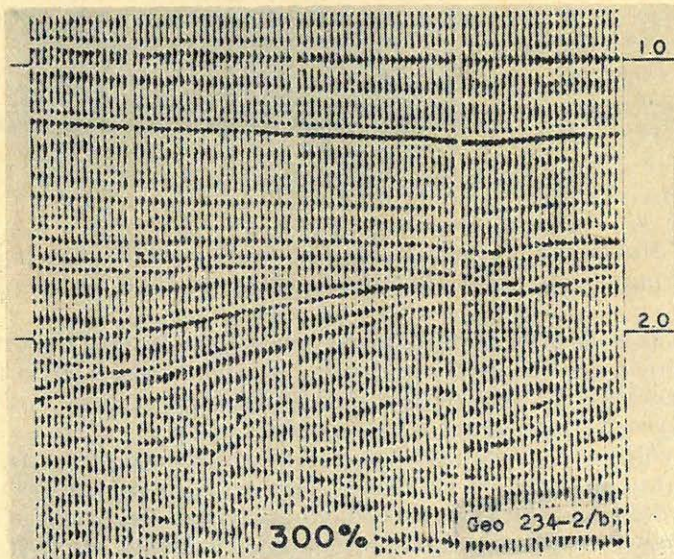
Стратиграфическая ловушка (профиль 7)

a) разрез до де-  
конволюции

б) разрез после  
деконволюции

Fig. 2. Stratigraphische Falle (Linie 7.)

a: vor der Dekonvolution  
b: nach der Dekonvolution

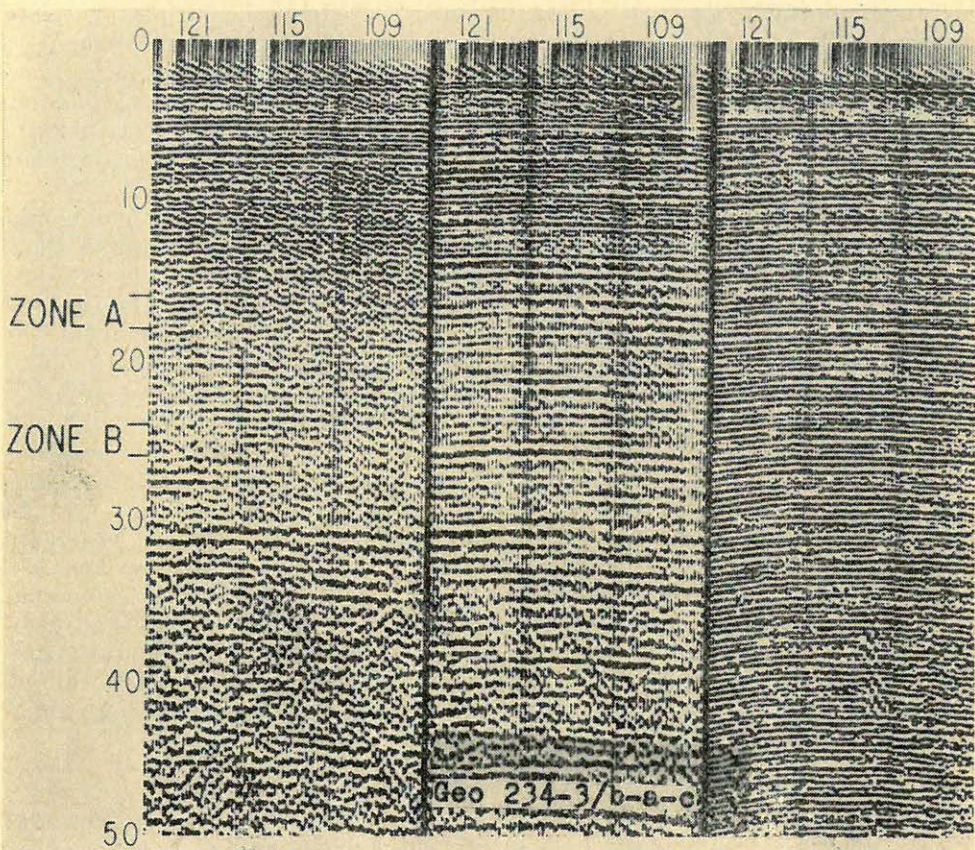




A 2. ábrán egy, az Északi-tengeren kapott szeizmikus szelvényt láthatunk dekonvolúció előtt és után. A dekonvolúció előtt jelentkező hosszú reverberációs hullámok összehúzódása sokkal rövidebb, éles hullámformákba dekonvolúció után egészen szembetűnő.

Összefoglalva, a dekonvolúciónak három főhatása van:

1. Kiegyenlíti a spektrumban szereplő valamennyi frekvencia amplitudóját, ezzel élesebb időfüggvényt ad.
2. Csillapítja a rövid periódusú reverberációkat.
3. Csökkenti a hullámformának a lövés-függvények, geofon csatlakozás és terjedési út miatti változásait.



3. ábra. Perzsa-öböli (tengeri) mérések:

- a: konvencionális közösmélységponti összegezéssel előállított dekonvolúció  
 b: az elsődleges hullámok kiemelve  
 c: a többszörösök kiemelve

Fig. 3. Данные из Персийского залива (морская съемка):

- a) деконволюция по стандартному способу накопления по методу ОГТ  
 б) выделение первичных волн  
 в) выделение кратных волн

Fig. 3. Beobachtungen aus der Persischen Bucht (Wasserfläche)

- a: Dekonvolution mit dem konventionellen gemeinsamen-Tiefpunkt-Verfahren  
 б: Hervorhebung der Primärwellen  
 c: Hervorhebung der Mehrfachen



A másik eljárást, melyet itt tárgyalunk, széles sávú összegezésnek nevezik. Ez többsatornás folyamat, szemben a dekonvolúcióval, mely egycsatornás eljárás.

A többsatornás rendszerekre példák a lövés- és geofon-terítési-alakzatok, a közös mélységi ponttal végzett összegezés és a nyomvonalak keverése. Mindezek egyetlen célt szolgálnak, mégpedig a zaj csillapítását és a jel kiemelését, vagyis a jel-zaj viszony javítását. A szélessávú összegezés esetében a szelvény mély részéből jövő többszörös reflexiók csillapítása a cél, ami a dekonvolúció alkalmazásával nem valósítható meg gazdaságosan. A közös mélységi ponttal végzett összegezés olyan többszörös csillapítási fokot ér el, mely a terítés geometriájától és a többszörös hullám dinamikájától függ.

A szélessávú összegezés fokozza ezt a többszörös csillapítást a normál közös mélységi ponttal végzett összegezéssel kapott eredményhez képest speciális szűrők beállításával, melyeket az összegezés elvégzése előtt alkalmaznak.

Ezek a szűrők az idővel változnak mindegyik nyomvonal mentén, melyekhez alkalmazást nyernek, és a közös mélységi pont rendszerén belül nyomvonallanként is változnak. Az ilyen szűrőket kölcsönösen összekapcsolja a közös tervezés, mely matematikailag a közismert legkisebb négyzetek kritériumán alapul.

(Ezt részletesebben tárgyalja *Schneider, Prince és Giles* „Új adatfeldolgozási eljárás többszörösök csillapítása céljából különböző normál dinamika alkalmazásával” c. cikkében, *Geophysics*, Vol. 30. No. 3. 1965 június.)

Ezen eljárás alkalmazásával a többszörös hullámok csillapításának 16 dB-ig terjedő növekedése érhető el a hagyományos közös mélységi ponttal végzett összegezéshez képest. A 3. ábra szemlélteti azt a javulást, melyet ennek a módszernek alkalmazásával értek el a Perzsa-öbölben kapott adatokkal.

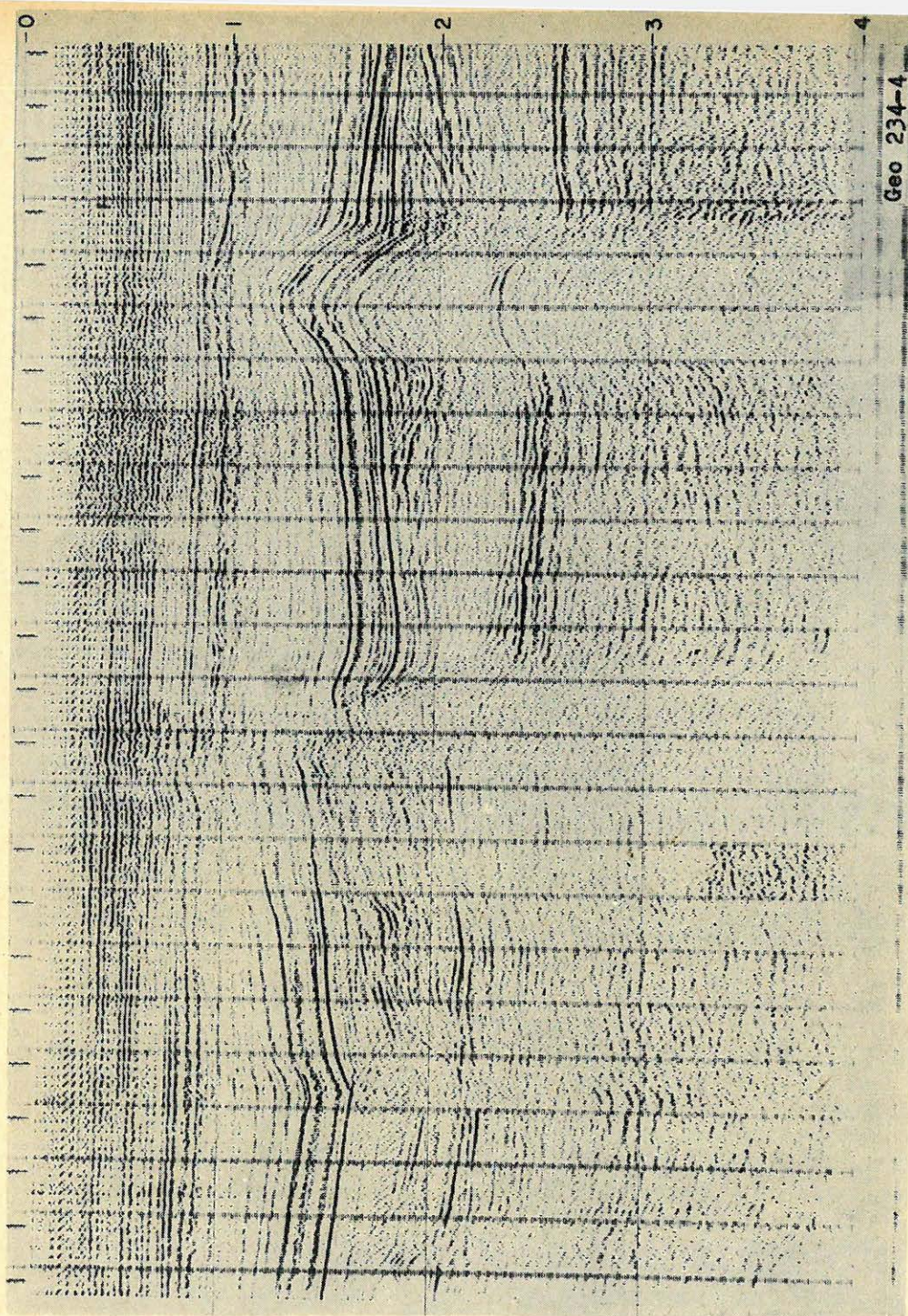
Középen egy szeizmikus szelvényszakasz látható, melyet normál közös-mélységi-pont módszerű összegezéssel állítottak elő. Baloldalon a szelvény azonos szakasza látható, de a szélessávú összegezés használata után, mellyel a többszörös reflexiókat csillapították. Jobboldalon az inverz szélessávú szűrés használata után kapott szelvényszakaszt mutatjuk be; célja az elsődleges reflexiók csillapítása, és a többszörös reflexiók erősítése. A középső szakasz összehasonlítása a másik kettővel különösen az *A*-val és *B*-vel jelzett zónákban világosan mutatja, hogy az erős beérkezések közül néhány, melyek középen, a közös mélységi ponttal összegezett szakaszon jelentkeznek, megmutatkozik a jobboldali szelvényrészben is, ahol a többszörösök fel vannak erősítve, de erős mértékben csillapítva vannak a baloldalon, ahol az elsődleges reflexiók vannak felerősítve. Ezek nyilvánvalóan többszörös reflexiók.

Így a szélessávú összegezés a következő előnyöket nyújthatja:

1. A többszörösök fokozott csillapítása, mely egyébként csak nagyobb számú közös mélységi pont lövésével lenne elérhető e terepen.
2. A többszörösök állandó nagyságú csillapítása mellett rövidebb geofon eltolás alkalmazható szélessávú összegezés esetén.

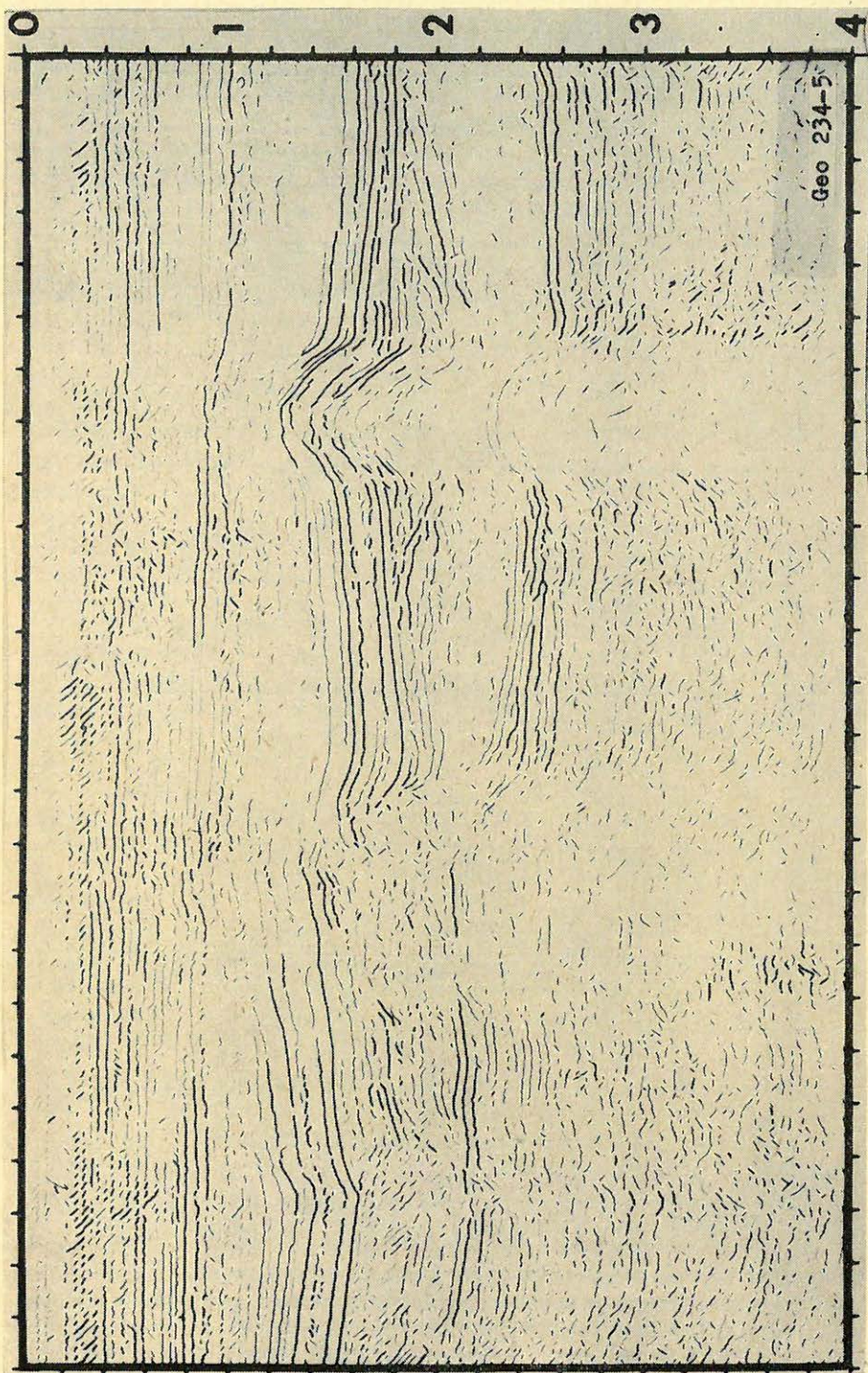
Végül tekintsük át röviden a digitális feldolgozásban jelenleg megvalósított fejlődést. Az alapvető szeizmikus kutatási problémák még fennállnak és jóllehet sok előrehaladást tettek a problémák megoldására irányuló digitális feldolgozási eljárások terén, sok terület még aránylag feltáratlan. Jelentős haladást értek el a közelmúltban átlagos és szakasz-sebességfüggvények normál szeizmikus reflexiók adatokból való kiszámítása és analízise terén, nevezetesen





4. ábra. Északi-tengeri szelvény (a vertikálisban 3 szor nagyítva). Változó jellegű terület  
 Fig. 4. Разрез из района Северного моря (вертикальный масштаб в трехкратном увеличении). Район с изменчивым характером строения  
 Fig. 4. Profil vom Nordmeer (3 fach überhöht in der vertikalen Richtung). Gebiet von variablem Charakter





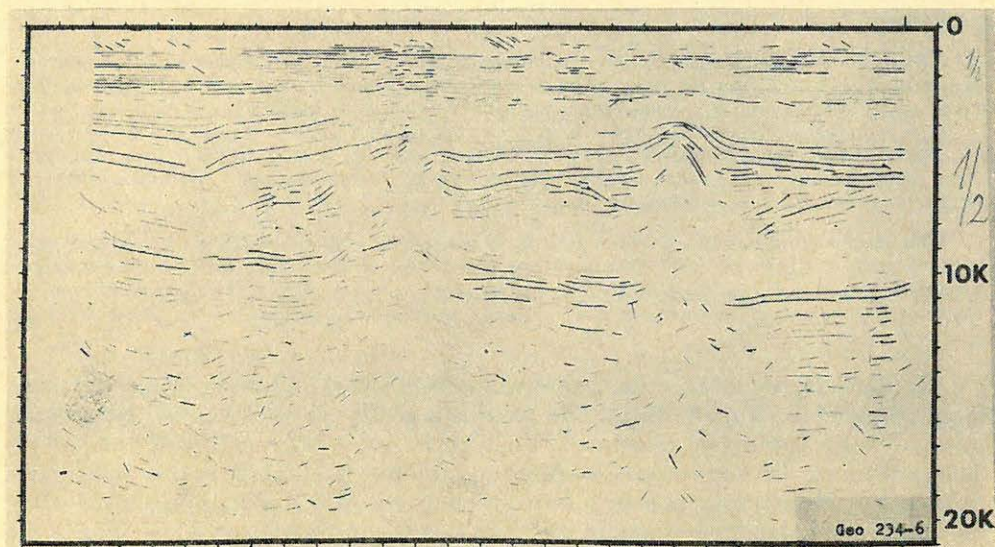
5. ábra. Északi-tengeri szelvény (4. ábra) — detektáló program által felfedett események

Фиг. 5. Разрез из района Северного моря (фиг. 4.) Явления, выделяющиеся после обработки по детектирующей программе  
 Fig. 5. Profil vom Nordmeer (wie Fig. 4.) — die durch das Detektionsprogramm aufgedeckte Ereignisse



a keresztkorrelációs technika használatával. Ugyanezeket az eljárásokat szintén alkalmazták a többszörös átfedési adatok maradék sztatikus korrekciós analízisének számításához.

Eredetileg ezen eljárások közül sok a feljegyzett eredmények kézi kiértékelésétől függött, de most már automatikus módszereket használnak ezen sebesség- és sztatikus-analízisek értelmezéséhez. Ez egy átfogó digitális feldolgozási sorozat kialakulására vezet, melynek során nemcsak feldolgozzák a terepi adatokat és korrigált szelvényeket hoznak létre, hanem automatikusan mintát vesznek a szelvényről, migrálják két vagy három dimenzióban a szelvényekről felvett döléseket és előállítják a kiválasztott szintek színvonalas mélységképét.



6. ábra. Északi-tengeri szelvény (4. ábra) – dőlés-migrálás után

Fig. 6. Разрез из района Северного моря (фиг. 4.) перемещения наклона

Fig. 6. Profil vom Nordmeer (wie Fig. 4) – nach Neigungsmigration

Bizonyos haladást már értek el ilyen feldolgozási sorozat kialakításában. A 4. ábra egy Északi-tengerről származó végleges szelvényt mutat. Az 5. ábrán láthatjuk a szelvényen végzett automatikus mintavétel eredményeit, a 6. ábra pedig ugyanezeket az eredményeket mutatja kétdimenziós dőlés-migrálás és mélységátalakítás után.

Ezek az eljárások olyan számítógépeket igényelnek, melyek nagyobb memóriákkal rendelkeznek, valamint komplex számítógép programokat, melyek lehetővé teszik, hogy a fejlettebb eljárásokat teljesen meg lehessen valósítani a digitális számítógépes technikában.

Az alapvető szeizmikus probléma, azaz a regisztrált adatok jel-zaj viszonyának megjavítása, ugyanaz valamennyi kutatási területen. A fokozott olajtermelés követelménye, valamint a mélyebb és fedettebb olajtároló szerkezetek kimutatásának fokozódó nehézsége egyre nagyobb igényeket támaszt a geofizikai kutatással szemben. A digitális technika alkalmazása megmutatta hatékonyságát a nehezebb szeizmikus feladatok megoldása terén.



## Der Einfluss mineralogisch-petrographischer Verhältnisse auf die Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von Gesteinen

H. STILLER-C. WAGNER-R. HEINRICH-D. FREUND

*A hangsebesség nyomásfüggésének meghatározására szolgáló két nyomáskamrát írnak le a szerzők, az egyik 2 kbár, a másik 15 kbár nyomásig, továbbá egy ultrahang-berendezésről is említést tesznek. A mintegy 2000 at-ig nyert eredményeket többféle módon is bemutatják, hogy lehetővé tegyék nagyobb mennyiségű laboratóriumi görbének a mineralógiai és petrográfiai adatokkal való összehasonlítását.*

*Точное определение зависимости скорости звука от давления и температуры является важным условием при интерпретации сейсмических данных как для прикладной, так и для общей геофизики. В докладе описываются две камеры с максимальным давлением 2 и 15 кбар. Кривые зависимости скорости звука от давления представляются и нормируются в различных формах. Благодаря этому они могут сопоставляться, причем, если приписывать им количественные параметры, представляется возможность сопоставления их с петрографическими особенностями.*

*Zur Bestimmung der Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit werden zwei Druckkammern für Drücke bis 2 kbar und bis 15 kbar sowie eine Ultraschalleinrichtung beschrieben. Die erhaltenen Ergebnisse von Druckversuchen bis 2000 at werden nach verschiedenen Arten dargestellt, um den Vergleich von grösseren Mengen von Kurven mit mineralogisch-petrographischen Ergebnissen zu ermöglichen.*

Infolge der zunehmenden geophysikalischen Erkundung grösserer Tiefen folgt dringend die Notwendigkeit der Kenntnis gesteinsphysikalischer Parameter unter den Bedingungen grösserer Tiefen, d. h. unter hohem Druck und hohen Temperaturen. Da die seismische Methode bei der Tiefenerkundung bisher die genauesten Ergebnisse geliefert hat, steht somit die Ermittlung der mechanischen Parameter, insbesondere der Schallgeschwindigkeit, an erster Stelle.

Zu diesem Zweck wurden im Institut für Geodynamik Jena zwei Druckkammern entwickelt, in denen zunächst die Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit sowohl für mässige Tiefen, d. h. 5-6 km Tiefe, als auch für etwas grössere Tiefen (bis 40 km Tiefe) bestimmt werden kann.

Aus früheren Untersuchungen, z. B. von Hughes u. a. (1951, 1956, 1957) oder Volarovic und Mitarbeitern (1962, 1966) hat es sich gezeigt, dass die Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von zwei Ursachen abhängt: bei niederen Drücken (etwa 1000 at) vom Aufbau und dem Gefüge der Gesteine, bei höheren Drücken (> 10.000 at) dagegen hauptsächlich von den mechanischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Minerale.

Die gerade für die Probleme der angewandten Geophysik wichtige Abhängigkeit von Aufbau und Gefüge der Gesteine wird in einer Kammer untersucht, die hydrostatische Drücke bis zu 2000 at zu erzeugen gestattet. Diese Kammer besteht aus einem dickwandigen Stahlzylinder von ca 150 mm Ø, 200 mm Länge und einer Innenbohrung von 40 mm Ø, der von unten mit einer Bodenschraube verschlossen ist, die zwei elektrische Durchführungen enthält. Von oben wird die ölfüllte Kammer mit einem Druckstempel (Bridgman-Druckpflanz) verschlossen. Der Druck auf den Stempel wird mit einer hydraulischen Presse (2000 Mp) erzeugt. Innendruck der Kammer wird unter Vernachlässigung der Reibungsverluste aus Gesamtkraft/Stempelfläche berechnet.



Die Ultraschallanlage besteht aus einem Seriengerät zur Ermittlung von Fehlern in Kabeln und Postleitungen, dem sog. Fehlerortungsgerät *FOG 101* vom Funkwerk Dresden, das durch einen zugehörigen Serienvorverstärker ergänzt wurde. Das Gerät gestattet eine Zeitauflösung von  $10^{-8}$  sec, so dass mit Bariumtitanatgebern von 4 MHz Proben von 200 mm Länge und 27 mm  $\varnothing$  gemessen werden können.

Eine zweite Kammer für quasihydrostatische Drücke bis 15 kbar besteht aus einem dickwandigen Hohlzylinder, in dem sich die Probe von 27 mm  $\varnothing$  fest eingepasst befindet und von oben und unten durch zwei Druckstempel zusammengepresst wird.

Die Ultraschallgeber von 2 MHz befinden sich in den Druckstempeln. Die Bewegung der Druckstempel wird mit induktiven Wegmessern und einer Trägerfrequenzapparatur bestimmt. Zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit  $v_1$  sind Korrekturen, wie Schall-Laufzeit im Druckstempel, Verkürzung der Probe durch Druck usw., zu berücksichtigen.

Die etwa 100 bisher untersuchten trockenen Proben verschiedenster Art (Sedimente, Eruptiva, metamorphe Gesteine) ergaben in Übereinstimmung mit anderen Autoren folgendes:

Gesteinsproben mit geringen Anfangsschallgeschwindigkeiten  $v_1$  zeigen eine relativ grosse Zunahme der Schallgeschwindigkeit (ca. 10–100%) unter Druck sowie eine grosse Streubreite der Kurven. Hierbei handelt es sich meist um stark poröse Sedimente oder Gesteine mit ausgeprägten Rissen und Spalten.

Diese Feststellungen wurden besonders durch eine Darstellung von 37 Sandsteinproben und 10 Tonsteinproben bestätigt, bei denen die relative Änderung der Schallgeschwindigkeit  $v_1$  bei 2000 at als Funktion der Anfangsschallgeschwindigkeit  $v_1$  aufgetragen wurde. Hier konnte eine fast funktionelle Abhängigkeit festgestellt werden.

Gesteinsproben mit bereits höherer Anfangsschallgeschwindigkeit zeigen nur eine geringe Zunahme der Schallgeschwindigkeit unter Druck (meist nur einige Prozente) sowie eine geringe Streubreite der Kurven. Es sind meist dichte Eruptivgesteine ohne Hohlräume oder ausgeprägte Trennflächen.

Diese Ergebnisse bestätigen somit die von Volarovic und Mitarbeitern (1967) vorgenommenen Modellrechnungen, die eine starke Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeitsänderung unter Druck von vorhandenen Poren, Spalten und Mikrorissen ergaben.

Um weitere Feststellungen über den allgemeinen Mechanismus der Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit machen zu können, ist eine Vergleichbarkeit der Schallgeschwindigkeits-Druck-Kurven notwendig. Um die gemessenen Kurven vergleichbar zu machen, wurde die relative Schallgeschwindigkeitsänderung (d. h. absoluter Betrag der Schallgeschwindigkeitszunahme bezogen auf die Anfangsschallgeschwindigkeit, angegeben in Prozent) bei 2000 at gleich 1 gesetzt, so dass alle Kurven gewissermassen auf 1 normiert wurden und untereinander verglichen werden können. Der Vergleich von etwa 50 beliebig ausgewählten Kurven ergab, dass die Form der Kurve stark variiert: Die Zunahme der Schallgeschwindigkeit verläuft in einem Bereich von fast linearer Zunahme bis 2000 at sowie bis zu einer raschen Zunahme bis 1000 at mit anschliessender ausserordentlich geringer Zunahme im anschliessenden Druckbereich bis 2000 at. Homogene Gesteine, wie z. B. Schluffstein, zeigen lineare Zunahme, grobkörnige, inhomogene Gesteine, wie z. B. Quarz-



porphyrit, ergeben eine starke Kurvenkrümmung im Anfangsbereich. Selbst der Vergleich mehrerer benachbarter Sandsteinproben aus einem Bohrkern ergab unterschiedliche Kurvenverläufe. Wie eingangs erwähnt, liegen in diesen niederen Druckbereichen die Ursachen der unterschiedlichen Schallgeschwindigkeitsänderungen im Aufbau und Gefüge der Gesteine. Um zu allgemeinen Schlussfolgerungen zu kommen, müssen infolge der Vielfältigkeit der natürlichen Gesteine statistisch grössere Mengen von Schallgeschwindigkeits-Druck-Kurven mit mineralogisch-petrographischen Ergebnissen verglichen werden. Die Verarbeitung von grösseren Kurvenzahlen ist aber nur möglich, wenn jede Kurve durch nur wenige Parameter, die die wichtigsten Eigenschaften der Druckvorganges enthalten, charakterisiert wird. Wie oben festgestellt, ist die Grösse der Schallgeschwindigkeitsänderung sowie die Art der Schallgeschwindigkeitsänderung (Kurvenkrümmung) am bedeutungsvollsten, da sich daraus die 4 möglichen Fälle einer Schallgeschwindigkeitsänderung ergeben:

- a) Grosse Zunahme, starke Krümmung im Anfangsbereich (häufiger Fall)
- b) Grosse Zunahme, linearer Anstieg (seltener Fall),
- c) Geringe Zunahme, starke Krümmung im Anfangsbereich (häufiger Fall),
- d) Geringe Zunahme, linearer Anstieg (häufiger Fall).

Zur Darstellung und Unterscheidung dieser 4 Fälle ist es notwendig, die Art der Schallgeschwindigkeitsänderung durch einen Parameter zu beschreiben. Mit gewissen Einschränkungen bezüglich der Genauigkeit der einzelnen Fälle kann dies durch den sog. „Halbwertsdruck“  $P(\Delta v_1 = 0,5)$  erfolgen, d. h. das ist derjenige Druckwert, bei dem die Hälfte der maximalen Schallgeschwindigkeitsänderung (in unserem Fall bei 2000 at) erreicht wird. Bei starker Kurvenkrümmung ist dieser Druckwert klein, bei linearem Anstieg gross.

Eine Darstellung „Halbwertsdruck  $P(\Delta v_1 = 9,5)$  gegen Schallgeschwindigkeitsänderung  $\Delta v_1$ “ gestattet es dann, jede Kurve durch einen einzelnen Punkt darzustellen. Grössere Mengen zusammenliegender Punkte charakterisieren so ähnliches Druckverhalten, und die Gesteinsproben können dann auf ähnliche mineralogisch-petrographische Eigenschaften untersucht und zusammengefasst werden. Eine derartige Zusammenstellung ist bisher an etwa 100 beliebigen Proben erfolgt; es ergab sich aber daraus die Notwendigkeit, die Proben nach systematischeren Gesichtspunkten auszuwählen, da für beliebig ausgewählte Proben die Zahl von 100 Stück zu gering ist.

#### LITERATUR

- Hughes, D. S., J. H. Cross: Elastic wave velocities in rocks at high pressures and temperatures Geophysics, 16, (4), 577–593, 1951.
- Hughes, D. S., C. Maurette: Variation of elastic wave velocities in granites with pressure and temperature Geophysics, 21, (2), 277–284, 1956.
- Hughes, D. S., C. Maurette: Variation of elastic wave velocities in basic igneous rocks with pressure and temperature Geophysics, 22, (1), 23–31, 1957.
- Volarovič, M. P. u. a. im Sammelband: Fiziceszkije szvoisztva gornih porod pri viszokih davlenijah, AN SSSR Trudi Insztituta fiziki Zemli 23 (190) 1962.
- Volarovič, M. P. u. a. im Sammelband: Elektriceszkije i mehaniceszkije szvoiszta gornih porod pri viszokih davlenijah AN SSSR Trud Insztituta fiz. Zemli 37 (204), 1960.
- Volarovič, M. P., I. S. Tomasevškaja, Z. J. Stachovskaja: Die Untersuchung der Bruchvorgänge und der Geschwindigkeit elastischer Wellen Bericht über das 8. Ländertreffen des internationalen Büros für Gebirgsmechanik Akademieverlag Berlin 1967.



## Időben változó automatikus szűrők alkalmazása a szeizmikus regisztrálásokra

G. KUNETZ—J. M. FOURMANN

Számos esetben a stationárius jelenségek feltételezése alapján működő lineáris szűrők nem eléggé hatásosak. Ez az eset állhat be pl., ha összegezett nyomokat követünk, ahol az ismétlési folyamat megzavarta az eredeti és többszörös reflexiók közötti eredeti amplitudó-viszonyt. Ilyenkor időben változó szűrőket kell alkalmaznunk, s lehetőleg olyanokat, amelyek önműködően alkalmazkodni képesek a kiszűrendő jelenségek változásaihoz. Mindenesetre azonban bizonyos megszorításokat kell tennünk ezen szűrők változási képességét illetően, hogy a nyomvonalak túl drasztikus elsímitását elkerülhessük.

A jelen dolgozabban leírt szűrőtípusoknál ez a megszorítás az operátor alakjára vonatkozik, amely a nyomvonal korrekcióját eszközli, vagyis az ezen operátor tagjai között fennálló relációra; ez az alak lényegében konstans marad az egész nyomvonal mentén, míg a korrekciók amplitudója alkalmazkodhat a kiszűrendő jelenségekhez.

Az alkalmazott technikának az a tulajdonsága is megvan, hogy elkerüli a zaj megnövesztését. Ebben az irányban további javítás az, hogy kihasználjuk a kívánt jel repetitív jellegét, szemben a véletlen zaj nem-repetitív alakjával és így növeljük a jel/zaj viszonyt.

В некоторых случаях линейные фильтры, основывающиеся на предположении наличия стационарных явлений, не оказываются эффективными. Такие случаи могут иметь место, напр. при применении метода накопления трасс, когда накопление нарушает первоначальное отношение амплитуд прямых отраженных волн к амплитудам кратных отражений. В таких случаях необходимо применять фильтры, изменяющиеся во времени, а именно, по возможности такие, которые способны изменяться в соответствии с изменениями фильтруемых явлений. Однако, при этом необходимо предусмотреть определенные ограничения в отношении изменчивости этих фильтров, чтобы исключить слишком сильное сглаживание трасс.

Для нагара фильтров, описываемых в настоящей работе, такое ограничение относится к форме оператора, вводящего поправки в трассу, т.е. к взаимоотношению членов этого оператора; эта форма остается, по существу, неизменной по трассе, причем амплитуда поправок может приспособляться к фильтруемым явлениям.

При применяемой технике исключается также и возможность увеличения шума. В этом отношении дополнительным усовершенствованием является использование характера повторяемости полезных сигналов по сравнению с неповторяющимся видом случайных шумов, благодаря чему увеличивается отношение сигнал/шум.

In vielen Fällen sind die auf Grund der Annahme stationärer Erscheinungen konstruierten linearen Filter nicht effektiv genug. Dieser Fall kann sich einstellen, wenn z.B. gestapelte Spuren behandelt werden, wobei der Überdeckungsprozess das ursprüngliche Amplitudenverhältnis zwischen den originellen und reverberierten Reflexionen gestört hat. Dann müssen wir zeitvariable Filter anwenden und zwar möglichst solche, die die Fähigkeit haben, sich selbst den Änderungen der zu filtrierenden Erscheinungen anzupassen. Wir müssen aber jedenfalls gewisse Vorbehalte aufstellen, was die Variationsintervalle der betreffenden Filter anbelangt, um einer zu drastischen Glättung der Spuren Einhalt zu gebieten.

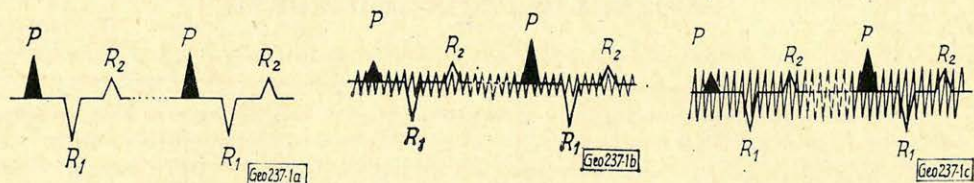
Im Falle der im vorliegenden Aufsatz beschriebenen Filter bezieht sich die Einschränkung auf die Form des Operators, welcher die Korrektur der Spur bewirkt, d. h. auf die Relation, die zwischen den Gliedern des Operators besteht: diese bleibt im wesentlichen konstant entlang die ganze Spur, während die Amplitude der Korrekturen sich den zu filtrierenden Erscheinungen anpassen kann.

Die angewendete Technik hat ausserdem die Eigenschaft, dass eine Vergrößerung des Störgeräusches vermieden wird. Eine weitere Verbesserung in dieser Richtung wird dadurch erwirkt, dass wir die repetitive Form des gewünschten Signals ausnützen, gegenüber der nicht-repetitiven Form des Störgeräusches, wodurch eine Vergrößerung des Signal-Geräusch-Verhältnisses erreicht wird.

A dolgozat célja néhány módszert közölni a szeizmikus regisztrálások fel-  
dolgozására abban az esetben, ha lényeges késésű többszörösök vannak jelen  
zajjal együtt. „Lényeges késés” alatt olyan késést értünk, mely elegendő arra,  
hogy egy reális beérkezés hullámeleme eléggé kioltott állapotban legyen abban



a pillanatban, amikor első többszöröse beérkezik. Következésképpen a megbeszélendő programok fő alkalmazási területe a mélyen a víz alatt fekvő helyek tengeri kutatásánál van.



1. ábra. Dereverberáció és zajcsökkentés

a Neptune-program

Feltételezés: Stacionárius reverberáció és zaj, alacsony zajszint

Korrekciók: Az antireverberációs korrekció átlagosan optimalizálódik az egész csatornára

b Triton-program

Feltételezés: Változó reverberáció és (vagy) zaj, közepes zajszint

Korrekciók: Az antireverberációs korrekció – alakra optimalizálódik az egész csatorna mentén

– amplitúdóra viszont helyileg adaptálva.

c Ariene-program

Feltételezés: Változó reverberáció és (vagy) zaj, magas zajszint

Korrekciók: Kettős korrekció:

1. a nem-reverberáló zaj csökkentése

2. anti-reverberáció, mint a Triton-nál

Fig. 1. Подавление кратных отражений и снижение уровня шумов

a Программа „Нептун”

Предположение: Стационарные кратные отражения и помехи, низкий уровень шумов.

Поправки: Поправка за кратные отражения получается в среднем оптимальной для всей трассы

б Программа „Тритон”

Предположение: Изменяющиеся кратные отражения и/или помехи, средний уровень шумов.

Поправки: Поправка за кратные отражения получается оптимальной по форме по всей трассе, а по амплитуде – выбираются локальные оптимальные величины

в Программа „Ариан”

Предположение: Изменчивый фон кратных отражений и/или помех, высокий уровень шумов.

Поправки: двойная поправка:

1. снижение помех, не связанных с кратными волнами,

2. подавление кратных волн, как в программе „Тритон”

Fig. 1. Dereverberation und Geräuschverminderung

a Neptune-Programm

Bedingungen: Stationäre Reverberation und Geräusch, niedriges Geräuschniveau

Korrektionen: Die Antireverberations-Korrektion wird im Durchschnitt optimalisiert für den ganzen Kanal

b Triton-Programm

Bedingungen: Veränderliche Reverberation und/oder mittleres Geräuschniveau

Korrektionen: Die Antireverberations-Korrektion wird – was die Form anbelangt, optimalisiert für den ganzen Kanal

– was die Amplitude anbelangt, lokal adaptiert

c Ariane-programm

Bedingungen: Veränderliche Reverberation und/oder hohes Geräuschniveau

Korrektionen: Doppelte Korrektion:

1. Verminderung des nicht-reverberierten Geräusches

2. Anti-Reverberation, wie bei Triton

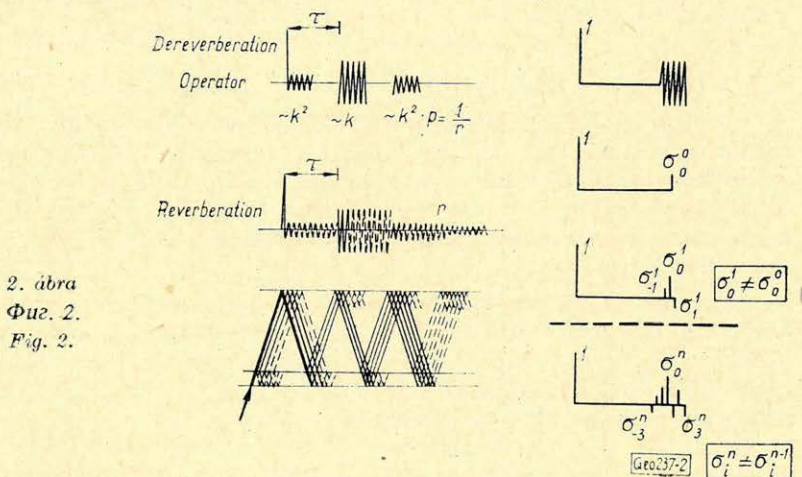


## 1. ábra

Az 1. ábrán három feldolgozási módszer jellemzőit mutatjuk be, melyek nagyjában ugyanannak az alapelvnek fokozatos továbbfejlesztéseként kerültek alkalmazásra mind nehezebb feladatok megoldásánál, ezzel együtt azonban a feldolgozási idő és költség is növekedett.

Az első program – nevezzük azt *Neptunnak* – akkor alkalmazható, ha a csatornák karakterisztikái a regisztrálás alatt nem változnak és a zaj eléggé mérsékelt. Ebben az esetben az alkalmazott operátort az egész csatornára, vagy annak egy részére (amelyet előre kiválasztunk) együttesen optimalizáljuk. Megtörténhetik azonban, hogy ha egy reflexiót ismétlések követnek, akkor az egymásutáni ismétlések amplitúdói nem csökkennek szabályosan. Ez az eset fordul elő nevezetesen akkor, amikor a szelvény kezdetén változó számú csatornát adunk össze. Ebben az esetben egy másik – *Triton*-nak nevezett – programot alkalmazhatunk, ahol az egymást követő ismétlések közötti alakváltozásokat a csatorna egészén határozzuk meg, de az amplitúdókorrekcióit lokálisan alkalmazzuk.

Végül a harmadik program – *Ariane* néven – akkor kerül alkalmazásra, amikor a jel/zaj-viszonyt akarjuk (kell) javítani. Erre a célra szétválogatják és osztályozzák a jelet ismétlődési tulajdonságai szerint, azután eliminálják az ismétlődéseket az előbb jelzett módon.



## 2. ábra

Ha a többszörösök a felszín és egymáshoz közel eső, kismélységű visszaverő felületcsoport között jönnek létre, ismeretes, hogy található olyan operátor, mely valamennyi olyan többszöröst elnyomja, amelyeknek útja csak egyszer – és csak egyszer – haladt át a visszaverő felületek csoportján minden irányban. Ezt az operátort három korlátozott tartamú szektorból álló rész alkotja, ahol az időtartam egyenlő a kismélységű visszaverő felületcsoport áthaladási idejének kétszeresével. A szakaszokat egymástól egy olyan intervallum választja el, melynek hossza egyenlő  $\tau$ -val, a felszín és a legkisebb mélységű visszaverő felület közötti idő kétszeresével. Ha azonban elhanyagoljuk mindazon tagokat, melyeknek nagyságrendje a reflexiókoefficiensek négyzetével egyenlő, akkor

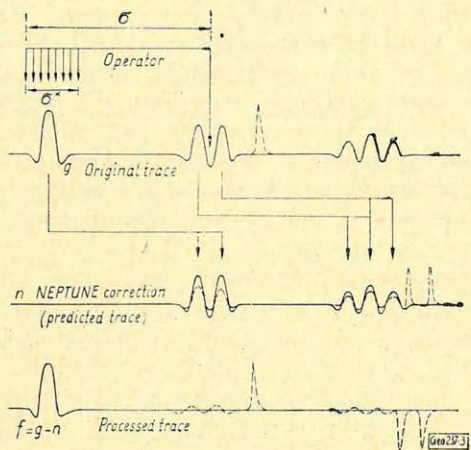


– az első szakasz egyetlen tagra redukálódik és ez a kezdőpontban 1-gyel egyenlő,

- a második szakasz megmarad,
- a harmadik pedig teljesen eltűnik.

Remélni lehet tehát, hogy jó antirezonanciát kapunk, ha olyan optimalizált operátort alkalmazunk, mely nem tartalmaz mást – eltekintve attól a tagtól, melynek értéke a kezdőpontban 1 – mint egy csoportot alkotó értékeket a rezonancia-periódus közelében.

Így tehát eljutottunk egy „rövid hatóidejű” előrejelzési eljáráshoz. A *Neptune*-nak nevezett programnál a második szakasz tagjainak számát lassú ütemben emeljük (valamennyi tagot újra számítunk ki minden egyes esetben) mindaddig, amíg a minőség megjavulása bekövetkezik.



3. ábra. Neptune: sématikus példa

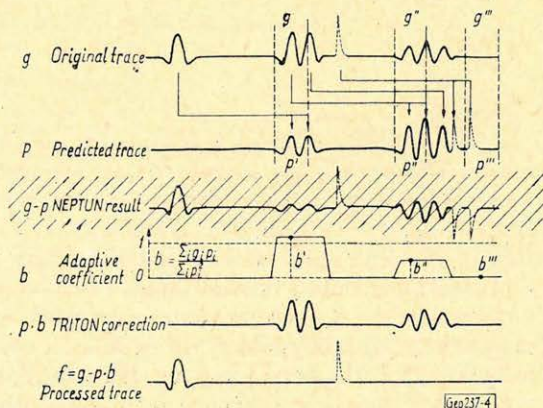
Фиг. 3. НЕПТУН: схематический пример

Fig. 3. Neptune: Schematisches Beispiel

### 3. ábra

Miután a feldolgozandó csatornát az ilyen módon meghatározott operátorral konvolváljuk, egy „előjelző” vagy „korrigáló” csatornát kapunk, mely az eredeti csatornának késleltetett és alkalmasan átalakított képe. Valójában a teljes operátor, amely tehát a kezdőpontban 1-et tartalmaz, egyúttal elvégzi a korrekciónak az eredeti csatornából való levonását is és így azonnal a végeredményhez vezet.

Ha nem volna sem zaj, sem a rezonancia-karakterisztikákban nem mutatkoznék módosulás, akkor előbbi eredményünk tökéletes lenne. A zaj megjelenésének eredménye – amint az valamennyi automatikusan meghatározott operátorokkal való számításnál van – az, hogy a dereverberáció eredményessége szükségszerűen csökken úgy, hogy a zajszint ne nagyon emelkedjék meg azért, hogy az eredeti zajnak ismétlődései keletkeznek.



4. ábra. Triton: elvi felépítés és összehasonlítás a Neptune-nal

Фиг. 4. ТРИТОН: схема и сопоставление с программой „НЕПТУН”

Fig. 4. Triton: Prinzipieller Aufbau und Vergleich mit Neptune



#### 4. ábra

Ha reverberáció, illetve annak nyilvánvaló karakterisztikái az egész csatorna mentén kifejlődnek, akkor az eredmény már kevésbé kielégítő.

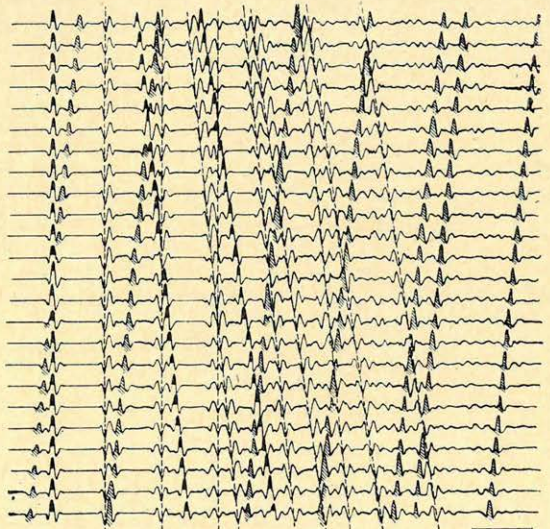
Gyakran megesik, hogy az amplitudóviszony egy első beérkezés és az egymást követő többszörösök között változik a regisztrálás folyamán, egyrészt az *AGC* hatására, másrészt egy néma zónával való összeadási módszer eredményeképpen. Ebben az esetben egyetlen operátor nem képes az egész csatorna mentén előre jelezni a többszörösök amplitudóit az eliminálás céljára. Következésképpen a *Neptun*-módszer, amelynek lényege a korrekciós csatornának az eredetiből való levonása, nem szolgáltat kielégítő eredményt: egyes többszörösöket „alákorrigál”, másokat „túlkorrigál”.

Azonban mérsékelt zaj jelenléte esetén a korrekciós jelalak akkor is helyes lehet, ha amplitudója gyakran helytelen is. Így, ha a kivonást megelőzően adaptáljuk a csatornakorrekció szintjét, úgy jelentősen megjavíthatjuk az antirezonanciát.

A *Tritonnak* nevezett eljárásnál ezt az adaptációt úgy hajtjuk végre, hogy egy mozgó ablak minden pozíciójára – az eredeti és a korrekciós-csatornán egyaránt – kiszámítunk egy szorzó-tényezőt, melyet valamennyi korrekciós értékre alkalmaznunk kell az ablak belsejében, hogy a minimális reziduumot kapjuk a levonás után.

Végül is így nemcsak a többszörösök jobb eliminációját érjük el, de egyúttal elkerüljük azt is, hogy zajtöbbszörösöket hozzunk létre. Azonban az eljárásnak nincs redukáló hatása arra a zajra, amely már az eredeti csatornán is megvolt.

Meg kell jegyeznünk, hogy az adaptáló koefficiensek számításánál használatos ablakoknak elegendő hosszúaknak kell lenniök, mert különben azt kockáztatjuk, hogy nemcsak a többszörösöket elimináljuk, hanem egy sor reális reflexiót is.



5. ábra. Szintetikus szakasz 3 primer reflexióval, reverberációval és zajjal

Fig. 5. Отрезок синтетической сейсмограммы с 3 первичными отражениями, кратными волнами и помехами

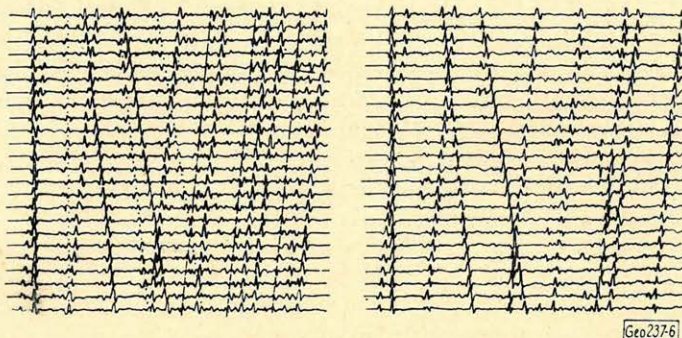
Fig. 5. Synthetisches Profil mit drei primären Reflexionen, Reverberation und Geräusch

#### 5. ábra

Hogy a két eljárás (*Neptun* és *Triton*) hatékonyságát összehasonlíthassuk, egy szintetikus metszetet készítettünk úgy, hogy összeadtunk három valódi reflexiót (fehérrel jelezve), ezek többé-kevésbé erősített vagy gyengített többszörösöseit (*AGC*-vel vagy stacking útján) és zajt is tettünk hozzá (vékony szaggatott vonal). Hogy megkönnyítsük a valódi beérkezések és a zajbeérkezé-



sek vizuális megtalálását, koherens zajt választottunk, mely az egész szakaszon folytonos, de a valódi beérkezésekkel ellentétes gradiensű.



6. ábra. Összehasonlítás a Neptune és Triton-folyamat között

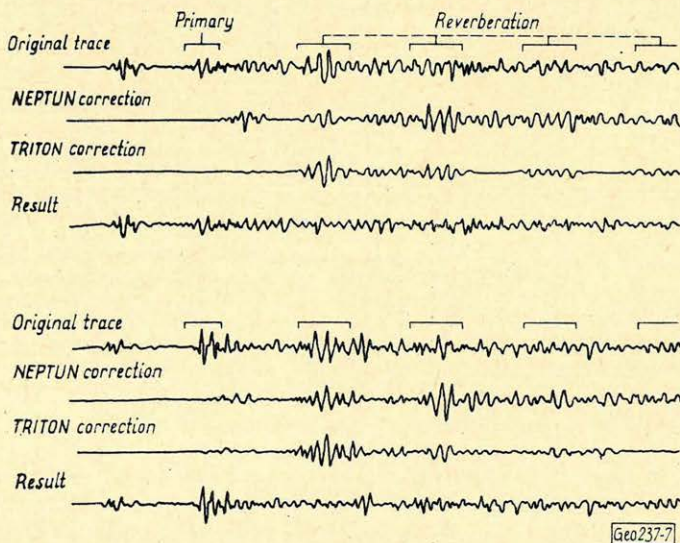
Фиг. 6. Сопоставление процедур по программам НЕПТУН и ТРИТОН

Fig. 6. Vergleich zwischen Neptune- und Triton-Verfahren

### 6. és 7. ábra

Az első eljárás (Neptun) eredménye igen kevésbé kielégítő az adott viszonyok mellett.

Mind a reális és ismétlődő reflexiók közötti változó amplitúdóviszony, mind pedig a magas zajszint együttes hatására az antirezonancia nem teljes, amint arról az a tény tanúskodik, hogy számos a reálisokkal párhuzamos beérkezést találunk; másrészt a zajszintet a zaj-többszörösök feltűnése is megnövelte, és pedig az eredeti csatornán jelenlevő zajból kifolyóan.



7. ábra. Triton-példa

Фиг. 7. Пример для программы „ТРИТОН”

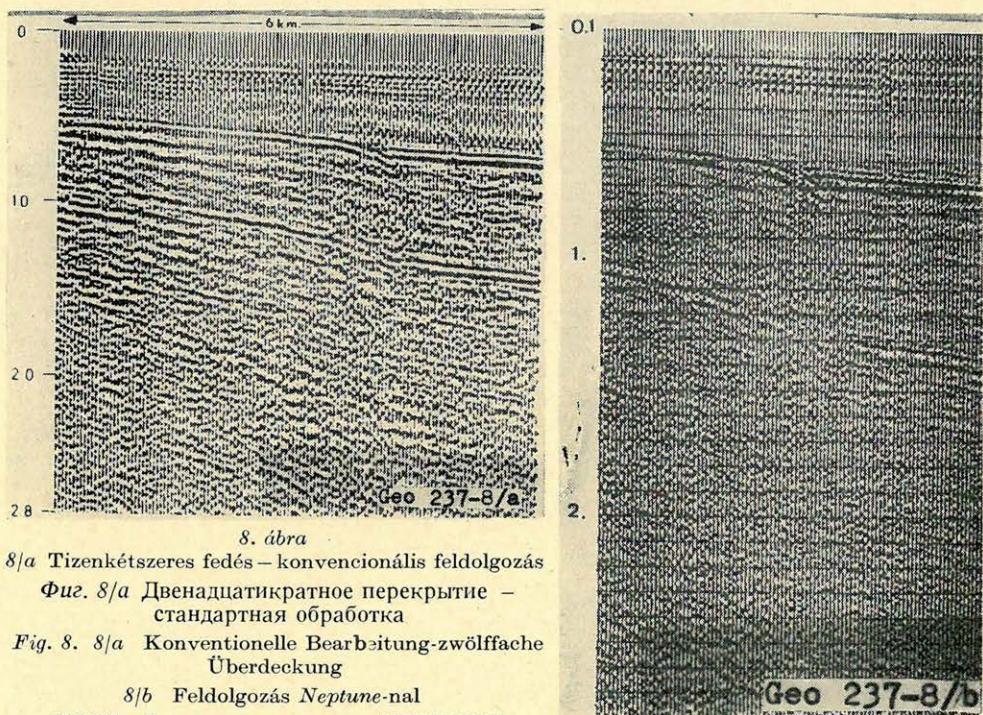
Fig. 7. Triton - Beispiel



A második eljárással (*Triton*) elért antirezonancia már eléggé teljes anélkül, hogy sok kár érte volna az interferáló reális csatornákat. Itt nem keletkezett járulékos zaj, de a kezdeti szakaszon jelenlevő zaj a végsőn is megmaradt.

Az amplitudó-adaptációval elért javítás egyúttal világosan megmutatkozik a reális csatornákon. A közölt két példán az első többszörösök több energiával jelentkeznek, mint reális megfelelőjük, ami a kioltási zónával való stacking eredménye. A korrekció számára előrejelzett csatorna nem tükrözi helyesen ezeket az amplitudó-változásokat.

Ezzel szemben az adaptáló koefficiens alkalmazása után tisztán láthatjuk a reális reflexió 4 ismétlődését az új korrekciós csatornán (*Triton* korrekció). Előbbinek az eredeti csatornából való levonása után a többszörösök elhalványodni látszanak, anélkül azonban, hogy romlanának a zajszint megnövekedése folytán.



8. ábra

8/a Tizenkétszeres fedés – konvencionális feldolgozás

Фиг. 8/a Двенадцатикратное перекрытие – стандартная обработка

Fig. 8. 8/a Konventionelle Bearbeitung-zwölffache Überdeckung

8/b Feldolgozás Neptune-nal

8/б Обработка по программе „НЕПТУН”

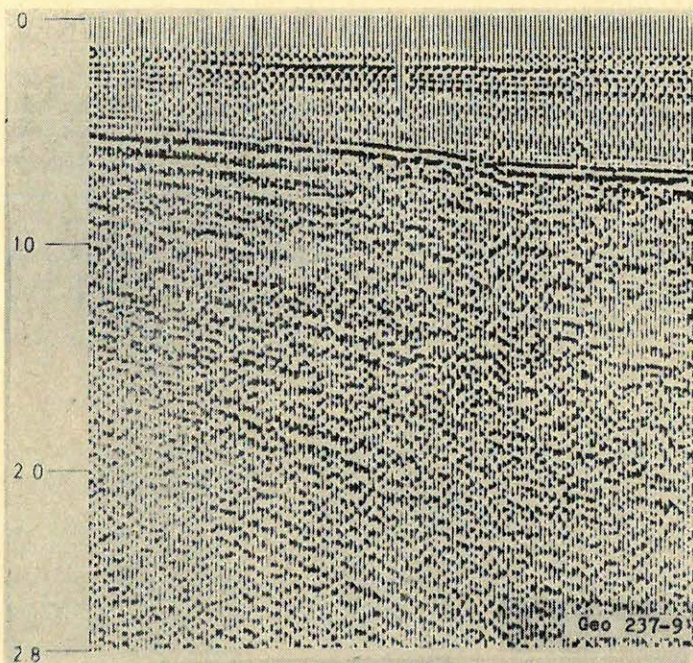
8/b Bearbeitung mit Neptune

### 8. és 9. ábra

Itt az első szelvény tipikus példaként kioltási zónával való stackingből származó amplitudóviszony-változásokat mutat. Tizenkétszeres fedésről van szó, klasszikus dekonvolúció utáni összedással.

A 0,5 sec környékén levő horizontot egy igen erős többszörös követi, mely még a reális horizontnál is energikusabb a profil egyes pontjain. Ezzel szemben a második többszörös, bár jól látható, sokkal gyengébb, mint az első.





9. ábra. Feldolgozás Triton-nal  
 Фиг. 9. Обработка по программе „ТРИТОН”  
 Fig. 9. Bearbeitung mit Triton

A *Neptun-eljárás* – az egész csatorna mentén ugyanazt az operátort alkalmazva – megjavítja a szelvényt anélkül, hogy a többszörösöket teljesen elmosná. Ezeket a *Triton*-eljárás teljesen eliminálta. Szerencsétlenségre, a feldolgozás (kezelés) alkalmazása után elég szegényes szelvény marad vissza, amelyen semmiféle kiegészítő horizont nem fedezhető fel.

#### 10. ábra

Ez a példa hármast mutat, ahol arról volt szó, hogy eliminálni kell azt a (az *I-sec*-nél jelentkező) többszöröst, melyet egy mély, lejtős tengerfenék hozott létre.

A *Triton*-nal való „kezelés” világosan megjavítja a szelvény felső részén mutatkozó „hegyet”.

#### 11. ábra

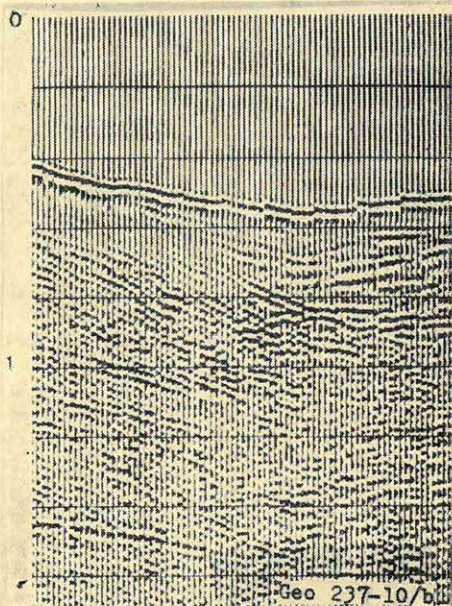
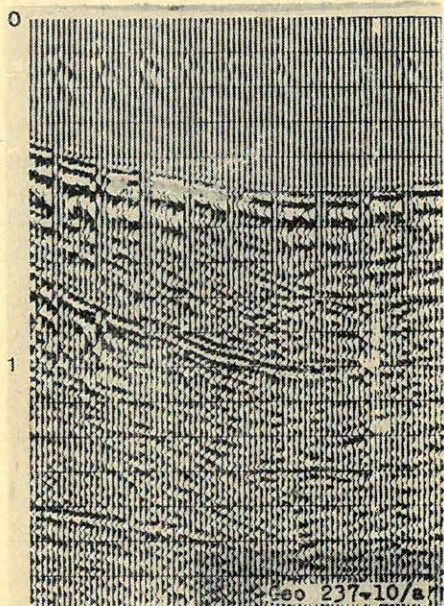
Ha rezonáló, erős zajnívóval rendelkező regisztrátumot kell feldolgoznunk, akkor olyan eljárást kereshetünk, amely nemcsak, hogy nem növeli a zajszintet, de még csökkenti is azt. Egy ilyen eljárás a zaj és jel között lehetséges megkülönböztetésen alapulhat (reális horizontok és többszörösök), tekintettel a jel repetitív jellegére.

Ennek az eljárásnak első része egy referencia-csatorna szerkesztése, amely hasonlít majd az eredeti csatornára ott és csak ott, ahol jel van jelen.

Ha a többszörösök a reális jelre hasonlítanak, minden deformáció nélkül, akkor ez a referencia-csatorna egyszerűen maga az eredeti lehet, balra eltolva a



rezonancia periódusával: így a többszörösök a valóságos reflexiókkal, vagy alacsonyabb rangú többszörőkkel szembekerülnének.



10. ábra

10/a 3-szoros fedés — konvencionális feldolgozás

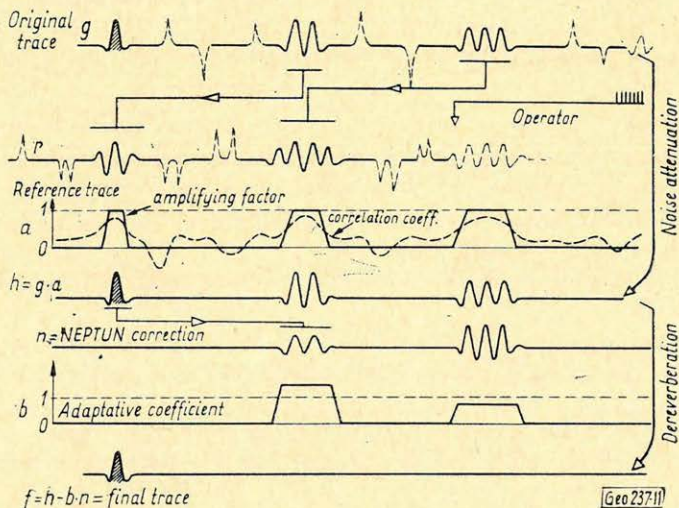
Фиг. 10/a Трехкратное перекрытие — стандартная обработка

Fig. 10. 10/a Dreifache Überdeckung — Konventionelle Bearbeitung

10/b 3-szoros fedés — Triton-feldolgozás

10/b Трехкратное перекрытие — стандартная обработка

10/b Dreifache Überdeckung — Triton-Bearbeitung



11. ábra. Az Ariane elve

Фиг. 11. Принцип программы „АРИАН”

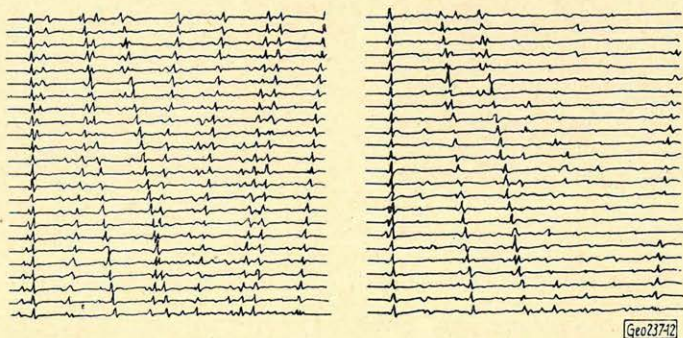
Fig. 11. Prinzip von Ariane



Az egyik beérkezéstől a másikig bekövetkező torzulás következtében konvolválni kell az eltolt csatornát egy operátorral, melyet úgy határozunk meg, hogy átlagban optimalizálja az eredeti csatornával való hasonlóságot.

Ezután definiáljuk a helyi hasonlósági fokot azzal a korrelációval, melyet egy, a két csatorna mentén elcsúsztatott ablakkal kapunk, az időtengely egész hosszában. Ha jó korrelációt kapunk, ez azt mutatja, hogy az eredeti csatornán egy reális vagy többszörös beérkezés található, mely szemben van a modell-csatornán elhelyezkedő saját ismétlésével. Ebben az esetben átírjuk az eredeti csatornának megfelelő darabot módosítás nélkül ( $h = g$ ). Ellenkező esetben, ha rossz korreláció jelentkezik, ez azt mutatja, hogy nincs zaj az eredeti csatornán. Ilyenkor úgy írjuk át a csatornát, hogy redukáljuk egy megfelelő tényezővel ( $h = g \cdot a$ ).

Ez az első operáció-sorozat redukálja a zajt, de a rezonanciát nem módosítja. Az így kapott  $h$  csatornát tehát *re-reverberálni* kell (anti-rezonanciásan kezelni): erre használjuk pl. a *Triton*-eljárást.



12. ábra. A *Triton*- és *Ariane*-folyamatok összehasonlítása

Фиг. 12. Сопоставление процедур по программам ТРИТОН и АРИАН

Fig. 12. Vergleich der *Triton*- und *Ariane*-Verfahren

### 12. ábra

Alkalmaztuk ezt az eljárást ugyanarra a szintetikus szelvényre, amelyet már használtunk a *Neptun*- és *Triton* összehasonlításánál.

Míg a *Triton*-eljárással a többszörösöket jól el tudtuk nyomni, anélkül, hogy az eredeti zajt módosítottuk volna, az *Ariane* eljárás ezenfelül még a zaj lényeges redukciójára is képes anélkül, hogy a reális horizontokat jelentős módon rontaná.

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a bemutatott példa igen kedvező esetet ölel fel, mert itt a zaj és a jel csak kivételesen interferálnak. A korrelációk tehát általában vagy igen jók, vagy igen rosszak. Amikor azonban a zaj eloszlik az egész csatornán és alaposan összekeveredik a zajjal, a korrelációk folytonosabb módon oszlanak el és a jel és a zaj közötti megkülönböztetés nem ilyen éles.

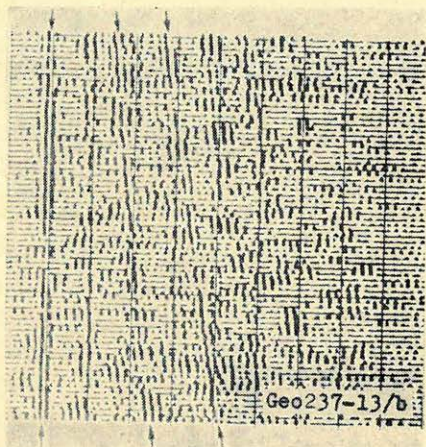
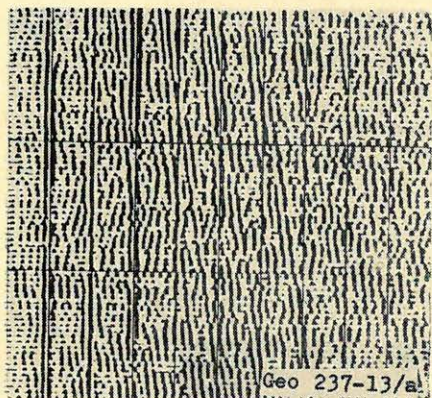
Ennek a nehézségnek tanulmányozására olyan szintetikus szelvényt szerkesztettünk, mely ugyanazokat a reális és többszörös beérkezéseket tartalmazza, mint a már bemutatott, de ahol a zaj eloszlik az egész csatorna mentén.



### 13. ábra

Ezen az ábrán balra látjuk szintetikus szelvényünket három elsődleges beérkezésével és a többszörösökkel, ahol az egész igen erős zajhátterbe merül.

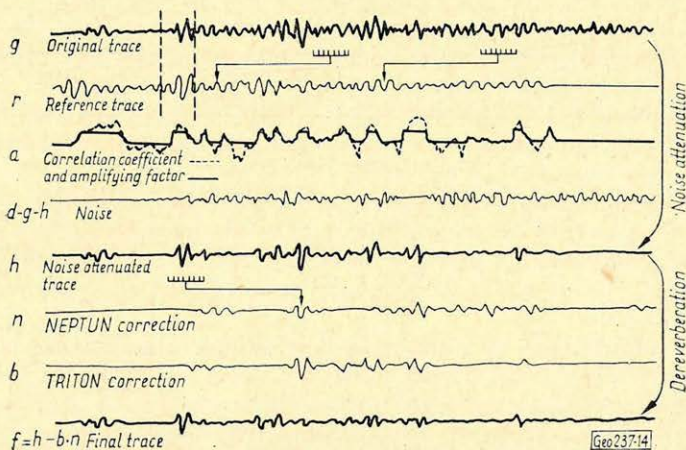
Látható, hogy az eljárás lehetővé tette a három elsődleges beérkezés izolálását és a zaj jelentékeny csökkentését. Természetesen a módszert módosítani kellett úgy, hogy számításba vegyük a közbenső korrelációs koefficienseket. Pontosabban kitérünk erre a következő ábra kapcsán.



13. ábra. Az Ariane hatása  
a eredeti  
b feldolgozás után

Fig. 13. Эффективность программы АРИАН  
a первоначальный материал  
b после обработки

Fig. 13. Effekt von Ariane  
a original  
b nach Bearbeitung



14. ábra. Ariane - példa

Fig. 14. Пример для программы „АРИАН”

Fig. 14. Ariane-Beispiel



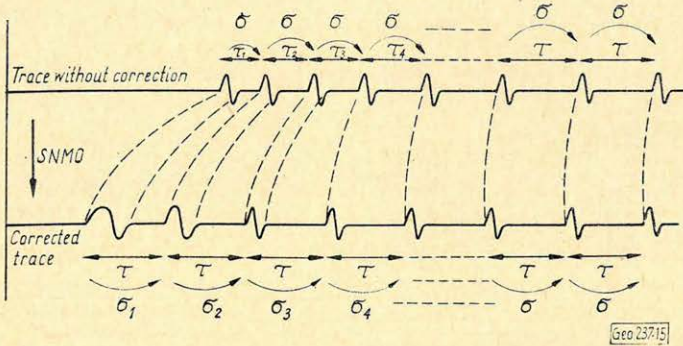
#### 14. ábra

Ezen az ábrán két – a terepen felvett – csatorna „kezelése” látható.

Az eredeti csatorna ( $g$ ) és a referencia-csatorna ( $r$ ) közötti egyezések és eltérések itt nem látszanak olyan világosan, mint a sematikus példában. Azonban, ha nem változtatjuk az amplitudókat, ha az ( $a$ ) korreláció a két csatorna között egy bizonyos értéken felül van és ha fokozatosan redukáljuk azokat, amint a korreláció romlik, akkor a zajszint jelentékeny csökkentése érhető el.

Az így nyert csatorna ( $h$ ) és az eredeti csatorna közötti eltérés ( $d$ ) elvben a zajt tünteti fel. Igen nagy gondossággal kell megválasztanunk ennek a zajcsökkentő eljárásnak a paramétereit, hogy elkerülhessük annak a veszélyét, hogy elnyomjunk olyan gyenge jeleket, melyeknek ismétlései a zajban rejtőztek el.

A „zaj-kezelt” csatornán a rezonanciát úgy szüntetjük meg, mint a Triton eljárásnál.



15. ábra. Eltolás okozta torzítások

Фиг. 15. Искажения, вызванные смещением

Fig. 15. Verzerrung durch Verschiebung

#### 15. ábra

Végül szeretném bemutatni a „Triton” eljárás egy javított alakját a szelvények felső szintjeinek „kezelésére”, különösképpen akkor, amikor a mélyvíz erős hullámverésének hatását kell kiküszöbölni. Ezeket nem lehet az eddig leírt módszerekkel eliminálni, sem a dinamikus korrekciók alkalmazása előtt, sem utána.

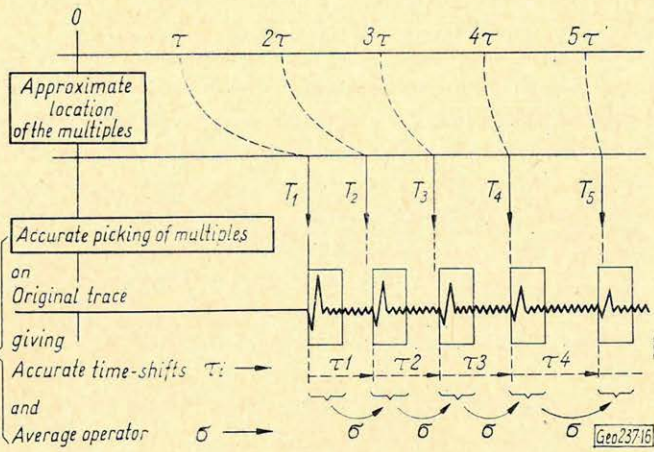
Ha a dinamikus korrekciók alkalmazása előtt akarunk eljárni, akkor egy reverberáció és a következő közötti formaváltozás eléggé stabil és egy lineáris  $\sigma$ -operátorral kompenzálható. Szerencsétlenségre az egymást követő reverberációk közötti időintervallumok távol vannak attól, hogy egyenleteseknek volnának tekinthetők.

Másrészt eljárhatunk a dinamikus korrekciók alkalmazása után is. Ha ezeket a korrekciókat kellő megítéléssel választottuk, akkor az egymásutáni reverberációk közötti intervallumok egyenlőkké tehetők, de a jel deformációja minden reverberáció számára más és más operátornak felel meg.

#### 16. ábra

Ezeket a nehézségeket segítettő, előnyösnek látszik a nem korigált szelvényekből kiindulni és megengedni, hogy az eljárásainknál szereplő „késés”  $\tau$  adaptálódjék és változzék valamennyi csatorna egész hosszában.

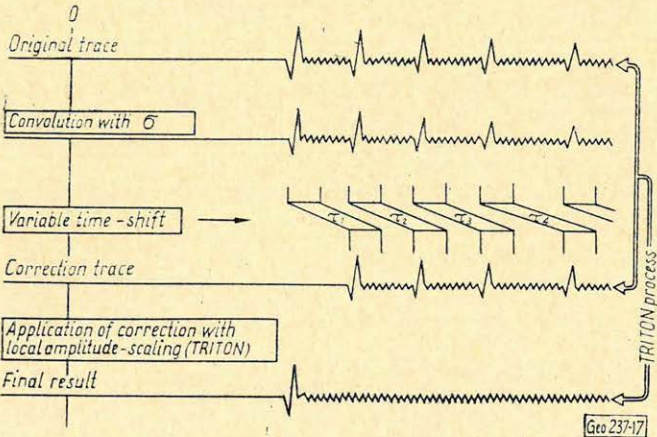




16. ábra Φuz. 16. Fig. 16.

Ebben az esetben az operációk egymásutánja a következő lesz:

1. Ismerve közelítőleg a vízfenék és a kezelendő csatorna indulási pontja közötti kettős időtávolságot, számítógéppel meghatározzuk a közelítő beérkezési időket  $T_1$  és  $T_2$ -t a reális reflexió és a reverberáció számára.
2. Meghatározzuk a pontos  $\tau_1, \tau_2, \dots$  eltéréseket az egymást követő ismétlések között úgy, hogy meghatározzuk az előbb definiált  $T_1$  és  $T_2$  idők szomszédságában levágott kis szelvény-szegmensek kereszt-korrelációjának maximumát. Ezek a szegmensek arra is felhasználhatók – mintha equidistínsok volnának –, hogy meghatározzuk a  $\sigma$ -operátort, amely középértékben a legjobban teszi lehetővé bármelyik szelvényről a következőre való áttérést.



17. ábra Φuz. 17. Fig. 17.

17. ábra

Ha a  $\sigma$  operátort már alkalmaztuk az eredeti csatornára, akkor el kell tolni ezt a csatornát, figyelembe véve két, egymással össze nem egyeztethető feltételt:



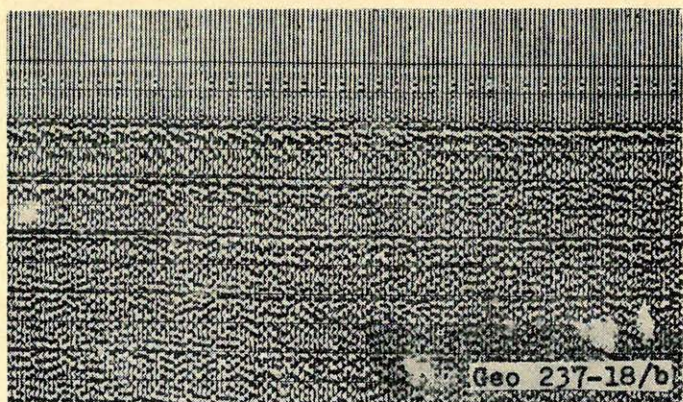
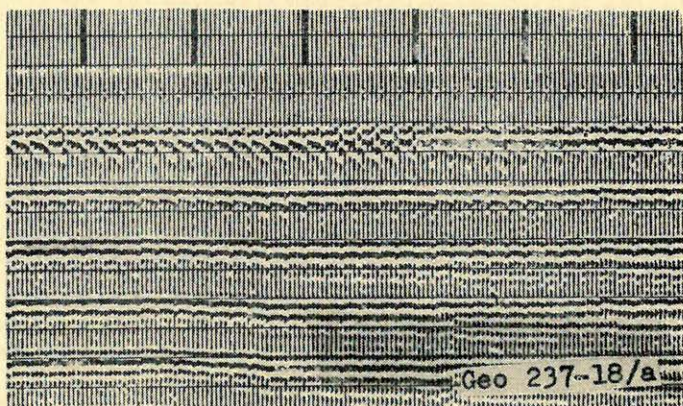
- ne legyen deformáció,
- változó eltolások szerepeljenek.

A két feltétel között kompromisszumot érhetünk el úgy, hogy „en bloc” toljuk el, deformáció nélkül az

1. operációnál kapott kis szegmenseket, éspedig akkora értékkel, amekkorát a
2. operációnál találtunk az eltolásra.

A kis szegmensek közé eső csatorna-pozíciók változó eltolást szenvednek és ennek következtében lényegesen deformálódnak. Ennek azonban nincs nagy jelentősége: csak az erős vízfenéki reverberációk rejtik magukban azt a veszélyt, hogy elfedik a gyenge reflexiókat, lényeges tehát az, hogy ezeket a reverberációkat küszöböljük ki.

Ennek az új, változó eltolódású csatornának amplitudóit adaptáljuk azután helyileg, és az eljárás úgy fejeződik be, mint egy „közönséges Triton”.



18. ábra

a feldolgozatlan  
b dekonvolvált

Фиг. 18/a необработанный материал  
б материал после деконволюции

Fig. 18. 18/a unprocessed  
b deconvoluted







# Tanulóprogramok alkalmazása a mélyfúrási geofizikai értelmezésben

CZEGLÉDI ISTVÁN

Az elektronikus számítógépek alkalmazása a karottázsinterpretáció területén egy sor új lehetőséget kínál az interpretációs feladatok megoldására. A klasszikus interpretáción kívül (azaz a kézi interpretációnál alkalmazott eljárások gépesítése mellett) a nagysebességű számítógépek lehetőséget nyújtanak olyan új elvi alapokon felépülő interpretációs módszerek alkalmazására is, mint pl. az ún. tanulóprogramok felhasználása.

A dolgozat bemutatja az OKGT Ipari Geofizikai Osztályán a szerző által kidolgozott „3643” nevű 36 dimenziós karottázs térrel dolgozó programrendszert, a kísérleti interpretáció alapján nyert eredményeket, elemelve a módszer lehetőségeit és alkalmazási területét.

Применение ЭЦВМ открывает ряд новых возможностей в области решения задач интерпретации каротажных данных. Помимо классической интерпретации (т.е. автоматизации приемов, применяемых при ручной интерпретации), высокоскоростные вычислительные машины позволяют применять такие методы интерпретации, основывающиеся на новых принципах, как напр. использование так называемых самообучающихся программ.

В настоящей работе представляется система программ „3643”, работающих с 36-мерным каротажным пространством и разработанных автором; приводятся полученные при опытной интерпретации результаты, причем анализируются возможности и области применения метода.

Die Anwendung elektronischer Rechenautomaten bietet im Gebiet der Karottage- Interpretation zur Lösung von Interpretationsaufgaben eine Reihe neuer Möglichkeiten. Ausser den klassischen Interpretationsmethoden (d. h. deren Durchführung mit Rechenautomaten) ermöglichen die rasch arbeitenden Automaten die Anwendung solcher Interpretationsmethoden, die auf neuen theoretischen Grundlagen beruhen, wie z. B. die Anwendung der sog. Lern-Programme.

Im Vortrag wird das in der angewandten geophysikalischen Abteilung des Ung. Erdöl und Erdgas-Unternehmen vom Verfasser entwickelte und mit 36 dimensionalen Karottagefeld arbeitende Programmsystem 3643, und die aufgrund einer Experimentalinterpretation gewonnenen Ergebnisse besprochen, sowie die Möglichkeiten und der Anwendungsbereich diskutiert.

A nagysebességű elektronikus számítógépek alkalmazása, — a klasszikus interpretációs módszerek gépesítése, valamint egyes bonyolultabb értelmezési eljárások bevezetése mellett — lehetőséget nyújt olyan — elvi alapjaiban új — interpretációs eljárások alkalmazására, mint az alakfelismerő-, öntanuló stb. módszereké.

Az öntanuló (alakfelismerő) rendszerek — bár a felhasznált matematikai apparátust tekintve lényegesen eltérhetnek egymástól-, alapja a következő:

Egy  $X$  halmazt, melynek tagjait az  $x_i$  ( $\nu_{1i}, \nu_{2i}, \dots, \nu_{ni}$ ) paraméterek jellemzik, e jellemzők alapján úgy kell az  $X_1, X_2, \dots, X_k \in X$  részhalmazokra osztani, hogy e részhalmazok egymástól elkülönüljenek, és egy adott  $X_j(\nu_{1j}, \nu_{2j}, \dots, \nu_{nj})$  tag paraméterei alapján valamely részhalmazba egyértelműen besorolható legyen.

Ilyen rendszernek felel meg pl. a karottázs-szelvények alapján a kőzetek litológiai tagolása (a kőzetek halmazának mészkő, homokkő, dolomit stb. részhalmazokra történő bontása).

A fenti megfogalmazás egyik esete egy olyan rendszer, melyben egy halmazt az említett kritériumoknak megfelelő két részhalmazra bontunk. Az ilyen felbontásnak nagy szerepe van a mélyfúrási geofizikai gyakorlatban. Ennek bizonyítására elegendő néhány példát említeni. A rétegek osztályozása



permeabilisra és impermeabilisra, vagy a tárolókőzetek csoportosítása olaj-tárolókra és gáztárolókra stb.

Az OKGT Ipari Geofizikai Osztályán ez utóbbi esetnek megfelelő olyan tanuló program-rendszert dolgoztunk ki, amely alkalmas 8 különböző geofizikai paraméter alapján a vizsgálatra kijelölt objektumokat két csoportra osztani. Vizsgálatainkat a porózus képződmények (kollektorok) víztároló és szénhidrogéntároló csoportokba történő besorolására végeztük, bár a kidolgozott program-rendszer lehetőséget nyújt bármilyen halmaz két részhalmazra történő felbontására.

A program-rendszer lényege a következő:

Kiválasztunk rétegvizsgálattal, vagy más módon bizonyított megfelelő számú szénhidrogén- és víztároló réteget az ún. minta, vagy tanuló rétegeket. Meghatározzuk e rétegekkel szemben a vizsgálatba bevont 8 geofizikai paraméter értékét és azokból komplex kódokat alakítunk ki. Miután a számításhoz *MINSzK - 2 tip.* számítógépet alkalmaztunk, ezért a kódok hosszúsága 36 bit. Geometria értelemben tehát minden egyes szénhidrogénes, illetve vizes tanuló-rétegnek a 36 dimenziós térben egy-egy pont felel meg, a tanulórétegek összességének pedig két réteghalmazból álló ponthalmaz ebben a 36 dimenziós térben.

Meg kell jegyezni azt az igen fontos körülményt, hogy miután a rendelkezésre álló geofizikai paraméterek nem írják le (nem definiálják) egyértelműen a rétegeket – hisz közismerten azok csak közvetve utalnak a rétegre, ezért a két részhalmaz egymástól nem elhatárolható, részleges fedésben vannak. Ez megnehezíti az interpretáció kivitelezését, mert emiatt „abszolút” módszer helyett valószínűségi munkákkal kell dolgozni.

Miután 8 geofizikai paraméter 36 bites eloszlása mellett kb. 150 000 különböző szó képezhető (ennyi az elméletileg lehetséges pontszám a 36 dimenziós térben) nyilvánvaló, hogy a gép betanítása gyakorlatilag lehetetlenné válna, ezért a betanításnál a 36 dimenziós teret nem nyolc, hanem 3, 4, illetve 5 dimenziós alterekkel vizsgáljuk.

Három dimenziós betanulásnál a lehetséges variánsok száma pl. csak 5100, ami 30-szor kevesebb a fent említetttnél. Ha ehhez hozzászámítjuk azt a különbséget, ami abból adódik, hogy a 3 dimenziós betanulásnál egy réteg  $\left(\frac{8}{3}\right) = 56$  variánst hordoz, míg 8-as betanulásnál  $\left(\frac{8}{8}\right) = 1$ -et, úgy látjuk, hogy a mennyiségi javulás (elméletileg) 1700-szoros. Természetesen ezért a számszerű javulásért az információ-tartalommal kell fizetni, ez azonban – ahogy ezt később látni fogjuk – nem veszélyezteti a módszer hatékonyságát.

A négy- illetve ötdimenziós betanulásnál a variánsok száma lényegesen nagyobb, mint a háromdimenziósnál, de mint a gyakorlat mutatja, még ezek is használható eredményt adnak, ami annak a következménye, hogy a gyakorlatban a variánsok száma lényegesen kisebb az elméletinél. Ez a tény két okra vezethető vissza.

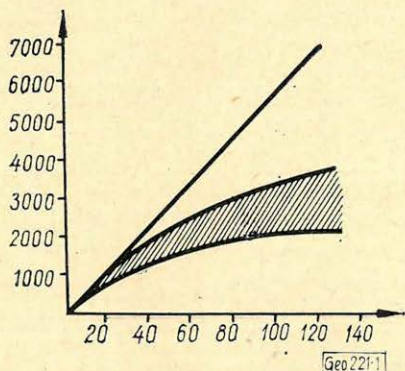
Ennek megtárgyalásához azonban vizsgáljuk meg közelebbről a betanulás folyamatát.

A 36 bitből minden lehetséges módon kiválasztunk – a betanulás típusától függően – 3, 4, vagy 5 egyes értékű bitet; ezekből szavakat alkotunk, megvizsgáljuk, mely szavak fordulnak elő a betanító rétegek egy csoportjánál (pl. a szénhidrogénes rétegeknél) legalább egyszer úgy, hogy az a másik réteg-



csoportnál nem fordul elő. Az ilyen szavakat annak megjelölésével, hogy a rétegek melyik kategóriát jellemzik, valamint a betanulás során hányszor fordultak elő – kódoknak nevezzük; ezek összessége a betanulás eredménye. Annak függvényében, hogy a betanulás során hányzori ismétlődést követünk meg az egyes szavaktól, különböző ismétlődési tényezőjű ( $k$ ) betanulásról beszélünk.

Az előbbieket után visszatérve a kódok számának alakulására könnyen belátható, hogy a kódok száma egyrészt azért lesz kisebb az elméletinél, mert a szavak egy része mind a szénhidrogéntároló, mind a víztároló rétegeknél előfordul és ezek – a definíció értelmében – nem képeznek kódokat, másrészt egyes variánsok a fizikai függvénykapcsolatoknál nem fordulhatnak elő (például nagy neutron-gamma intenzitással jelentkező nem agyagos gáztároló homokkő nem rendelkezhet adott réteg víz ellenállás esetén egy meghatározott ellenállásnál kisebb ellenállásértékkel).



1. ábra Физ. 1. Fig. 1.

Fentieket illusztrálja az 1. ábra. Ez egy trió-betanulás eredményét mutatja. Az ordinátán a kódok száma, az abszciszszán pedig a betanuló rétegek száma van ábrázolva. Mint látható, az elméleti görbe már 10 betanító rétegnél is 30–35%-kal meghaladja a gyakorlati görbét. 80–100 betanító rétegnél a gyakorlati görbe már erőteljesen ellaposodik, és jelentősen eltér az elméletitől. A jelentős eltérés a kódok egyenlőtlen eloszlásából adódik.

Ennek alapján meghatározható az optimális tanítórétegszám. Ez a triónál 80, a quartettnél 120 körül van.

A betanításnál igen fontos szempont a geofizikai paraméterek, illetve azok kategorizálásának (valamint a betanító rétegek) megválasztása. Laza agyagos-aleuritos homokkövekből álló tároló vizsgálatához az alább geofizikai paramétereket választottuk ki: laterolog ellenállás, rövid gradiens ellenállás, relatív PS, természetes gamma, neutron-gamma és mikropotenciál; továbbá két segédparaméter a rétegvastagság és iszapellenállás. Ezeket a 2. ábrán jelölt módon osztottuk fel.

Látható, hogy a fontosabbnak ítélt paraméterek számára (pl. laterolog) több helyet biztosítottunk.

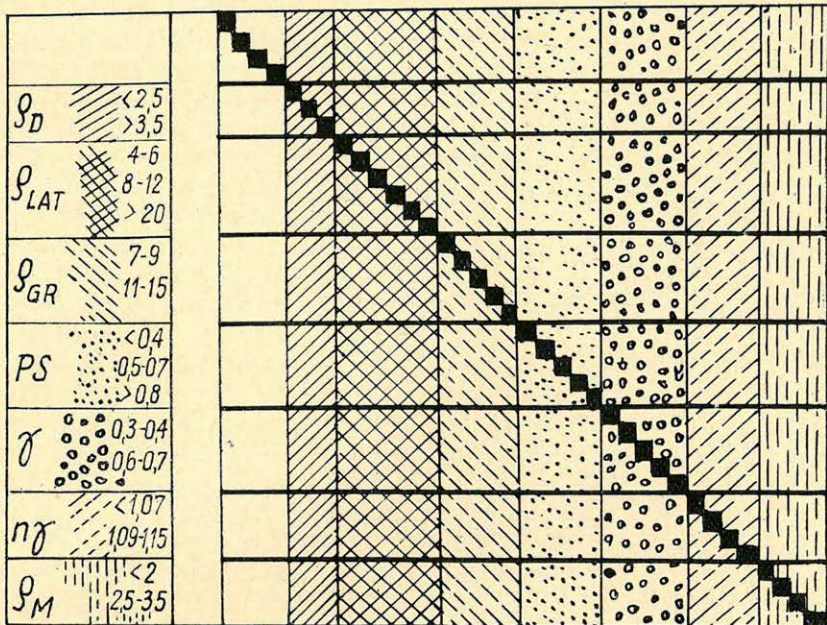
Segédparaméterek felvételére azért volt szükség, mert a geofizikai adatokon semminemű korrekciót nem végeztünk el (lyukátmérő, iszapellenállás, rétegvastagság stb.)

A betanító rétegek megválasztásánál több szempontot kell figyelembe venni.

1. Minden olyan képződménytípusnak szerepelni kell a betanulásnál, amely a rétegsorban előfordul. Meg kell jegyezni, hogy a statisztikus alapon történő kiválasztás nem megfelelő. A problematikus rétegtípusokból lényegesen többet kell bevonni a betanulásba, mint a könnyen interpretálhatókból.

2. Gondoskodni kell, hogy a telítettségi viszonyoktól nem függő paraméterek a vizes, illetve szénhidrogéntárolók csoportjában kb. egyforma meg-



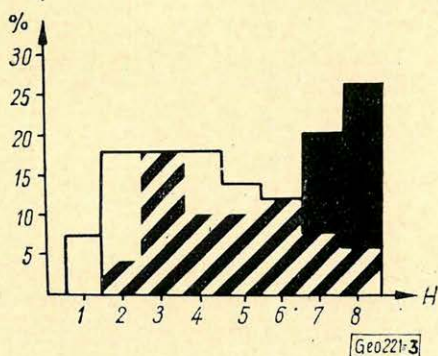


Geo221-2

2. ábra Фuz. 2. Fig. 2.

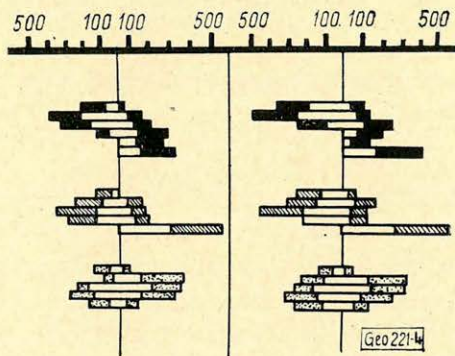
oszlásban szerepeljenek. A 3. ábrán az első betanításnál felhasznált rétegek vastagság szerinti megoszlását mutatjuk be. Itt elkövettük azt a hibát, hogy kevés vékony vizes réteget választottunk ki, ami torzítja az eredményeket. Pl. a legkisebb rétegvastagság-kategóriában nincs vizes réteg, ezért az ilyen rétegek vizsgálatánál a „szavazat-arány” a szénhidrogénés „szavazatok” irányába tolódik el.

A betanítás jóságáról a természetes ellenőrzésen – a vizsgáztatáson – kívül, különböző, erre a célra készült betanuláselemző programok segítségével győződhetünk meg.



Geo221-3

3. ábra Фuz. 3. Fig. 3.



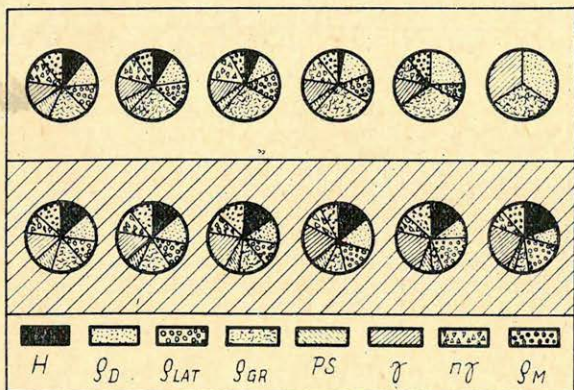
Geo221-4

4. ábra Фuz. 4. Fig. 4.



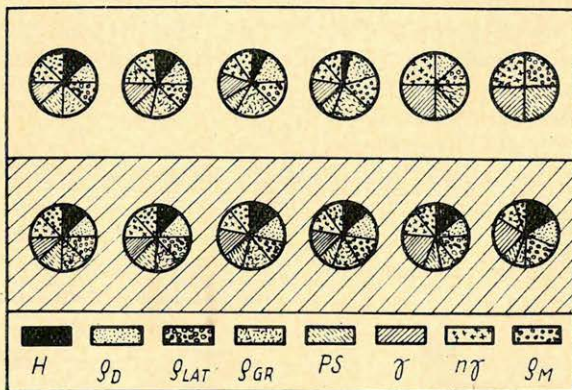
A 4. ábrán látható két betanulás laterológ – gradiens és  $PS$ -eloszlása az általuk képzett kódok számával. Nyilvánvaló, hogy annál jobb a betanulás, minél jobban, minél differenciáltabban jelentkeznek a képződő kódok. Ezt a paraméterek jó felosztásával lehet elérni. Mint az az ábrából kitűnik, a 2. betanulásnál a paraméterek jobb besorolásával sikerült a betanító rétegek megváltoztatása nélkül a kódok számát jelentősen megnövelni.

Egy sor érdekes geofizikai következtetés vonható le a betanulások elemzéséből. (Az 5. ábrán látható egy különböző ismétlődési tényezőjű 3 dimenziós betanulás-sorozat eredménye.)



Geo221-5

5. ábra Физ. 5. Fig. 5.



Geo221-6

6. ábra Физ. 6. Fig. 6.

Látható, hogy a kis ismétlődésű tényezők melletti egyenletes paramétermegoszlás erőteljesen polarizálódik. Az olajos kódokban az ismétlődési tényező növekedésével lényegesen megnő a gradiens és természetes gamma szerepe, míg a többi paraméteré csökken. A vizes kódoknál pedig a természetes gamma mellett a laterológ szerepe növekszik.



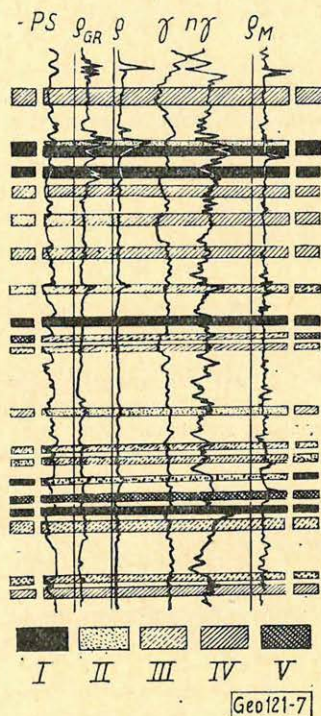
A négydimenziós betanulásnál (6. ábra) annyiban tér el a helyzet, hogy itt a relatív PS-indikáció szerepe az ismétlődési tényező növekedésével nem csökken.

A 7. ábrán egy fúrásban felvett karottázs-szelvényeket láthatunk.

Gépi interpretáció céljára 20 réteget választottunk ki, melyek között vannak tiszta homokok, agyagos–aleurolitos képződmények és szendvics-típusúak. Különböző színnel tüntettük fel a hagyományos módon végzett értelmezés eredményét az olajiparban szokásos 5 kategóriába sorolással.

Az ábra bal oldalán látható a gépi interpretáció eredménye. Ebből kitűnik, hogy a betanuló program a vizsgáztatásnál mindössze egy hibát követett el. Egy szendvics típusú képződményben nem tudta kimutatni a szénhidrogén jelenlétét. (Hozzá kell tenni, hogy ilyen típusú réteg a betanító rétegek között nem szerepelt.) Az összes többi rétegben a gépi interpretáció eredménye vagy megegyezik a kézzel, vagy annál megbízhatóbb.

Fentiek alapján az alakfelismerő eljárásokat – melyek gyors interpretációt adnak – (20 rétegre 56 sec.) – perspektivikusnak kell tekinteni.



7. ábra Физ. 7. Fig. 7.



# Homokból, homoklisztből és agyagból összetett szénhidrogéntároló homokkövek geofizikai jellemzői

B A R L A I Z.

*Az algyői felsőpannon kőolaj- és földgáztároló homokkövekben a szemcseátmérő szerinti összetétel számos változatot mutat. A szemcseösszetétel jelentősen befolyásolja a tárolókőzet geofizikai jellemzőit.*

*Matematikai modelleket hoztunk létre az ilyen tárolókőzetek összetétele, rétegfizikai jellemzői és a geofizikai paraméterek közötti összefüggések leírására. A modellek alapján leszámaztattuk a matematikai összefüggéseket, amelyek segítségével el lehet végezni az ilyen tárolókőzetek kvantitatív karottázs-kiértékelését.*

*Bemutatjuk az interpretációs függvények felhasználását a gyakorlati karottázs-kiértékelés számára.*

*Foglalkozunk azzal a kérdéssel, hogy miképpen lehet meghatározni a szemcseösszetételt geofizikai paraméterek segítségével.*

*В верхнепаннонских нефтегазоносных песчаниках место – рождения Альдѣ намечается ряд разновидностей этих коллекторов, отличающихся по гранулометрическому составу, в значительной мере влияющему на геофизические параметры коллекторов.*

*Разработаны математические модели для выявления зависимостей между составом, стратифизическими свойствами и геофизическими параметрами подобных коллекторов. По моделям выведены математические зависимости, использование которых позволяет проводить количественную интерпретацию данных каротажа, характеризующих указанные коллекторы.*

*Приводятся практические примеры использования функций для интерпретации фактических каротажных кривых.*

*Рассматривается вопрос о возможности определения гранулометрического состава по геофизическим параметрам.*

*Die Zusammensetzung nach Korngröße in den erdöl- und erdgasführenden Sandsteinen des oberen Pannons von Algyő zeigt zahlreiche Varianten. Die Zusammensetzung nach Korngröße beeinflusst stark die geophysikalischen Kennwerte der Gesteine.*

*Man hat zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung und physikalischen Kennwerten solcher Gesteine einerseits und den geophysikalischen Parametern mathematische Modelle aufgestellt. Auf Grund der Modelle wurden mathematische Zusammenhänge abgeleitet, mit deren Hilfe die quantitative Auswertung solcher Gesteine möglich ist.*

*Es wird die Anwendung der Interpretationsfunktionen für die praktische Auswertung vorgeführt.*

*Man behandelt die Frage, wie die Zusammensetzung nach Korngröße mit Hilfe geophysikalischer Parameter bestimmt werden kann.*

Ismeretes, hogy az algyői felsőpannon és alsópannon szénhidrogéntároló telepeken a homokkövek szemcseösszetétele, a szemcseátmérő eloszlása változatos és bonyolult, továbbá agyagásványok is jelentős mértékben képviselve vannak a tárolókőzetekben. A szemcseösszetételben jelentős, sőt az esetek egy részében döntő szerepet tölt be az 5-60 mikron közötti frakció: a *homokliszt*. A hazai szénhidrogénkutató és feltáró fúrások mélyfúrás geofizikai vizsgálatainál eddig nem figyeltünk fel a homokliszt jelenlétével kapcsolatos geofizikai problémákra, azonban az algyői felsőpannon telepekre lemélyített nagyszámú fúrás karottázs szelvényeinek kvantitatív kiértékelésénél olyan problémák jelentkeztek, amelyek nem voltak megoldhatók a homokliszt speciális hatásainak figyelembe vétele nélkül. Ezt a problémát világviszonylatban még nem vizsgálták eléggé, ezért lényegében új utakon kellett elindulnunk.



A karottázs szelvények egyes mélységi intervallumokban szokatlan képet mutattak, így produktív kőolaj – földgáztároló rétegszakaszok meglepően alacsony fajlagos elektromos ellenállással jelentkeztek annak ellenére, hogy a *PS*-anomália normálisan kialakult a rétegszakasszal szemben, tehát a *PS*-amplitúdó nem csökkent le; ugyanakkor azonban megfigyelhető volt az is, hogy az ilyen rétegszakaszok természetes gamma aktivitása meglepően nagy a gamma szelvényeken.

Régebben elsősorban az agyagásványok megjelenésének tulajdonították a természetes gamma aktivitás megnövekedését egy adott szénhidrogéntelep homokköveiben. A szovjet Nyeszterenko azonban rámutatott arra, hogy Baskiria alsókarbon-korú homokköveiben a természetes gamma aktivitás a tárolókőzet agyagmentes kifejlődése esetén is nagy lehet és ő ezt a homokliszt-tartalomnak tulajdonította (1). Azt javasolta, hogy a homokkővet képező homok, homokliszt és agyag gamma aktivitásait külön-külön kell figyelembe venni az alábbi egyenlet szerint:

$$\gamma = \gamma_h \cdot h + \gamma_{al} \cdot al + \gamma_s \cdot s, \quad (1)$$

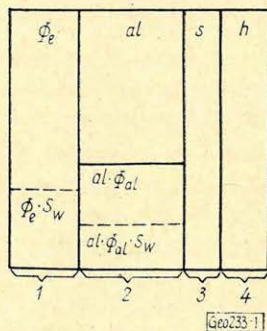
ahol: *h*, *al*, *s*: a homok, homokliszt és agyag relatív térfogata a homokkőben;  $\gamma$ ,  $\gamma_h$ ,  $\gamma_{al}$ ,  $\gamma_s$ : a homokkő, a homok, homokliszt és agyag fajlagos gamma aktivitásai.

Nyeszterenko azt találta, hogy míg az agyag fajlagos gamma aktivitása a vizsgált geológiai szerkezetben 23-szor nagyobb a homok aktivitásánál, addig a homokliszt viszonylagos aktivitása is jelentős: 5,5-szerese a homok aktivitásának, tehát érthető, hogy a területen a homoklisztet nagy mennyiségben tartalmazó homokkövek gamma aktivitása nagy.

Ugyanilyen módon magyarázható az algyői felsőpannon homokkövek nagy gamma aktivitása azokban az esetekben, amikor a *PS* szelvény alapján nem tételezhető fel számottevő agyag jelenléte a tárolókőzetben.

Az 1. ábrán bemutatjuk a homokot, homoklisztet és agyagot tartalmazó általános szemcseösszetételű homokkő *térfogati modelljét*, melynek alapján leírtuk a geofizikai paraméterek és a kőzet felépítése közötti összefüggéseket. Ebben a modellben a homoklisztről az agyaghoz hasonlóan gondolkodunk: kontinuumnak tekintjük a kőzet szilárd ásványi vázán belül és  $\varphi_{al}$  effektív porozitást tulajdonítunk neki. Emellett megmarad a modellben a makro porüstér, melynek  $\varphi_e$  effektív porozitása a nagyobb átmérőjű kőzetszemcsék közötti hézagokból, áramlási csatornaszakaszokból tevődik össze.

Az ilyen kőzet  $R_l$  fajlagos elektromos ellenállásának a leírásánál feltételezük, hogy a homokliszt áramló folyadékokat nem vezető része  $\frac{1}{R_{al}}$  fajlagos elektromos vezetőképességgel rendelkezik. Ez úgy képzelhető el, hogy a homokliszt-szemcséket hidrát-burkok veszik körül, melyek ionokat tartalmaznak. Ez a rendszer nem vesz részt a folyadékáramlásban, de számottevő szerepet tölt be az elektromos vezetésben, mivel a hidrátburkok volumene viszony-



1. ábra Фиг. 1. Fig. 1.



lag nagy a szilárd szemcsék volumenéhez képest, a szemcsék kis átmérője következtében. Az  $\frac{1}{R_{al}}$  elektromos vezetőképességgel rendelkező homokliszt komponens viszonylagos térfogata  $al \cdot (1 - \varphi_{al})$ , míg a homokliszt másik komponensének térfogata – amely részt vesz a folyadékáramlásban –  $al \cdot \varphi_{al}$ .

Az ilyen általános szemcseösszetételű homokkő  $R_l$  fajlagos ellenállására a következő összefüggést vezettük le:

$$R_l = \frac{k}{|\varphi_e + al + s|^m} \cdot \frac{R_w}{\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}^q + \frac{al(1 - \varphi_{al})}{R_{al}/R_w} + \frac{s}{R_{sh}/R_w}} \cdot (\varphi_e + al + s) \cdot \left[ \frac{\varphi_e + al + s}{s_w |\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}| + al \cdot |1 - \varphi_{al}| + s} \right]^n, \quad (2)$$

ahol:  $S_w$ : a  $\varphi_e$  és az  $al \cdot \varphi_{al}$  effektív pórusterek vízsaturációja  
 $R_w, R_{sh}$ : a rétegvíz és az agyag fajlagos elektromos ellenállásai  
 $k, m, q, n$ : függvénykonstansok.

Ha a kőzet csak vizet tartalmaz, akkor az  $R_l$  függvényben a jobboldal utolsó tényezőjének értéke 1 lesz, így a víztároló kőzet ellenállása a következő képlettel írható le:

$$R_0 = \frac{k}{(\varphi_e + al + s)^m} \cdot \frac{R_w}{\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}^q + \frac{al(1 - \varphi_{al})}{R_{al}/R_w} + \frac{s}{R_{sh}/R_w}} \cdot (\varphi_e + al + s). \quad (3)$$

A szénhidrogének jelenléte által okozott ellenállásnövekedés mértéke, az úgynevezett ellenállásnövekedési index a (2) és (3) képletek figyelembe vételével a következő lesz:

$$I = \frac{R_l}{R_0} = \left[ \frac{\varphi_e + al + s}{s_w (\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}) + a_l \cdot (1 - \varphi_{al}) + s} \right]^n. \quad (4)$$

A (2) és a (4) képletekből látható, hogy a homokliszt jelenléte lényegesen lecsökkenti a produktív tárolókőzetek fajlagos ellenállását és az ellenállásnövekedési indexet, ezért nehéz felismerni a szénhidrogének jelenlétét nagy homokliszt-tartalom mellett.

Az általános szemcseösszetételű homokkő  $\alpha$  PS-csökkenési tényezőjére az alábbi függvényt vezettük le:

$$\alpha = \frac{1}{\left( 1 + \frac{s}{\Sigma \varphi_e} \cdot \frac{1}{s_{x,0}} \right)^2}, \quad (5)$$

ahol:

$$\Sigma \varphi_e = \varphi_e + al \cdot \varphi_{al} \quad (6)$$

a homokkő teljes effektív porozitása,

$s_{x,0}$ : az iszapfiltrátum által kiöblített zóna víztelítettsége.



E függvény levezetésénél feltételeztük azt, hogy a homokliszt jelenléte a tárolókőzetben nem csökkenti a  $PS$  diffúziós-adszorpciós potenciált, hanem ugyanúgy hat, mint a homokfrakció. E feltételezés azon alapul, hogy úgy gondoljuk, a homoklisztszemcséket körülvevő hidrátburok iontartalma nem polározott, tehát nem képez elektromos kettősréteget. A  $PS$  diffúziós-adszorpciós potenciálokat az ilyen bonyolult szemcseösszetételű tárolókőzetben az agyagásványok csökkentik, az agyagszemcséket körülvevő elektromos kettősrétegek potenciálján keresztül.

Az általános homokkő természetes gamma aktivitását az 1. ábrán látható térfogati modell alapján — figyelembe véve Nyeszterenko vizsgálatait — a következő képlettel írjuk le:

$$\gamma = \gamma_n[1 - al - s - \varphi_e] + \gamma_{al}[1 - \varphi_{al}] + \gamma_s + s. \quad (7)$$

E képletben eltérünk az (1) alatti Nyeszterenko képlettől a homokliszt vonatkozásában, ugyanis mi a homokliszt gamma aktivitását egyedül az  $al(1 - \varphi_{al})$  térfogatú komponensnek tulajdonítjuk, a homokliszt effektív pórusterében levő folyadékok gamma aktivitását elhanyagolhatóan kicsinek tekintjük.

Az általános szemcseösszetételű homokkő neutronporozitását a következő függvénnyel írjuk le, a legáltalánosabb 3-fázisú folyadéktárolás esetén:

$$\varphi_N = [\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}] \cdot [s_w + s_0 + K_g \cdot s_g] + al(1 - \varphi_{al})K_{al} + sK_s, \quad (8)$$

ahol:  $K_g$ ,  $K_{al}$ ,  $K_s$ : „hidrogénindexek” a gázra, a homokliszt áramlástanilag leárnýékolt részére és az agyagra vonatkozóan.

Az ultraszónikus hullámterjedésnél a longitudinális hullám terjedési idejére a Wyllie-féle formula következő, általánosított alakja javasolható:

$$\Delta t = (\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}) \cdot \Delta t_f + (1 - al - s - \varphi_e) \cdot \Delta t_h + al(1 - \varphi_{al}) \cdot \Delta t_{al} + s \cdot \Delta t_s, \quad (9)$$

ahol:  $\Delta t_f$ ,  $\Delta t_h$ ,  $\Delta t_{al}$ ,  $\Delta t_s$ : a hullámterjedési idők az effektív pórustereket kitöltő folyadékban, a homokmátrixban, a homokliszt-mátrixban és az agyagban.

Fontos és nehéz feladat az ilyen általános szemcseösszetételű homokkő-tárolóban a vízsaturáció meghatározása. A feladat súlyosságát érzékelteti az a tapasztalat, hogy sokszor még a produktív szénhidrogéntartalom pusztán kimutatása is problémát okoz nagy homokliszttartalom mellett, karottázs mód-szerekkel.

Mi ezt a feladatot az  $R_t$  tényleges ellenállás és az  $S_w$  vízsaturáció között felírt (2) függvény segítségével igyekszünk megoldani. A (2) függvényből a vízsaturáció az alábbi képlet szerint fejezhető ki:

$$s_w = \left\{ \left[ \frac{1}{R_t} \cdot k(\varphi_e + al + s)^{(1+n-m)} \cdot \frac{R_w}{\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}^q + \frac{al(1 - \varphi_{al})}{R_{al}/R_w} + \frac{s}{R_{sh}/R_w}} \right]^{\frac{1}{n}} - al(1 - \varphi_{al}) - s \right\} \cdot \frac{1}{\varphi_e + al \cdot \varphi_{al}}. \quad (10)$$

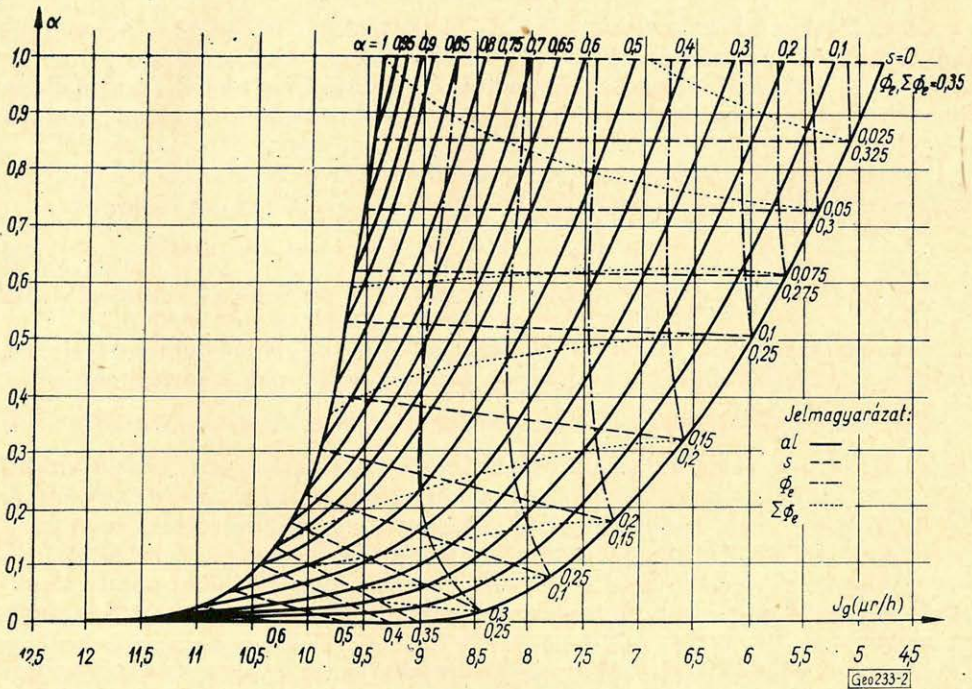
A vízsaturációt a (10) függvény alapján alapvetően a tárolókőzet  $R_t$  tényleges ellenállása segítségével határozzuk meg. Fenti függvényben ezenkívül még számos mennyiség szerepel, melyek meghatározásáról a következőket mondhatjuk:



$R_l$  és  $R_w$  meghatározása rutin karottázs mérési és kiértékelési eljárások szerint történik.

Új feladatot jelent az ilyen tárolóközetben az  $al$  homokliszttartalom, az  $s$  agyagtartalom és a  $\varphi_e$  makroporozitás meghatározása. E feladat megoldására kombinatív karottázs módszereket javasolunk olyan mérések kombinálásával, amelyek érzékenyen tükrözik az  $al$ ,  $s$  és  $\varphi_e$  mennyiségének hatását. Ilyen mérések a  $PS$ , a természetes gamma mérés, a gamma-gamma mérés és az ultraszonikus szelvényezés.

Mi egyelőre a  $PS$ - és a természetes gamma mérés kombinációjának elméletét és gyakorlatát dolgoztuk ki az  $al$ ,  $s$  és a  $\varphi_e$  mennyiségek meghatározása számára. E kombináció alapját az  $\alpha$   $PS$  csökkentési tényező (5) képlete és a természetes gamma aktivitás (7) képlete képezik.



2. ábra Фиг. 2. Fig. 2.

A kombinatív módszer kiértékelési diagramját a 2. ábrán mutatjuk be konkrétan az algyó felsőpannon telepekre vonatkozóan. A diagram egy több-paraméteres görbehálózat; a folytonos vonalak paramétere a homokliszttartalom, a szaggatott vonalak paramétere az agyagtartalom, az eredményvonalás hálózat paramétere a makroporozitás, végül a pontozott vonalak paramétere a tárolóközet  $\Sigma\varphi_e$  teljes effektív porozitása. Így a diagram segítségével minden kiértékelendő rétegszakaszhoz leolvasható az  $al$ ,  $s$ ,  $\varphi_e$  mennyiségek értéke, interpoláció útján. Megemlítjük, hogy a 2. ábra kiértékelési hálózatában 7 különféle elméleti matematikai modell, kőzetmintákon mért 2 átlagadat és karottázs szelvényekből vett 3 átlagadat jut szerephez.

További feladatot jelent a vízzaturációnak a (10) formula szerinti meghatározásánál a  $k$ ,  $m$ ,  $q$ , és  $R_{al}/R_w$  mennyiségek megválasztása. E mennyiségek



közül a  $k$ ,  $m$  és  $q$  mennyiségek várhatóan függvénykonstansok, legfeljebb kis mértékben függenek a szemcseméret szerinti összetételtől. Az is várható, hogy az  $R_{al}/R_w$  mennyiség szintén közel állandó egy geológiai szintben. Ezek alapján e mennyiségek megválasztását a rétegsorban levő víztároló szakaszok felhasználásával végezzük, Gauss hibanevezetek legkisebb összegének módszere segítségével. Ehhez a (3) függvényt használjuk fel, amely leírja a víztároló általános szemcseösszetételű homokkő  $R_o$  fajlagos ellenállását. Ezt a függvényt átrendezzük a következők szerint:

$$k \cdot (\varphi_e + al + s)^{-m} \cdot \frac{(\varphi_e + al + s)}{\varphi_{al}^a \cdot al + \frac{al(1 - \varphi_{al})}{R_{al}/R_w} + \varphi_e + \frac{1}{R_{sh}/R_w}} \cdot \frac{1}{R_o R_w} = 1. \quad (11)$$

Fenti képlet szerint az egyenlet bal oldala a  $k$ ,  $m$ ,  $q$  és  $R_{al}/R_w$  mennyiségek optimális megválasztása esetén  $1$ -et kell adjon. Az optimális megválasztás feltételi egyenlete a Gauss módszer szerint a következő lesz:

$$\sum_{i=1}^n \left[ k \cdot (\varphi_e + al + s)^{-m} \cdot \frac{(\varphi_e + al + s)}{\varphi_{al}^a \cdot al + \frac{al(1 - \varphi_{al})}{R_{al}/R_w} + \varphi_e + \frac{s}{R_{sh}/R_w}} \cdot \frac{1}{R_o/R_w} - 1 \right]^2 = \text{Min!} \quad (12)$$

A fenti képletben a szummázást ki kell terjeszteni az  $i = 1-n$  sorszámozott valamennyi víztároló szakaszra.

A (10) képlet segítségével kiszámított  $R_w$  pontosságát tovább növelhetjük komparatív eljárással ( $R$ -módszer), megfelelően kiválasztott bázisrétegek felhasználásával.

Kidolgoztuk az általános szemcseösszetételű homokkőtárolókra vonatkozóan a gáztartalmú intervallumok kimutatásának félig kvantitatív módszerét is, e módszerről majd egy következő alkalommal számolok be.

#### IRODALOM

- [1] N. G. Nyeszeterenko: „Gamma-aktivnoszty terrigennüh paród nyizsnyevo karbona szevero-zapadnoj Baskirii“. Geofiziceszkije rabotü v szkvazsinah, Nyedra, Moszkva, 1964, p. 62–87.



## Gravitációs térképek transzformációs eljárásainak objektív vizsgálati módszerei

STEINER FERENC

Évek óta ismert, hogy felvett ható elméleti hatásának transzformálása, vagy néhány gyakorlati esetre számított példa bemutatása nem szolgáltat olyan mértékben általános információt a gravitációs térképek transzformációs eljárásaira nézve, hogy az az eljárások alapjául szolgálhasson. — Több szerző dolgozott ki ezért objektívnek nevezett összehasonlításí módokat (az annullálteregionális terek fokszáma, szűrőelmélet, anomáliáélességnövekedés alapján).

Az előadás első része arra hívta fel a figyelmet, hogy az egyes objektív módszerek a transzformációs eljárások teljesítőképességének megítélése terén a példáknál ugyan lényegesen általánosabb következtetések levonására adnak módot, anélkül azonban, hogy külön-külön egy-egy összehasonlító eljárás minden szempontra kiterjedő, végérvényes következtetést lehetővé tenne.

Az előadás második része egy lényeges szempontot megvizsgálhatóvá tevő új összehasonlításí módot ismertetett. Az általános kvantitatív módszer szemszögéből analizálva úi. a transzformációs eljárásokat, választ kapunk arra a fontos kérdésre, hogy milyen mértékben és milyen távolságról játszanak szerepet szomszédos hatók egy-egy transzformált érték nagyságában.

Уже давно известно, что путем трансформации теоретического эффекта заданного возмущающего тела, или путем приведения некоторых примеров, подсчитанных для практических случаев, нельзя получить полностью обобщаемую информацию о методах трансформации карт аномалий поля силы тяжести, которая могла бы служить основой для оценки этих методов. В связи с этим, рядом авторов были разработаны способы сопоставления, названные объективными (степень аннулированных региональных полей, теория фильтров на основании увеличения интенсивности аномалий).

В первой части доклада обращается внимание на то, что хотя отдельные объективные методы позволяют делать более общие выводы в отношении оценки производительности трансформационных приемов, по сравнению с приведением примеров, но все же в отдельности ни один из них не дает возможности получить окончательное заключение, охватывающее все проблемы.

Во второй части доклада излагается новый сравнительный метод, позволяющий осветить весьма существенный вопрос. Анализируя трансформационные приемы с точки зрения общего количественного метода, можно получить ответ на важный вопрос о степени влияния соседних возмущающих тел на величину отдельных трансформированных значений, и о расстоянии, до которого это влияние может еще сказываться.

Es ist seit Jahren bekannt, dass aus der Transformation der theoretischen Wirkung eines hypothetischen Störkörpers, oder aus Vorführung von für einige praktischen Fälle berechneten Beispiele für die Transformationsverfahren gravimetrischer Karten nicht allgemeine Informationen gewonnen werden können in dem Masse, dass sie bei der Bewertung der Verfahren als Grundlage dienen könnten. Mehrere Autoren haben darum objektiv genannte Vergleichsmethoden ausgearbeitet (auf Grund des Grades der annullierten regionalen Felder durch Anwendung der Filtertheorie sowie auf Grund der Erhöhung der Breite der Anomalie).

Durch den ersten Teil des Vortrages wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die einzelnen objektiven Methoden bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Transformationsverfahren allgemeinere Folgerungen zulassen, als die Beispiele, aber ohne dass ein einziges Vergleichsverfahren eine alle Gesichtspunkte befriedigende, endgültige Folgerung ermöglichte.

In dem zweiten Teil wurde ein neues Vergleichsverfahren erörtert, das die Untersuchung eines bedeutenden Gesichtspunktes gestattet. Nämlich wenn man die Transformationsverfahren aus dem Gesichtspunkt der allgemeinen quantitativen Methode studiert, so bekommt man Antwort auf die wichtige Frage, in welchem Masse und von welcher Entfernung benachbarte Störkörper den transformierten Wert beeinflussen.

Évek óta ismert, hogy felvett ható elméleti hatásának transzformálása, vagy néhány gyakorlati esetre számított példa bemutatása nem szolgáltat olyan mértékben általános információt a gravitációs térképek transzformációs eljárásaira nézve, hogy az az eljárások elbírálásának alapjául szolgálhasson (lásd. pl.



[7] első részét). Felmerült tehát olyan összehasonlítási eljárások vagy kritériumok kidolgozásának szükségessége, melyek függetlenek egyedi gyakorlati példák esetlegességeitől, s amelyeket ilyen értelemben jogos objektíveknek nevezni.

Objektív összehasonlítási módszerre időrendben először Dean javaslata [1] látott napvilágot, mely az egyes transzformációs eljárások sajátosságait átviteli függvényük felvételével javasolja vizsgálat tárgyává tenni. A módszer szemléletesen mutatja be az elvi műveletek és gyakorlati közelítéseik viszonyát, valamint tovább bővítette arra vonatkozó ismereteinket, hogy milyen hatással van egyes pontok értékeinek a körátlagok valódi értékei helyett való alkalmazása.

Második lehetőségként az az összehasonlító módszer jelent meg [6], mely aszerint tesz különbséget az egyes térkép-transzformációs eljárások között, hogy azok milyen fokszámú polinommal közelíthető regionális hatásokat eliminálnak (vagy másképp kifejezve: milyen fokszámú regionális hatásoknál válik zérussá a transzformált érték). Ebből a szempontból vizsgálva az eljárásokat, a felületi interpoláció negyedfokú, Rosenbach eljárása másodfokú hatásokat annulláló módszernek bizonyult. Legkevesbé mutatkozott kedvezőnek Elkins módszere, mely csak lineáris tereket küszöböl ki s ezenfelül „elkenő” hatása is van, – viszont (ugyanezen vizsgálat szerint) csak ilyen eljárásnál indokolt azt az egyszerű utat követni, hogy azon pontok távolságát, melyekre a transzformált értékeket számítjuk, az alkalmazott legkisebb körmérettel vegyük azonosnak. A magasabb fokszámú hatásokat elimináló módszerek megkövetelik, hogy a transzformált értékeket a legkisebb körméretnél *kisebb* távolságokra levő pontokra számoljuk.

*Naudy* kritériuma, melyet a szakirodalomban harmadszorra megjelenő objektív összehasonlító módszerként ismerhettünk meg [4], abból a tapasztalattól indul ki, hogy meredek oldallal (tehát több, egymás közelében hasonlóan lefutó izovonallal) jellemezhető anomália szembeszökő a térkép szemlélője számára. Ennek megfelelően definiálja az anomális-élesség fogalmát, mint az anomáliaszelvénynek az inflexiós pontban vett differenciáhányadosát, s az egyes transzformációs eljárásokat aszerint vizsgálja, hogy bizonyos hatókra nézve ezek az eljárások mennyire növelik az anomáliaélességet. – A gyakorlati szempontból igen figyelemreméltó kritériummal történő vizsgálat egyik érdekessége, hogy bizonyos eljárások szelektívek lehetnek abban az értelemben, hogy azonos típusú hatónál, adott mélységintervallumban nagyobb az anomáliaélesség-növelő hatás, mint a szomszédosokban.

Az eddigiekben ismertetett objektív összehasonlítási módszerek közös jellemzője, hogy csak azon szempontok által definiált érvényességi tartományra tehetünk megállapításokat azok alapján, melyeket az illető objektív összehasonlító módszer figyelembe vesz, ill. amelyik azokkal közvetlen kapcsolatban van. Helytelen tehát, ha az objektív módszereknek az egyedi gyakorlati példákon való vizsgálathoz képest vett viszonylagos általánosságát félreértve, minden szempontra kiterjedő, végérvényes következtetést igyekszünk egyetlen objektív módszerből levonni. (Ennek helytelensége független attól, hogy az összehasonlító módszer által alkalmazott jellemző egyértelműen definiálja-e a transzformációt vagy sem.)

Ugyancsak közös jellemzője és egyben fogyatékössága mindhárom módszernek, hogy kritériumaikból hiányzik

- a) vagy a probléma fizikájával való közvetlen kapcsolat,
- b) vagy a konkrét hatóalaktól való függetlenség.



A következőkben ismertetendő új összehasonlító eljárás mindkét szempontra tekintettel van.

Az új módszerösszehasonlító eljárás arra a gyakorlati szempontból közvetlenül is fontos kérdésre ad választ, hogy egy tetszőleges pontra számított transzformált érték nagyságát mennyiben határozzák meg a pont alatt, vagy a közvetlen közelben elhelyezkedő, — ill. szomszédos, távolabb fekvő hatók. — Nyilván kétféle szempontból is előnyösebbnek tekinthetjük azokat a transzformációs eljárásokat, melyek kevésbé érzékenyek szomszédos hatókra. Egyrészt, ha az eredmény-térképet vizuálisan kívánjuk értékelni, az egyes hatások szeparáltabban, kevésbé egybemosódottan jelentkeznek, esetleges egyedi karakterisztikumaik is felismerhetők maradnak. Másrészt, ha az általános kvantitatív módszer koncepciója szerint, kvantitatív eljárás kiinduló adatrendszereként fogjuk fel a transzformáció eredményét, a szomszédos tartományok elhanyagolhatósága miatt a számítás gépidő-igénye olyan jelentős mértékben csökkenhet, hogy az már nemcsak a gazdaságosságra lehet kihatással, de egyáltalában elvégezhetővé válhat olyan felbontású kvantitatív értékelő munka, ami transzformáció nélkül — vagy elönytelenül választott transzformáció után — gyakorlatilag elvégezhetetlen.

Az új összehasonlító módszer alkalmazásához először is meg kell adnunk azt a  $z_1 \leq z \leq z_2$  mélységintervallumot ( $z_1 > 0$ ), amelyből származó gravitációs hatások transzformált értékeinek oldalirányú szeparáltságát vizsgálat tárgyává óhajtjuk tenni.

Nyilvánvaló, hogy az adott, oldalirányban végtelen lemezen belül elvileg tetszőlegesen nagy távolságban elhelyezkedő ható is nem-zérus hatással szerepelhet valamely tekintett  $P$  pontra nézve nemcsak a  $g$  értékében, de a transzformált értékben is. Kérdésünk azonban éppen az, hogy a figyelembe vett lemezek gyakorlatilag milyen nagyságú (a  $P$  pont alatt elhelyezkedő) térfogatából várhatjuk az információ zömét az egyes transzformációs eljárások esetében.

Ez a vizsgálatunk célszerűen az információindexnek már ismert fogalmát használja fel [10]. Az  $I$  információindex integrális alakban felírva a következő kifejezéssel definiált:

$$I(T; V) = \frac{\int_{\dot{V}} |T(x, y, z)| dx dy dz}{\int_{V_0} |T(x, y, z)| dx dy dz},$$

ahol  $T$  tetszőleges transzformáció,  $T(x, y, z)$  az  $x, y, z$  helyen levő egységnyi sűrűségkülönbségű és egységnyi térfogatú ható gravitációs hatásának transzformált értéke a  $(0, 0, 0)$  pontban;  $V_0$  a teljes  $z_1 \leq z \leq z_2$  térrészt,  $V$  ennek a térrésznek egy tetszőleges résztartományát jelenti. Az eredményül kapott  $I$  (melyet nyilván %-okban is kifejezhetünk), röviden fogalmazva azt adja meg, hogy a  $V$  térfogat sűrűségeloszlásáról milyen arányban informál az origóbeli teljes transzformált érték.

$I$  gyakorlati számításához célszerű a  $z_1 \leq z \leq z_2$  térrészt olyan résztartományokra felosztani, melyek elég kicsinyek ahhoz, hogy összességükben is viszonylag kis térfogatot képviselő résztartományokon belül következzenek be a  $T$  előjelváltása, így ún. az abszolútérték-integrálok kellő pontossággal közelíthetők.



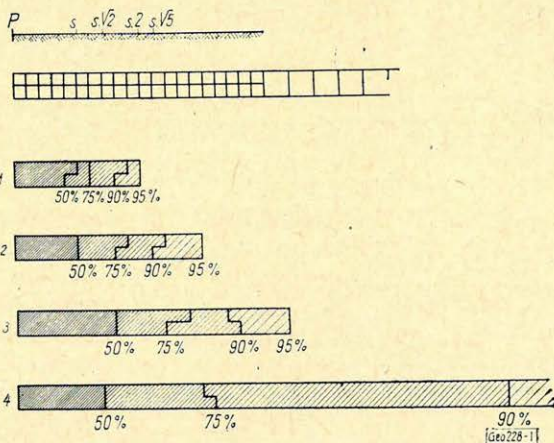
Ha vizsgálatainkban körátlagokat alkalmazó, vagy egyéb irányfüggetlen transzformációs eljárásokra szorítkozunk, további gyakorlati egyszerűsítésként a  $Z$ -tengelyre szimmetrikusan elhelyezkedő hengergyűrűkre oszthatjuk fel a teljes lemezt, mert a hengergyűrű bármelyik, azonos térfogatú része azonosan járul hozzá az  $I$  értékéhez.

Nyilván ismert a hengergyűrű gravitációs hatása a teljes  $x, y$  síkon, ha ismert a  $Z$  tengelyű, lefelé végtelen henger hatása a  $+X$  féltengelyen. Ez utóbbira kétféle alakban is ismert a hatás formulája; az egyiket Rosenbach adta meg doktori disszertációjában 1947-ben [5], a másikat (Rosenbach eredményét nem ismerve) Nabighian vezette le és közölte 1962-ben [3]. Számításainkat utóbbi szerint végeztük, mivel a hatás alakja Nabighian szerint

$$\sigma [A_1 \cdot K(k) + A_2 E(k) + A_3 A_0(\alpha, \beta) + A_4],$$

ahol  $\sigma$  a sűrűségkülönbség,  $A_1, A_2, A_3, A_4$  és  $k$  a  $t$  mélységtől, az  $R$  sugártól és az origótól vízszintesen mért  $x$  távolságtól függő algebrai kifejezések, valamint  $\alpha$  és  $\beta$  is egyszerűen számíthatók  $t, R$  és  $x$  értékeiből. A  $K(k)$  és az  $E(k)$  elliptikus integrálokra jól konvergáló sorfejtések ismeretesek;  $A_0$  (a Heuman-féle lambda-függvény) számítására Heuman eredeti cikke [2] ad meg ugyancsak jól konvergáló sort. Éppen ez utóbbi körülmény az, ami miatt számítástechnikailag előnyös a Nabighian által megadott alak alkalmazása. A számítási algoritmus gépi programját dr. Zilahi Sebess László kandidátus irányításával, Székely Mihály matematikus készítette el, amiért e helyen is, ismételten köszönetet mondok.

Konkrét számításainkban három (az annullált regionális hatások fókuszán alapuló objektív eljárás szerint) jelentősen különböző transzformációt tettünk vizsgálat tárgyává. Ezek: *a*) Elkins és *b*) Rosenbach formulái (lásd pl. [6] táblázatában a 2. és 7. együttthátósort), szigorúan vett körátlagokra és nem egyes pontok értékeinek összegére felírva, valamint *c*) a felületi interpoláció hasonlóan felírt formulája (lásd [8] 16. képletét). A hengergyűrűkre való bontás miatt origóközéppontú körök mentén azonos értékeket kapunk, így az exakt körátlagképzések egyszerűen egy-egy pontra való hatás-számításra redukálódnak.



1. ábra. 1 Felületi interpoláció  
2 Rosenbach  
3 Elkins  
4 Transzformálatlan „g”

Фиг. 1.

- 1 – поверхностная интерполяция  
2 – по способу Розенбаха  
3 – по способу Элкинса  
4 – нетрансформированная величина „g”

- Fig. 1. 1 Oberflächeninterpolation  
2 Rosenbach  
3 Elkins  
4 Untransformierte „g”

Mélységintervallumként a 3 és 5 egységnyi mélységszint közötti szakaszt választottuk. Elegendőnek bizonyult  $R = 20$ -ig  $1 \times 1$ -es, azon túl  $2 \times 2$ -es négyzet-keresztmetszetű hengergyűrűkre való felbontás jelen vizsgálatainkhoz.



Ezt a felosztást az 1. ábra felső részén szemléltettük; itt  $P$ -vel jelöltük azt a pontot, amelyre a transzformált értékek számítása történt s melyet ezért célszerű volt origónak választani. Bejelöltük ezen felül azokat az 5, 5, 2, 10 és 5, 5 egységnyi hosszúságú körsugarakat is, amelyekre nézve a  $T - k$ , ill. az  $I$  információ-indexek számítása történt.

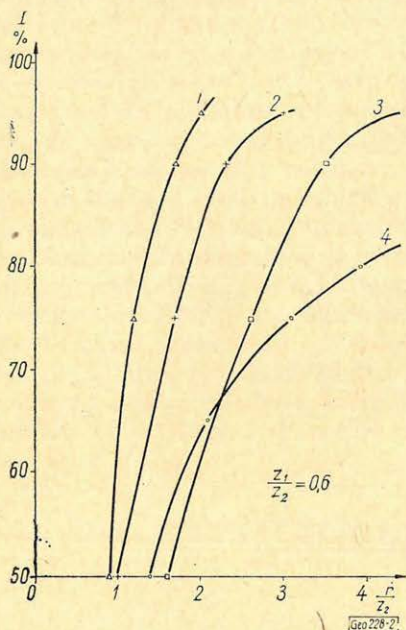
Az eredményeket az 1. ábra alsó része szemlélteti. Az 50, 75, 90 és 95 %-os információindexű hengeres térfogatok palástjának metszete nyilván a már ismertetett beosztás miatt törvonalú (ez egyben a térfogatok meghatározási pontosságára is tájékoztatást ad).

Az egyes transzformációkra adódó eredményeket az azonos  $I$ -khez tartozó, növekvő térfogatok sorrendjében ábrázoltuk, s ezt a transzformátlan  $g$ -re vonatkozó térfogatok szemléltetésével egészítettük ki. Látjuk, hogy mindegyik vizsgált transzformáció lényeges előnyt jelent a transzformátlan értékhez viszonyítva a szomszédos hatások szeparáltan való jelentkezése szempontjából, de az egyes transzformációk között is lényeges eltérés van ebből a szempontból.

Az eredményeket egy olyan koordináta-rendszerben is felhordtuk (2. ábra), melyben az abszcisszán a hengeres térfogatok sugarainak  $z_2$ -höz (a tekintett térrész alsó szintjének mélységéhez) viszonyított értékeit, az ordinátán az ezekhez, ill. az egyes transzformációkhoz és a  $g$ -hez tartozó információ-indexeket hordták fel. Már az azonos információ-index-értékhez tartozó hengerek sugarai is jelentős eltérést mutatnak; a tulajdonképpen figyelembe veendő mennyiség itt azonban a térfogat (különösen, ha az általános kvantitatív módszer szempontjára gondolunk), s erre nézve nyilván négyzetesen nagyobb arányú eltérések adódnak.

A 3. ábra az információindex függvényében azt szemlélteti, hogy hányszor akkora térfogat szükséges az azonos információindex eléréséhez  $g$ -t alapul véve, mint a vizsgált három transzformációnál. A 90% környékén található, 10-es nagyságrendű térfogatarány-értékek egyrészt megerősítik a térképtranszformációk alkalmazásának előnyeit az egyes hatók hatásának a szeparációja szempontjából, ha vizuálisan kívánjuk az eredmény-térképet értékelni, — másrészt hatványozottan mutatnak rá a transzformált értékekből való kiindulás előnyeire abban az esetben, ha kvantitatív számítás akarunk végezni.

A vizsgált transzformációs eljárások egymás közötti összehasonlítását a



2. ábra. 1 Felületi interpoláció  
2 Rosenbach  
3 Elkins  
4 Transzformátlan „g”

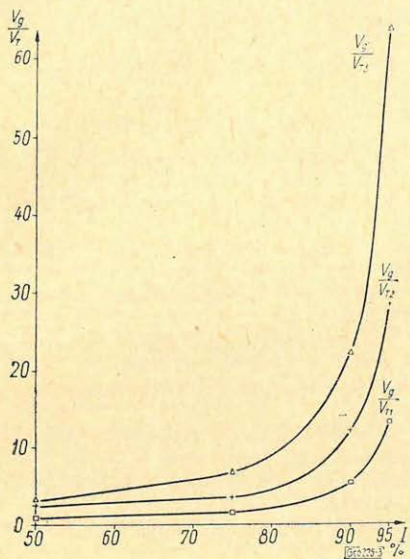
Фиг. 2.

- 1 — поверхностная интерполяция  
2 — по способу Розенбаха  
3 — по способу Элкинса  
4 — нетрансформированная величина „g”

Fig. 2. 1 Oberflächeninterpolation  
2 Rosenbach  
3 Elkins  
4 Untransformierte „g”



4. ábra mutatja be, ahol azt hordtuk fel szintén az információ-index függvényében, hogy azonos információ-index eléréséhez hányszor akkora térfogat kell Rosenbach és Elkins eljárásánál, mint a felületi interpolációnál. A transzformációk közötti lényeges különbséget a 75%-nál nagyobb információ-indexek tartományára átlagértékként elfogadható 2-szeres és 4, 5-szörös szorzó jellemzi, a Rosenbach, ill. az Elkins módszerre vonatkozóan. A szomszédos hatások szeparálódása és az általános kvantitatív módszer szemszögéből tehát egyáltalában nem mindegy, melyik transzformációt használjuk.



3. ábra. T1 Elkins

T2 Rosenbach

T3 Felületi interpoláció

$V_g$  Azonos információindexhez tartozó

$\overline{V_T}$  térfogatarány

Фиг. 3.

T1 – по способу Элkinsа

T2 – по способу Розенбаха

T3 – поверхностная интерполяция

$V_g$  – отношение объемов относящиеся к информации с равными индексами

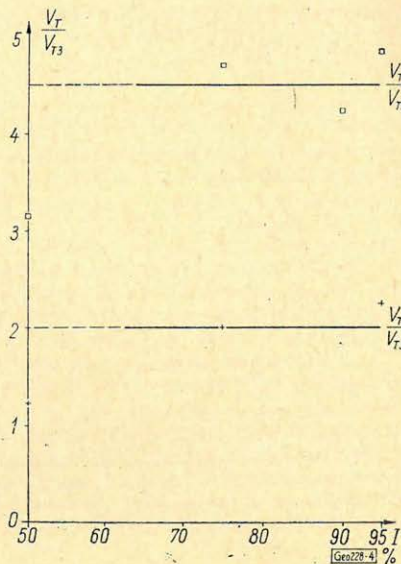
Fig. 3. T1 Elkins

T2 Rosenbach

T3 Oberflächeninterpolation

$V_g$  Das zu demselben Informationsindex gehörige

$\overline{V_T}$  Volumenverhältnis



4. ábra. T1 Elkins

T2 Rosenbach

T3 Felületi interpoláció

$V_T$  Azonos információindexhez tartozó

$\overline{V_{T3}}$  térfogatarány

Фиг. 4.

T1 – по способу Элkinsа

T2 – по способу Розенбаха

T3 – поверхностная интерполяция

$V_T$  – отношение объемов, относящиеся к информации с равными индексами

Fig. 4. T1 Elkins

T2 Rosenbach

T3 Oberflächeninterpolation

$V_T$  Das zu demselben Informationsindex gehörige

$\overline{V_{T3}}$  Volumenverhältnis

A fent bemutatott objektív összehasonlító módszernek befejezésül szeretnénk röviden két másik objektív módszerhez való viszonyára utalni. Először is arra hívjuk fel a figyelmet, hogy sávszűrő-karakterisztikával a vizsgált három transzformáció közül egyedül az Elkins-módszer rendelkezik, s a három vizsgált eljárás közül a legkedvezőtlenebbnek a szeparálódás és az általános kvantitatív



módszer szempontjából éppen ez a transzformáció mutatkozott. Ez egyrészt újra a bevezetőben mondottakra figyelmeztet, arra, hogy az objektív módszerekből vonható következtetések nem általánosak, — másrészt, bár közvetve, ismét arra utal, hogy a nagyfrekvenciájú tartomány eltávolítására nemlineáris módszer alkalmazása a legkedvezőbb [9]. Érdekes viszont, hogy most kapott eredményeink a transzformációkat az annullált regionális hatások fokszámát figyelembe vevő objektív módszerhez mennyire hasonlóan rangsorolják. Ennek oka nyilván az, hogy  $P$ -tól a körök sugaránál nagyobb távolságban levő hatók hatása a körök területén gyakorlatilag már ötödfokú függvénnyel leírható, majd a távolság növekedésével harmadfokú, végül lineáris függvénnyel is leírhatóvá lesz.

#### IRODALOM

- [1] *Dean, W. C.*: Frequency Analysis for Gravity and Magnetic Interpretation. Geophysics, Vol. 13., 1958.
- [2] *Heuman, C.*: Tables of Complex Elliptic Integrals. Journal of mathematics and Physics, Vol. 20. 1941.
- [3] *Nabighian, M. N.*: The Gravitational Attraction of a Right Vertical Circular Cylinder at Points External to It. Geofisica Pura e Applicata, Vol. 53. (1962/III).
- [4] *Naudy, H.*: Propriétés de filtrage des formules utilisées pour la transformation des cartes gravimétriques. Geophysical Prospecting, Vol. 12. 1964.
- [5] *Rosenbach, O.*: Über gravimetrische Wirkungen von zylinderförmigen Masseneinbettungen. Disszertáció. (Kézirat) 1947. Bonn.
- [6] *Steiner F.*: Über einige Methoden der „sekundären“ gravimetrischen Auswertung. Geofisica Pura e Applicata, Vol. 56. (1963/III).
- [7] *Steiner F.*: A felületi interpoláció módszereinek összehasonlítása a gravitációs másodlagos anomáliák meghatározásának néhány ismert eljárásával. Magyar Geofizika 1964.
- [8] *Steiner F.*: Untersuchungen über fiktive  $g_{zz}$ -Anomalien und über die Möglichkeit derer Beseitigung. Pure and Applied Geophysics, Vol. 66 (1967).
- [9] *Steiner F.*: Elvben adott nemlineáris módszer gyakorlati alkalmazása gépi számítás útján. Pályázat, 1967. V. 1.
- [10] *Steiner F.*: Untersuchungen über die prinzipiellen Möglichkeiten einer allgemeinen quantitativen Methode, ausgehend von  $g_{zz}$ . Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tom. 3. (1–2) 1968.



## Szelvényezési és szelvényértelmezési tapasztalatok nagy vezetőképeségű fúrófolyadékban

MARKÓ L.

*Dunántúli rutin-fúrásainkban általában édes iszapokat alkalmaznak. A rétegvizek sótartalma rendszerint néhány, vagy néhány tíz gramm literenként. Ilyen körülmények mellett a konvencionális szelvényeket általában jól fel tudjuk használni értelmezési munkánkban, az agyagok hatása azonban gyakran nehézség elé állít bennünket. Az édes iszap a korszerű, irányított áramterű laterolog módszer számára kedvezőtlen helyzetet teremt.*

*A Nagykanizsa határában levő bajcsai mező nagy sótartalmú vízzel (kb. 300 g/l NaCl) fűrt kútjaiban irányított áramterű (laterolog) és nukleáris szelvények együttes alkalmazásával sajátos értelmezési módszereket dolgoztunk ki. Tapasztalataink alapján az a véleményünk, hogy homokkő és agyagos homokkő rétegeket tartalmazó területeinkben kiterjedtebben kellene a sósiszapokat használni. Ez kedvező körülményeket teremt nemcsak a tároló megvédeése, hanem a korszerű szelvényezési és szelvényértelmezési módszerek alkalmazása szempontjából is.*

*В производственных скважинах Задунайской области, как правило, применяются пресные буровые растворы. Содержание соли в пластовых водах составляет первые единицы или несколько десятков грамм в литр. При таких условиях стандартные каротажные кривые могут удобно интерпретироваться, однако взаимодействие веществ часто вызывает затруднения. Пресные буровые растворы создают условия, неблагоприятные для проведения работ методом бокового каротажа с направленным полем тока.*

*На месторождении Байча, находящемся в районе г. Надьканижа, для скважин, пробуренных с применением воды с высоким содержанием соли (прибл. 300 гр/л NaCl), путем комплексного применения методов РК и методов с направленным полем тока (бокового каротажа), разработаны специфические методы интерпретации. Опыт показывает, что в районах распространения песчаников и глинистых песчаников необходимо более широко применять соленые буровые растворы. Последние создают благоприятные условия не только для защиты месторождения, но и для применения современных методов проведения каротажа и интерпретации получаемых данных.*

*In den Routinbohrungen in Westungarn wird süsse Bohrspülung verwendet. Der Salzgehalt der Schichtwässer beträgt meistens einige, oder einige zehn g/l. Unter solchen Bedingungen können die konventionellen Profile bei der Interpretierung gut benützt werden, der Einfluss der verschiedenen tonigen Substanzen stellt uns jedoch oft vor Schwierigkeiten. Die süsse Bohrspülung schafft für die moderne Laterolog-Methode mit gerichtetem Stromfeld ungünstige Voraussetzungen.*

*In den mit grossem Salzgehalt (etwa 300 g/l NaCl) abgetriebenen Bohrungen im Gebiet von Bajcsa bei Nagykanizsa konnte durch die simultane Anwendung der Laterologprofilierung mit gerichtetem Stromfeld und der nuklearen Profilierung eine eingenartige Interpretationsmethode entwickelt werden. Aufgrund unserer Erfahrungen vertreten wir die Ansicht, dass in den Gebieten mit Sandstein und lehmigen Sandstein, der salzige Bohrschlamm ausgedehnter verwendet werden sollte. Das würde nicht nur den Schutz des Speichers gewährleisten, sondern die Anwendung der modernen Profilierungs- und Interpretationsmethoden fördern.*

Szénhidrogénkutató- és feltáró-fúrásainkban, a nagymélységű fúrásokat kivéve, általában vízbázisú édesiszapot használunk. Ilyen kutak szelvényezése konvencionális (normál és laterál szondákkal) és mikroszelvények felvételével történik, és a területi adottságoktól függően nukleáris és laterológ szelvényekkel egészítjük ki azokat.

A nagyvezetőképeségű sós víz alkalmazása a Nagykanizsa határában fekvő bajcsai mező újabb fúrásaiban tehát újdonságnak számított, és néhány fontos tanulsággal szolgált a karottázs-szelvényezés, de méginkább az értelmezés számára.

A gáztároló produktív réteg 2100–2300 m között települt kemény, kis porozitású (általában 15%-nál kisebb) és néhány millidarcy vagy ez alatti



áteresztőképességű, többnyire csíkozott felépítésű és változó agyagtartalmú, melynek áteresztőképességét a korábban használt nagy szilárdrésztartalmú édes iszapok nagyon lerontották a kútkörnyéki zónában. Ennek elkerülésére vezették be a sósvizet, amelynek sótartalma meghaladta a 200, sőt a 250 g/l-t is, amely a réteghőmérsékleten (110–120 C°) kb. 0,015 ohmm fajlagos fűrófolyadék-ellenállást jelentett.

A réteg és a fűrófolyadék fajlagos ellenállásának viszonya ( $R_l/R_m$ ) 500–2000 között változott.

Ezek a körülmények olyan eljárások alkalmazását írták elő, amelyeket a nagyvezetőképességű sósvíz döntően nem befolyásol és az értelmezés számára elegendő információkat adnak. Ebből a szempontból a laterolog és nukleáris módszerek jöhetnek számításba. Minthogy a fűrófolyadék kis fajlagos ellenállása miatt a laterolog és főleg a mikrolaterolog szondák figyelő-elektrodái között igen kicsiny vezérlő (hiba) feszültség jön létre, a jeleket a kábelen való felszínre továbbításuk előtt elektronikusan fel kellett erősíteni. Erre a szonda-fejhez csatlakozó ún. lyukelektronika szolgált.

A mikrolaterolog méréseket még a lyukelektronika alkalmazása mellett sem sikerült elvégezni, holott normál iszapokban ez nem jelentett különösebb problémát. Ugyancsak a sósvizes mérések mutattak rá egyértelműen arra, hogy a pszeudo-laterologok túl magas látszólagos értéket adnak, amelynek oka minden bizonnyal nem a sósvíz alkalmazásával függ össze alapvetően.

A fenti két kérdés tisztázása folyamatban van.

Az értelmezés szempontjából a sósvíz alkalmazásával kapcsolatban a következő megállapítások tehetők:

1. Mivel a fűrófolyadék fajlagos ellenállása kb. egy tizede a rétegvízének, a  $PS$  görbe természetesen fordítottan jelzi a permeábilis rétegeket, és a  $PS$ -anomáliák a nagy  $R_l/R_m$  kontraszt miatt elnyújtottak lesznek: a szokásos  $PS$  formula,

$$PS = -K \log R_{mf}/R_w,$$

azonban ilyen esetekben is alkalmas a fűrófolyadék és a rétegvíz fajlagos ellenállásának összekapcsolására.

2. A sósvíz, beszűrődve a permeábilis rétegekbe, lecsökkentette azok fajlagos ellenállását a kútkörnyéki zónában.

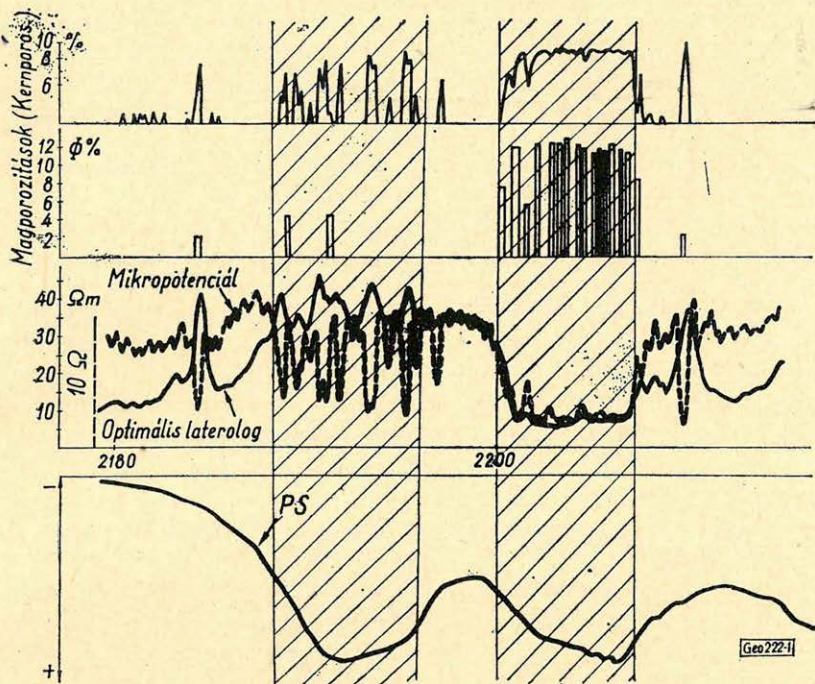
A jól tagoló mikroszelvényvel ez a hatás kimutatható, amely világosan megmutatta a rétegek heterogén felépítését; az édesvizes iszapokban kialakuló iszaplepleny miatt a korábbi mikroszelvények ezt nem tudták nyújtani. (1. ábra. A legfelső görbe a mikroszelvényből kapott porozitásértékeket tartalmazza.)

3. Az iszaplepleny hiánya még azzal az előnnyel jár, hogy a kis vizsgálati mélységű mikroszelvények közvetlenül a kiöblített zóna ellenállását ( $R_{xo}$ ) mérik, amelyből a homokkőcsíkok vagy szakaszok porozitása közvetlenül számítható. Ugyanis a befiltráló sósvíz vezetőképessége mellett az agyagoké elhanyagolható; tehát a mikroszelvényből kapott formációfaktor az effektív porozitásra jellemző érték lesz.

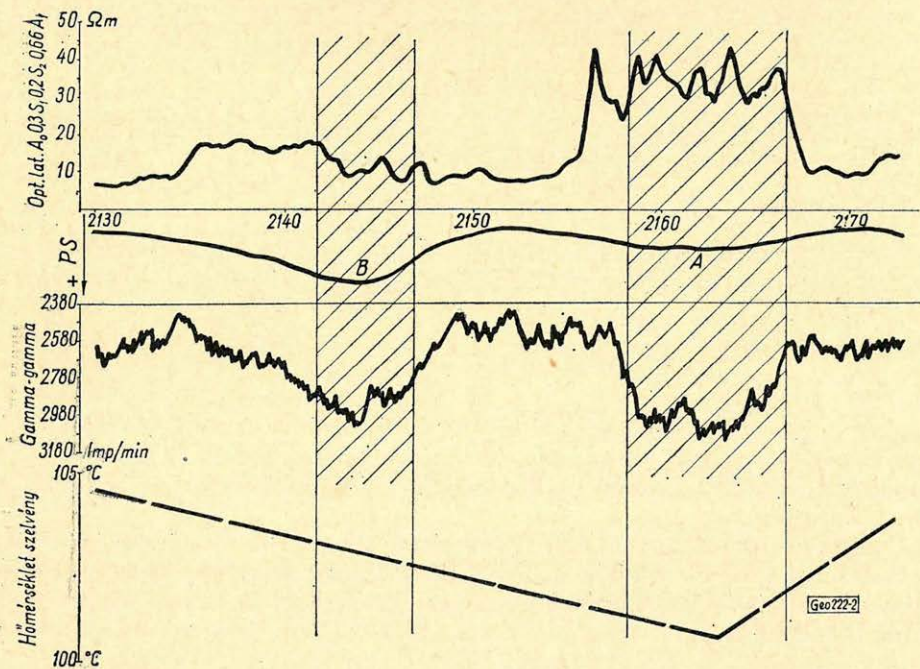
A kőzetmintákon mért és a mikroszelvényekből számított porozitások 1. ábrán látható jó egyezése bizonyítja ezt.

4. A nagyvezetőképességű lyukfolyadék kedvező körülményt jelent a laterolog felhasználása szempontjából, mivel az elárasztás ellenére az a valódi ellenálláshoz közeli értéket ad, és jól megkülönbözteti a produktív rétegeket





1. ábra Фиг. 1. Fig. 1.



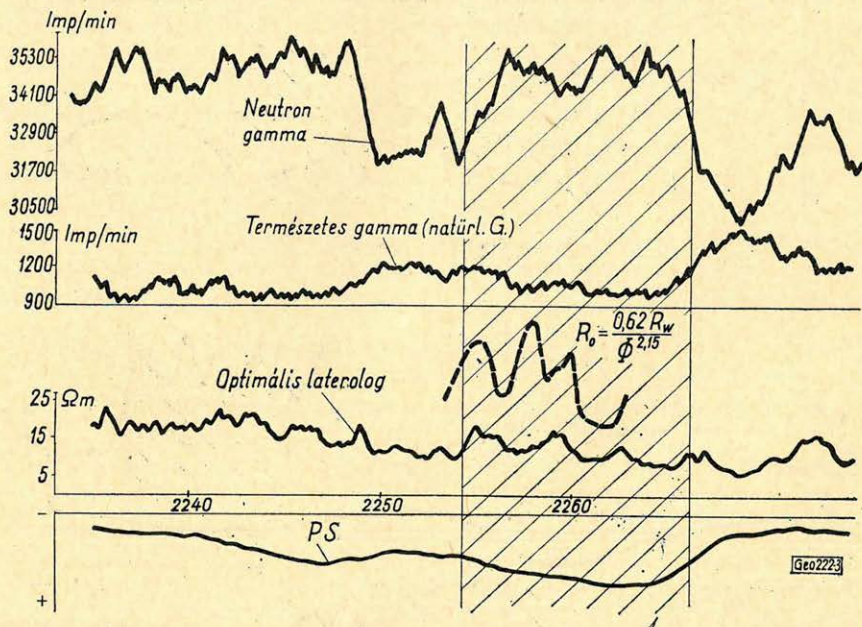
2. ábra Фиг. 2. Fig. 2.



a víztartóktól. Lényegében a laterolog csak ilyen csökkentő elárasztások mellett tudja érvényesíteni a konvencionális szelvényekkel szembeni valamennyi előnyét. Ezt látjuk a 2. ábrán is, ahol a laterolog a gáztartó *A* réteget a víztartó *B* réteghez képest feltűnő ellenállás-növekedéssel jelzi, amely a sűrűség-szelvény által mutatott közel azonos porozitás mellett a szénhidrogéntartalom biztos jelzője. A legalsó görbét termelés közben vették fel, s az a gázbeáramlás helyét jól mutatja.

Megjegyezzük, hogy édesiszappal vagy a rétegvízzel azonos sótartalmú iszapban készített laterolog szelvények nem adtak ilyen világos képet a rétegekről (lásd pl. *Bj* – 20).

5. A záró iszaplepleny hiánya és a szinte „végtelen nagy vízleadás” miatt némely esetben olyan nagymérvű elárasztás jön létre, hogy a laterolog nem képes a gáztartalom érzékelésére, mivel mérési tere nem nyúlik lényegesen túl az elárasztott zónán. Egy ilyen esetet látunk a 3. ábrán is, ahol a laterolog görbét egy rövid lyukszakaszon a magporozitásból és rétegvízellenállásából



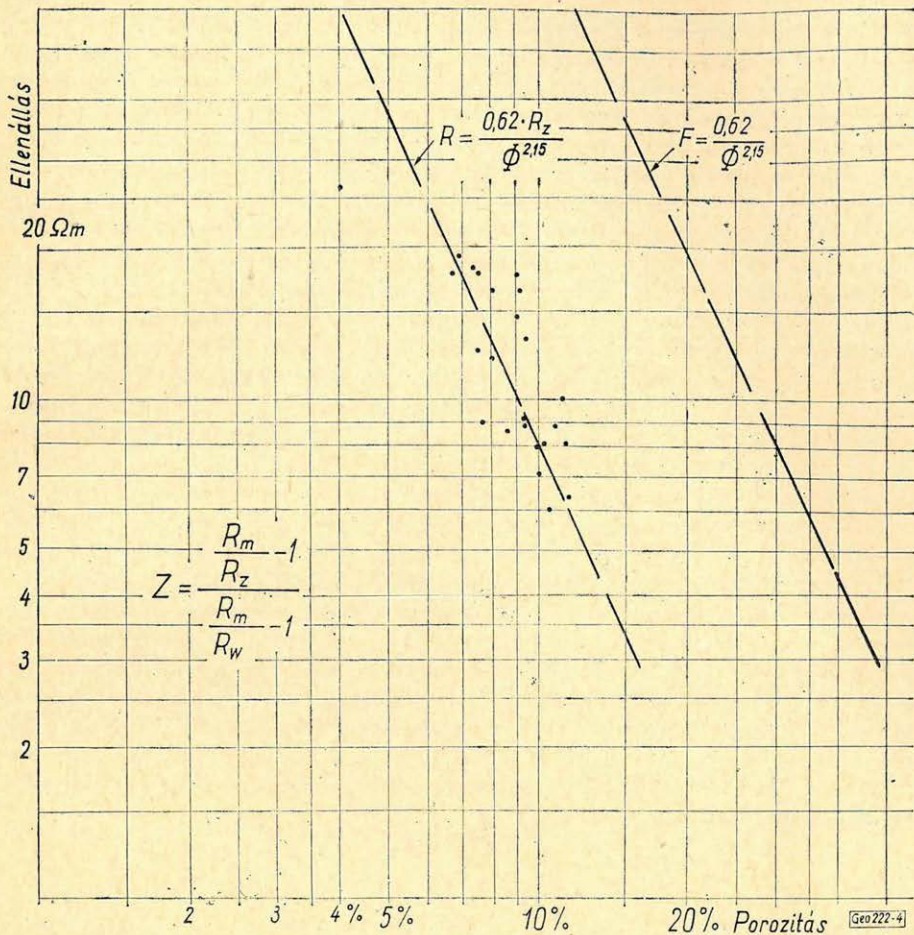
3. ábra • Фиг. 3. Fig. 3.

számított „vizes réteg” ellenállással együtt ábrázoltuk. E szakasz a vizsgálatok folyamán gázbeáramlást adott. Ennek ellenére a laterolog érték kisebb, mint a számított ellenállás, amely csak a sósvíz mély beszűrődésével magyarázható.

A mintegy 200 m maggal fúrt lyukszakasz további tanulmányozása céljából a laterolog ellenállásokat a magporozítások függvényében ábrázoltuk *log-log* diagramon (4. ábra). A pontok eloszlása egyenessel közelíthető meg, amely a Humble-formulát

$$F = \frac{0,62}{\Phi^{2,15}}$$





4. ábra Физ. 4. Fig. 4.

ábrázoló egyenes balirányú párhuzamos eltolásával illeszthető a pontokhoz. A két egyenes közötti távolság az elárasztott zónát kitöltő rétegvíz- és fűrófolyadék-keverék fajlagos ellenállásával ( $R_z$ ) arányos, amelyből az kiszámítható. A rétegvíz-, a fűrófolyadék- és az elárasztott zónában levő folyadék-keverék fajlagos ellenállása ismeretében kiszámítható a

$$Z = \frac{\frac{R_m}{R_z} - 1}{\frac{R_m}{R_w} - 1}$$

keveredési tényező, amely az elárasztáskor a pórusterben visszamaradó rétegvíznek a póruster százalékában kifejezett nagyságát jelzi. A jelen esetben ez a tényező mintegy 80%-nak adódott, ami azt jelenti, hogy a sósvíz kiszorítás ellenére a pórusternek csak mintegy 20%-a cserélődött ki kűtfolyadékra. Ez feltétlenül érdekes információ, különösen, ha meggondoljuk, hogy a viszonylag

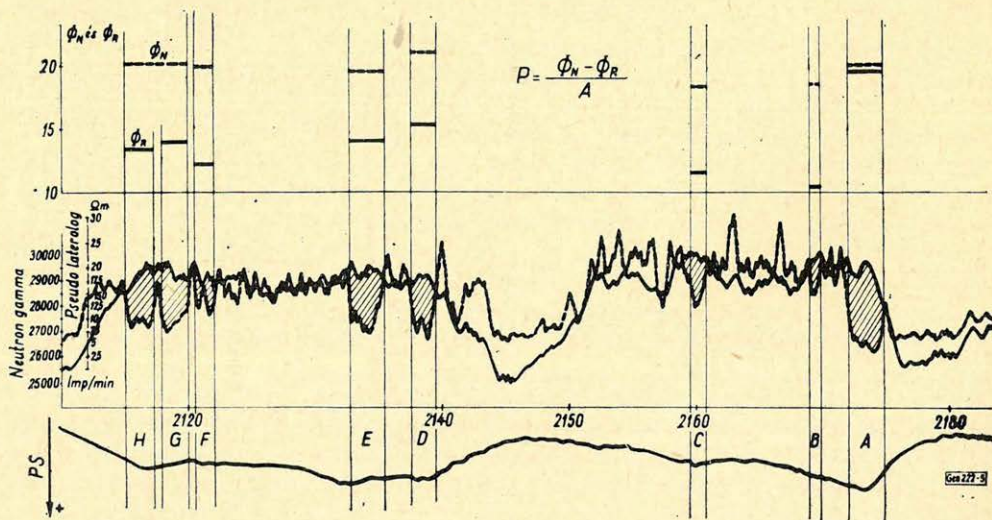


mély elárasztás ellenére a kiszorítás hatásossága kicsiny maradt. Ez a megállapítás viszont nagyon jó egyezésben van azzal a ténnyel, hogy a rétegvizsgálatok alkalmával jelentős mennyiségű vízbeáramlást sehol sem kaptak ezen a szakaszon, esetleg csak gyenge szívárgást, noha a karottázs-adatok és földtani megfontolások szerint a rétegsorban víztároló, tehát nem produktív rétegek is vannak. Oka ennek az, hogy a pórusvíz legnagyobb része mozgásképtelen, így nagy mennyiségű folyadékmozdulásra nincs mód. Egyébként ez az igen kicsiny átérésztőképességből is következik (lásd pl. a Kozeny-formulát).

Karottázs szempontból ennek alapján arra az érdekes következtetésre jutunk, hogy kis átérésztőképességű kőzetekben az elárasztott zóna fajlagos ellenállása alapján éppen a keveredési tényező nehezen megbecsülhető, igen kritikus értéke miatt téves formációfaktor-, illetve porozitás-értékeket kaphatunk és édes iszapok alkalmazása esetén az ilyen kőzetekben túl magas porozitásokhoz jutunk. Ezt mutatják a területen korábban készült konvencionális szelvények is. Megfelelő, nem túl mély elárasztást okozó sósiszapok alkalmazásával a laterolog szelvények a valódi fajlagos ellenálláson keresztül helyes porozításokat adnak, amelyeket nukleáris szelvényekkel ellenőrizhetünk.

6. A laterolog és nukleáris, elsősorban a laterolog és neutron szelvények együttes alkalmazása a sós vizes technikában további előnyöket mutat az ipari nagyságú permeabilitással rendelkező szakaszok kijelölésében és azok agyagtartalmának meghatározásában is. Miként az 5. ábrán látható, bizonyos mély elárasztási viszonyok mellett, a beszűrődő víz a laterolog látszólagos ellenállását lecsökkenti, míg a hidrogén-indexet mérő neutron görbét nem befolyásolja. A két görbe célszerű összerajzolásával a permeabilis szakaszok világosan kitűnnek. Minthogy pedig a neutron szelvény a folyadékkal és az agyaggal töltött „teljes” porozitást méri, a laterolog viszont a már korábban említett ok miatt az effektív porozitást, a kettő különbségéből, az agyag porozitás-indexének figyelembevételével a

$$P = \frac{\Phi_N - \Phi_R}{A}$$



5. ábra Фиг. 5. Fig. 5.



képletből az agyagtartalom kiszámítható,  $A$ -t az agyag hidrogén indexét  $0,5$ -nek lehet venni.

Az 5. ábrán a számított fajl. ellenállás- és neutron-porozitásokat is ábrázoltuk. A kétfajta porozitás különbsége alapján az ábrán közvetlenül is leolvasható az agyagosság mértéke. A fenti képlet alapján történő számítás szerint, amíg az  $A$  réteg legfeljebb  $1\%$  agyagot tartalmaz, addig a  $B$  réteg  $20\%$ -ot, a  $C$   $17\%$ -ot, a  $D$  és  $E$   $14\%$ -ot, az  $F$   $19\%$ -ot, a  $G$   $15$  és  $H$   $17\%$ -ot tartalmaz.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a sós víz alkalmazása kedvező a kőzetek felépítésének tanulmányozása, a permeabilis szakaszok kijelölése, sőt azok agyagtartalmának meghatározása szempontjából is. Az a tény azonban, hogy ilyen fűrófolyadékok esetén az elárasztás nem szabályozható, gyakran meghiúsíthatja a valódi fajlagos ellenállás és így a rétegtartalom megállapítását. A karottázs-értelmezés szempontjából tehát olyan iszap alkalmazására kell törekedni, amelynek filtrátuma nagy vezetőképességű, az általa létrehozott elárasztás azonban nem mély.

Kis porozitású és átteresztőképességű kőzetek porozitásának meghatározása az elárasztott zóna ellenállásából számított formációfaktor alapján a keveredési tényező nagy értéke miatt általában hibás eredményeket ad. Édes iszapok esetén túl magas, sós iszapok esetén túl alacsony porozításokhoz jutunk. Tehát gondoskodnunk kell mindig független porozitás mérésekről. A mi viszonyaink között a neutron- és sűrűség-szelvények állnak rendelkezésre ilyen célból.

A különböző szelvények célszerű összerajzolásával a kútszakaszt felépítő kőzetekről igen világos és jellemző képet kapunk. A szelvények gépi úton való megfelelő összejátszásával tehát jelentős interpretációs előnyökhöz juthatunk.



# Erfahrungen bei der Anwendung von Bohrlochmessungen in Untergrundgasspeichern des Aquifertyps

K. BUCKUP

Az „aquifer“-típusú felszínalatti gáztárolók felügyeleténél fellépő problémáknak kétfajta neutron-gammamérést alkalmaznak:

1. Ismételt elvégzett neutron-gamma-mérések az időbeli változási effektus felhasználásával.  
2. különböző szondahosszúság mellett felvett neutron-gamma-regisztrációk összehasonlítása a rövid szondahosszaknál jelentkező megfordulási effektus felhasználásával.

Az interpretációnál differencia vagy hányados-paramétereket alkalmaznak. A gáztelítettséget az üzemi szondák számára a lyukmérések és szonda-tesztelések komplex felhasználásával határozhatjuk meg, ahol a neutron-gamma szintet különböző lyukteltség mellett pl. a fejnyomás segítségével kell tudni befolyásolni.

Для изучения подземных газовых коллекторов водоносного типа применяются два варианта метода НГК, в зависимости от возникающих проблем:

1. Повторные замеры НГК с использованием эффекта вариации во времени;  
2. Сопоставление кривых НГК, записанных при различных длинах зондов с использованием эффекта поворота, наблюдаемого при коротких зондах.

При интерпретации используются разностные или относительные параметры. Газонасыщенность для рабочих зондов определяется с комплексным использованием результатов скважинных замеров и испытаний зондов, причем на уровень нейтронно-гамма-излучения можно оказать влияние, напр. при помощи давления на устье.

Routinemäßig werden entsprechend den Aufgaben bei der Überwachung von Untergrundgasspeichern des Aquifertypes zwei Varianten des Neutron-Gamma-Logs eingesetzt:

1. Wiederholte Durchführung von Neutron-Gamma-Messungen unter Ausnutzung des Effektes der zeitlichen Änderung.

2. Registrieren von Neutron-Gamma-Kurven mit unterschiedlichen Sondenlängen.

Die Interpretation erfolgt mit Hilfe von Differenz- oder Quotientenparametern. Die Gassättigung kann für Betriebssonden durch Komplexauswertung von Bohrlochmessung und Sondentesten bestimmt werden, wobei die Kontrollierbarkeit des Neutron-Gamma-Niveaus bei unterschiedlicher Bohrlochfüllung z. B. über den Kopfdruck möglich sein muß.

## 1. Einleitung

Der Bohrlochmessung kommt im Rahmen der Überwachung und Kontrolle von Untergrundgasspeichern des Aquifertyps immer größere Bedeutung zu. Die Problematik läßt sich etwa mit der von Gaslagerstätten vergleichen. Die Meßbedingungen sind schwierig. Die Messungen werden stets in verrohrten Sonden durchgeführt, die unter Druck stehen, das Bohrlochmedium ändert sich fortwährend und Änderungen im Speicherbereich finden periodisch entsprechend dem Ein- und Ausseisebetrieb statt.

Von der Bohrlochmessung werden qualitative als auch quantitative Aussagen erwartet, die für den Speicherbetrieb von größter Wichtigkeit sind:

1. Nachweis und Lokalisierung gasführender Intervalle und Bestimmung des Gas-Wasser-Kontaktes.

2. Verhalten gasführender Schichten bei verschiedener Fahrweise des Speichers.

3. Bestimmung der Gassättigung.



Von den Routineverfahren kann bei den herrschenden Meßbedingungen das Neutron-Gamma-Log erfolgversprechend eingesetzt werden. Das Neutron-Gamma-Log ist dabei in zwei Varianten einsetzbar:

1. Wiederholte Durchführung von Neutron-Gamma-Messungen.
2. Registrierten von Neutron-Gamma-Kurven mit unterschiedlichen Sondenlängen (Neutron-Gamma-Sondierung).

## 2. Interpretationsmethodik

Sobald man Untergrundgasspeicher in Sand-Ton-Profilen anlegt, muß damit gerechnet werden, daß die maximalen Neutron-Gamma-Intensitäten an gasführende Lagen gebunden sind und daß sich diese Werte entsprechend der Fahrweise des Speichers ändern.

Als Auswerteparameter kamen deshalb nur auf einen Bezugswert bezogene Differenzen

$$\Delta \ln \gamma = \ln \gamma_x - \ln \gamma_T$$

oder Quotienten

$$Q \overline{\ln \gamma} = \frac{\ln \gamma_x}{\ln \gamma_T}$$

in Frage.

$\ln \gamma_x$  – Neutron-Gamma-Intensität in der zu untersuchenden Schicht

$\ln \gamma_T$  – Neutron-Gamma-Intensität im Bezugshorizont

Beide Parameter sind im Falle des wassergefüllten Bohrloches in gasfreien Lagen gut miteinander korrelierbar (*Abb. 1*). Sind diese Bedingungen jedoch nicht erfüllt, geht die korrelative Verbindung verloren.

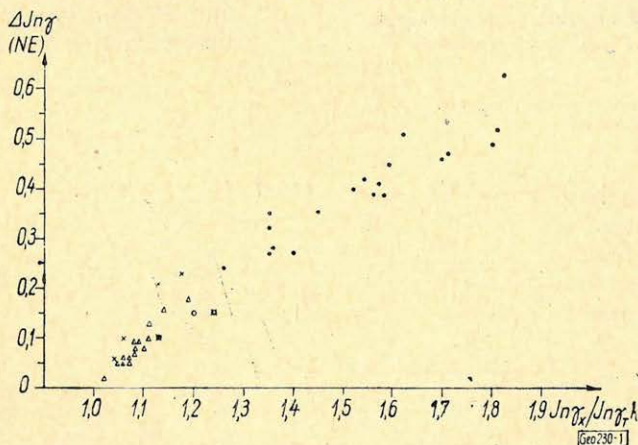


Abb. 1.  
Φuz. 1.  
1. ábra

Auf Abbildung 1 ist für eine Struktur ein derartiger Zusammenhang gezeigt. Die unterschiedliche Symbolik wurde für Werte aus verschiedenen Bohrungen verwandt. Als Bezugswert  $\ln \gamma_T$  wurde die Intensität der Einfangstrahlung im Bereich des Rupeltones  $\ln \gamma_R$  herangezogen.

Als Kriterium der Entscheidung über die Gasführung der jeweiligen Horizonte wird die zeitliche Veränderung der Parameter angenommen.

Dazu werden die Parameter für zwei Zeitpunkte entweder direkt miteinander verglichen (*Abb. 2*) oder es werden sogenannte „Sondengeschichten“  $\Delta \ln \gamma = f(t)$  zusammengestellt (*Abb. 3*), die es zusätzlich erlauben, das zeit-



liche Verhalten der jeweiligen Schicht anschaulich zu demonstrieren. Für die Neutron-Gamma-Sondierung wird das gleiche Auswerteverfahren angewandt, nur ist hier die Entscheidung an Hand einer Messung möglich (Abb. 4).

Diese Möglichkeit ergibt sich aus der unterschiedlichen Ansprechbarkeit kurzer und langer Neutron-Gamma-Sondenlängen auf Gasführung, wobei dieser Effekt dann ausgenutzt werden kann, wenn nachweislich keine Infiltrationszone vorhanden ist. In diesem Falle liefert die lange Sondenlänge im Vergleich zur kurzen in gasführenden Bereichen höhere Intensitätswerte. Wenn der Verlauf der Kennlinie  $(In\gamma/In\gamma_T) L = 60 = f(In\gamma/In\gamma_T) L = 35$  für wasserführende Intervalle ermittelt wurde, dann liegen die Punkte aus gasführenden Zonen über der Kennlinie (Abb. 4), was eine eindeutige Ausgliederung dieser Partien zulässt.

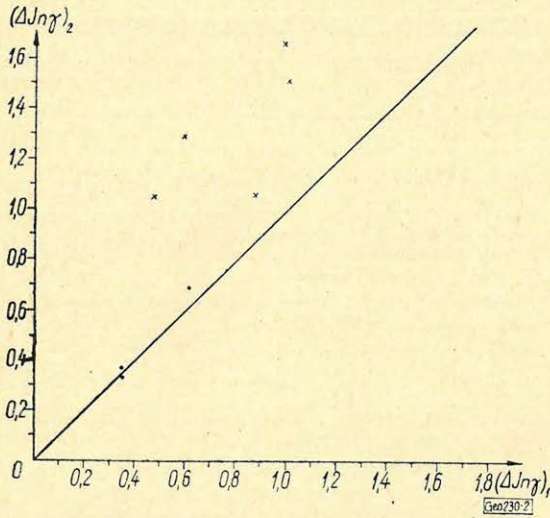


Abb. 2. ● tonige oder wasserführende  
× gasführende Intervalle

Фиг. 2. ● – глинистые или водопрводящие  
интервалы

× – газопроводящие интервалы

2. ábra. ● agyagos vagy vízvezető,  
× gázvezető szakaszok

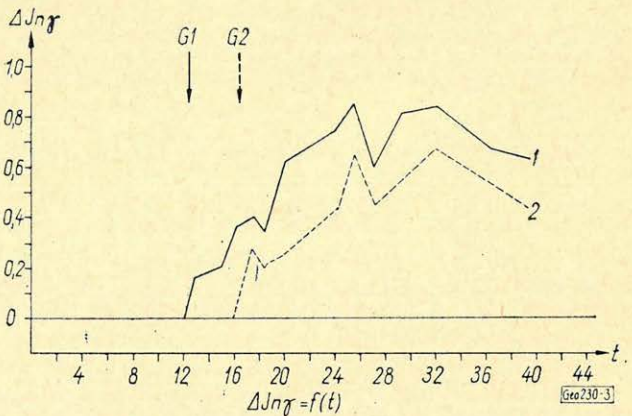
### 3. Bestimmung der Gassättigung

Eine Einschätzung der Gassättigung wird nach entsprechender Auswertung von Sondentesten erreicht.

Abb. 3. t = Monate

Фиг. 3. t – месяцы

3. ábra. t = hónapok



Bekanntlich gilt

$$\frac{K_G}{K_W} = \frac{\mu_G \cdot q_G}{\mu_W \cdot q_W} = f(S_G)$$

$\mu_G, \mu_W$  – Viskosität von Gas bzw. Wasser

$q_G, q_W$  – Beim Test anfallende Gas- bzw. Wassermengen

$K_G, K_W$  – Phasenpermeabilitäten für Gas bzw. Wasser

$S_G$  – Gassättigung



Wenn die Funktion  $K_G/K_W = f(S_G)$  für die zu untersuchende Schicht ermittelt wurde (Abb. 5), dann kann aus jedem Test ein Gassättigungswert bestimmt werden, der bei Zusammenstellung einer repräsentativen Eichkurve  $\Delta I \gamma = f(S_G)$  verwendet wird (Abb. 6. Erklärung s. weiter unten). Ein derartiges Verfahren bietet die Möglichkeit, die Bohrlocheinflüsse direkt zu berücksichtigen und zu erfassen, was bei den gewöhnlich praktizierten Modellarbeiten zur Gewinnung der Gassättigungswerte nicht gewährleistet ist, allerdings muß die Konstanz des Verrohrungs- und Bohrlochdurchmessers garantiert sein. Die zweite Bedingung, die für die Anwendung dieses Verfahrens eingehalten sein muß, ist die Kontrollierbarkeit der Neutron-Gamma-Anzeige bei verschiedener Bohrlochfüllung. Die einfachste Möglichkeit wäre die Verwendung der Kopfdricke. Ein sich abzeichnender Zusammenhang wird von der Gaszusammensetzung entscheidend beeinflußt und muß in jedem konkreten Fall einzeln bestimmt werden. In Abb. 7 ist ein solcher Zusammenhang dargestellt.

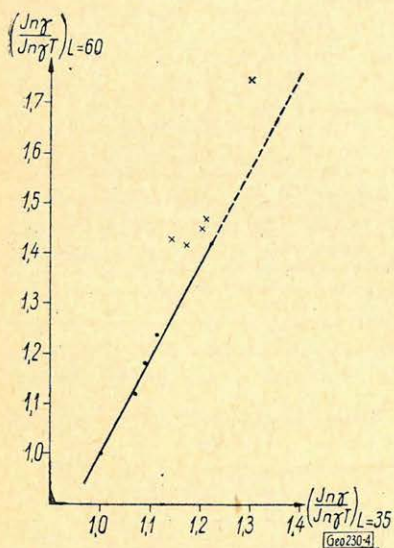


Abb. 4. ● tonige oder wasserführende  
× gasführende Intervalle

Фиг. 4. ● – глинистые или водон-  
проводящие интервалы  
× – газопроводящие  
интервалы

4. ábra. ● agyagos vagy vízvezető,  
× gázvezető szakaszok

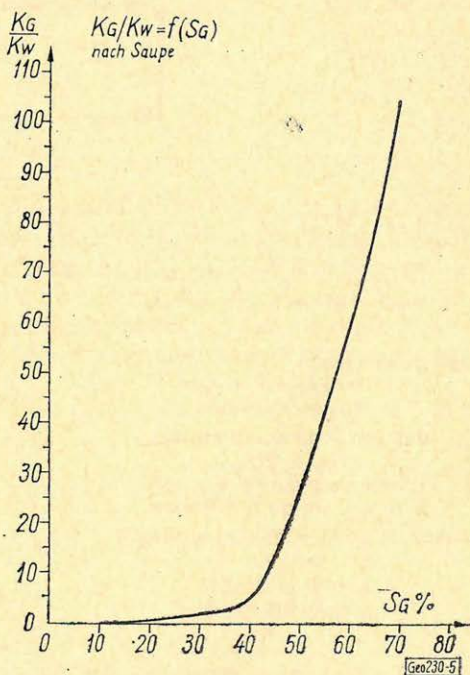


Abb. 5.

Фиг. 5.

5. ábra

Für Betriebssonden, die im interessierenden Horizont geöffnet sind, wurden für folgende konkrete Bedingungen die Abhängigkeit der Neutron-Gamma-Intensität von der Gassättigung bestimmt:

1. Bohrloch trocken, zementierte und perforierte Verrohrung 6 5/8", Steigrohre 3 1/2" und geschlitzter Liner



2. Durchmesser der Meßsonde 50 mm, 1 Zählrohr SI-4G mit Cd-Umhüllung, Spacing  $L = 60$  cm

3. Sandspeicher, Porosität Kurve 1 25%  
Kurve 2 30% (Abb. 6).

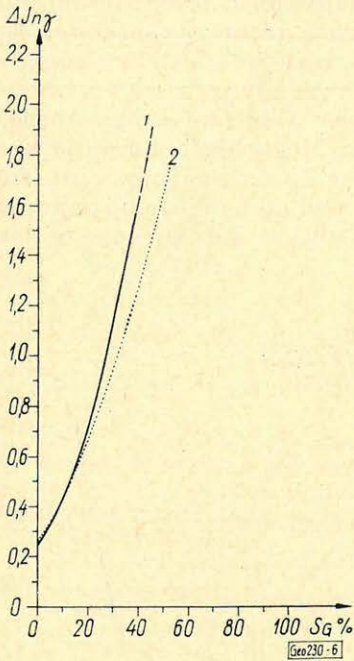


Abb. 6. Eichkurve  $\Delta In\gamma = f(S_G)$

- 1 Geringere Porosität
- 2 Höhere Porosität

Фиг. 6. Эталонная кривая  $\Delta In\gamma = f(S_G)$

- 1 пониженная пористость
- 2 повышенная пористость

6. ábra. A  $\Delta In\gamma = f(S_G)$  kalibrálási görbe

- 1 kisebb porozitás
- 2 nagyobb porozitás

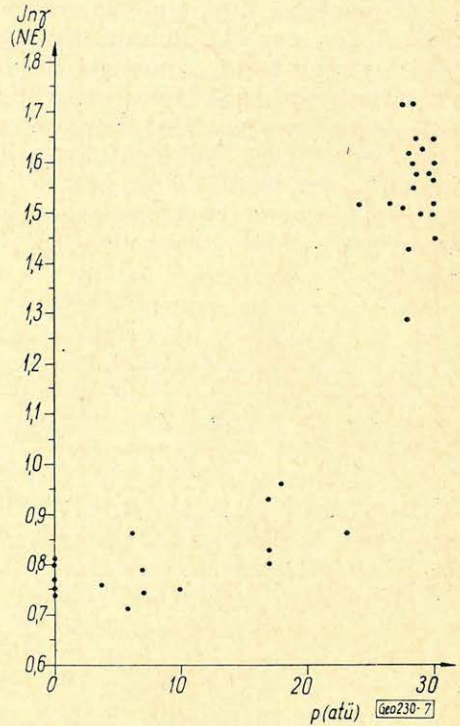


Abb. 7.  $In\gamma$ -Niveau bei unterschiedlichem Kopfdruck.

Фиг. 7. Уровень  $In\gamma$  при различных давлениях на устье

7. ábra.  $In\gamma$ -szint különböző fejtnyomásoknál.

Die Funktion wurde in der Form  $\Delta In\gamma = f(S_G)$  ermittelt. Wie erwartet, liegt die Abhängigkeit bei höherer Porosität unter der Kurve für geringere Porosität. Auffällig ist die Steilheit beider Kurven, hier macht sich der Einfluß der Bohrlochkonstruktion bemerkbar. Im vorliegenden Fall wirkt dieser Faktor begünstigend, da er die Steilheit vergrößert und damit die Genauigkeitsforderungen an die Ausgangssättigung vermindert. Der relative Fehler bei der Bestimmung der Gassättigung liegt bei Anwendung der beschriebenen Verfahren unter 15%. Der Fehler summiert sich aus dem Meßfehler, aus dem Fehler der Abhängigkeit  $K_G/K_W = f(S_G)$ , die unbedingt am Modell des entsprechenden Horizontes gewonnen werden muß, dazu kommt der Fehler aus dem Test, der auch die Größe des Gesamtfehlers bestimmt, da trotz größter Sorgfältigkeit



nicht alle Faktoren erfaßt werden können, die sich auf das Testergebnis auswirken. Eine Verringerung des Fehlers wird in erster Linie erreicht, wenn die Genauigkeit des Testes verbessert werden kann.

#### LITERATUR

*Dachnow, W. N., Cholín, A. J., Pestrikow, A. S., Galuso, J. W.*: u. a. Anwendung der Methoden der Bohrlochmessung bei der Untersuchung gasführender Speicher Moskau 1962.

*Saupe, H.*: Grundlagen zur gasdynamischen Erkundung (Forschungsthema), Gommern 1967 (unveröffentlicht). Berichte zu Neutron-Gamma-Messungen 1965, 1966, 1967, 1968 (unveröffentlicht).

BUDAY TIBOR

1900 – 1969

Egyesületünk egyik alapító tagja távozott el közülünk május hó végén: Buday Tibor. Eredetileg mérnöknek készült, de az irodalom iránti érdeklődése a hírlapírói pályára sodorta. Sokáig mint lapszerkesztő működött. 1952-ben a Geofizikai Intézet Egyeztető Osztályának munkatársa lett és hosszabb időn át szerkesztette a Geofizikai Közleményeket, mint technikai szerkesztő. Részt vett a Magyar Geofizika alapításában is és tevékenyen közreműködött a kezdeti nehézségek elhárításában.

Emlékét kegyelettel megőrizzük.



# Teufenabhängigkeit petrophysikalischer Parameter und deren Verwendung in der angewandten Geophysik

M. K O P F

*Az Északnémet-Lengyel-medencéből származó kiterjedt fűrómag-anyag alapján különböző kőzetekre a következő petrofizikai paraméterek vertikális gradiensének menetét vizsgálták meg: sűrűség, hangsebesség (longitudinális hullámokra), szuszceptibilitás, radioaktivitás, hangkeménység és reflexió-koefficiens. Megvizsgálták a jelenségek okait és klasszifikációt dolgoztak ki.*

*По большому объему вычислений, проведенных на ядрах из Северо-германско-Польского бассейна, изучается поведение вертикального градиента плотности, скорости звука продольных волн, восприимчивости, радиоактивности, твердости звука и коэффициента отражения для различных разновидностей горных пород. Обсуждаются причины явлений и предлагается соответствующая классификация.*

*Am Hand eines sehr umfangreichen, an Bohrkernen des Norddeutsch-Polnischen Beckens ermittelten Zahlenmaterials wird der Verlauf des vertikalen Gradienten der Dichte, der Schallgeschwindigkeit longitudinaler Wellen, der Suszeptibilität, der Radioaktivität, der Schallhärte und des Rx-Koeffizienten von verschiedenen Sedimentiten dargestellt, die Ursache erläutert und eine Klassifizierung vorgenommen.*

## Vorbemerkung

Die gezielte Ansetzung der verschiedenen Methoden der angewandten Geophysik, die Korrektur, Reduktion, Auswertung und Interpretation der mit Hilfe geophysikalischer Verfahren gewonnenen Ergebnisse verlangen eine möglichst genaue Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der im jeweiligen Untersuchungsgebiet vorhandenen Gesteine bzw. Gesteinsarten. Hierbei ist für die geophysikalische Erfassung grösserer Tiefen der vertikale Gradient einzelner petrophysikalischer Parameter (vor allem Dichte, Schallgeschwindigkeit, Suszeptibilität, Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit und Radioaktivität), oder daraus abgeleiteter Kenngrößen (Schallhärte, Reflexionskoeffizient, Anisotropiekoeffizient) von verschiedenen, im Deckgebirge überwiegend auftretenden Gesteinsarten (Ton, Tonstein, Schieferton, Schluff, Schluffstein, Feinsand, Mittelsand, Grobsand, Feinsandstein, Mittelsandstein, Grobsandstein, Kies, Konglomerat, Brekzie, Mergel, Mergelstein, Gips, Anhydrit, Steinsalt, Kalkstein, Dolomitstein) von grundlegender Bedeutung.

Die benötigten vertikalen Gradienten können aus den Ergebnissen der Bohrlochgeophysik, der Geophysik und an Hand von Modellberechnungen gewonnen werden.

Eine direkte, eindeutige Zuordnung dieser petrophysikalischen Werte zu petrographischen Daten ist allerdings nur mit Hilfe der Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Gesteine, speziell der Bohrkern aus verschiedenen Tiefen und auf Grund laborativer Messungen unter erhöhten, die jeweilige Teufenlage bzw. den jeweiligen in-situ-Wert simulierenden Druck- und Temperaturbedingungen möglich.

Die Schwierigkeit bei der Untersuchung allgemeiner Gesetzmässigkeiten der Teufenabhängigkeit petrophysikalischer Parameter liegt in der Auswahl des zu benutzenden Gesteinsprobenmaterials, da einerseits wegen der Vergleichbarkeit möglichst monomikte (sog. reine) Gesteine bzw. Gesteinsarten zur



Untersuchung und Auswertung herangezogen werden müssen, andererseits aber in der Natur vorwiegend polymikte Gesteine anzutreffen sind. Dadurch ist (zumindest zur Zeit) grundsätzlich nur ein Übertragen der am monomikten Sedimentit festgestellten Beziehung auf das jeweils zur Debatte stehende polymikte Gestein möglich.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der „Repräsentanz“ der Probe; d. h., dass die aus Bohrungen, also aus verschiedenen Teufen entnommen und untersuchten Bohrerne nicht die natürlichen Sättigungs-, Druck- und Temperaturverhältnisse widerspiegeln, wobei selbst ein Simulieren mit Schichtwasser, allseitigem Druck bei erhöhter Temperatur nicht den absolut wahren Teufenverlauf des jeweils untersuchten Parameters widerspiegeln kann.

### 1. Teufenabhängigkeit der Porosität

Mit wachsender Lagerungstiefe nimmt sowohl die Gesamtporosität als auch die Nutzporosität deutlich, gesetzmässig, nicht linear ab. Ab 3000 bis 5000 m Teufe ist die Nutzporosität nahezu null, während die Gesamtporosität in diesem Bereich meist  $< 3\%$  ausmacht (W. TUNN 1963). Es ist möglich, aus der Porosität direkt den Verfestigungskoeffizienten abzuleiten (S. NAGUMO 1965).

Die Ursache der verringerten Porosität ist sowohl in der Verdichtung bei Dehydratisierung als auch in der Zementation durch Ausfüllung mit autogenem Material meist als Bindemittel zu suchen. Hierbei hängt die Grösse der Porositätsminderung nicht direkt vom Alter, sondern nur von der Dauer der Einwirkung und der Grösse des Druckes und der Temperatur sowie von der Eigenschaft zirkulierender wässriger Lösungen ab (J. C. MAXWELL 1964; W. L. KOMAROVA und D. W. POSTNIKOV 1964; M. KOPF 1967).

### 2. Teufenabhängigkeit der Dichte

Es gibt verschiedene Dichten (M. KOPF 1966), die ihrerseits ein unterschiedliches Verhalten bezüglich der Teufenabhängigkeit aufweisen.

Die *Mineraldichte* (die Dichte der einzelnen Mineralien) ist bei einem meist äusserst geringen Porenvolumen teufenunabhängig. Die Dichte des Minerals zeigt also bis zu einer bestimmten, mineralspezifischen Teufe, ab der mineralinterne Umwandlungen erfolgen, keinen vertikalen Dichtegradienten.

Die *Gesteinskorndichte* (die Dichte der Festsubstanz eines Gesteins) lässt ebenfalls keinen vertikalen Dichtegradienten erkennen, da die Mineraldichte der am Gesteinsaufbau beteiligten Mineralien eben teufenunabhängig ist.

Die *Gesteinsraumdichte* (die Dichte der Festsubstanz und des Porenhaltes eines Gesteins) kann dagegen sowohl teufenunabhängig als auch teufenabhängig sein, je nach dem, ob das betreffende Gestein eine nennenswerte Porosität ( $> 1-3\%$ ) aufweist oder nicht.

Die Ursache des vertikalen Dichtegradienten ist in der Porositätsminderung, in der allgemein zu beobachtenden Erhöhung der Gesamtmineralisation der Schichtwässer mit der Tiefe und in der Mineralumwandlung nach der Sedimentation auf Grund des Belastungs- oder Faltungsdruckes bei erhöhter Temperatur zu suchen.

Auf Grund der Erscheinung, dass manche Gesteine auch an der Erdoberfläche ein völlig unbedeutendes Porenvolumen aufweisen und nahezu ausschliess-



lich aus teufenunabhängiger Festsubstanz bestehen, können hinsichtlich der Teufenabhängigkeit der Dichte 2 Klassen von Gesteinsarten unterschieden werden (M. KOPF 1967):

1. die Klasse der porenfreien bis porenarmen Gesteinsarten ohne vertikalen Dichtegradienten (Anhydrit – Abb. 1, Steinsalz, Kalkstein, Dolomitstein, Gips, Kieselschiefer, Quarzit, Grauwacke, Arkose, Tonschiefer, Metamorphite, Magmatite),
2. die Klasse der porenreicheren Gesteinsarten mit vertikalem Dichtegradienten (Ton, Schluff, Sand, Kies, Mergel, Tonstein – Abb. 2, Schluffstein, Feinsandstein, Mittelsandstein, Grobsandstein, Psephit, Mergelstein).

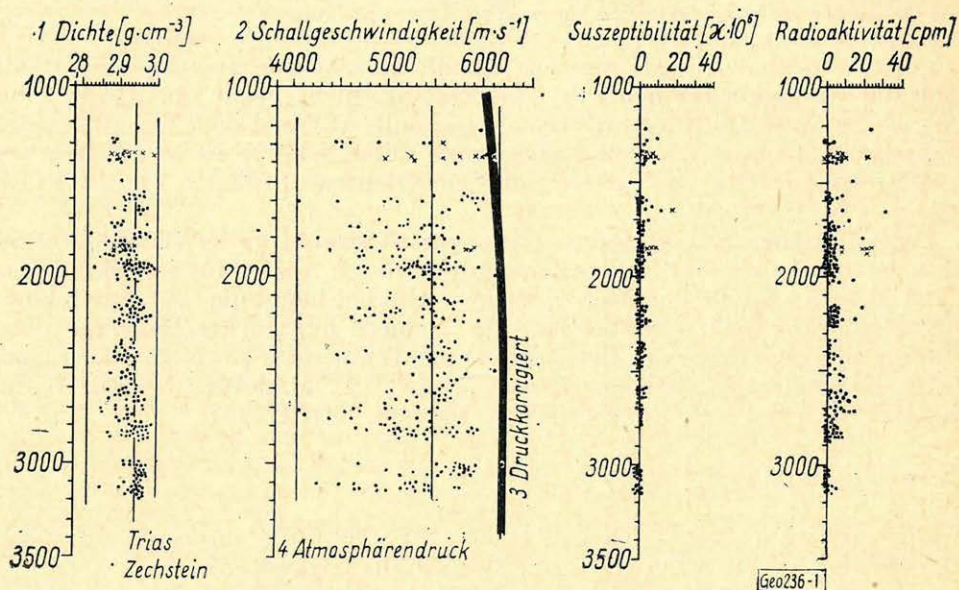


Abb. 1. Der vertikale Gradient von Lufttrocken-Dichte, Schallgeschwindigkeit longitudinaler Wellen unter Atmosphärendruck und unter Druck, Suszeptibilität und Radioaktivität bei Anhydrit.

Фиг. 1. Вертикальный градиент плотности воздушносухой породы и скорости звука продольных волн под атмосферным давлением, а также при давлении, восприимчивости и радиоактивности ангидрита

1 – Плотность 2 – скорость звука

1. ábra. A légszárászűrség vertikális gradiense, a longitudinális hullámok hangsebessége légköri nyomásnál és növekvő nyomásnál, szuszceptibilitás és radioaktivitás anhydrit esetén

1 – sűrség 2 – hangsebesség

Der vertikale Dichtegradient ist nicht linear. Der stärkste Gradient ist bis zu einer Teufe von etwa 1000 m zu beobachten, bis 2000 m schwächt er sich ab. Ab der Teufe 2000 m ist die Dichtezunahme auf Grund der Tiefe nur äußerst gering und ab 3000 m fast vernachlässigbar. Eine Unterscheidung zwischen Trockendichte und Sättigungsdichte ist nicht mehr möglich und nötig.

Ab der Teufe 5000 m kann für das Sedimentpaket des Norddeutsch-Polnischen Beckens wegen der absoluten Vorherrschaft des Schluffsteins und



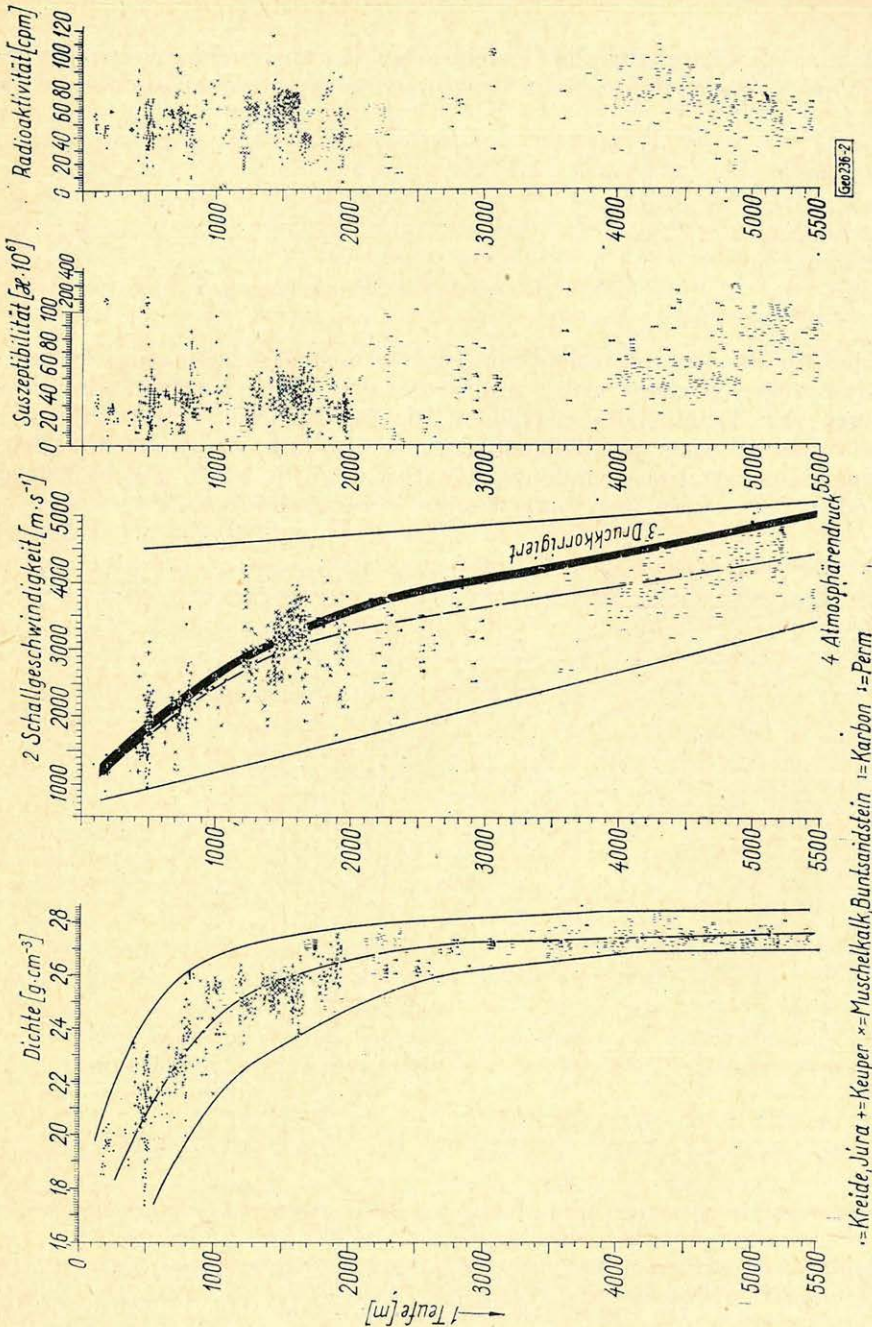


Abb. 2. Der vertikale Gradient von Luftrocken-Dichte, Schallgeschwindigkeit longitudinaler Wellen, unter Atmosphärendruck und unter Druck, Suszeptibilität und Radioaktivität bei Tonstein.

Фиг. 2. Вертикальный градиент плотности воздушносухой породы и скорости звука продольных волн под атмосферным давлением, а также при давлении, восприимчивости и радиоактивности гли глинистых отложений  
 1 - Глубина 2 - скорость звука 3 - с поправкой за давлением 4 - давление воздуха  
 2. ábra. A légszárász-sűrűség vertikális gradiense, a longitudinális hullámok hangsebessége légköri nyomásnál és növekvő nyomásnál, szuszceptibilitás és radioaktivitás agyagpala esetén  
 1 - mélység 2 - hangsebesség 3 - nyomáskorrigált 4 - légköri nyomás



Feinsandsteins ein Mittel für alle Gesteinsarten der teufenabhängigen Klasse die Dichte mit  $2,70 \text{ g.cm}^{-3}$  festgelegt werden, wobei im einzelnen als Enddichte gilt:

Tonstein	$2,75 \text{ g.cm}^{-3}$
Schluffstein	$2,73 \text{ g.cm}^{-3}$
Feinsandstein	$2,67 \text{ g.cm}^{-3}$
Mittelsandstein	$2,57 \text{ g.cm}^{-3}$
Grobsandstein	( - ? - )
Psephit	(verschieden je nach Geröllzusammensetzung)
Mergelstein	$2,74 \text{ g.cm}^{-3}$

Speziell für die Interpretation der gravimetrischen Ergebnisse des Nord-deutsch-Polnischen Beckens wurde auf Grund der umfangreichen Dichtebestimmungen der Verlauf des vertikalen Dichtegradienten petrographischer Einheiten in einem Diagramm-Schema dargestellt (Abb. 3), wobei die Teufenlage aus Demonstrationsgründen schematisiert wurde (z. B. gibt es keinen Gabbro oder ..... in dem betrachteten Teufenbereich).

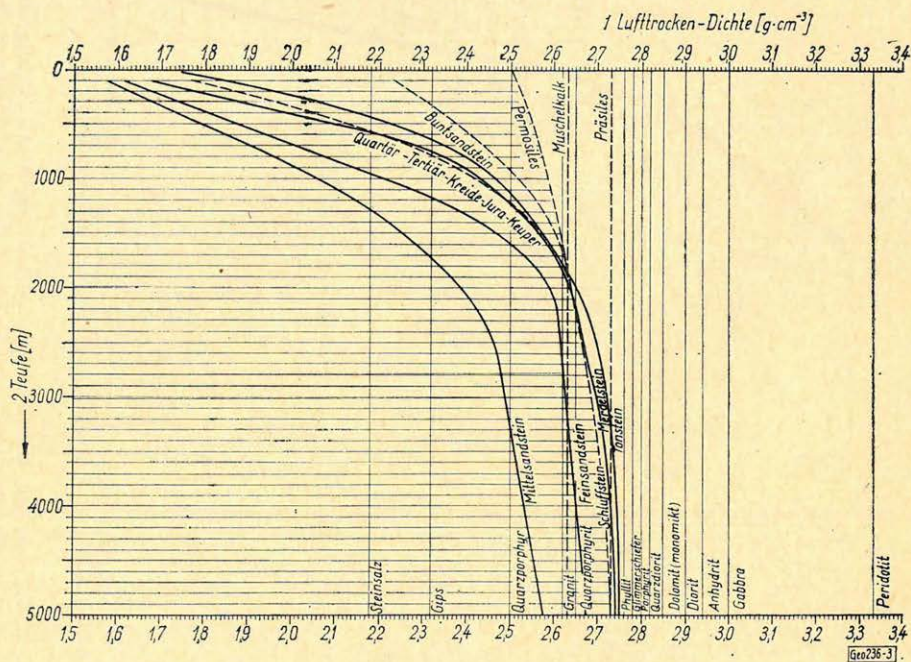


Abb. 3. Der vertikale Gradient der Lufttrockendichte der petrographischen und stratigraphischen (nur unter Berücksichtigung der klastischen Sedimente) Einheiten.

Фиг. 3. Вертикальный градиент воздушно-сухой плотности петрографических и стратиграфических единиц (с учетом только кластических отложений)

1 — плотность воздушно-сухой породы

3. ábra. A petrográfiai és sztratigráfiai egységek légszárászűrségének vertikális gradiense (csak klastikus üledékek figyelembevételével)

1 — légszárászűrség 2 — mélység

Abweichungen von dem für die jeweilige Gesteinsart angegebenen „Normalverlauf“ des Dichtegradienten sind petrographisch von besonderem Interesse und bedürfen der substantiellen Klärung.



Obwohl es wegen der unterschiedlichen petrographischen Ausbildung (qualitativer und quantitativer Mineralbestand und Gefüge) nicht möglich ist, einen allgemein verbindlichen mittleren vertikalen Dichtegradienten auch für stratigraphische Einheiten aufzustellen, wurde er für die Belange der Profilberechnung oder als Grundlage zur Herstellung der abgedeckten Schwerekarte und der Karten der Feldtransformationen in Abb. 3 doch (gestrichelt) dargestellt. Der aus dem vertikalen Dichtegradienten stratigraphischer Einheiten gewonnene Dichteansatz ist natürlich ungenauer, als der aus dem vertikalen Dichtegradienten petrographischer Einheiten gewonnene.

Hinsichtlich des vertikalen Dichtegradienten stratigraphischer Einheiten, Systeme und Abteilungen müssen im Norddeutsch-Polnischen Becken 5 Klassen unterschieden werden:

1. Quartär, Tertiär, Kreide, Jura, Keuper
2. Muschelkalk (teufenunabhängig,  $2,63 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
3. Buntsandstein (ab etwa  $2000 \text{ m}$  wie 1.)
4. Permosiles (ab etwa  $2000 \text{ m}$  wie 1.)
5. Präsilés (teufenunabhängig,  $2,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^3$ )

Wie aus Abb. 3 ersichtlich, unterscheiden sich diese 5 Klassen vor allem bis zu einer Teufe von  $2000 \text{ m}$ , während darunter die Differenzen zwischen den einzelnen Klassen nur noch gering sind.

### 3. Teufenabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit

Bezüglich der Veränderung der Schallgeschwindigkeit longitudinaler Wellen mit der Tiefe gibt es nur eine Klasse mit vertikalen Schallgeschwindigkeitsgradienten. Auch die Schallgeschwindigkeit nimmt wie die Dichte mit wachsendem Druck zu, wobei allerdings im Gegensatz zu dieser ab einer bestimmten Tiefe (etwa ab  $3000 - 5000 \text{ m}$ ) auf Grund erhöhter Temperatur die Schallgeschwindigkeit wieder leicht abnehmen kann (D. S. HUGHES und C. MAURETTE 1957; G. M. AVCJAN und A. A. MATVEENKO 1965).

Die Gesteinsgeschwindigkeit hängt ab von der Geschwindigkeit der Mineralien und der porenfüllenden Medien, sowie von der Porosität und von den intergranularen Kontaktbedingungen. Als Ursache des Anwachsens der Schallgeschwindigkeit mit der Teufe können vor allem die Verringerung der Porosität, die Veränderung des Kern-Kern-Kontaktes und Mineralneubildungen herangezogen werden.

Bei der Minderung der Porosität und der Mikrolüftung auf Grund diagenetischer und metamorpher Vorgänge (bei teilweiser Mineralneubildung) auf Grund der in grösserer Tiefe herrschenden neuen *p-t-Bedingungen*, die einen grösseren Anteil der höheren Mineralgeschwindigkeit (Gas oder Flüssigkeit) und eine Vergrösserung der Anzahl der Korn-Kontakte bewirken, ist nicht der absolute Wert der Porosität (wie bei der Dichte), sondern der Charakter des Porenraumes für den vertikalen Schallgeschwindigkeitsgradienten entscheidend.

Diese Vorgänge führen zu Erscheinungen, die die eingetretenen Veränderungen auch nach der Entlastung des Gesteinspaketes, wie es z. B. durch das Bohren geschieht, weitgehend speichern. Dieser Vorgang ist also *irreversibel*.

Die druckbedingten Veränderungen der Korn-Korn-Kontaktbedingungen, die eine Vergrösserung der Kontaktfläche der einzelnen Körner zur Folge



haben, beruhen auf elastischen Deformationsvorgängen, so dass diese Erhöhung der Schallgeschwindigkeit *reversibler* Natur ist. Sie ist auch bei solchen Gesteinen vorhanden, die keine irreversible, porositätsabhängige Erhöhung der Schallgeschwindigkeit und Dichte zeigen.

Die Teufenabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit wird also durch irreversible und reversible (elastische Deformation) Vorgänge bestimmt. Entsprechend dieser beiden Hauptfaktoren müssen die stets schall-teufenabhängigen Gesteine bzw. Gesteinsarten in zwei teufenabhängige Klassen eingeteilt werden:

1. in die Klasse der porenarmen bis porenfreien Gesteine mit nur reversiblen vertikalem Schallgeschwindigkeitsgradienten, wobei nur die veränderten Korn-Korn-Kontaktbedingungen wirksam sind:  
(Anhydrit – Abb. 1, Steinsalz, Kalkstein, Dolomitstein, Gips, Kiesel-schiefer, Quarzit, Grauwacke, Arkose, Tonschiefer, Metamorphite, Magmatite)

Wie der Abb. 1 zu entnehmen ist, ist die Variation der druckunkorrigierten Schallgeschwindigkeitswerte longitudinaler Wellen (bei Atmosphärendruck) gegenüber der der Dichtewerte wesentlich grösser. Ein vertikaler Gradient der unter Atmosphärendruck gemessenen Schallgeschwindigkeitswerte ist nicht zu beobachten.

Auch der an Hand von Hochdruckschallmessungen im Labor errechnete Verlauf des vertikalen Dichtegradienten reversibler Natur lässt nur eine geringe, aber deutliche Zunahme der Schallgeschwindigkeit mit der Tiefe erkennen.

2. in die Klasse der porenreicheren Gesteine mit reversiblen *und* irreversiblen Schallgeschwindigkeitsgradienten, wobei letzter durch Kompaktion, d. h. durch Abnahme des Gesamtporenraumes bei gleichzeitiger Dehydratisierung und beginnender oder erfolgter Mineralneubildung auf Grund grösseren lithostatischen Druckes hervorgerufen ist. (Ton, Schluff, Sand, Kies, Mergel, Tonstein – Abb. 2, Schluffstein, Feinsandstein, Mittelsandstein, Grobsandstein, Psephit, Mergelstein).

#### 4. Teufenabhängigkeit von Schallhärte und Rx-Koeffizient

Für die Ansetzung, Auswertung und Interpretation der seismischen Untersuchungsergebnisse ist der vertikale Gradient der Schallhärte und des daraus abgeleiteten Rx-Koeffizienten bestimmter Gesteinsarten von besonderer Wichtigkeit.

Als Reflexionskoeffizient  $\frac{J_r}{J_e}$  wird das Amplitudenverhältnis (Verhältnis der Amplitude der reflektierten zur einfallenden Welle) berechnet

$$R_x = \frac{J_r}{J_e} = \frac{\rho_2 \cdot v_2 - \rho_1 \cdot v_1}{\rho_2 \cdot v_2 + \rho_1 \cdot v_1} \cdot 100 (\%),$$

wobei die Schallhärte ( $Sh$ )

$$Sh = \rho \cdot v [gs^{-1} cm^{-2} 10^2].$$

Die Berechnung gilt nur für senkrecht einfallende Welle und wird sowohl für Schallhärtezunahme, als auch für Schallhärteabnahme durchgeführt.



Abb. 4 gibt als Beispiel die aus dem mittleren vertikalen Dichtegradienten und dem mittleren druckreduzierten Schallgeschwindigkeitsgradienten berechneten *Rx-Koeffizienten* der Grenze von Kalkstein gegen Tonstein, Schluffstein, Feinsandstein, Mittelsandstein, Grobsandstein, Mergelstein, Anhydrit, Steinsalz und Dolomit wieder.

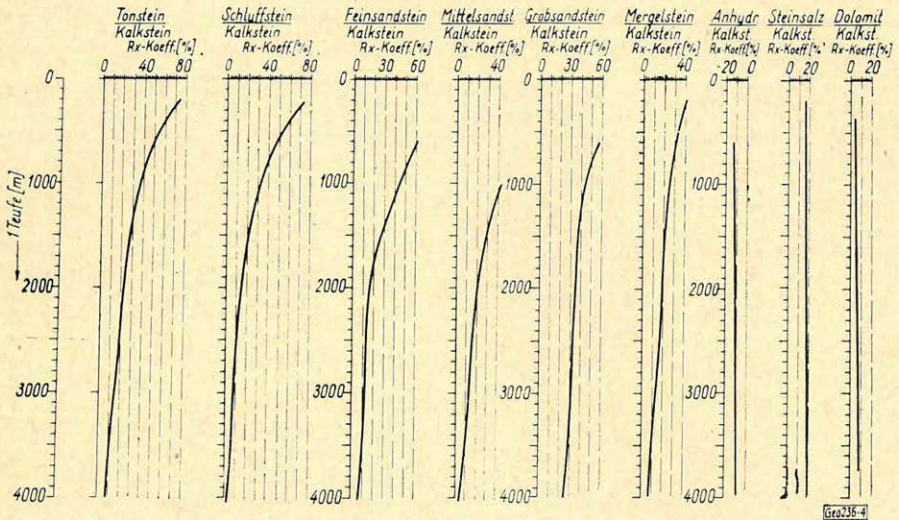


Abb. 4. Die aus dem mittleren vertikalen Gradienten der Lufttrockendichte und Trockenschallgeschwindigkeit errechneten Reflexionskoeffizienten zwischen Kalkstein einerseits und Tonstein, Schluffstein, Feinsandstein, Mittelsandstein, Grobsandstein, Mergelstein, Anhydrit, Steinsalz, Dolomit andererseits.

Фиг. 4. Коэффициенты отражения, подсчитанные из средних величин вертикальных градиентов воздушной плотности и скорости звука, для известняков с одной стороны и для глинистых, илистых отложений, тонкозернистого, среднезернистого и крупнозернистого песчаников, ангидритов, каменных солей и доломитов с другой стороны.

1 — Глубина

4. ábra. A légszárász-sűrűség és a szárász-hangsebesség közepes vertikális gradienséből számított reflexióegyütthatók összevetése egyrészt mészkő, másrészt agyagpala, iszapos pala, finom homokkő, közepes finomságú homokkő, durvaszemés homokkő, márgás pala, anhydrit, kősó és dolomit között. — 1 — mélység

Auf Grund des Verlaufes des vertikalen Schallgeschwindigkeitsgradienten und der Ergebnisse von Modellberechnungen (F. SCHUPPE 1967) kann ausgesagt werden, dass generell bei klastischen, chemischen und organogenen Sedimentiten (mit Ausnahme von Steinsalz und Anhydrit) mit wachsender Tiefe eine Verschlechterung der Reflexionseigenschaften auftritt, wobei nach der Tiefe sowohl eine Zunahme und Abnahme als auch eine Konstanz des Reflexionskoeffizienten abzuleiten ist.

### 5. Teufenabhängigkeit der Suszeptibilität und Radioaktivität

Für alle Gesteinsarten zeigt die Suszeptibilität und die Radioaktivität bis zu der untersuchten Teufe keinen deutlichen vertikalen Gradienten (s. Abb. 1 und 2).



- Arvcjan, G. M. und A. A. Matveenko:* Der Einfluss der Sättigungsflüssigkeit auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Longitudinalwellen in Sedimentgesteinen bei hohen Drücken und Temperaturen. — *Fizika Zemli*, 3, S. 65–70, Moskau 1965.
- Hughes, D. S. und C. Maurette:* Détermination des vitesses d'onde élastique dans diverses roches — *Rev. de l'Institut Franc. d. Pétrôle*, 12, S. 730–752, Paris, 1957.
- Komarova, V. L. und D. W. Postnikov:* Zusammenhänge zwischen Alter, Teufe und Speichereigenschaften sandiger Gesteine. — *Dok. akad. nauk, SSSR*, 159, Moskau, 1944.
- Kopf, M.:* Zum Begriff der Dichte in Geologie und Geophysik. — *Z. f. angew. Geol.*, 12, S. 145–153, Berlin 1966.
- Kopf, M.:* Der Dichteansatz für das Norddeutsch-Polnische Becken unter besonderer Berücksichtigung des vertikalen Dichtegradienten. — *Geologie*, 16, S. 181–197, Berlin 1967.
- Maxwell, J. C.:* Influence of Depth, Temperature and geologic Age on Porosity of quartzose Sandstones. — *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.* 48, S. 697–709, Tulsa 1964.
- Nagumo, S.:* Verfestigung von Sedimentgesteinen. — *Bull. Earthqu. Res. Inst. Tokyo*, 43, S. 339–348, Tokyo 1965.
- Schuppe, F.:* Teufenabhängigkeit von Schallgeschwindigkeit und Reflexionskoeffizient. — *Gutachten VEB Geophysik*, 29. S. Unveröff., Leipzig, 1967.
- Tunn, W.:* Auswertung der Bohrlochmessung der Bohrung Münsterland 1 unterhalb 1870 m Teufe. — *Fortschr. Geol. Rheinl. und Westfalen*, 11, S. 239–242, Krefeld 1963.

## EGYESÜLETI HÍREK

1969. május 14–16. között zajlott le a 4. Geofizikai Vándorgyűlés a Mecsek hegységben. A rendezvény több mint 100 fős hallgatóság előtt lezajlott előadásai és vitái eredményeként az alábbi határozati javaslatok születtek:

1. A bányákban kipróbált geofizikai módszerek hasznosnak bizonyultak műszaki és gazdaságossági szempontból. Folytatni és szorgalmazni kell a geofizikai módszerek bányabeli alkalmazásának kiterjesztését elsősorban bányakutatási, mintázási és bányabiztonsági célokra.

2. A légigeofizikai mérések eddig is hasznos és áttekintő képet adtak nagy területek mágneses és radiometrikus viszonyairól. Ilyen adatok hosszú időre alapul szolgálhatnak további kutatásokhoz, célszerű az illetékes szerveknél szorgalmazni az egész ország légi-geofizikai felvételezésének befejezését.

3. A légi geofizikai mérések során készült káliumelterjedési térképek nemcsak geofizikai és a földtani kutatások számára lehetnek hasznosak, hanem a mezőgazdaság kutatóinak is, ezért felhasználásra kell javasolni a mezőgazdasági kutató szakembereknek is.

4. A Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszékén végzett kutató munka ipari alkalmazásbavételének érdekében javasoljuk, hogy a bányavállalatok tegyék lehetővé kísérleti mérések elvégzését a kutatóknak ipari körülmények között és nyújtsanak segítséget a további kutatásokhoz.

5. A mélyfúrások karottázsadatainak számítógépes feldolgozása információszerzés és információhasznosítás szempontjából igen gyümölcsözőnek mutatkozik. Ilyen jellegű munkák módszertani eredményeinek publikálása, széleskörű tanulmányozása nagyon fontos, ennek eredményeképpen célszerű törekedni valamilyen országos szabvány, vagy ajánlás kidolgozására, valamennyi karottázsadatot felvételező és kiértékelő intézmény bevonásával.

6. A hidrológiával foglalkozó szakemberek számára javasoljuk a filtrációs koefficiens geofizikai módszerrel történő meghatározásának módszerét tanulmányozni, a vándorgyűlésen elhangzott előadás publikálása révén.

7. Az elhangzott előadások publikálása útján, javasoljuk felhívni a műszergyártással foglalkozók figyelmét a mágneses-szuszeptibilitást mérő műszere.

Fenti határozatokat Egyesületünk vezetősége eljuttatja az illetékes szervekhez.



## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Ádám Antal</i> – <i>Bencze Pál</i> – <i>Wrana József</i> : A totális számláló modellje .....	30
<i>Ádám Antal</i> – <i>Nagy Zoltán</i> – <i>Salát Péter</i> – <i>Verő József</i> : Geoelektromos munkálatok automatizálása .....	129
<i>Ádám Oszkár</i> : A szeizmikusz felszíni zavarhullámok (ground roll) .....	41
<i>Bencze Pál</i> –lásd: <i>Ádám Antal</i> – <i>Bencze Pál</i> – <i>Wrana József</i> .....	30
<i>Caturjan, A. A.</i> : Beszámoló a gróznüji terület mély- és szupermély fúrásaiban végzett ipari-geofizikai vizsgálatokról .....	20
<i>Deres János</i> : Rétegor azonosítás Algyőn a felsőpannon produktív összletben MINSZK – 2 elektronikus számítógép segítségével .....	172
<i>Drahos Dezső</i> : Többtekerces indukciós szondák radiális karakterisztikáinak vizsgálata ..	198
<i>Erkel András</i> – <i>Király Ernő</i> – <i>Nemesi László</i> : A geoelektromos módszerek eredményei Kunszentmárton környékén .....	99
<i>Fölsz Attila</i> – <i>Réz Ferenc</i> : Számítógépes munkák az OGIL Kútgeofizikai Osztályán ....	139
<i>Hegymegi László</i> – <i>Körmendi Alpár</i> – <i>Szulyovszky Imre</i> : Protonprecessziós mágneses mérések a Balatonon .....	231
<i>Jesch Aladár</i> : Nagymélységű fúrások szelvényezése .....	60
<i>Karas Gyula</i> – <i>Zsille Antal</i> – <i>Kremszner Miklós</i> : Tájékoztató a magyar geofizikusok 1967. évi mongóliai kutatásairól .....	113
<i>Király Ernő</i> – <i>Szabadváry László</i> – <i>Verő József</i> : GE–40 típusjelű geoelektromos mélyszondázó berendezés .....	54
<i>Király Ernő</i> –lásd: <i>Erkel András</i> – <i>Király Ernő</i> – <i>Nemesi László</i> .....	99
<i>Korvin Gábor</i> : Empirikus függvények differenciálásáról .....	194
<i>Körmendi Alpár</i> –lásd: <i>Hegymegi László</i> – <i>Körmendi Alpár</i> – <i>Szulyovszky Imre</i> .....	231
<i>Kőrös István</i> –lásd: <i>Sebestyén Károly</i> – <i>Szalay Mihály</i> – <i>Kőrös István</i> – <i>Rozs Gábor</i> .....	164
<i>Szulyovszky Imre</i> –lásd: <i>Hegymegi László</i> – <i>Körmendi Alpár</i> – <i>Szulyovszky Imre</i> .....	231
<i>Kremszner Miklós</i> –lásd: <i>Karas Gyula</i> – <i>Zsille Antal</i> – <i>Kremszner Miklós</i> .....	113
<i>Márton Péter</i> – <i>Szalay Emő</i> : Cserhát-hegységi andezitek áttekintő paleomágneses vizsgálata .....	224
<i>Meskó Attila</i> : A sebességszűrés matematikai alapjai, digitális megvalósítása és közelítésének lehetőségei II. rész .....	1
<i>Meskó Attila</i> – <i>Rádlér Béla</i> : Modellszámítások alkalmazása a szeizmikusz adatfeldolgozás és értelmezés előkészítésében .....	152
<i>Mészáros Ferenc</i> : Különböző gamma-forrásokkal végzett szórt gamma-típusú szelvényezésről .....	69
<i>Morvai László</i> : Szelektív gamma-gamma módszer alkalmazása ércukatató fúrásokban ....	105
<i>Nagy Zoltán</i> –lásd: <i>Ádám Antal</i> – <i>Nagy Zoltán</i> – <i>Salát Péter</i> – <i>Verő József</i> .....	129
<i>Nemesi László</i> –lásd: <i>Erkel András</i> – <i>Király Ernő</i> – <i>Nemesi László</i> .....	99
<i>Péterfai Béla</i> : Digitális szűrés geoelektromos mélyszondázásoknál .....	178
<i>Rádlér Béla</i> –lásd: <i>Meskó Attila</i> – <i>Rádlér Béla</i> .....	152
<i>Réz Ferenc</i> –lásd: <i>Fölsz Attila</i> – <i>Réz Ferenc</i> : .....	139
<i>Rozs Gábor</i> –lásd: <i>Sebestyén Károly</i> – <i>Szalay Mihály</i> – <i>Kőrös István</i> – <i>Rozs Gábor</i> .....	164
<i>Salát Péter</i> : Horizontálisan rétegezett szerkezetek elméleti vertikális elektromos szondázási görbéinek számítása .....	24
<i>Salát Péter</i> –lásd: <i>Ádám Antal</i> – <i>Nagy Zoltán</i> – <i>Salát Péter</i> – <i>Verő József</i> .....	129
<i>Sebestyén Károly</i> – <i>Szalay Mihály</i> – <i>Kőrös István</i> – <i>Rozs Gábor</i> : Karottázs szelvények automatikus feldolgozásával kapcsolatos munkák a Geofizikai Intézetben .....	164
<i>Somlyai Zoltán</i> –lásd: <i>Szabó János</i> – <i>Somlyay Zoltán</i> – <i>Székely Endre</i> – <i>Tirkala Ferenc</i> – <i>Virágh Péter</i> .....	237
<i>Szabadváry László</i> –lásd: <i>Király Ernő</i> – <i>Szabadváry László</i> – <i>Verő József</i> .....	54
<i>Szabó János</i> – <i>Somlyay Zoltán</i> – <i>Székely Endre</i> – <i>Tirkala Ferenc</i> – <i>Virágh Péter</i> : A gamma-gamma szelvényezés feladatai a mecseki ércbányaszatban .....	237
<i>Szabó Zoltán</i> : A földkéreg felső részének gravitációs adatokból számított sűrűsége .....	35
<i>Szalay Emő</i> –lásd: <i>Márton Péter</i> – <i>Szalay Emő</i> .....	224
<i>Szalay Mihály</i> –lásd: <i>Sebestyén Károly</i> – <i>Szalay Mihály</i> – <i>Kőrös István</i> – <i>Rozs Gábor</i> ....	164
<i>Szanyi Béla</i> : Szeizmikusz reflexiós időszelvények a Vasvár – Körmend – Zalaegerszeg kutatási területen .....	126
<i>Szemerédy Pál</i> : A protonprecesszió alapuló mérések elvi alapjai .....	81
<i>Szemerédy Pál</i> : Protonprecessziós lyukszelvényezés .....	121



<i>Székely Endre</i> —lásd: <i>Szabó János</i> — <i>Somlyay Zoltán</i> — <i>Székely Endre</i> — <i>Türkala Ferenc</i> — <i>Virágh Péter</i> .....	237
<i>Szilágyi Endre</i> : Az agyag- és aleurit-frakció szerepe az algyői felső pannoniai tároló kőzetek közetfizikai tulajdonságainak kialakításában .....	201
<i>Szulyovszky Imre</i> —lásd: <i>Hegymegi László</i> — <i>Körmendi Alpár</i> — <i>Szulyovszky Imre</i> .....	231
<i>Türkala Ferenc</i> —lásd: <i>Szabó János</i> — <i>Somlyay Zoltán</i> — <i>Székely Endre</i> — <i>Türkala Ferenc</i> — <i>Virágh Péter</i> .....	237
<i>Varga Ede</i> — <i>Zilahi-Sebess László</i> : Szeizmikus információk feldolgozása az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzemben és az E. L. Geofizikai Intézetben .....	147
<i>Verő József</i> —lásd: <i>Ádám Antal</i> — <i>Nagy Zoltán</i> — <i>Salát Péter</i> — <i>Verő József</i> .....	129
<i>Véges István</i> : Izo—térkép szerkesztése rendszertelen pontokban mért adatokból .....	182
<i>Verő József</i> —lásd: <i>Király Ernő</i> — <i>Szabadváry László</i> — <i>Verő József</i> .....	54
<i>Virágh Péter</i> —lásd: <i>Szabó János</i> — <i>Somlyay Zoltán</i> — <i>Székely Endre</i> — <i>Türkala Ferenc</i> — <i>Virágh Péter</i> .....	237
<i>Wrana József</i> —lásd: <i>Ádám Antal</i> — <i>Bencez Pál</i> — <i>Wrana József</i> .....	30
<i>Zilahi-Sebess László</i> —lásd: <i>Varga Ede</i> — <i>Zilahi-Sebess László</i> .....	147
<i>Zsille Antal</i> —lásd: <i>Karas Gyula</i> — <i>Zsille Antal</i> — <i>Kreszner Miklós</i> .....	113
Egyesületi hírek .....	19., 23., 29., 38., 53., 68., 80., 104., 119., 120., 151., 193., 223.

## M A G Y A R G E O F I Z I K A

IX. 1—6.

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Адам, А.</i> — <i>Бенце, П.</i> — <i>Врана, Й.</i> : Модель счетчика, статистически определяющего составляющие поля теллурических токов .....	30
<i>Адам, А.</i> — <i>Надь, З.</i> — <i>Шалат, П.</i> — <i>Верё, И.</i> : Автоматизация в области электроразведочных работ .....	129
<i>Адам, О.</i> : О поверхностных волнах-помехах в сейсморазведке .....	41
<i>Бенце, П.</i> —см: <i>Адам, А.</i> — <i>Бенце, П.</i> — <i>Врана, Й.</i> .....	30
<i>Варга, Э.</i> — <i>Зилахи-Шебеш, Л.</i> : Обработка сейсмической информации в Сейсморазведочном предприятии Треста нефтяной промышленности и в Геофизическом институте им. Л. Этвеша .....	147
<i>Вегеш, И.</i> : Построение карт изолиний по данным, полученным в неравномерно распределенных пунктах .....	182
<i>Верё, И.</i> —см: <i>Адам, А.</i> — <i>Надь, Д.</i> — <i>Шалат, П.</i> — <i>Верё, И.</i> .....	129
<i>Верё, И.</i> —см: <i>Кирай, Э.</i> — <i>Сабадвари, Л.</i> — <i>Верё, И.</i> .....	54
<i>Вираг, П.</i> —см: <i>Сабо, Я.</i> — <i>Шомьяи, З.</i> — <i>Секей, Э.</i> — <i>Туркала, Ф.</i> — <i>Вираг, П.</i> .....	237
<i>Врана, Й.</i> —см: <i>Адам, А.</i> — <i>Бенце, П.</i> — <i>Врана, Й.</i> .....	30
<i>Дереш, И.</i> : Идентификация геологической серии в Альде в верхнепаннонской продуктивной толще с использованием вычислительной машины Минск—2 .....	172
<i>Драхош, Д.</i> : Изучение радиальных характеристик многокатушечных индукционных зондов .....	198
<i>Жилле, А.</i> —см: <i>Караш, Дь.</i> — <i>Жилле, А.</i> — <i>Кремснер, М.</i> .....	113
<i>Зилахи-Шебеш, Л.</i> : см: <i>Варга, Э.</i> — <i>Зилахи-Шебеш, Л.</i> .....	147
<i>Йеш, А.</i> : Исследование глубоких скважин геофизическими методами .....	60
<i>Караш, Дь.</i> — <i>Жилле, А.</i> — <i>Кремснер, М.</i> : Информация о разведочных работах, проведенных венгерскими геофизиками в 1967 г. в Монголии .....	113
<i>Кёрёш, И.</i> —см: <i>Шебештьен, К.</i> — <i>Салаи, М.</i> — <i>Кёрёш, И.</i> — <i>Рож, Г.</i> .....	164
<i>Кёрменди, А.</i> —см: <i>Хебьмеци, Л.</i> — <i>Кёрменди, А.</i> — <i>Суйовски, И.</i> .....	231
<i>Кирай, Э.</i> — <i>Сабадвари, Л.</i> — <i>Верё, И.</i> : Электроразведочная аппаратура GE—40 для работ по методу ВЭЗ .....	54
<i>Кирай, Э.</i> —см: <i>Эркель, А.</i> — <i>Кирай, Э.</i> — <i>Немеш, Л.</i> .....	99
<i>Корвин, Г.</i> : О дифференцировании эмпирических функций .....	194
<i>Кремснер, М.</i> —см: <i>Караш, Дь.</i> — <i>Жилле, А.</i> — <i>Кремснер, М.</i> .....	113
<i>Мартон, П.</i> — <i>Салаи, Э.</i> : Палеомагнитное исследование андезитов района горы Черхат .....	224
<i>Месарош, Ф.</i> : Исследование скважин по методу рассеянного гамма-излучения с использованием различных источников гамма-лучей .....	69
<i>Мешко, А.</i> : Математические основы скоростной фильтрации, осуществление ее в цифровой форме и возможность ее приближения .....	1
<i>Мешко, А.</i> — <i>Радлер, Б.</i> : Расчеты на моделях в подготовке и интерпретации сейсмических данных .....	152



<i>Морвац, Л.</i> : О применении метода селективного ГГК в скважинах, бурящихся на руды .....	105
<i>Надь, З.</i> – см.: <i>Адам, А.</i> – <i>Надь, З.</i> – <i>Шалат, П.</i> – <i>Верё, И.</i> .....	129
<i>Немещи, И.</i> см.: <i>Эркель, А.</i> – <i>Кирай, Э.</i> – <i>Немещи, И.</i> .....	99
<i>Петерфаи, Б.</i> : Цифровая фильтрация в области вертикального электрического зондирования .....	178
<i>Радлер, Б.</i> – см.: <i>Мешко, А.</i> – <i>Радлер, Б.</i> .....	152
<i>Рез, Ф.</i> – см.: <i>Фёльс, А.</i> – <i>Рез, Ф.</i> .....	139
<i>Рож, Г.</i> – см.: <i>Шебештьен, К.</i> – <i>Салаи, М.</i> – <i>Кёрёш, И.</i> – <i>Рож, Г.</i> .....	164
<i>Сабадвари, Л.</i> – см.: <i>Кирай, Э.</i> – <i>Сабадвари, Л.</i> – <i>Верё, И.</i> .....	54
<i>Сабо, З.</i> : Плотность верхних частей земной коры, рассчитанная по данным гравиразведки .....	35
<i>Сабо, Я.</i> – <i>Шомьяи, З.</i> – <i>Секей, Э.</i> – <i>Туркала, Ф.</i> – <i>Вираг, П.</i> : Задачи метода ГГК при горнорудных работах в районе гор Мечек .....	237
<i>Саньи, Б.</i> : Временные сейсмические разрезы на разведочной площади Вашвар – Кёрменд – Залаэгерсег .....	126
<i>Салаи, Э.</i> – см.: <i>Мартон, П.</i> – <i>Салаи, Э.</i> .....	224
<i>Салаи, М.</i> – см.: <i>Шебештьен, К.</i> – <i>Салаи, М.</i> – <i>Кёрёш, И.</i> – <i>Рож, Г.</i> .....	164
<i>Секей, Э.</i> – см.: <i>Сабо, Я.</i> – <i>Шомьяи, З.</i> – <i>Секей, Э.</i> – <i>Туркала, Ф.</i> – <i>Вираг, П.</i> .....	237
<i>Семереди, П.</i> : Принципиальные основы измерений, базирующихся на протонной прецессии .....	81
<i>Семереди, П.</i> : Протонно-прецессионный каротаж .....	121
<i>Силады, Э.</i> : Пыль глинистой и алевритовой фракции в формировании физических свойств верхнепаннонских коллекторов месторождения Альдё .....	201
<i>Суйовски, И.</i> – см.: <i>Хедьмеги, Л.</i> – <i>Кёрменди, А.</i> – <i>Суйовски, И.</i> .....	231
<i>Туркала, Ф.</i> – см.: <i>Сабо, Ф.</i> – <i>Шомьяи, З.</i> – <i>Секей, Э.</i> – <i>Туркала, Ф.</i> – <i>Вираг, П.</i> ..	237
<i>Фёльс, А.</i> – <i>Рез, Ф.</i> : Применение ЭЦВМ в работе отдела промысловой геофизики предприятия ОГИЛ .....	139
<i>Хедьмеги, Л.</i> – <i>Кёрменди, А.</i> – <i>Шуйовски, И.</i> : Ядерные магнитные измерения на Балатоне .....	231
<i>Цатурян, 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>Шалат, П.</i> – см.: <i>Адам, А.</i> – <i>Надь, З.</i> – <i>Шалат, П.</i> – <i>Верё, И.</i> .....	129
<i>Шебештьен, К.</i> – <i>Салаи, М.</i> – <i>Кёрёш, И.</i> – <i>Рож, Г.</i> : Обработка каротажных диаграмм в Геофизическом институте .....	164
<i>Шомьяи, З.</i> – см.: <i>Сабо, Я.</i> – <i>Шомьяи, З.</i> – <i>Секей, Э.</i> – <i>Туркала, Ф.</i> – <i>Вираг, П.</i> ...	237
<i>Эркель, А.</i> – <i>Кирай, Э.</i> – <i>Немещи, Л.</i> : Результаты геофизических исследований, проведенных методами электроразведки в районе Кунсентмартон .....	99
НОВОСТИ В ОБЩЕСТВЕ ВЕНГЕРСКИХ ГЕОФИЗИКОВ .....	19, 23, 29, 38, 53, 68, 80, 104, 119, 120, 151, 193, 223

## MAGYAR GEOFIZIKA

### IX. JAHRGANG, 1 – 6.

#### INHALTSVERZEICHNIS

<i>Ádám, A.</i> – <i>Bencze, P.</i> – <i>Wrana, J.</i> : Modell des elektrischen Zählers von Totalvariationen .....	30
<i>Ádám, A.</i> , – <i>Nagy, Z.</i> – <i>Salát, P.</i> – <i>Verő, J.</i> : Automatisierung geoelektrischer Arbeiten ..	129
<i>Ádám, O.</i> : Seismische Störwellen .....	41
<i>Bencze, P.</i> – <i>S.</i> : <i>Ádám, A.</i> – <i>Bencze, P.</i> – <i>Wrana, J.</i> .....	30
<i>Caturján, A.</i> A.: Bericht über die im Groznúj-Gebiete bei Tief- und Supertiefbohrungen ausgeführten industriellgeophysikalischen Untersuchungen .....	20
<i>Deres, J.</i> : Schichtenfolgenidentifikation in Algyő im produktiven oberen Pannonikum mit Hilfe der elektronischen Rechenmaschine MINSZK – 2 .....	172
<i>Drahos, D.</i> : Untersuchung der radialen Charakteristiken von mehrspuligen Induktionssonden .....	198
<i>Erkel, A.</i> – <i>Király, E.</i> – <i>Nemesi, L.</i> : Ergebnisse der Anwendung geophysikalischer Methoden in der Umgebung von Kunszentmárton .....	99
<i>Fölsz, A.</i> – <i>Réz, F.</i> : Arbeiten mit Rechenmaschinen bei der Bohrlochgeophysikalischen Abteilung des OGIL .....	139



<i>Hegymegi, L. – Körmendy, A. – Szulyovszky, I.</i> : Messungen mit Protonprezessions-Magnetometer am Balaton .....	231
<i>Jesch, A.</i> : Geophysikalische Messungen in Tiefbohrungen .....	60
<i>Karas, Gy. – Zsille, A. – Kremszner, M.</i> : Bohrlochgeophysikalische Arbeiten im Interesse der Wasserschürfung im Mongolien .....	113
<i>Király, E. – Szabadváry, L. – Verő, J.</i> : Das geoelektrische Gerät GE – 40 für Tiefsondierungen .....	54
<i>Király, E. – S.: Erkel, A. – Király, E. – Nemesi, L.</i> : .....	99
<i>Korvin, G.</i> : Zur Differentiation empirischer Funktionen .....	194
<i>Körmendi, A. – S.: Hegymegi, L. – Körmendy, A. – Szulyovszky, I.</i> : .....	231
<i>Körös, I. – S.: Sebestyén, K. – Szalay, M. – Körös, I. – Rozs, G.</i> : .....	164
<i>Kremszner, M. – S.: Karas, Gy. – Zsille, A. – Kremszner, M.</i> : .....	113
<i>Márton, P. – Szalay, E.</i> : Übersichtsuntersuchung der paläomagnetischen Eigenschaften der Andesite des Cserhát-Gebirges .....	224
<i>Meskó, A.</i> : Mathematische Grundlagen der Geschwindigkeitsfilterung, ihre digitale Ausführung und Näherungsmöglichkeiten II. Teil .....	1
<i>Meskó, A. – Rádler, B.</i> : Anwendung von Modellrechnungen bei der Vorbereitung der seismischen Datenverarbeitung und Interpretation .....	152
<i>Mészáros, F.</i> : Über die Bohrlochmessungen nach der Gamma-Streustrahlungs-Methode mit verschiedenen Isotopen .....	69
<i>Morvai, L.</i> : Anwendung der selektiven Gamma-Gamma Methode bei den Bohrungen der Erzschrürfung .....	105
<i>Nagy, Z. – S.: Ádám, A. – Nagy, Z. – Salát, P. – Verő, J.</i> : .....	129
<i>Nemesi, L. – S.: Erkel, A. – Királyi, E. – Nemesi, L.</i> : .....	99
<i>Péterfai, B.</i> : Digitale Filterung bei den geoelektrischen Tiefsondierungen .....	178
<i>Rádler, B. – S.: Meskó, A. – Rádler, B.</i> : .....	152
<i>Réz, F. – S.: Fölsz, A. – Réz, F.</i> : .....	139
<i>Rozs, G. – S.: Sebestyén, K. – Szalay, M. – Körös, I. – Rozs, G.</i> : .....	164
<i>Salát, P.</i> : Berechnung der theoretischen Vertikalsondierungskurven von horizontal geschichteten Strukturen .....	24
<i>Salát, P. – S.: Ádám, A. – Nagy, Z. – Salát, P. – Verő, J.</i> : .....	129
<i>Sebestyén, K. – Szalay, M. – Körös, I. – Rozs, G.</i> : Die mit der automatischen Bearbeitung von Karottageprofilen zusammenhängenden Arbeiten im Roland Eötvös Geophysikalischen Institut .....	164
<i>Somlyay, Z. – S.: Szabó, J. – Somlyay, Z. – Székely, E. – Tirkala, F. – Virágh, P.</i> : .....	237
<i>Szabadváry, L. – S.: Király, E. – Szabadváry, L. – Verő, J.</i> : .....	54
<i>Szulyovszky, I. – S.: Hegymegi, L. – Körmendi, A. – Szulyovszky, I.</i> : .....	231
<i>Szabó, J. – Somlyay, Z. – Székely, E. – Tirkala, F. – Virágh, P.</i> : Aufgaben der Gamma-Gamma-Profilierung im Erzbergbau des Mecsek-Gebirges .....	237
<i>Szabó, Z.</i> : Die aus Gravitationsangaben berechnete Dichte des oberen Teils der Erdkruste .....	35
<i>Szalay, E. – S.: Márton, P. – Szalay, E.</i> : .....	224
<i>Szalay, M. – S.: Sebestyén, K. – Szalay, M. – Körös, I. – Rozs, G.</i> : .....	164
<i>Szanyi, B.</i> : Reflexionsseismische Zeitprofile im Untersuchungsgebiet Vasvár – Körmend – Zalaegerszeg .....	126
<i>Szemerédy, P.</i> : Grundprinzipien der Messungen, die auf Protonprezession basieren .....	81
<i>Szemerédy, P.</i> : Bohrlochprofilierung mit Protonprezessionssonden .....	121
<i>Székely, E. – S.: Szabó, J. – Somlyay, Z. – Székely, E. – Tirkala, F. – Virágh, P.</i> : .....	237
<i>Szilágyi, E.</i> : Die Rolle der Ton- und Aleurit-Fraktion bei der Entstehung der petrophysikalischen Eigenschaften der ober-pannonischen Speichergesteine von Algyó .....	201
<i>Tirkala, F. – S.: Szabó, J. – Somlyay, Z. – Székely, E. – Tirkala, F. – Virágh, P.</i> : .....	237
<i>Varga, E. – Zilahi-Sebess, L.</i> : Maschinelle Bearbeitung seismischer Daten im Seismischen Forschungsbetrieb des OKGT und im R. E. Geophysikalischen Institut .....	147
<i>Verő, J. – S.: Ádám, A. – Nagy, Z. – Salát, P. – Verő, J.</i> : .....	129
<i>Verő, J. – S.: Király, E. – Szabadváry, L. – Verő, J.</i> : .....	54
<i>Véges, I.</i> : Konstruktion von Isokarten auf Grund von Messdaten in irregulär verteilten Punkten .....	182
<i>Virágh, P. – S.: Szabó, J. – Somlyay, Z. – Székely, E. – Tirkala, F. – Virágh, P.</i> : .....	237
<i>Wrana, J. – S.: Ádám, A. – Bencze, P. – Wrana, J.</i> : .....	30
<i>Zilahi-Sebess, L. – S.: Varga, E. – Zilahi-Sebess, L.</i> : .....	147
<i>Zsille, A. – S.: Karas, Gy. – Zsille, A. – Kremszner, M.</i> : .....	113
Nachrichten der Ungarischen Geophysikalischen Gesellschaft .....	19., 23., 29., 38., 53., 68., 80., 104., 119., 120., 151., 193., 223



## СОДЕРЖАНИЕ

Д-р. у Я. Реннер исполнилось 80 лет .....	41
<i>К. Мольнар—Я. Румплер—Дь. Шаги—С. Житааи</i> : Опыт применения метода многократного перекрытия в области поиска и разведки нефтегазовых месторождений Венгрии .....	43
<i>Ш. Грэссл—У. Патзер</i> : Сейсморазведка по МОВ с использованием поперечных волн .....	56
<i>Г. Лёзер—Э. Кёлер—В. Куррат</i> : К вопросу об исследовании тектонических нарушений сейсмическим методом ОВ на некоторых примерах, полученных в ГДР .....	65
<i>Д. Веинтрипт—Г. Фрош—Х. Регенбургер—Х. Вольф</i> : Применение цифровой вычислительной техники для обработки данных сейсморазведки в ГДР .....	79
<i>Э. Фирмин—Джс. Варделл</i> : Применение Цифровых методов при обработке данных сейсморазведки .....	89
<i>Х. Штиллер—Д. Фрайнд—Р. Хейнрих—К. Вагнер</i> : Влияние минералогических и петрографических свойств горных пород на зависимость скорости звука от давления .....	98
<i>Г. Кунец—Ж. М. Фурманн</i> : Автоматические фильтры, изменяющиеся во времени, для подавления некоторых кратных волн на сейсмических записях .....	101
<i>И. Цегледи</i> : О некоторых проблемах машинной интерпретации каротажных кривых .....	116
<i>З. Барлаи</i> : Геофизические параметры песчаных коллекторов углеводородов, сложенных песками, песчаными муками и глинами .....	122
<i>Ф. Штейнер</i> : Объективные способы оценки методов трансформации карт аномалий поля силы тяжести .....	128
<i>Л. Марко</i> : Опыт проведения каротажа и интерпретации получаемых каротажных диаграмм при применении бурового раствора высокой проводимостью .....	135
<i>Г. Букуп</i> : Опыт применения промыслово-геофизических исследований при изучении подземных газовых коллекторов водоносного типа .....	142
<i>М. Копф</i> : Зависимость физических параметров горных пород от глубины и ее применение в прикладной геофизике .....	148
Новости в Обществе Венгерских Геофизиков .....	88, 147, 156
IX. 1—6. Содержание .....	157

## INHALTSVERZEICHNIS

Dr. János Renner—80 Jahre .....	41
<i>K. Molnár—J. Rumppler—Gy. Sághy—Zs. Szűtvay</i> : Ergebnisse vom Stapelmessungen bei der Erkundung von Kohlenwasserstoffen in Ungarn .....	43
<i>S. Grässl—U. Patzer</i> : Reflexionsseismische Untersuchungen mit Transversalwellen .....	56
<i>G. Löser—E. Köhler—W. Kurrat</i> : Einige Hinweise für die reflexionsseismische Untersuchung tektonischer Störungen anhand von Beispielen aus der DDR .....	65
<i>D. Weintritt—G. Frosch—H. Regensburger—H. Wolf</i> : Die Nutzung der digitalen Rechentechnik zur Bearbeitung seismischer Ergebnisse in der DDR .....	79
<i>E. Firmin—J. Wardell</i> : Anwendung digitaler Technik bei der Bearbeitung seismischer Daten .....	89
<i>H. Stiller—C. Wagner—R. Heinrich—D. Freund</i> : Der Einfluss mineralogisch-petrographischer Verhältnisse auf die Druckabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von Gesteinen .....	98
<i>G. Kunetz—J. M. Fourmann</i> : Anwendung zeitvariabler automatischer Filter bei der Bearbeitung seismischer Registrierungen .....	101
<i>I. Czeglédi</i> : Einige Probleme der maschinellen Interpretation von geophysikalischen Bohrlochmessungen .....	116
<i>Z. Barlai</i> : Geophysikalische Kennwerte von kohlenwasserstoffführenden Sandsteinen mit Sand-, Schluff- und Ton-Komponenten .....	122
<i>F. Steiner</i> : Objektive Forschungsmethoden für die Transformationsverfahren von Schwerekarten .....	128
<i>L. Markó</i> : Erfahrungen bei der Vermessung und Interpretation von Bohrungen mit Spülungen hoher Leitfähigkeit .....	135
<i>K. Buckup</i> : Erfahrungen bei der Anwendung von Bohrlochmessungen in Untergrundgasspeichern des Aquifertyps .....	142
<i>M. Kopf</i> : Tiefenabhängigkeit von petrophysikalischen Parametern und ihre Benutzung in der angewandten Geophysik .....	148
Nachrichten der Ungarischen Geophysikalischen Gesellschaft .....	88, 147, 156
Jahrgang IX., 1—6. — Inhaltverzeichnis .....	157



## **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 besztására 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