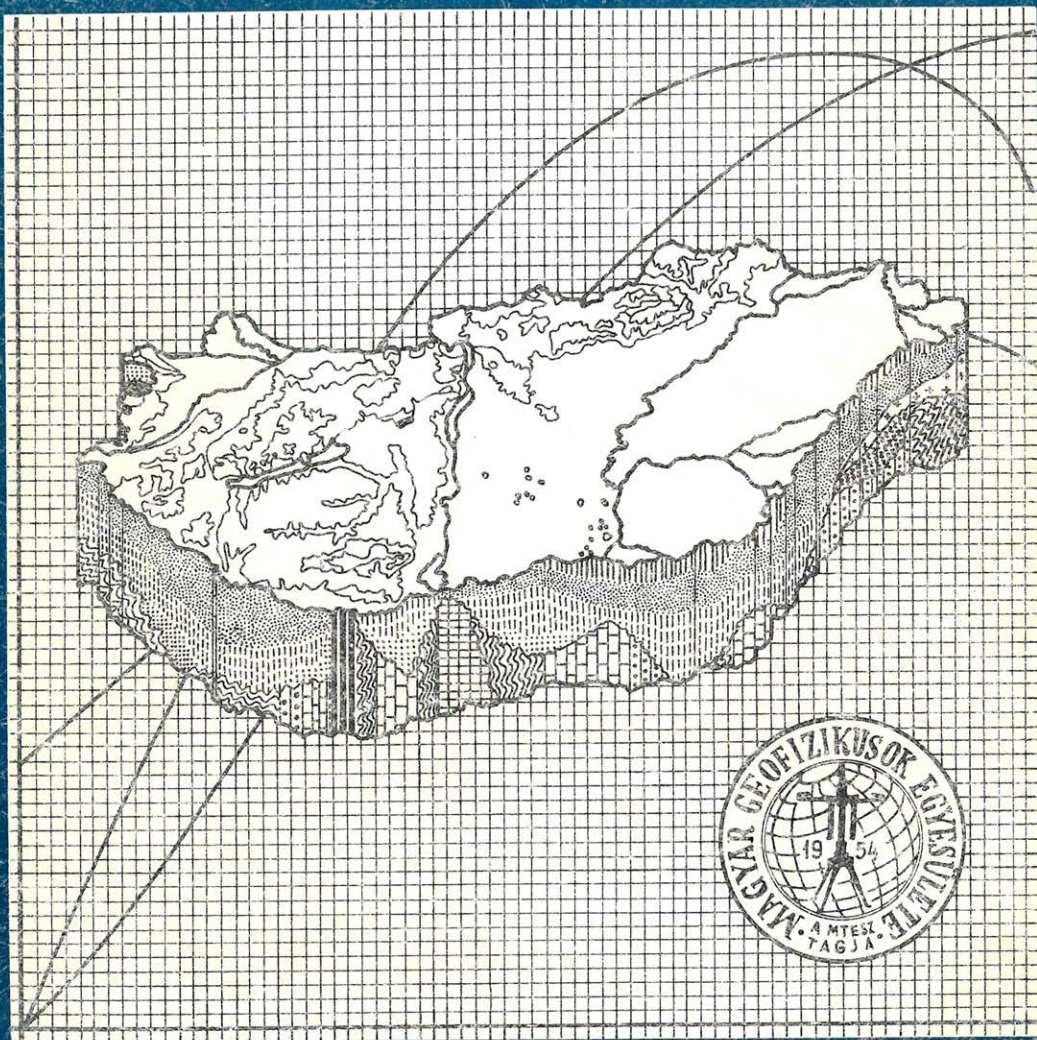


MAGYAR 3 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1982. XXIII. ÉVFOLYAM, 3. SZÁM

*Székely
Tóth*

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|-----|
| <i>Pogácsás Gy. — Völgyi L.:</i> Pannon litosztratigráfiai és litogenetikai egységek szeizmikus reprezentációjának vizsgálata Kelet-Magyarországon | 82 |
| <i>Bodri B. — Bodri L.:</i> A Pannon-medence kéregkivékonyodásának kapcsolata a térség geotermikájával | 94 |
| <i>Tóth J.:</i> Bonyolult felépítésű szénhidrogén-tárolók kutatásánál végzett termelési kútszelvényezések tapasztalatai | 107 |
| Egyesületi hírek | 81 |
| Könyvismertetés | B—3 |

Főszerkesztő: Zelei András

Szerkesztő bizottság: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József

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



Beszámoló a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1982. évi közgyűléséről

Egyesületünk 1982. február 19-én a közelmúltban átadott Forum Hotel rendezvénytermében tartotta meg évi közgyűlését.

Molnár Károly elnök megnyitója után Deres János főtitkár az Országos Elnökség nevében összefoglalóan beszámolt az 1981-ben végzett munkáról és ismertette az 1982. évi tervet. Minthogy minden tagtársunk írásos anyagot kapott, a beszámolót és a munkatervet itt nem ismertetjük.

Ezt követően Újfalusi Antal, az ellenőrző bizottság elnöke ismertette a bizottság 1981. évi beszámolóját. Megállapította, hogy az 1981. év – részben az 1980-ban le nem zárt nagyrendezvények: a 25. Szimpózium és az EGS-ESC konferencia pozitív bevételi mérlege miatt – 336 000 Ft bevételi aktívummal zárult A beszámolóhoz hozzászólt Csókás János társelnök, aki oktatási kérdésekkel foglalkozott, Miklós Gergely a gazdasági bizottság vezetője és Rumpler János titkár, aki a társegyesületekhez fűződő kapcsolatokról szólt és azok fontosságát hangsúlyozta.

A közgyűlés meglehangú megemlékezésben részesítette Szilárd József és Tóth Géza tagtársainkat, akik a közelmúltban ünnepelték 80. születésnapjukat.

Az aktív egyesületi munkát végző tagtársak jutalmazása után Molnár Károly elnök zárszavával ért véget az 1982. évi közgyűlés, melyet a hagyományoknak megfelelően baráti vacsora követett, mely várakozáson felüli részvétellel a Forum különtermében került megrendezésre.

Pannon litosztratigráfiai és litogenetikai egységek szeizmikus reprezentációjának vizsgálata Kelet-Magyarországon*

POGÁCSÁS GYÖRGY** – VÖLGYI LÁSZLÓ***

A szénhidrogén-kutatás során alkalmazott földtani modell a mélyföldtani szerkezetre és a földtani képződéstörténetre vonatkozó információkat egyaránt magába foglalja. A Pannon-medence szénhidrogén készletének zöme pannon korú rétegekben található. Az egyéb képződményekhez kötődő telepek is jórészt a pannon összletben generálódtak szénhidrogénnel töltődtek fel. Fontos feladat, hogy már a geofizikai előkutatás fázisában minél pontosabban megismerjük a részmedencéként eltérő vastagságú és különböző üledékfácieseket képviselő pannon rétegek elhelyezkedését és képződéstörténeti kapcsolatát. A szénhidrogén-földtani modell ezen oldala a mélyfúrások maganyagának felhasználásával, a lyukgeofizikai szelvények és a magas fedésszámú reflexiós profilok alapján alakítható ki.

Dolgozatunkban a kelet-magyarországi mélydepressziók – lyukgeofizikai szelvények (PS, γ stb.) közzétartalmára alapozott – litosztratigráfiai képet és a mikrolaterológ szelvények litológiai kiértékelésének trendanalízisének alapuló ősföldrajzi, üledékföldtani modelljét vetjük össze a Geofizikai Kutató Vállalat reflexiós szelvényeinek szeizmikus fáciesanalízisen alapuló szeizmikus sztratigráfiai interpretációjával.

Применяемая при поисково-разведочных рабочих работах на углеводороды геологическая модель содержит информацию как о глубинном строении так и о геологической истории образований. Основная часть запасов углеводородов в Паннонском бассейне приурочена к слоям паннонского возраста. Ловушки находящиеся в других отложениях заполнялись углеводородами образовавшимися в паннонской толще.

Важной задачей является наиболее точное исследование уже на фазе рекогносцировочной разведки расположения как частей бассейна, представленных различными фациями паннонских отложений от ложений мощности и их взаимосвязи с точки зрения истории отложений. Эта сторона геологической модели углеводородов составляется наряду с использованием кернов глубинных скважин на основании каротажных и сейсмических профилей с высоким числом перекрытий.

В статье сравниваются палеогеологическая модель осадкообразования, составленная на основании трендового анализа результатов литологической интерпретации профилей микро БКЗ, литостратиграфическое представление глубоких депрессий Восточной Венрии, составленное согласно петрографическому содержанию каротажных (PS, γ и др.) и результаты сейсмостратиграфической интерпретации согласно сейсмofациальному анализу сейсмических профилей, полученных в Геофизическом Предприятии.

The geological model applied in hydrocarbon exploration includes the information concerning both the deep-tectonic structure and the geological evolution. Major part of the hydrocarbon resources of the Pannonian Basin is found in Pannonian strata, but the oil sources bound to other formations were also filled up by hydrocarbons generated in the Pannonian sequences. Thus it is highly important to get exact picture on the arrangement and evolution of the Pannonian strata representing the sedimentary facies of different thickness in different basins, already in the exploratory phase of geophysical researches. This side of the hydrocarbon geological model can be developed by means of the core samples of boreholes, of the borehole geophysical and highly overlapping reflection profiles.

In this paper the paleogeographical and sedimentological models based on the trend analysis of lithological evaluation of micro-laterolog profiles and the lithostratigraphic scheme (based on borehole-geophysical, i. e. PS, γ etc. logs) of the East-Hungarian deep-lying depressions, will be compared with seismic stratigraphic interpretation of the Geophysical Exploration Company on seismic facies analysis of reflexion profiles.

* Elhangzott a Magyar Geofizikusok Egyesületének 1981. évi 12. Vándorgyűlésén Szolnokon

** Geofizikai Kutató Vállalat, Bp. Gorkij fasor 42.

*** Kőolajkutató Vállalat Szolnok, Munkásor u. 46.

Bevezetés

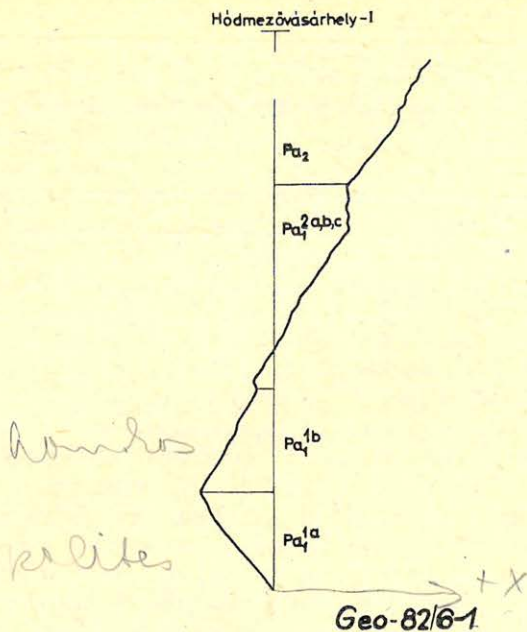
Magyarország keleti részén a neogén-quarter időszakban a mélyben több részre tagolódó depresszió rendszer alakult ki. A legmélyebb süllyedékek (Makói-árok, Békési-medence, Derecskei-árok) ultramély zónáiban vékonyabb miocénre ($< 1 \text{ km}$) konkordánsan nagy vastagságú ($3-4 \text{ km}$) pannon összlet települ. A neogén összlet uralkodóan törmelékes (márga, agyagmárga, homokkő, konglomerátum) kifejlődésű. Dolgozatunkban, összhangban a magyar olajkutatói gyakorlattal, miocén alatt az eggenburgi-szarmata időszakot értjük. A mélymedencék területén csupán néhány nagy mélységű földtani-geofizikai alapfúrás mélyült. Nagyobb számban mélyültek mélyfúrások a részdepressziókat elválasztó hátságokhoz kapcsolódó szénhidrogéntelepek megmutatására. A mélyfúrások sporadikus elrendeződése és a szakaszos magmintavétel miatt a mélyzónák üledékfáciéseinek térbeli elterjedése és kapcsolata a hagyományos közvetlen (öslénytani, kőzettani) anyagvizsgálatok alapján tisztázhatatlan.

A fúrásokban végzett lyukgeofizikai mérések és a modern, magas fedésszámú reflexiós mérések rengeteg új adatot és viszonylag egyenletes térbeli információeloszlást szolgáltatnak. Az elmúlt években a geofizikai szelvények és a fúrási magminták felhasználásával a tiszántúli depressziók pannon képződményeit új szempontok szerint sikerült tagolni. Az új litosztratigráfiai szemléletű besorolásokat a CH-kutatásban dolgozó szakemberek készítették el.

A mikrolaterológ szelvények litológiai trendanalízisével litogenetikai egységeket lehetett elkülöníteni [1]. Más szerzők konvencionális lyukgeofizikai szelvények kőzettani tartalmára alapozva sorolták litosztratigráfiai egységekbe (formációkba és tagozatokba) a pannon képződményeket [2]. A reflexiós szeizmikus profilokat felhasználva, a kőzettestek szeizmikus sajátosságaira alapozva került kidolgozásra a mélydepressziók pannon képződményeinek szeizmikus sztratigráfiai beosztása [3]. A rétegtani felépítés és az azt kialakító fejlődéstörténeti eseménysor megbízható rekonstruálásához szükségessé vált a különböző geofizikai módszerekre alapozott „sztratigráfiai” besorolások egybeesésének, illetve átfedésének tisztázása.

Litogenetikai egységek elkülönítése trendelemzéssel

Mikrolaterológ szelvények litológiai kiértékelésének trendelemzésével Szalay Á. – Szentgyörgyi K. (1979) litogenetikai egységeket különített el. Feltételezték, hogy az ősföldrajzi körülmények és a medencefejlődés alapvető változásai a medenceüledékek litológiai kifejlődésében a litológia trendszerű változásaiban is tükröződnek. A változások trendjét úgy tették láthatóvá, hogy a fúrások középvonalát y tengelynek tekintve, az $y = x$ függvény mentén jelenítették meg a homokos, az $y = -x$ függvény mentén pedig a pelites rétegek vastagságértékeit. Az így kapott görbe jól kiemeli a rétegsor elagyagosodással, illetve a homokkövek túlsúlyával jellemezhető szakaszait. Példaként az 1. ábrán Szalayék nyomán bemutatjuk a Hód-1. fúrás litológiai trendgörbéjét. Az alsó egység kétosztatú ($Pa_1^a Pa_1^b$). A Pa_1^a uralkodóan pelites, a mélyzónák alját borító miocén összletből folyamatosan fejlődik ki. Erre éles határral a homokos kőzetekből álló egység, Pa_1^b települ. Mindkét egység lerakódását feltöltődéses mechanizmus jellemezte. A háromosztású Pa_2 egység alsó részét pelites rétegek alkotják, erre uralkodóan homokos képződmények települnek, majd ismét pelitessé váló üledékek zárják a rétegsort. A Pa_2 egység képviseli a regionális



1. ábra. A Hód-1 mélyfúrás litológiai trendgörbéje (Szalay Á.–Szentgyörgyi K. 1979. szerint). Az $y = -x$ egyenes irányban a pelites, az $y = x$ irányban pedig a klasztikus jelleg dominál.

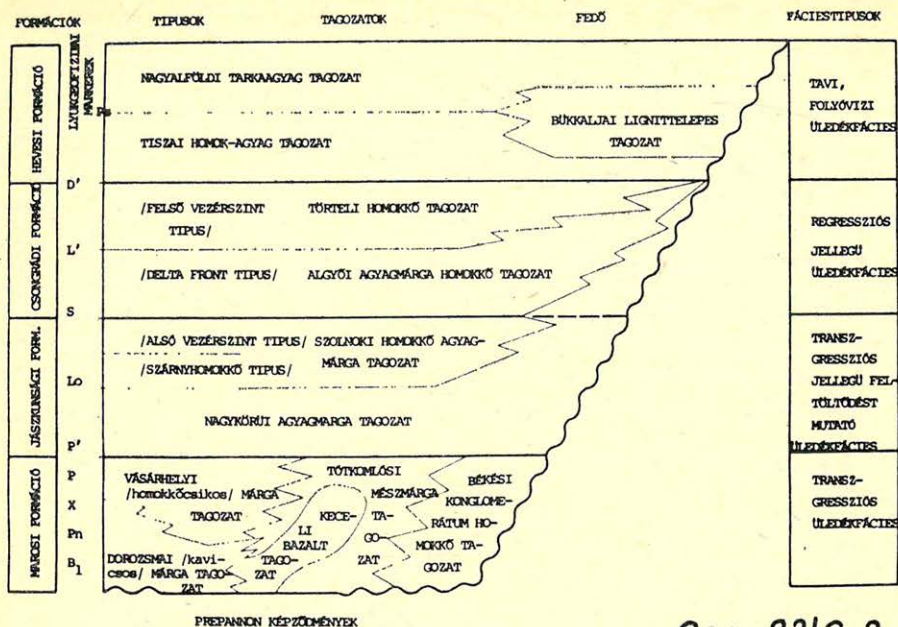
Рис. 1. Кривая литологического тренда скважины Ход-1. (по Салаи А.–Сентдёрди К. 1979). По прямой $Y = -X$ преобладает пелитовый характер, а в направлении $Y = X$ – кластический

Fig. 1. Lithology trend curve of borehole Hód-1 (after Szalay–Szentgyörgyi, 1979). Dominating characteristic in $y = -x$ direction is pelitic and in $y = x$ direction it is clastic.

alsópannon transzgressziót. A felsőpannonra (Pa_2) trendanalízissel további részekre nem bontható fluvio-lakusztikus fáciesekben lerakódó pszamitos üledékek jellemzők. A hasonló litológiai trendű litogenetikai egységek térbeli kapcsolatának vizsgálatával Szalayék a pannon kori medencefeltöltődés heterotopikus fácieseit is azonosítani tudták.

Pannon képződmények litosztratigráfiai beosztása

A kelet-magyarországi pannon képződmények (Tiszai Formáció csoport) hagyományos lyukgeofizikai szelvények közzétartalmára alapozott litosztratigráfiai beosztását Gajdos I. és szerzőtársai készítették el [2]. Munkacsoportjuk négy formációt, ezen belül 12 tagozatot különített el. Karotázs mérésekre alapozott beosztásuk szorosan kapcsolódik a kelet-magyarországi me-



Geo-82/6-2

2. ábra. A kelet-magyarországi pannon képződmények (Tiszai Formáció csoport) litosztratigráfiai besorolása. (Gajdos et. al 1979)

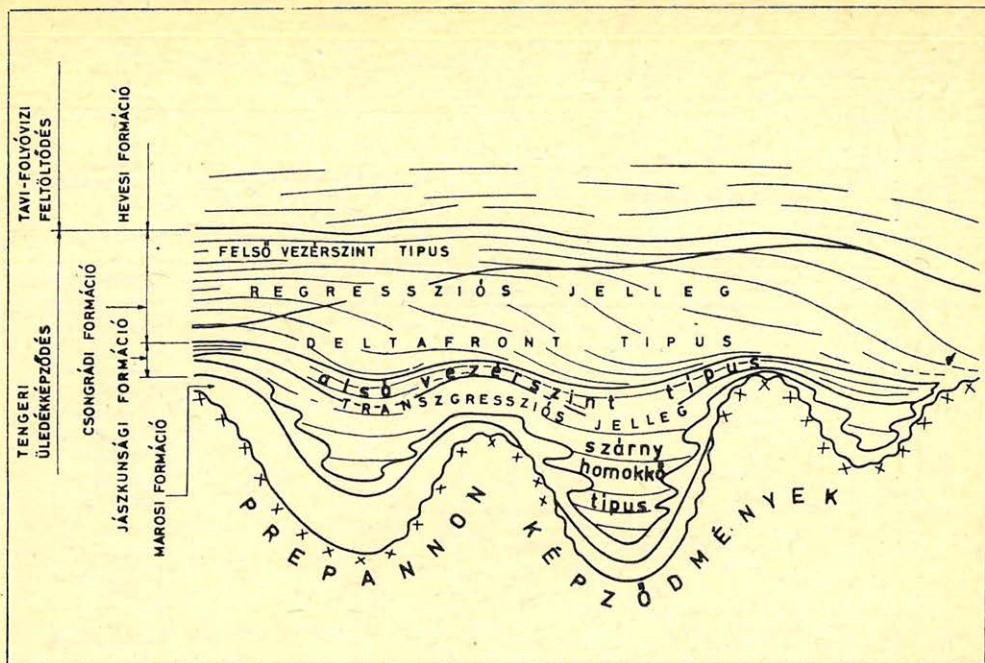
Рис. 2. Литостратиграфическое разделение отложений пannonа Восточной Венгрии (Тисская группа формаций)

Fig. 2. Lithostratigraphy classification of Pannonian sediments (Tisza Formation Group) in Eastern Hungary. (after Gajdos et. al 1979)

dencék üledékfeltöltődésének egyes szakaszaihoz. A 2. ábra a litosztratigráfiai egységek vertikális és laterális összefüggésének, valamint az üledékfáciesek (transzgressziós, transzgressziós-feltöltődéses, regressziós, tavi-folyóvízi) kapcsolatát ábrázolja. Az ugyanazon formációhoz tartozó tagozatok egymást heterotopikus fáciesként helyettesíthetik. A 3. ábra a mély és középmély depressziók elvi szelvényvázlatát mutatja be. A formációk genetikai és elterjedési viszonyait bemutató ábrán a medencefeltöltődési folyamat modellje látható.

Szeizmikus sztratigráfiai egységek elkülönítése

A szeizmikus sztratigráfiai osztályozás alapelveit az 1976-os Sydney-i Nemzetközi Geológiai Kongresszus dolgozta ki. Alapegységét, a szeizmikus fácieset olyan közzettestként definiálhatjuk, amelyet szeizmikus sajátosságai alapján lehet elkülöníteni a szomszédos közzettestektől. A szeizmikus fáciesek analízise igen jól felhasználható az üledékes képződmények tanulmányozásában, mert a különböző üledékfelhalmozódási viszonyok között lerakódó üledékek makrostruktúrája egymástól eltér. A „strukturális” különbségek különböző reflexiós konfigurációk formájában a szeizmikus időszelvényekre is leképződnek. E konfigurációk és a reflexiós paraméterek analízisével sztratigráfiai, ősföldrajzi, üledékföldtani információk nyerhetők. A kelet-magyarországi depressziókat

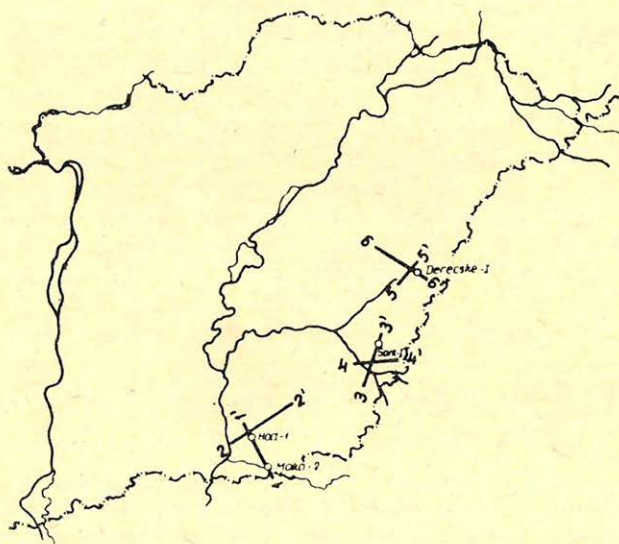


Geo-82/6-3

3. ábra. A litosztratigráfiai egységek genetikai kapcsolata és elterjedési vázlat (Gajdos et. al 1979.)

Рис. 3. Генетическая связь литостратифических единиц и схема распространения.

Fig. 3. Genetic relation and extension of lithostratigraphical units. (after Gajdos et. al 1979)



Geo-82/6-4

4. ábra. Az 5-10. ábrán bemutatott korrelációs mintaszelvények (szeizmikus profilok) földrajzi vázlat

Рис. 4. Схема профилей корреляции (сейсмических профилей), представленных на рисунках 5.-10.

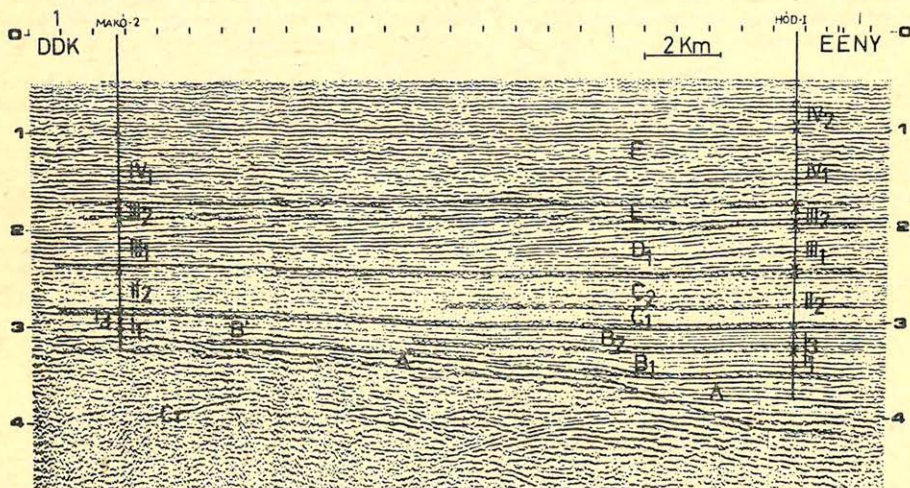
Fig. 4. Location sketch for seismic lines illustrated on Figs. 5-10.

kitöltő üledékek szeizmikus sztratigráfiai beosztását *Késmárky–Pogácsás–Szanyi (1981)* ismertette [3].

Az 5–10. ábrákon bemutatott profilok szeizmikus fácieseit a reflexiók strukturát jellemző paraméterek (reflexiók amplitúdó, domináns reflexiók frekvencia, reflexiók polaritás, reflexió kontinuitás, reflexió konfiguráció, reflexiók beérkezések mennyisége, intervallum sebesség, szeizmikus fácies térbeli formája, geometriája stb.) alapján különítettük el. Majd megvizsgáltuk az elkülönített szeizmikus szekvenciákhoz tartozó reflexiók szekvenciahatáron történő viselkedését (onlap, downlap, toplap stb.). Ezt követően egymást metsző reflexiók profilokon a mélyzónák fúrásai között korreláltuk össze a szeizmikus szekvenciákat. A bemutatott profilok vertikális skálája időléptékben (sec) van megadva.

Szeizmikus fáciesek, litogenetikai és litosztratigráfiai egységek korrelációja

A karotázs szelvények alapján azonosított litosztratigráfiai és litogenetikai egységek fúrásokban megvont határait az ugyanazon fúrásban végzett szeizmikus sebességszelvényezési eredmények felhasználásával hordtuk fel a fúrások közelében haladó reflexiók profilokra. A szeizmikus fáciesek és a litosztratigráfiai egységek erős és szisztematikus korrelációjának igazolására két-két, egymást a Hód-1, Sark-1 és Derecske-1 alapfúrások közelében metsző szeizmikus profilt mutatunk be (5–10. ábra). A profilokon a szeizmikus fácieseket nagybetűkkel, az alfácieseket 1, 2 indexszel különítettük el. A litosztratigráfiai

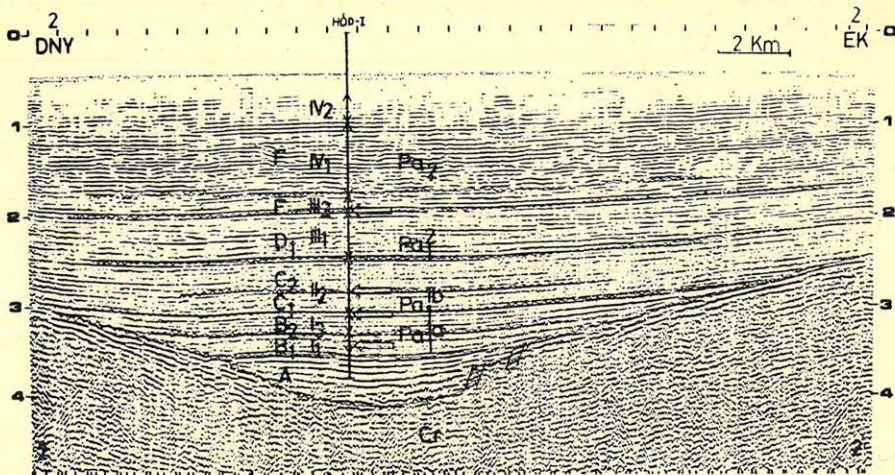


Geo-82/6-5

5. ábra. A Makói-árok csapásirányával közel párhuzamos reflexiók profil. A profil a D_1 szeizmikus fácies ferde rétegeit dőlésirányban metszi. Jelmagyarázatot lásd a 6. ábránál

Рис. 5. Сейсмический профиль ОГТ, располагающийся почти параллельно простиранию брабена Мако. Наклонные слои сейсмической фации D_1 профиль пересекает по падению. Обозначения даны на рисунке 6., шкала глубин дана в секундах.

Fig. 5. Seismic line running near parallel to strike of Makó trench. The line hits seismic facies D_1 in dip direction. For notes see Fig. 6. Vertical scale is in sec.



Geo-82/6-6

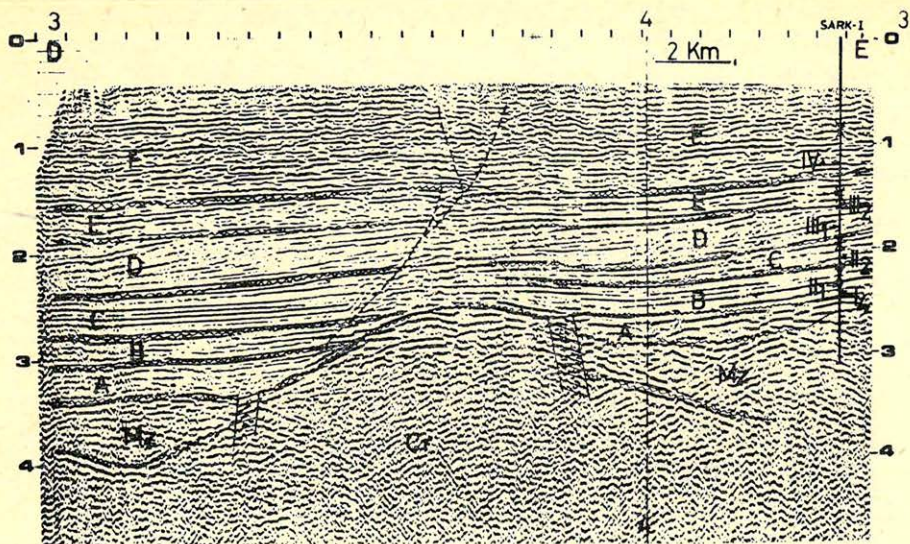
6. ábra. A Makói-árkon keresztül bemért profil. Mélységskála sec-ben. (Jelmagyarázat: A, B₁, B₂, C₁ stb. szeizmikus fáciesek, I₁, I₃, II₂ stb. lyukgeofizikai markerek alapján azonosított litosztratigráfiai egységek. Az egységek szabályos megnevezését a 2. ábrán tüntettük fel. Pa₁^a, Pa₁^b stb. mikrolaterolog szelvények közöttani kiértékelésének trendanalízisével elkülönített litogenetikai egységek. A profil vertikálisan időléptékben skálázva. A litosztratigráfiai egységek mélyfúráásban megvont határát x-szel, a litogenetikai egységeket vízszintes nyilakkal jelöltük. A szeizmikus szekvenciákat hullámos vonallal különítettük el.

Рис. 6. Профиль пересекающий брабен Мако. Обозначения: A, B₁, B₂, C₁ и др. сейсмические фации. I₁, I₃, II₂ и др. литостратиграфические единицы отождествлённые на основании маркеров каротажа. Правильное обозначение единиц дано на рисунке 2. Pa₁^a, Pa₁^b и др. литогенетические единицы расчленённые трендовым анализом петрографической интерпретации кривых микро БКЗ. Вертикальная шкала профиля шкала времени. Границы литостратиграфических единиц по скважинам обозначили X-ом, а литогенетические единицы горизонтальными стрелками. Сейсмические элементы разделены волнистой линией.

Fig. 6. Seismic line in dip direction of Makó trench. Notes: Seismic facies units A, B₁, B₂, C₁ etc. Lithostratigraphical units on borehole logs I₁, I₃, II₂ etc. Regular names of units are given on Fig. 2. Lithogenetic units interpreted by trend analysis of microlaterolog curves Pa₁^a, Pa₁^b etc. Vertical scale is in sec. Limits of lithostratigraphic units in boreholes are denoted by cross, lithogenetic units are denoted by arrows. Seismic cycles are separated by ~ marks.

egységek közül a formációkat római, a formációkon belül elkülönített tagozatokat arab számmal jelöltük.

A bemutatott szeizmikus szelvények alapján megállapítható, hogy a vizsgált depressziók szeizmikus fáciesegységeit (A, B₁, B₂ stb.) a litogenetikai (Pa₁^a, Pa₁^b) és a litosztratigráfiai egységek (2. ábra) (I₁, I₂ stb.) határai igen jól egybeesnek. A litológiai egységek és a szeizmikus fáciesek mindhárom területen azonos sorrendben települnek egymásra. Különbségek vannak viszont egyes depressziókban a tagozatok, valamint a szeizmikus alfáciesek vastagságértékei, megjelenési módja és kifejlődése között. Az eltérő kifejlődések és vastagságok az üledékképződés menetének különbözőségére vezethetők vissza. Az egyes litosztratigráfiai egységek (és az őket reprezentáló szeizmikus fáciesek) összefogozódását, térbeli kapcsolatát a reflexiós profilok meglehetősen jól tükrözik. A mélyzónák területén a legmarkánsabb szeizmikus határfelület (amely azonban nem



Geo-82/6-7

7. ábra. A Békési mélyzóna északi szárnyán bemért dőlésirányú profil. A szelvény közepén szaggatott vonallal jelölt lefelé növekvő vető látható. Az aljzati kiemelkedés jobb oldalán látható törészóna mentén kis amplitúdójú horizontális elmozdulás is valószínűsíthető. A C jelű szeizmikus szerkezetű erős kontinuitású reflexiói a Makói-árok nál alacsonyabb energiaszinten történő (pelitesebb) üledékfelhalmozódást jeleznek. Jelmagyarázatot lásd a 6. ábránál. A 4. sz. profil metszéspontját szaggatott vonallal jelöltük.

Рис. 7. Профиль по падению, наблюденный на северном крыле глубокой зоны Бекеш. В середине профиля видно увеличение, наблюдающееся вниз, отмеченное штриховой линией нарушение. На правой стороне поднятия фундамента вдоль зоны нарушения возможен небольшой горизонтальный сдвиг. Хорошо проследуемые отражения сейсмического элемента со знаком С означают осадконакопление, происшедшее на более низком энергетическом уровне (иолее пелитовый). Обозначения даны на рис. 6. Точку пересечения профиля под номером 4 обозначили пунктирной линией.

Fig. 7. Seismic line shot across the Northern flank of the Békés depression. In the middle of time section a growth fault zone is seen. On the right side of the uplifted basement the fault exhibits minor horizontal movements. Strong continuity reflexions of seismic facies C may be interpreted as due to low energy (pelitic) sedimentation. For notes see Fig. 6. Intersection with seismic line 4 is denoted by vertical dashes.

feltétlenül izokron felület) a B és C fáciesek határfelülete. Ez, vagyis a Marosi Formáció teteje a litosztratigráfiai beosztásnak is egyik legfontosabb karotázs markere. A középmező szerkezeti helyzetben mélyült Sark-1 fúrásban is kimutatható az összes formáció. A bemért profilokon is felismerhetők a másutt leírt szeizmikus fáciesek, bár vastagságuk itt jóval kisebb, mint a mély depressziókban. Kelet-Magyarország-i korrelációs vizsgálataink eredményeit táblázatban foglaltuk össze (11. ábra). A mellékelt szeizmikus profilok (5–10. ábra) alapján az egyes tisztántúli depressziókat kitöltő üledékekről a következő megállapítások tehetők:

Makói árok

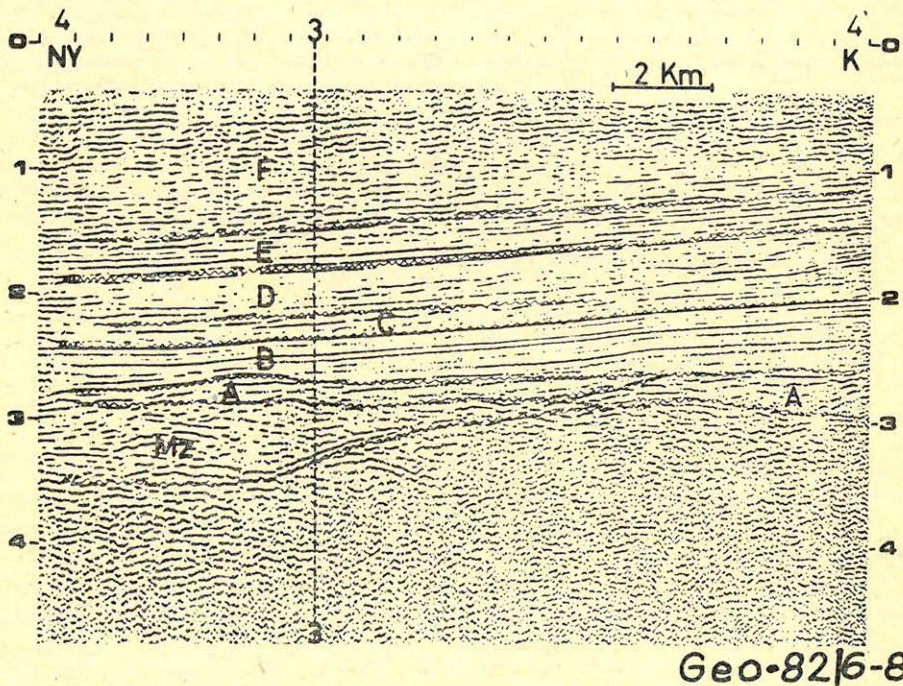
A Hód-I alapfúrás – az ország jelenleg legmélyebb fúrásának adatai vizsgálataink kiinduló pontját jelentették. A bemutatott szelvények (5, 6. ábra)

szerint a különböző módszerekkel megvyont határok igen jól egybeesnek. A 6. ábrán látható szelvény az Algyői Tagozatot (*D* fácies) csapásirányban metszi a „ferde település” ezért nem látszik. A *B* és *C* fáciesek képe más jellegű a depresszió peremét alkotó hátságok felett (*A'*, *B'*), mint a mélyzóna centrumában. Az 5. ábrán bemutatott szelvényen a formációhatárok egyértelműen követhetők szeizmikus fácieshatáráként ott is, ahol a tagozatok „egybeolvadnak”.

A Marosi Formációhoz tartozó Dorozsmai Marga Tagozat és a Vásárhelyi Marga Tagozat egymástól szeizmikusan is jól elkülöníthető. A vékony Törteli Homokkő Tagozat felett nagy vastagságban fejlődtek ki a Hevesi Formációhoz tartozó képződmények.

Sarkadkeresztúri Középmély Zóna

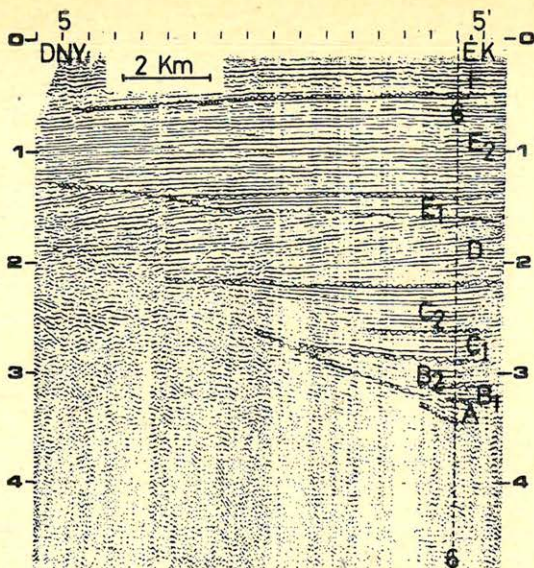
A Sark-1 alapfúrásban elkülönített litosztratigráfiai egységek és a szeizmikus fáciesek határainak egybeesése kevésbé karakterisztikus mint a Derecskei-, illetve a Makói-árokban. A 7. ábrán bemutatott szelvény *E*-i és *D*-i (Békési depresszió) részén a szeizmikus fáciesek szelvényképe és vastagsága nagymértékben eltér. A profil közepén húzódó medencealjzati kiemelkedéshez kapcsolódó tektonikai zóna a pannon képződményekben is kimutatható. Ez zóna két oldalán elhelyezkedő szeizmikus fáciesek csak kisebb-nagyobb bizonytalansággal feleltethetők meg egymásnak. Az *E* fácieshez (Törteli Homokkő Tagozathoz) tartozó képződmények vastagsága e térségben nagyobb, mint a Makói-árokban.



8. ábra. A Békési medence elsőkélyesedő északi szárnyán bemért csapásirányú szeizmikus profil. Jelmagyarázat azonos a 6. ábrával.

Рис. 8. Сейсмический профиль по простиранию, наблюдаемый на северном крыле впадины Бекеш. Обозначения такие же, как на рисунке 6.

Fig. 8. Seismic line shot in the Northern (shallower) part of Békés Basin. For notes see Fig. 6.

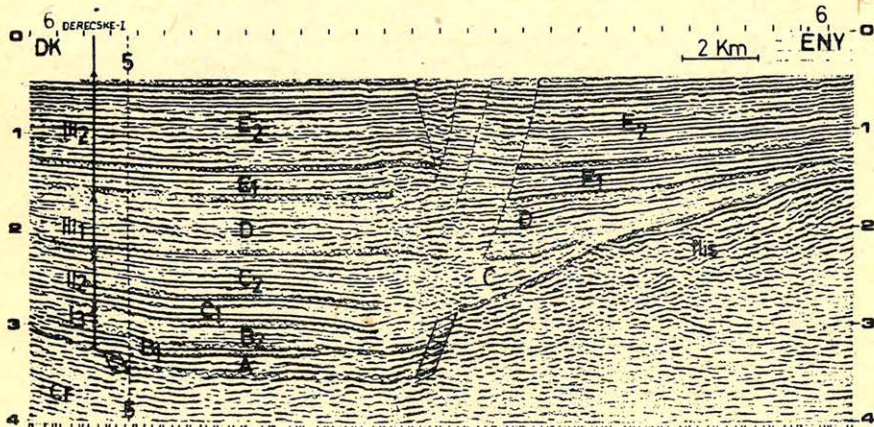


Geo-82/6-9

9. ábra. A Derecskei-árokban bemért dőlésirányú szelvény. Szembeötlően vastag a deltaháttéri (laguna) környezetet jelző E fácies. A C fácies reflexiók jellemzői erősen pelites kifejlődést jeleznek.

Рис. 9. Профиль по падению, наблюдаемый в грабене Деречке. Характеризующая лагунные условия фация E довольно мощная. Характер отражений фации C означает резко пелитовые образования.

Fig. 9. Dip section in the Derecske depression. Seismic facies E of back delta (laguna) sediments is characteristically thick. Seismic facies C exhibits pelitic developments.



Geo-82/6-10

10. ábra. A Derecskei-árokban bemért szelvény migrált változata. A depresszió centrumában az E fácies képe jellegzetes kétszatlátúságot mutat. Az ábra közepén jelentkező, lefelé növekvő vetőket szaggatott vonallal jelöltük.

Рис. 10. Профиль, наблюдаемый в грабене Деречке, после миграции. В центре депрессии картина фации E показывает характерную раздвоенность. Отмечаемые в серединке, увеличивающиеся вниз сбросы обозначены пунктирной линией.

Fig. 10. Migrated section in the Derecske depression. Seismic facies E in the central zone of the depression is characteristically split. Faults with varying dislocations are marked by dashes in the centre of section. For notes see Fig. 6.

SZEIZMIKUS- ÉS LITOSZTATIGRÁFIAI
EGYSÉGEK KORRELÁCIÓS TÁBLÁZATA

| SZEIZMIKUS FÁCIÉS | LITOLOGIAI TREND- ANALÍZIS | LITOSZTATIGRÁFIAI EGYSÉG | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|
| | | FORMÁCIÓ | TAGOZAT |
| F | Pa ₂ | HEVESI IV | Nagyalföldi 2 |
| | | | Zagyvai 1 |
| E | Pa ₂ ² | CSONGRÁDI III | Törteli 2 |
| E ₂ / E ₁ | | | Algyői 1 |
| D | Pa ₁ ^b | JÁSZKUNSA- GI II | Szolnoki 2 |
| D ₂ / D ₁ | | | Nagykorú 1 |
| C | Pa ₁ ^{1a} | MAROSI I | 4 Tótkomlósi 3 Jászberényi 2 Békési 1 Dorozsmai |
| C ₂ / C ₁ | | | |
| B | - | | miocén |
| A | - | | medencealjzat |
| Cr | Mz | | |

Geo-82/6-11

11. ábra. Szeizmikus fáciesek, litogenetikai és litosztratigráfiai egységek korrelációs táblázata, (Gajdos I., Késmárky I., Pap S., Pogácsás Gy., Somfai A., Szalay Á., Szanyi B., Szentgyörgyi K., Varga I., Völgyi L. adatai alapján összeállította Pogácsás Gy. – Völgyi L. 1981.)

Рис. 11. Корреляционная таблица сейсмических фаций, литогенетических и литостратиграфических единиц. (статья написана в 1981г. Погачаш Д. и Вёлди Л. на основании данных Гайдоша И., Кешмарки И., Пап Ш., Погачаш Д., Шомфай А., Салаи А., Сани Б., Сентгёрдьи К., Варга И., Вёлди Л.)

Fig. 11. Correlation table for seismic facies, lithogenetic and lithostratigraphic units. (Prepared by Gy. Pogácsás and L. Völgyi, 1981 on the basis of data from I. Gajdos, I. Késmárky, S. Pap, Gy. Pogácsás, A. Somfai, Á. Szalay, B. Szanyi, K. Szentgyörgyi, I. Varga, L. Völgyi.)

A Jászkunsági Formációhoz tartozó tagozatok szeizmikus alfácies formájában (C₁, C₂) nem különíthetők el. E középmező területen csak a formációk, ill. a fáciesek azonosíthatók megbízhatóan (de ezek határai nem esnek pontosan egybe). Az aljzati képződmények differenciáltsága szeizmikusan is kimutatható. Azonosítható a kristályos aljzatra települő mezozoikum, felismerhető a metamorf összletben húzódó (valószínűleg tektonikus eredetű) határfelületek. A 7. sz. szelvény közepén lefelé növekvő („growth fault” típusú) vető látható.

Derecskei depresszió

A mélyzónát DK–ÉNy-i irányban metsző szelvényen jól elkülöníthetők az egyes litosztratigráfiai egységeket reprezentáló szeizmikus fáciesek. Az Algyői Tagozat alatti képződmények a medenceperemeken kiemelkednek. A Törteli Homokkő Tagozathoz tartozó képződmények e térségben nagy vastagságban fejlődtek ki. Az őket reprezentáló szeizmikus szekvencia (E fácies) jellegzetes

kétszattatúságot mutat. A Jászkunsági Formációhoz tartozó képződmények (*C* fácies) szeizmikus jellemzői (reflexió amplitúdó, reflexió folyamatosság) markánsan különböznek a Derecskei- és a Makói-árokban. A 10. ábrán bemutatott szelvény közepén a pannon összletet is érintő tektonikai zavarzóna (lefelé növekvő típusú vetők) látható. Az Algyői Agyagmárga Homokkő Tagozat (*D* fácies) típusos előfordulási helyétől (Makói árok) 150 km-re is egyértelműen azonosítható.

Ősföldrajzi, fejlődéstörténeti interpretáció

A litosztratigráfiai egységek és az egymásra települő szeizmikus fáciesek alapján az ősföldrajzi, fejlődéstörténeti eseménysor főbb szakaszai a következők: A mélydepressziók területén a felső miocénben feltöltődéses jellegű üledékképződés folyt, amely átnyúlt az alsópannonba is (*A*, *B* szeizmikus fáciesek). A mélyzónák centrumát metsző (1., 2., 5., 6. sz.) profilokon nem ismerhető fel eróziós diszkordancia, vagy üledékhiátus a miocén-pannon határon. Az alsópannon fokozatosan előretörő transzgresszió jellemezte (*C* fácies).

A transzgressziós képződményekre feltöltődéses regressziót képviselő rétegsor települ (*D*, *E* fácies). A ferde reflexiókkal jelentkező *D* fácies képe a vándorló (progradáló) deltafront (delta barrier) az *E* fácies a barrier mögötti laguna környezetet valószínűsít. Az *F* fáciest tavi-folyóvízi üledékek képviselik.

Összefoglalás

A különböző alapokon megvont határok nagyfokú egybeesése az alkalmazott eljárások jóságát igazolja. Az egymástól független geofizikai eljárásokkal elkülönített „sztratigráfiai egységek” tartalmának kapcsolatát a 11. ábra mutatja. A dolgozatban vizsgált – közvetett módszereken alapuló – beosztások a geológiai rétegsornak csupán egy-egy realizációját adják. E „sztratigráfiai beosztásokat” a mögöttük rejtőző tényleges földtani felépítés és a képződéstörténet azonossága kapcsolja össze. A közvetett geofizikai módszerekkel azonosított üledékfelhalmozódási egységek elkülönítése, térbeli elhelyezkedésének megismerése, burkoló felületeik, regionális és lokális maximumainak felderítése a *CH*-kutatás számára értékes célpontokat nyújthat.

Köszönetnyilvánítás

Szerzők köszönetüket fejezik ki Varga Imrének a téma kidolgozásához nyújtott segítségével.

IRODALOM

- [1] Szalay Á. - Szentgyörgyi K.: Adatok a szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolásának ismeretéhez trendelemzés alapján. MTA X. Osztályának Közleményei 12/4, p. 401–423, 1979.
- [2] Gajdos I. – Papp S. – Somfai A. – Völgyi L.: Az alföldi Tiszai Formáció Csoport litosztratigráfiai beosztása. Kézirat 1979. (megjelenőben).
- [3] Késmárky, I. – Pogácsás, Gy. – Szanyi, B.: Seismic stratigraphic interpretation in Neogene Quaternary depressions of Eastern Hungary. 26th International Geophysical Symposium Proceedings, p. 130–140. Leipzig, 1981.

A Pannon-medence kéreg kivékonyodásának kapcsolata a térség geotermikájával

BODRI BERTALAN—BODRINÉ CVETKOVA LUJZA

Az ismertetésre kerülő számítások kvantitatív alátámasztását jelentik annak a hipotézisnek, amely szerint a kéregnek az anomálishan magas felszíni hőáramot mutató területeken megfigyelt kivékonyodása, valamint a kéregvastagság és a hőáram közötti szoros korreláció az alsó kéreg gránátos granulitba történő fázisátmenetének a következménye. A szubkrusztális erózió néven is ismeretes kivékonyodás a nehéz gránátos granulitból blokkok képződésével és ezek felső köpenybe való lesüllyedésével mehetett végbé. Számítottuk a szubkrusztális erózió lezajlásához szükséges p – T viszonyokat és megvizsgáltunk a kivékonyodást kísérő néhány egyéb jelenséget is.

В работе был проведен ряд расчетов с целью доказательства гипотезы о том, что утоньшение коры, наблюдаемое в ряде районов с аномально высоким тепловым потоком и показывающее тесную корреляцию с этим потоком, могло быть вызвано фазовым переходом части нижней коры в гранатовый гранулит. Процесс подкоревой эрозии таким образом представлялся как отрыв от коры блоков тяжелого гранатового гранулита и погружение их в мантию. В работе были рассчитаны p – T условия, при которых этот процесс осуществляется. Было обращено внимание также на ряд явлений, сопровождающих процесс подкоревой эрозии.

The results of this study can be considered as quantitative evidence in favour of the hypothesis according to which the small thickness of the crust observed in areas of high positive heat flow anomalies, and also the strong correlation between crustal thickness and surface heat flow, is the consequence of a past transition of material of the lower crust into garnet granulite. The thinning of the crust (known also as subcrustal erosion) should have proceeded by formation of blocks of the heavy garnet granulite material and subsequent sinking of these blocks into the upper mantle. The p – T conditions necessary for subcrustal erosion have been calculated and certain phenomena accompanying the process of crustal thinning have also been investigated.

Bevezetés

A felszíni hőáram értéke és a kéregvastagság között lehetséges korreláció kimutatására számos próbálkozás történt, amelyek közül példaként megemlíthetjük Čermák (1979) munkáját. E vizsgálatok eredményei többé vagy kevésbé meggyőzően arra utalnak, hogy létezik bizonyos negatív korreláció, amikor is magas hőáramoknak kis kéregvastagság felel meg, vagy fordítva; alacsony hőáramértékek mintha inkább ott fordulnának elő, ahol a kéreg a normálisnál lényegesen vastagabb. Ez a korrelációs kapcsolat azonban a két mennyiség között általában nem túl szoros, illetve egyértelmű. Ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy a Moho-határ elsősorban kémiai természetű és normális viszonyok között a termikus tényezők nem jutottak jelentős szerephez a Moho kialakításában.

Van azonban számos olyan terület, ahol valóban szignifikáns korreláció, majdhogynem funkcionális kapcsolat figyelhető meg a hőáram és a kéregvastagság között. Ezek kivétel nélkül fiatal tektonikus képződmények üledékesedéssel, a földi hőáram közepes értéke itt a világtárlagnak legalább a kétszerese és a kéreg jelentősen kivékonyodott. Európában ilyen szerkezeti egységek például a Rajna-árok, a Pannon-medence vagy a Tirrén-tenger.

A Kárpát-régióban a kéreg vastagsága a centrális Pannon-medencéből kifelé haladva a középponti 25–27 km-es értékről fokozatosan növekszik úgy,

hogy a Külső-Kárpátok és a Kárpát-előmélység vidékén a kéregvastagság már 55–56 km.

A Pannon-medencében általában 80 mW/m^2 és 110 mW/m^2 között változó felszíni hőáram viszont a medencétől távolodva folyamatosan csökken, a Kárpát-peremvidéken értéke nem több mint 35–45 mW/m^2 . Bodri (1976, 1981a) szerint, fent említett korreláció együtthatójának értéke a Pannon-medence területére vonatkozóan 72%, a Q hőáram pedig a h kéregvastagság ismeretében a

$$Q = 85,0 + 9,5(26,0 - h) \quad (1)$$

összefüggés alapján számítható. Fenti kifejezésben h km-ben, Q pedig mW/m^2 -ben értendő. Az (1) összefüggésből kitűnik, hogy a Pannon-medence kérgének közepes vastagsága 26 km, vagyis a térségben a kéreg mintegy 10 km-rel vékonyabb a normálisnál, a hőáram közepes értéke pedig 40–45 mW/m^2 -el magasabb a kontinens átlagnál. Hasonló kép figyelhető meg a Rajna-árok vidékén is, ahol a kéreg vastagsága átlagosan 24 km, a közepes hőáram pedig kb. 100 mW/m^2 (Giese et al., 1973; Čermák, 1979).

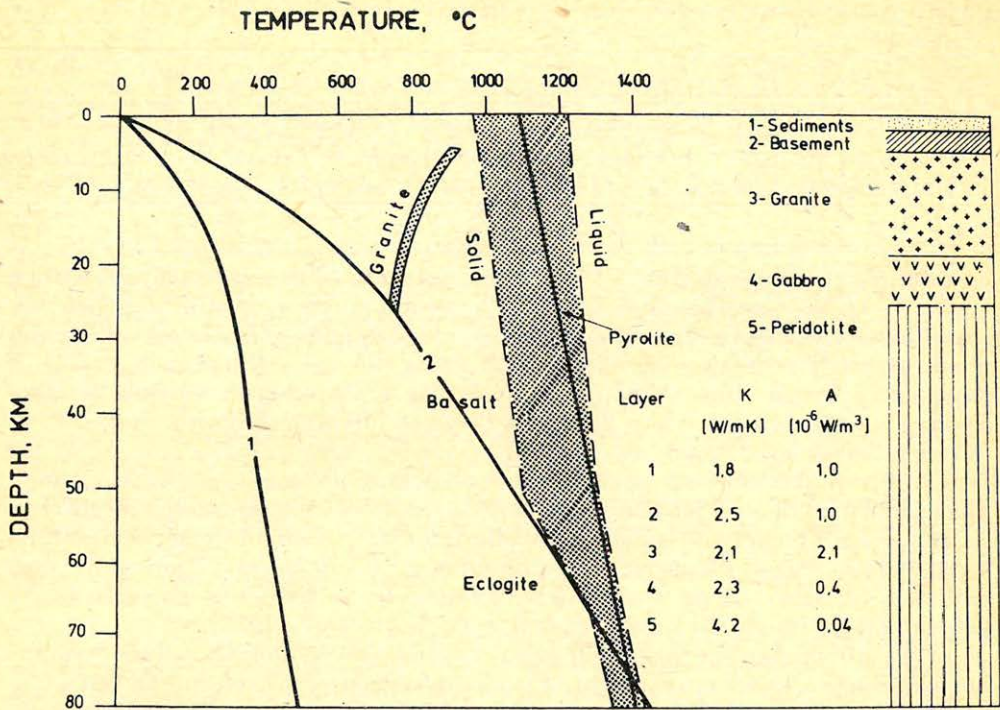
A kéreg szerkezetére az említett területeken jellemző – és ez a Pannon medencében különösen jól kitűnik –, hogy a kis kéregvastagság teljes mértékben az alsó kéreg kivékonyodásának a következménye. A Pannon-térségben a Moho mélysége 24–29 km, az alsó kéreg pedig mintegy 5–10 km-rel vékonyabb a normálisnál. A felső kéreg vastagsága ugyanakkor a területen normális vagy helyenként az átlagosnál kissé nagyobb is. (Sollogub et al., 1978).

Az alábbiakban megkísérlünk egy sor bizonyítékot szolgáltatni arra vonatkozóan, hogy a kéreg egyes fiatal tektonikai képződményeken megfigyelt kivékonyodása, valamint a kivékonyodásnak a hőmérséklettel való szoros korrelációja az alsó kéregrészen lezajlott gabbro-gránátos granulit-eklogit fázisátmenetnek és ezt az átmenetet kísérő bizonyos folyamatoknak tulajdonítható. A kéreg-kivékonyodás (szubkrustális erózió) e mechanizmusának működését a Pannon medence példáján illusztráljuk.

Gabbro-eklogit fázismenet magas földi hőáram esetében

A Pannon-medencében 80 mW/m^2 és 110 mW/m^2 között változó, stabilan magas földi hőáram mintegy kétszerese a prekambriumi pajzsokon mért 45 mW/m^2 -nyi hőáramnak. A mélyhőmérsékletek ugyancsak magasak; Bodri (1976, 1981b) számításai szerint (amelyekben bemenő adatokként a felszíni hőáram, valamint a kéregszerkezetre és a megfelelő kőzetek hőfizikai paramétereire vonatkozó információ került felhasználásra), a gránitréteg alsó határfelületén a medence alatt a hőmérséklet átlagosan 300–350 K pozitív anomáliát mutat (1. ábra). A hőmérsékleti anomália a mélységgel növekszik; a Moho-felületen legfeljebb 300–400 °C normális hőmérséklet mellett az anomália közepes értéke már mintegy 500 K. Az alsó kéreg hőmérséklete a medencében 600–750 °C, a nyomás ugyanitt 40–60 MPa. A nyomás mélységfüggésének adatait Gilbert and Dziewonski (1975) munkájából vettük.

Brace (1972), valamint Tullis and Yund (1977) laboratóriumi vizsgálataiból kiderült, hogy fenti p – T viszonyok esetén a kéreg deformációi plasztikus folyás formáját veszik fel. A kőzetekben repedések nem keletkeznek (sőt ha voltak is eltűnnek), a kőzetdeformációk a diszlokációs creep mechanizmusával mennek végbe. A repedések eltűnése az alsó kéregben azt eredményezi, hogy ez a régió „szárazzá” válik. A Ringwood and Green (1969), valamint Ito and Ken-



Geo-82/3-1

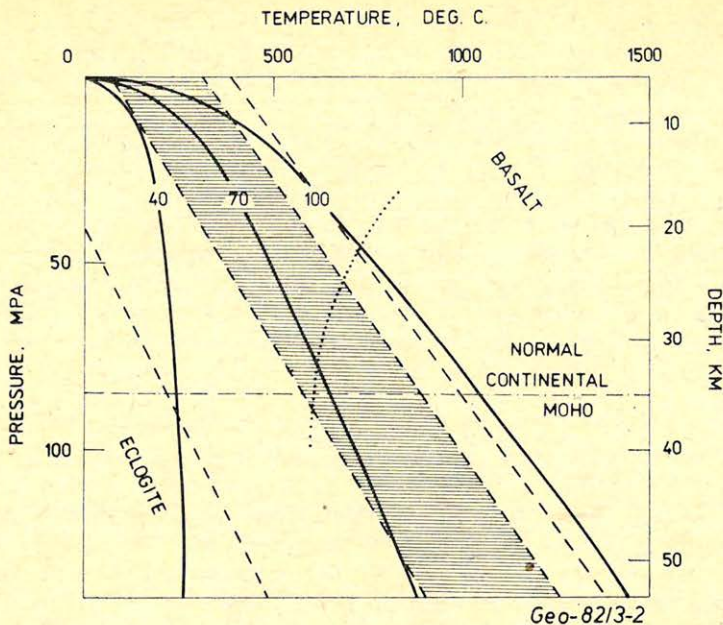
1. ábra. Normális (1. görbe) és valódi (2. görbe) mélyhőmérsékletek a Pannon medence alatt (Bodri, 1981b után).

Рис. 1. Нормальная (кривая 1) и действительное (кривая 2) распределение температуры под Паннонским бассейном (согласно Bodri, 1981b)

Fig. 1. Variation of the normal (curve 1) and actual (curve 2) mean temperatures with depth beneath the Pannonian basin (after Bodri, 1981b).

nedy (1972) fázisdiagramjai alapján megszerkesztett állapotábrán (2. ábra) látható, hogy „száraz” fázisátmenet csak a gránátos granulit-bazalt fázisok között jöhet létre és csak akkor, ha a hőmérséklet nem alacsonyabb a kb. 60 mW/m^2 felszíni hőáramnak megfelelő értékeknél. A Pannon-medence száraz alsó kéregének anyaga tehát a jelenlegi hőviszonyok mellett fenti állapotábrán a bazalt stabilitási terében, vagy esetleg a gránátos granulit-fázissal határos átmeneti zóna közelében helyezkedik el. Nem zárható ki az a lehetőség sem, hogy a kéreges régió anyagának egy része – az esetleg kevésbé felmelegedett részeken – a kissűrűségű gránátos granulát fázisában legyen. Ez utóbbi lehetőség mellett szól az a tény is, hogy magyarországi szeizmikus mérések (Posgay, 1977) egyes területeken az alsó kéregre $V_p \approx 7,1-7,3 \text{ km/s}$ értékeket adtak és ilyen sebességek nem annyira a bazaltra, mint inkább a $3100-3200 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű, kis gránáttartalmú gránátos granulitra jellemzők. Az alsó kéregrésze néhol $7,5-7,6 \text{ km/s}$ V_p -értékek lettek meghatározva, amely sebességek a 3300 kg/m^3 sűrűségű gránátos granulitnak felelhetnek meg.

Volt-e lehetőség fázisátmenet létrejöttéhez a múltban? E kérdés eldöntéséhez ismerni kell a Pannon-medence hőanomáliájának fejlődéstörténetét. Ismeretes,



2. ábra. Gabbro-gránátos granulit-eklogit fázisátmenet állapotábrája 40, 70 és 110 mW/m^2 felszín hőáramoknak megfelelő geotermikus gradiensek feltüntetésével. A besatírozott zóna a gránátos granulit stabilitási terét, a pontvonal a kőzetek plasztikus folyásának (szárazzó válásának) határát jelzi.

Рис. 2. Поля стабильности эклогита, гранатового гранулит и габбро и геотермические градиенты при различных значениях поверхностного теплового потока. Заштрихованный район – область стабильности гранатового гранулит, точечная линия – граница зоны пластического типа разрушения пород (плавное течение).

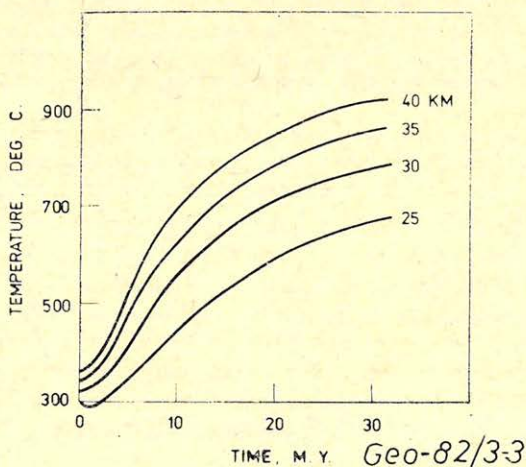
Fig. 2. The stability fields of gabbro-garnet granulite (shaded area) -eclogite with the indication of geothermal gradients corresponding to surface heat flows of 40, 70 and 100 mW/m^2 respectively. The dotted line represents the upper boundary of the zone of plastic deformations.

hogy a medence jelenlegi állapota a térségben a harmadkor idején lejátszódott aktív tektonikus eseményeknek az eredménye. A medence kialakulása ugyanis feltehetően egy vagy több, egyidejűleg vagy esetleg egymáshoz képest némi időeltolódással végbement szubdukciós folyamathoz kapcsolódik. A letolódó litoszféalemez(ek) hatására a felső köpenyben a szigetívekre olyannyira jellemző másodlagos konvekció alakulhatott ki és ezt a folyamatot több járulékos jelenségnek kellett kísérni (pozitív hőanomália kialakulása, vulkanizmus, litoszféra kivékenyodása stb.).

Számos geológiai-geofizikai adat utal arra, hogy a Pannon-medence fejlődésének a köpenybeli erős anyagáramlással kapcsolatos aktív szakasza legkésőbb a pliocén kezdetére befejeződött. Következésképpen a jelenlegi Pannon-hőanomália egy, a másodlagos konvekció megszűnésének időpontjára kialakult kezdeti, maximális felmelegedettséggű stádiumból történt konduktív lehűlésnek az eredménye. A hőanomália evolúciójának ez utóbbi (konduktív lehűléssel jellemzett) periódusa viszonylag könnyen rekonstruálható. A Pannon-medencebeli viszonyoknak megfelelő hőanomáliák lehűlését számítva Bodri (1981b) kimutatta, hogy a lehűlés igen lassan megy végbe; ahhoz, hogy adott hőanomália által indukált felszíni hőáram a kezdeti értékének 2/3 részére csök-

kenjen, néhányszor tíz millió évnél kell eltelni. Ezért jogosan feltételezhető, hogy a Pannon-medencéhez hasonló fiatal struktúrák jelenlegi hőárama gyakorlatilag ugyanakkora mint a hőanomáliát kialakító mechanizmus (indukált konvekció) megszűnésének idején volt.

A hőanomália kialakulásának folyamata viszont már kevésbé világos. Kézenfekvő feltételezni, hogy az indukált konvekció elkezdődésének idején (és előtte) a Pannon medence térségében mind a kéreg, mind a litoszféra normális vastagságú lehetett. Az indukált konvekció folyamata során, a köpenybeli anyagáramlás eredményeként az alsó litoszférahatar környezetében nagy mennyiségű forró anyag gyűlik fel, amely a litoszféra anyagát is felmelegíti. A litoszféra valószínűleg tisztán konduktív úton melegszik fel, mivel a közeg viszkozitása itt olyan magas, hogy konvekciós áramlás nem tud kialakulni. *Bodri and Bodri (1978)* megmutatták, hogy elvileg a litoszféra tartományának egy bizonyos részében is jöhet létre konvekció. Ilyen eset akkor áll elő, amikor a hőmérséklet és a közegben fellépő feszültségek elegendően magasak ahhoz, hogy együttes hatásuk alatt az adott litoszféra-részben a viszkozitás megfelelően csökkenjen. Ez esetben az egész litoszféra is gyorsabban melegszik fel és a felmelegedés erősebb lesz. A litoszféra felmelegedése természetesen az alsó kéregben is éreztetni fogja hatását, ez a régió valószínűleg tisztán hővezetéssel melegszik. Nem lineáris reológiai effektusoknak a litoszféra viszkozitására gyakorolt hatása jelenleg még meglehetősen tisztázatlan kérdés, ezért a továbbiakban a litoszféra csupán hővezetéssel történő melegedésének esetét fogjuk vizsgálni. A 3. ábrán egy 80 km vastagságú, alsó határfelületén 1400 °C-ra (pirolit-likvidusz) hevített litoszférolemezben kialakuló hőmérsékleteloszlás látható az idő függvényében. E számításban a hőfizikai paramétereknek ugyanazon értékeit alkalmaztuk, amelyeket egy másik munkájában *Bodri (1981a)* részletesen ismerttet. A 3. ábrából kitűnik, hogy még lassú konduktív melegedés esetén is, a melegedés kezdete után 10–15 millió év múlva az alsó kéreg anyaga (30–40 km mélységben és



3. ábra. A hőmérséklet időbeli változása alsó határfelületén 1400 °C-ra melegített, 80 km vastagságú litoszférolemezben.

Рис. 3. Изменение температуры 80-км-вой литосферы со временем, когда ее подошва нагрета до 1400 °C.

Fig. 3. Variation of temperature with time within a 80 km thick lithosphere. A temperature of 1400 °C is maintained at the bottom of the plate.

70–100 MPa nyomás mellett) szárazzá válik és a gránátos granulit stabilitási állapotába kerül. Amint arra fentiekben is utaltunk, a melegedés felgyorsul és az elért hőmérsékletek magasabbak lesznek, ha konvekció nemcsak az asztenoszférában, hanem esetleg az alsó litoszféra egy részében is kialakul.

A fázisátmenet létrejöttének egyszerű lehetőségén kívül rendkívül fontos tényező az az időtartam, amely alatt az átalakulás végbemegy. Egy sor feltételezést és meglehetősen hiányos kísérleti adatokat általánosítva, *Artyushkov* (1979) arra a következtetésre jutott, hogy a 300–500 °C hőmérsékleti intervallumban a fázisátmenet rendkívül lassan megy végbe; a folyamat karakterisztikus ideje legalább 10^9 év. A hőmérséklet növekedésével azonban a fázisátalakulás nagyon felgyorsul, kb. minden 100 K-nyi hőmérséklet-emelkedéssel a folyamat sebessége egy nagyságrenddel növekszik. Így 800 °C körüli hőmérsékleten a fázisátmenet karakterisztikus ideje mindössze $\sim 10^6$ évre csökken.

Fentiek figyelembevételével a 2. ábráról könnyen leolvasható, hogy a geológiai elfogadható időtartamú fázisátalakuláshoz szükséges 700–800 °C hőmérsékletek mellett a nyomás nem lehet kevesebb, mint 60–70 MPa, ez a feltétel pedig 25–30 km mélységen teljesül. Következésképpen a ~ 25 km mélység olyan határnak tekintendő, amely felett a Pannon medence területén gránátos granulitba történő fázisátalakulás viszonylag rövid idő alatt nem mehetett végbe.

Fentieket összegezve megállapítható, hogy a 65 mW/m^2 és 85 mW/m^2 közötti felszíni hőáramintervallumnak megfelelő hőmérsékletek esetén a kb. 25 km-es mélységhatártól lefelé az alsó kéreg anyaga megsűrűsödhet, vagyis a kéreg alsó rétegében az anyag a $3280\text{--}3360 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű gránátos granulit-fázisba kerülhet. 85 mW/m^2 -nél magasabb hőáramok mellett a $3000\text{--}3100 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű bazalt-fázis válik stabilá. 65 mW/m^2 -nél kisebb hőáramoknál viszont az alsó kéreg többé már nem tekinthető száraznak és a stabil állapot valószínűleg a gránátos granulitnál ugyancsak alacsonyabb sűrűségű amfibolit-fázis lesz (*Bott, 1971*).

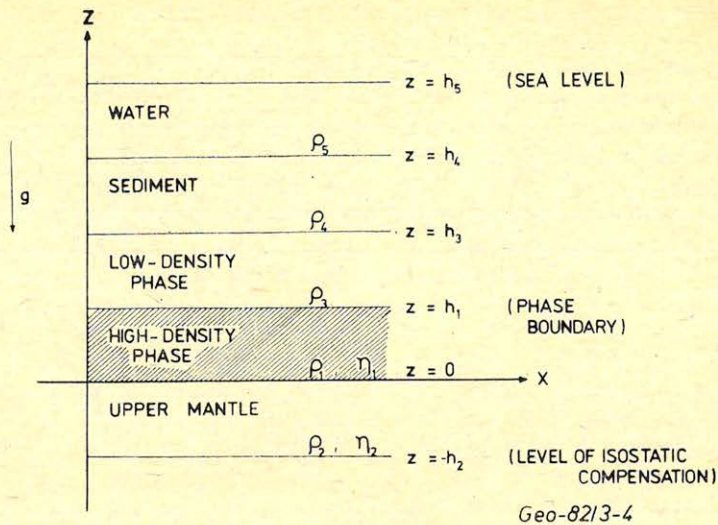
A gránátos granulit felaprózódása és elmerülése

Fentiekben láthattuk, hogy az alsó kéreg anyaga a 700–1000 °C hőmérséklet-intervallumban alakulhat át geológiai plauzibilis időtartam alatt gránátos granulittá. Figyelembevétel a fázisátmenettel járó sűrűségváltozást (*Ringwood and Green, 1969; Ito and Kennedy, 1972*), valamint azt, hogy a felső köpeny sűrűsége számítható a

$$\rho = \rho_0(1 - \alpha T) \quad (2)$$

összefüggés alapján, könnyen belátható, hogy a fázisátmenet során képződő gránátos granulit fenti teljes hőmérséklet-tartományban nagyobb sűrűségű lesz, mint a vele alulról határos köpeny-régió. A 700–1000 °C hőmérsékletsávban a karakterisztikus sűrűségkülönbségre $\Delta\rho = 100\text{--}200 \text{ kg/m}^3$ értékek adódnak. Az alsó kéreg gránátos granulitja gravitációsan instabil állapotba kerül és kialakul a lehetősége annak, hogy a nehezebb anyagból blokkok képződjenek és lemerüljenek a felső köpenybe. A (2) kifejezésben $\alpha = 3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ a hőtágulási együttható, T a hőmérséklet és $\rho_0 = 3350 \text{ kg/m}^3$ a normális sűrűség. A viszkozitás számítására használt

$$\eta = 10 \cdot T \exp[(50\,350 + 1,13 p)/T] \quad (3)$$



4. ábra. A modellezett tartomány struktúrája.

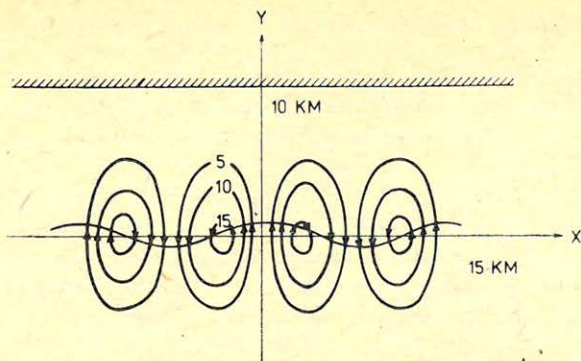
Рис. 4. Схема вычислительного района.

Fig. 4. Schematic structure of the modeled area.

összefüggésből kiderül, hogy a $800 - 1200^\circ\text{C}$ hőmérsékleti intervallumban a közeg viszkozitása $\sim 10^{23} \text{ Pas}$ és 10^{19} Pas között változik. Ez utóbbi kifejezésben p a MPa-ban adott nyomás, T az abszolút hőmérséklet. Bodri and Bodri (1978, 1979) megmutatták, hogy $10^4 - 10^6$ év karakterisztikus időtartamú folyamatok esetén fenti viszkozitású közeg mechanikailag newtoni folyadéknak tekinthető. Ha viszont $\eta > 10^{23} \text{ Pas}$, akkor a közeg amorf szilárd testként viselkedik. Ezért a kontinuumok mechanikájának szempontjából az alsó kéreg kivékonyodása két egymással nem keveredő viszkózus folyadék; a gránátos granulit és a felső köpeny anyagának relatív mozgásaként (áramlásaként) megy végbe. Ez a folyamat matematikailag a Navier – Stokes-féle egyenletekkel írható le úgy, hogy közben az inkompresszibilitási feltételt is felhasználjuk. A számításokkal modellezett közeg struktúráját a 4. ábra szemlélteti.

Feltételezzük, hogy a Moho-határon ($z = 0$) kis egyenetlenségek, perturbációk vannak jelen, amelyek eloszlása a kezdeti időpontban rendezetlen, kaotikus. Rendezetlen eloszlású kezdeti perturbációk harmonikus sorba fejthetők és minthogy a mozgásegyenletek lineárisak, külön-külön minden harmonikusra megoldhatók az egyenletek.

Ha a viszkozitás és a sűrűség értéke mindkét viszkózus folyadékrétegben állandó, akkor a folyadékcsappok (blokkok) kialakulásának kezdeti stádiumára – amikor is a harmonikus perturbáció a amplitúdójára felírható, hogy $a \ll h_1$ (ld. 4. ábra) – a mozgásegyenleteknek analitikus megoldása határozható meg. Jelen vizsgálatban Artyushkov (1971) általános analitikus megoldásának egy olyan esetre egyszerűsített változatát alkalmaztuk, amikor a $z = h_1$ határ szilárd felület, $h_2 \gg h_1$ és $\eta_2 \ll \eta_1$. Az 5. ábrán a perturbáció egyik harmonikusára számított áramlási kép látható.



Geo-82/3-5

5. ábra. Áramfüggvény (m^2/s egységben) a Moho-felület szabálytalanságai kifejlődésének kezdeti stádiumában. A karakterisztikus paraméterek értékei: $\alpha = 5$, $h_1 = 10$ km, $\eta_1 = 10^{19}$ Pas.

Рис. 5. Функция тока (в единицах $m^2/сек$) в начальной стадии развития возмущения на границе Мохо ($\alpha = 5$, $h_1 = 10$ км, $\eta_1 = 10^{19}$ Пас).

Fig. 5. Isolines of stream function (in m^2/s) at the initial stage of development of disturbances on the Moho-surface. The values of characteristic parameters are: $\alpha = 5$, $h_1 = 10$ km, $\eta_1 = 10^{19}$ Pas.

A Moho-felület kezdeti perturbációja legyen $a \cos(kx)$ formájú, ahol k a hullámszám. A Navier–Stokes-egyenletek megoldásával meghatározható, hogy a határfelület zavarának a amplitúdója az idő függvényében az

$$a = a_0 e^{\gamma t} \quad (4)$$

összefüggés szerint változik. A kapott analitikus megoldásban felírható továbbá, hogy

$$\gamma = E \frac{\sin h \alpha \cos h \alpha - \alpha}{\alpha (\cosh^2 \alpha + \alpha^2)},$$

$$E = \frac{(\rho_1 - \rho_2) h_1 g}{2\eta_1},$$

ahol t az idő, a_0 a határfelület zavarának kezdeti amplitúdója, g a nehézségi gyorsulás, $\alpha = kh_1$, $k = 2\pi/l$ és l a perturbáció hullámhossza. Esetünkben, amikor $\rho_1 > \rho_2$, γ mindig pozitív, ez pedig azt jelenti, hogy a határfelület bármilyen hullámhosszú kis kezdeti egyenetlensége idővel növekedni fog. Így tehát a 4. ábrával illusztrált sűrűség-diszkontinuitás még a sűrűségváltás határfelületének végtelen kis zavaraihoz viszonyítva is abszolút instabil, ami azt eredményezi, hogy a kialakult diszkontinuitási felület elkerülhetetlenül megbomblik, felaprózdik.

Megmutatható, hogy γ -függvény $\alpha = 2,1$ (ami $l = 3,0 h_1$ hullámhossznak felel meg) esetén maximális értéket ($\gamma_{\max} = 3,2E$) ér el és értéke mind a kisebb, mind a nagyobb hullámhosszok felé távolodva gyorsan csökken. A γ -függvénynek ez a tulajdonsága oda vezet, hogy a sűrűség-diszkontinuitás kezdetben rendezetlen egyenetlenségekkel zavart felülete bizonyos idő múlva kizárólag harmonikusan rendezett, $3h_1$ -hez (vagyis a gránátos granulit-réteg vastagságának háromszorosához) közeli hullámhosszokat tartalmazó zavarokat fog mutatni. Megjegyezzük, hogy a γ_{\max} -nak megfelelő α_{\max} -érték, és következésképpen a Moho-felület bizonyos idő után kialakuló harmonikus egyenetlenségeinek

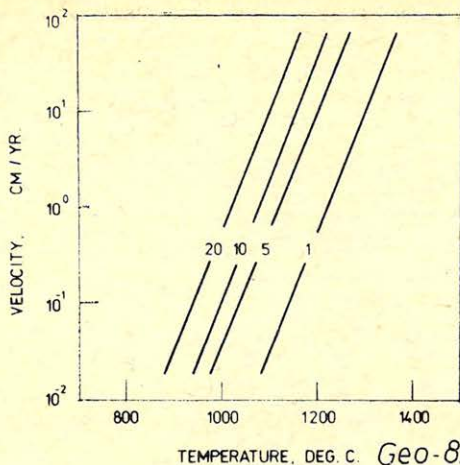
hullámhossza, csak igen kevésbé érzékeny az η_2/η_1 viszonyra. Meg lehet mutatni, hogy ha a gránátos granulit-rétegben és a felső köpenyben a viszkozitást azonosnak vesszük (vagyis $\eta_2 \ll \eta_1$ helyett feltételezzük, hogy $\eta_2 = \eta_1$) akkor α_{\max} értéke mindössze 0,2-del változik meg, a megfelelő hullámhossz az előbbinél kissé nagyobb lesz, a Moho-határ harmonikus zavarainak maximumai pedig némileg laposabbá válnak.

Ahhoz, hogy a Moho egyenetlenségeinek amplitúdója lényegesen megváltozzon, $1/\gamma$ időtartam szükséges. $\Delta\rho = 100 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\alpha = 2,1$, $h_1 = 10 \text{ km}$ és $\eta_1 = 10^{19} - 10^{20} \text{ Pas}$ esetén ez az időtartam 0,01–0,1 millió év nagyságrendű, tehát a határfelület tetszőleges, rendezetlen zavarai geológiailag igen rövid idő alatt harmonikusan rendezetté válnak.

A sűrűség-diszkontinuitás további evolúciójának kvantitatív analízise meglehetősen nehéz probléma. A (4) kifejezésben szereplő e^t -tényező az idő előrehaladtával gyorsan növekszik, a felület zavarainak amplitúdója elvileg minden korlátot túlléphet. A (4) összefüggés megoldásként azonban csak $\sim 1/\gamma$ időtartamokra alkalmazható, vagyis csak olyan esetben, amikor az amplitúdó még meglehetősen kicsi. Ezt az időtartamot kell tekintenünk a mozgásegyenletek megoldásaként meghatározott és az 5. ábrán bemutatott, zárt áramlási rendszer létezésének karakterisztikus idejeként is. Az áramlási tér további stádiumának kvantitatív vizsgálata lehetetlenné válik, mivel a rendszerben egyidejűleg két disszipációs mechanizmus; hővezetés és diffúzió hat, ez utóbbi mechanizmus pedig jelen feladatban meglehetősen indeterminált. Az áramlási kép viszont (amelyet még a keresztveződő kinetikus folyamatok is bonyolítanak) e két mechanizmus egymásra gyakorolt hatásától függ.

A nehezebb anyag feltételezhetően vagy a Moho-határ maximális zavarainak környezetében kialakuló áramlási csatornáknak történő lefolyással, vagy pedig a nehéz gránátos granulitból viszkózus cseppek (blokkok) képződésével és ezeknek az alulról határos, kisebb sűrűségű és viszkozitású folyadékba való lemerülésével süllyedhet le. Bizonyos kvalitatív megfontolások alapján azonban inkább az utóbbi feltételezés látszik valószínűbbnek. Jelen feladat alapvető hasonlósági paraméterei a konduktív és diffúziós Rayleigh-számok. E paraméterek előjeleit a modellezett közegrész határaitra vonatkozó karakterisztikus hőmérsékletek, illetve tömegkoncentrációk különbségei szabják meg. Esetünkben az előbbi paraméter előjele pozitív, az utóbbié negatív. Kétkomponensű folyadékban kialakuló konvekció laboratóriumi modellvizsgálatainak eredményeit vizsgálva, *Myasnikov and Fadieyev (1980)* kidolgozták a különböző típusú konvekciók realizálódásának állapotdiagramját a Rayleigh-számok értékeinek függvényében. Fenti szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy hosszú, megnyúlt áramlási csatornáknak (fingers) kialakuló konvekció csak akkor lehet stabil, ha mindkét Rayleigh-féle szám negatív. Ez fizikailag annak az esetnek felel meg, amikor alul kisebb sűrűségű és hidegebb anyag helyezkedik el, mint a felső rétegben. Jelen feladatban így valószínűleg a két folyadék elkülönülésének az a folyamata lesz stabil, amely a nehéz gránátos granulitból különálló cseppek (blokkok) képződésével és ezek lesüllyedésével megy végbe. A kialakuló cseppek lehetséges méreteinek intervalluma könnyen behatárolható. Nagy viszkozitású közegekben a már leszakadt folyadékcsépp lemerülésének sebessége (feltételezve, hogy $\eta_1 > \eta_2$) közelítőleg megadható a

$$v = \frac{2(\rho_1 - \rho_2)gR^2}{3\eta_2} \quad (5)$$



6. ábra. 1, 5, 10 és 20 km kiterjedésű gránátos granulit-blokkok felső köpenybe történő lemerülésének sebessége.

Рис. 6. Изменение скорости погружения в мантию 1, 5, 10 и 20 км-вых гранат-гранулитовых включений.

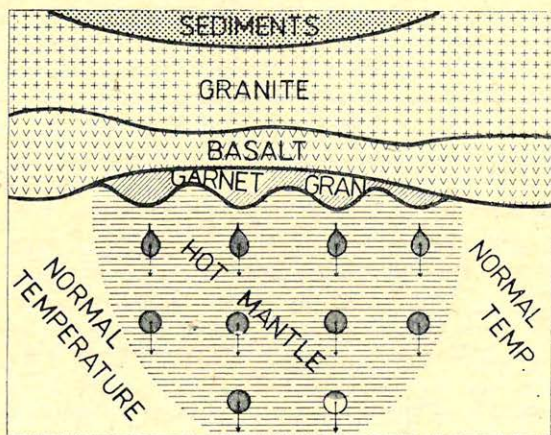
Fig. 6. The velocity of subsidence of garnet granulite blocks with extension of 1, 5, 10 and 20 km respectively.

formulával, ahol R a csepp sugara. A 6. ábrán a v sebesség változása látható a hőmérséklet és a lemerülő csepp kiterjedésének függvényében. A vizskozitást a (3) összefüggés alapján számítottuk.

Ha a legalább $0,1$ cm/év leereszkedési sebességet tekintjük elfogadhatónak, akkor a 6. ábrából kiderül, hogy az alsó kéreg anyaga csak abból a kéregrészből sülyedhet le a felső köpenybe, ahol a hőmérséklet értéke nem kisebb, mint 900°C . Mivel maga a gránátos granulit a $700 - 1100^\circ\text{C}$ hőmérséklet-intervallumban képződhet, az alsó kéreg kivékonyodása (szubkrusztális erózió) a $900 - 1100^\circ\text{C}$ hőmérsékletű zónában válik lehetővé. A leszakadó gránátos granulit-blokkok kiterjedése pedig nem lehet kisebb $2 - 3$ km-nél (ld. 6. ábra), tehát nagyságrendileg nem különbözik lényegesen annak a rétegnek a vastagságától, amelyben a fázisátmenet végbement. A 7. ábra a szubkrusztális erózió fentiekben vázolt modelljének kvalitatív szemléltetését nyújtja.

A köpenybeli indukált konvekció, vagyis a radioaktivitást kiegészítő fűtő-mechanizmus megszűnése után a szubkrusztális erózió folyamata is gyorsan megszűnik. Bodri (1981b) számításai szerint, 35 km-ig terjedő mélységeken a hőmérséklet $1 - 5$ millió év alatt csökken 1100°C -ról 900°C -ra. Mivel a Moho-hőmérsékletek a Pannon-medencében jelenleg sehol sem haladják meg a 900°C értéket, a medencekéreg jelenleg tovább nem vékonyodik.

Ami a nehéz blokkok lesüllyedése során felszabaduló energiát illeti, megmutatható, hogy ez energiamennyiség nagyságrendje $\sim (\rho_1 - \rho_2) g V h_1$, ahol V a lemerült anyag térfogata. Az egységnyi felületre eső energia értéke így 10^{11} J/m², ami három nagyságrenddel kisebb a Pannon-hőanomália aktív periódusa alatt működött konvekciós fűtésből származó, megfelelő energiánál. Ha a gránátos granulit-blokkok lemerülésekor felszabaduló energia teljes egészében hővé alakulna, a közeg hőmérséklete akkor is csak legfeljebb 10 K-kal emelkedne meg.



7. ábra. A szubkrusztális erózió modelljének kvalitatív szemléltetése.

Рис. 7. Качественная модель процесса подкоревой эрозии.

Fig. 7. A qualitative representation of the proposed model of subcrustal erosion.

Depresszió kialakulása

A kéreg alsó rétegének nehéz gránátos granulitba történő fázisátmenete természetesen az izosztikus egyensúly megbomlásához vezet. Az egyensúly visszaállása során a granulitréteg feletti kéregrészt behajlik, a felszín megsüllyed, a térségben depresszió alakul ki. Ez utóbbi folyamat vizsgálata jelen dolgozatnak nem célja, a probléma részletes kvantitatív analízise megtalálható pl. *O'Connell and Wasserburg (1972)* munkájában. A süllyedés maximálisan lehetséges értéke azonban viszonylag könnyen meghatározható. A leendő medence területének lesüllyedése két egyidejűleg végbemenő folyamatnak az eredménye. Az alsó kéregnek a fázisátmenettel beálló megsűrűsödése térfogati összehúzó-dással jár együtt, aminek következtében a felszín is besüllyed. A kezdeti depresszióban lerakódó üledékréteg a rugalmas litoszféralemezre felületi terhelést gyakorol és a terhelés hatására a lemez meghajlik, vagyis a terület izosztikusan lesüllyed. A 4. ábrán a kéreg és a felső köpeny tartományának szerkezeti sémája látható a medence kialakulása után. Legyen $H = h_2 + h_5$ a litoszférának az izosztikus kompenzáció szintjéig terjedő teljes vastagsága. Az üledéklerakódás kezdete előtt természetesen $H = h_2^0 + h_5^0$, ahol a zéró indexek a kezdeti időpontra utalnak. Világos, hogy izosztikus egyensúly akkor alakul ki, amikor a kiegyenlítődésként a rétegösszlet által a kompenzációs szintre gyakorolt terhelés ugyanakkora, mint az a kezdeti időpontban

volt. Így a depresszió maximális mélységének meghatározására két egyenlet írható fel:

$$H = (h_5 - h_4) + (h_4 - h_3) + (h_3 - h_1) + h_1 + h_2 = h_3^0 + h_2^0, \\ \varrho_5(h_5 - h_4) + \varrho_4(h_4 - h_3) + \varrho_3(h_3 - h_1) + \varrho_1 h_1 + \varrho_2 h_2 = \varrho_3 h_3^0 + \varrho_2 h_2^0. \quad (6)$$

Figyelembe véve, hogy térfogati összehúzódás során valamely réteg által az alulról határos régióra gyakorolt terhelés változatlan marad, a (6) egyenletekből meghatározható az alábbi megoldás:

$$h_4 - h_3 = \frac{\varrho_2}{\varrho_2 - \varrho_4} (h_3^0 - h_3), \\ h_3^0 - h_3 = \frac{\varrho_1 - \varrho_3}{\varrho_3} h_1. \quad (7)$$

(7) kifejezések közül az első a kialakuló medencében lerakódott üledékréteg maximális vastagságát adja meg, a második alapján pedig kiszámítható a kéregvastagságnak a térfogati összehúzódásból eredő kisebbedése. Látható, hogy a kialakuló üledékes medence $\varrho_2/(\varrho_2 - \varrho_4)$ -szer mélyebbre süllyed le, mint amennyivel a kéreg vékonyabbá válik. Feltételezve, hogy a gránátos granulit-réteg vastagsága $10 - 15 \text{ km}$, továbbá $\varrho_2 = 3350 \text{ kg/m}^3$, $\varrho_4 = 2550 \text{ kg/m}^3$, $\varrho_3 = 3000 \text{ kg/m}^3$ és $\varrho_1 = 3200 - 3300 \text{ kg/m}^3$, az üledékréteg vastagságára $3 - 6 \text{ km}$ adódik. Ez a számérték elég jól egyezik a Pannon medencében átlagosan $3 - 3,5 \text{ km}$ körüli, esetenként legfeljebb 5 km -t elérő üledékvastagsággal.

Természetesen felmerülő kérdés, hogy mekkora időtartam szükséges az izosztatikus egyensúly újbóli visszaállásához. Az egyensúly visszaállásának karakterisztikus sebességét kompenzálatlan terhelés horizontális kiterjedésének függvényében vizsgálva, *Artyushkov (1979)* arra a következtetésre jutott, hogy tektonikusan aktív térségekben (ahol az asztenoszféra viszkozitása anomálishan alacsony) az izosztázia felbomlása után az egyensúly igen rövid időn belül újból kialakul. *Artyushkov* eredményei szerint horizontálisan mintegy 50 km kiterjedésű terhelés mellett, az egyensúly néhányszor tíz, esetleg egy-kétszáz év alatt visszaáll. A kb. 400 km -nyi átmérőjű Pannon-medence esetében ez az időtartam természetesen nem 10^2 év nagyságrendű, de még mindig lényegesen rövidebb, mint a subkrustális erőzőra vagy a tektonikus folyamatokra vonatkozó $10^5 - 10^6$ év, illetve 10^7 év karakterisztikus időik.

Összefoglalás

Jelen vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy magas pozitív hőanomáliákkal jellemzett, tektonikusan aktív zónákban (ahol a Föld felső rétegeiben a radioaktivitáson kívül más kiegészítő fűtőmechanizmus hatása is érvényesül) $80 - 100 \text{ mW/m}^2$ nagyságú felszíni hőáramok esetén, $20 - 25 \text{ km}$ mélységtől lefelé az alsó kéreg anyaga viszonylag rövid idő alatt átalakulhat gránátos granulittá. E mélységhatár felett a hőmérséklet már túlságosan alacsony ahhoz, hogy az átalakulás geológiailag plauzibilis időtartam alatt lejátszódhasson, ezért itt a fázisátmenet lehetősége megszűnik. Mivel a keletkezett gránátos granulit létezésének teljes $p - T$ intervallumában nehezebb, mint a vele alulról határos régió anyaga, kialakul a lehetősége annak, hogy a kéreg

szubkrusztális erózió útján kivékonyodjon. A szubkrusztális erózió mechanizmusa az alsó kéregből viszonylag nagyméretű (legalább 2–3 km kiterjedésű) gránátos granulit-blokkok kiszakadását és ezeknek a felső köpenybe 1 cm/év nagyságrendű sebességgel történő lemerülését jelenti. A gránátos granulit lemerülése során felszabaduló energiamentiség elhanyagolhatóan kicsi. A szubkrusztális erózió a 900–1100 °C hőmérsékleti intervallumban mehet végbe, a folyamat teljes mértékben a hőmérséklettől függ és azt két tényező szabályozza. Viszonylag alacsony hőmérsékletek esetén a köpenykéreggel szomszédos tartományában a viszkozitás olyannyira magas is lehet, hogy a keletkezett gránátos granulit környezeténél nagyobb sűrűsége ellenére sem tud lemerülni a felső köpenybe. Ha viszont a hőmérséklet igen magas, de fázisátalakulás még létrejöhethet, előállhat olyan helyzet is, hogy a fázisátmenettel nem jár együtt lényeges sűrűségnövekedés.

Az alsó kéreg anyagának megsűrűsödésével, az izosztatikussal kiegyelődés eredményeként, a felszín a térségben besüllyed. Így a kivékonyodott kéregrészek területén depressziók képződnek. Ezek mélysége a fázisátmenettel képződött gránátos granulit-réteg vastagságának mintegy a felét teszi ki.

IRODALOM

- Artyushkov, E. V.*, 1971. Convective instability in geotectonics. *J. Geophys. Res.*, 76: 1397–1415.
- Артюшков, Е. В.*, 1979. Геодинамика. Наука, Москва, 327 стр.
- Bodri, L.*, 1976. Mélységi hóáram és mélyhőmérsékletek a Pannon-medencében. *Egy. dr. ért.*, ELTE Budapest, 80 old.
- Bodri, L.*, 1981a. Geothermal model of the earth's crust in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 72: 61–73.
- Bodri, L.*, 1981b. Three-dimensional modelling of deep temperature and heat flow anomalies with applications to geothermics of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 79: 225–236.
- Bodri, L. and Bodri, B.*, 1978. Numerical investigation of tectonic flow in island-arc areas. *Tectonophysics*, 50: 163–175.
- Bodri, L. and Bodri, B.*, 1979. Flow, stress and temperature in island-arc areas. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 13: 95–105.
- Bott, M. H. P.*, 1971. The Interior of the Earth. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 316 pp.
- Brace, W. F.*, 1972. Laboratory studies of stick-slip and their application to earthquakes. *Tectonophysics*, 14: 189–200.
- Čermák, V.*, 1979. Heat flow map of Europe. In: V. Čermák and L. Rybach (Editors), *Terrestrial Heat Flow in Europe*. Springer, Berlin–Heidelberg–New York, pp. 3–40.
- Giese, P., Morelli, C. and Steinmetz, L.*, 1973. Main features of crustal structure in Western and Southern Europe based on data of explosion seismology. *Tectonophysics*, 20: 367–379.
- Gilbert, F. and Dziewonski, A. M.*, 1975. An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra. *Phil. Trans. R. astr. Soc.*, 278, A: 187–269.
- Ито, К. и Кеннеди, Дж. К.*, 1972. Экспериментальное изучение перехода базальт-гранатовый гранулит-экологит. *Геохимия*, 27, Но. 4: 415–427.
- Мясников, В. П. и Фадеев, В. Е.*, 1980. Модели эволюции Земли и планет земной группы. В: А. П. Капица (Редактор), Серия «Физика Земли», т. 5, ВИНТИ, Москва, 232 стр.
- O'Connell, R. J. and Wasserburg, G. J.*, 1972. Dynamics of submergence and uplift of sedimentary basin underlain by a phase-change boundary. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 10: 335–368.
- Пошгай, К.*, 1977. Сейсмические отражающие границы и распределение скоростей в земной коре и мантии. В: Соллогуб, В. Б. и Чекунов, А. В. (Редакторы), *Строение земной коры и верхней мантии по данным сейсмических исследований*. Наукова Думка, Киев, 272 стр.
- Соллогуб, В. Б., Гутерх, А. и Просен, Д.*, 1978. Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы. Наукова Думка, Киев, 286 стр.
- Ringwood, A. E. and Green, D. H.*, 1969. Phase transitions. In: *Pembroke J. Hart* (Editor), *The Earth's Crust and Upper Mantle*; AGU Geophysical Monograph Series, Washington, 736 pp.
- Tullis, J. and Yund, R. A.*, 1977. Experimental deformation of dry Westerly granite. *J. Geophys. Res.*, 82: 5705–5718.

Bonyolult felépítésű szénhidrogén-tárolók kutatásánál végzett termelési kútszelvényezések tapasztalatai*

TÓTH JÓZSEF**

Az elmúlt években a termelési kútszelvényezés módszerei felhasználásra kerültek a szénhidrogén bányászat kutatási feladatainak megoldásánál is. A dolgozat a felhasználás okaival, eredményeivel, valamint a repedezett tároló néhány megismert tulajdonságával foglalkozik.

За последние годы стали применять методы промышленного каротажа и при решении разведочн х задач на нефть и газ.

В данной статье изложены причины и результаты применения этого метода, а также некоторые свойства трещиноватых коллекторов.

In recent years, production well logging methods have been applied to the solution of tasks arising in hydrocarbon exploration. This paper points out the causes of PWL application, presents its results and describes some features of fractured reservoirs made known by use of this method.

1. Bevezetés

A termelési kútszelvényezés, mint a mélyfúrési geofizika egyik ága, Magyarországon a szénhidrogén-bányászat igényei alapján 1977-ben került széles körben bevezetésre.

Feladata a szénhidrogéntelepek termelő, bésajtoló és megfigyelő kútjaiban végzett mérések alapján a művelés irányításához szükséges adatok (a tároló telítettségi viszonyainak alakulása, a fázishatárok helyzete, a kiszorító front mozgása, a kutak működése, műszaki állapota stb.) biztosítása.

Az utóbbi időben a kristályos medencealjat repedezett, mállott zónájához kapcsolódó szénhidrogén-tárolók kutatásának hatékonyabbá tétele érdekében előtérbe került a termelési kútszelvényezés szénhidrogén kutatási célú felhasználása is.

Jelenleg a mérések száma és az ellenőrzött eredmények már lehetővé teszik, hogy az egyedi kutakban végzett szelvényezések tapasztalatait általánosítsuk.

2. A termelési kútszelvényezés kutatási célú alkalmazását kiváltó tényezők

A szénhidrogén-tárolók fúrásos kutatásánál a legfontosabb információ-szerzési eljárások a mélyfúrési geofizika és a rétegvizsgálatok.

A mélyfúrési geofizika feladata:

- Operatív jelleggel rétegvizsgálati intervallumok kijelölése.
- A fúrás által harántolt és rétegvizsgálatokkal is bizonyított szénhidrogén-tároló összlet tárolóparamétereinek (effektív porozitás, víztelítettség, effektív tárolóvastagság, ...) meghatározása.

* A XII. Geofizikai Vándorgyűlésen elhangzott előadás.

** Kőolajkutató Vállalat, Szolnok.

A karottázs javaslatokon alapuló rétegvizsgálatok feladata:

- az áteresztőképesség (K_{eff} ; $K_{atl.}$),
- rétegtartalom,
- rétegyomás, réteghőmérséklet,...

meghatározása, valamint

- a termelvény mintázása.

A kutatási mélység növekedésével előtérbe került a kristályos alaphegység repedezett-mállott zónájában kialakult szénhidrogén-tárolók kutatása. Ezek az

- általában metamorf kőzetanyagú,
- bonyolult felépítésű, blokkos szerkezetű,
- kis és kettős porozitású,
- nagy etázsvastagságú,
- víztesttel is rendelkező

tárolók a mélyfúrású geofizikát sajátosan nehéz feladat elé állítják. Bár az utóbbi időben jelentős és eredményes erőfeszítések történtek a karottázs interpretáció fejlesztésére, másodlagos vagy döntően másodlagos porozitású tárolókőzetekben az egyik legfontosabb tárolóparaméter, a víztelítettség, szelvényekből nem határozható meg.

Ez a tény, valamint a tároló fent felsorolt tulajdonságai azt eredményezik, hogy a telep csak nagyszámú rétegvizsgálattal ismerhető meg, ami jelentősen növeli a kutatási költségeket.

A rétegvizsgálatok számának csökkentése csak a vizsgálandó szakasz hosszának növelésével érhető el. Ebben az esetben viszont hagyományosan lefolytatott rétegvizsgálatokkal nem határozható meg, hogy a vizsgált intervallum melyik szakaszán történik beáramlás, illetve a különböző fázisok honnan származnak.

A probléma feloldása, azaz

- a beáramlást adó zónák,
- a beáramlás intenzitása (hozamok),
- a kútba lépő fázisok származási helyének (a tároló fázishatárainak)

meghatározása a termelési kútszelvényezés feladata. Ez jellegében megegyezik a módszer egyik eredeti feladatával, a termelő kutakban végzett termelési profil és termelvény-összetétel meghatározással.

A termelési kútszelvényezés a szükséges adatokat

- a kútba lépő fluidum fizikai paramétereinek vizsgálata,
- a kútban mozgó fluidum és az áteresztőképes rétegek, illetve rétegtartalmuk kölcsönhatásai,
- a termelés (elnyelés) hatására az áteresztőképes rétegekben végbemenő változások közvetett kimutatása

alapján adja meg.

A módszer a kutat és a tárolót mint hidrodinamikai rendszert vizsgálja. Ez megegyezik a szénhidrogénkutatás eredeti feladatával, melynek célja a tároló, mint földtani képződményhez kapcsolódó hidrodinamikai rendszer megismerése.

A szolgáltatott adatok szelvénytérkép, a vizsgálatot képező tényezők közvetve kapcsolatba hozhatók a tárolóparaméterekkel (pl.: a beáramlás

intenzitása — effektív porozitás, átteresztőképesség; termelvény-összetétel — telítettség viszonyok; a termelő zóna vastagsága — átteresztőképesség, effektív tárolóvastagság).

A termelési kútszelvényezés feladatai részben átfedik a karottázs és a rétegvizsgálatok feladatait, így a két módszer között szorosabb kapcsolatot teremtenek.

A rétegvizsgálatoknál vézett kutatási célú termelési kútszelvényezések három csoportba sorolhatók:

1. Hosszú, 100–150 m-es nyitott (csövezetlen) szakaszok beáramlás és termelvény-összetétel vizsgálatai.

2. Egyidejűleg több perforációval vizsgált tárolószakaszokon a hozam és a termelvény összetétel perforációk szerinti meghatározása.

3. Rétegvizsgálat közben jelentkező cső mögötti áramlások, illetve a termelvény származási helyének felderítése.

A módszer alkalmazására eddig Kiskunhalas ÉK, Üllés, Sarkadkeresztúr és Szeghalom kutatási területeken került sor.

3. A szénhidrogén-kutatási célú mérések tapasztalatai

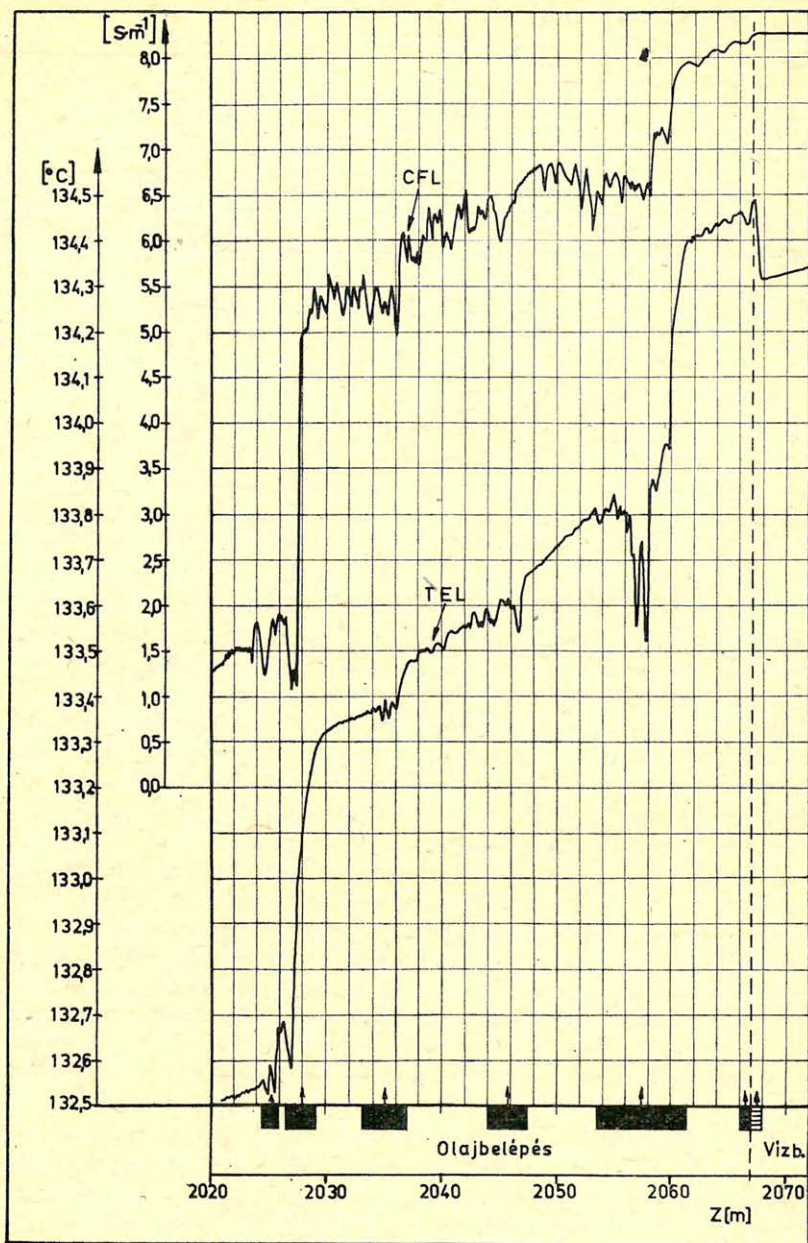
3.1. A kutatás hatékonyságának növelése

A feladatok megoldása a rendelkezésre álló neutron-neutron termikus és természetes gamma (NT ; TG), nagy felbontóképességű lyukátmérő (DL), nagy érzékenységgű abszolút és differenciális hőmérséklet (TEL ; $TEDL$), folyadék elektromos fajlagos vezetőképesség (CFL ; folyadék sűrűség ($DEFL$); forgólapátos ($VEML$), packeres forgólapátos (QPK), izotópinjektoros ($VEII$) és termokonduktív ($QTEL$) áramlás, ill. hozammérésekből a mérési körülmények (a kút műszaki kiképzése, hőmérséklete) a fázisok várható száma és mennyisége alapján tervezett szelvénykombinációkkal történik.

Az adatszolgáltatás a szelvényválaszték és a műszerpark jellemzői miatt kvalitatív-félkvantitatív jellegű. Ez a kutatás által a módszerrel szemben támasztott igényeket jelenleg kielégíti. Kedvező esetben, mint az *I. ábra* szemlélteti, akár minimális számú mérés (pl. $TEL-CFL$ vagy $TEL-CFL-DEFL$ kombinációk) kvalitatív kiértékelése is olyan információkat ad, melyet csak több szelektív rétegvizsgálat biztosítana. (A bemutatott ábrák csak a jellemző esetek bemutatásához szükséges minimális adatot tartalmazzák. A gyakorlatban a feladatok megoldásához 5–6 db dinamikus és statikus kútviszonyok között felvett szelvény szükséges.)

Az eddig lefolytatott mérések eredményei azt bizonyítják, hogy a módszer hatékonyan képes segíteni a kutatást, akár nyitott, akár csövezett rétegvizsgálatnál kerül sor alkalmazására.

Amennyiben a kútkiképzés és a kőzetviszonyok megengedik, a hosszú nyitott szakasz termelésbe állítását, kedvező beáramlásviszonyok esetén már az első rétegvizsgálattal meghatározhatók vagy behatárolhatók a fázishatárok és kijelölhetők a pontosabb tárolóviszonyok megismerése érdekében szelektíven vizsgálandó zónák. Ez lehetővé teszi a rétegvizsgálatok számának csökkentését. Adott kutatási terület több fúrásában végzett mérések elősegítik a tároló szerkezetének pontosabb megismerését azáltal, hogy a blokkokat eltérő fázishatáraik jellemzik. A gyorsabb és megbízhatóbb információszerzés így közvetve kutatófúrásokat is megtakaríthat.



Geo-82/4-1

1. ábra. Beáramlást adó intervallumok és olaj-víz fázishatár meghatározása termelési kútszelvényekből.

Рис. 1. Водонефтяной контакт и определение интервалов притока при добыче.

Fig. 1. Determination of oil-water contact and producing intervals by means of production well logs.

Csővezett kutak rétegvizsgálatainál végzett méréseink bizonyítják, hogy a kutak rossz cementpalástja miatt előfordulnak cső mögötti áramlások. Emiatt a rétegvizsgálati eredmény nem a perforációval szembeni réteget jellemzi és halmaztelep esetén erre sokszor nem, vagy csak akkor lehet következtetni, amikor már a vizsgálat nem ismételhető meg. Amennyiben ez a tároló blokkos felépítésével is kombinálódik, úgy a tárolóról a kutatás első fázisában a valószínűségi bonyolultabb vagy egyszerűbb kép alakulhat ki. Ez kihatással van a további kutatófúrások és rétegvizsgálatok számára, illetve a készletszámítás pontosságára.

Fentiek miatt szükségesnek tartjuk új kutatási területek első kútjaiban a rétegvizsgálatok sterilitásának ellenőrzését akkor is, ha cső mögötti áramlásra utaló jel nem jelentkezik.

A módszer alkalmazásának eredményeit konkrétan a következők is bizonyítják:

1. Kiskunhalas ÉK-en, ahol a legtöbb mérés történt, a tároló blokkjainak lehatárolásánál nyújtott hatékony segítséget.

2. Üllésen olyan olajtároló réteget derített fel, amit a kútban cső mögötti áramlás miatt a rétegvizsgálat meddőnek mutatott.

3. Szeghalom, ahol eddig tíznél több lemélyített és részben kivizsgált kutatófúrással még nem sikerült az olajvíz fázishatárt pontosan lehatárolni, az első (de valószínűleg csak egy blokkra érvényes) és a kutatási állapotjelentésben is elfogadott adatot a termelési kútszelvényezés szolgáltatta.

A termelési kútszelvényezés alkalmazásánál korlátokat szab a kutak műszaki kiképzése és a lyukműszere, hőmérséklettűrése. A meglévő műszerparkkal a beáramlás- és termelvény-összetétel meghatározásokat $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, a cső mögötti áramlások felderítését $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ kúthőmérsékletig tudjuk biztonságosan végezni, de folyamatban van magasabb hőmérséklettűrésű eszközök beszerzése.

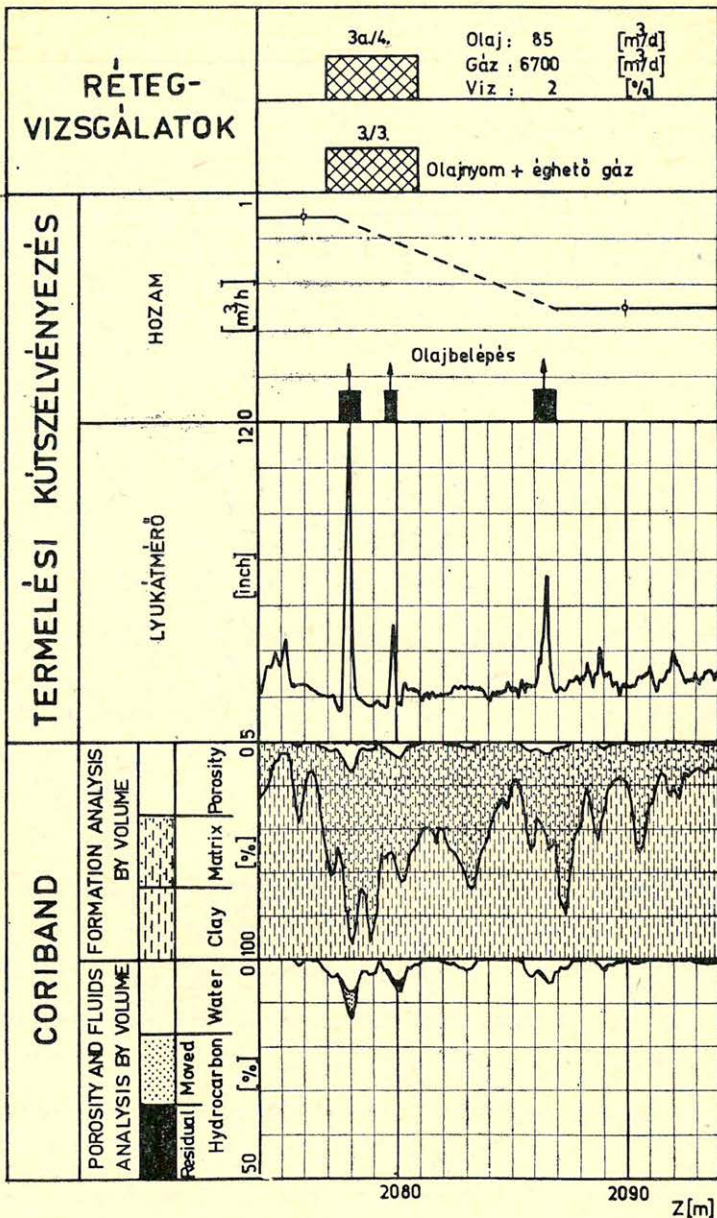
3.2. A karotázs interpretáció és a termelési kútszelvényezési eredmények összehasonlítása

A termelési kútszelvényezés szelvénykombinációinak tervezésénél és értelmezésénél minden esetben felhasználjuk a nyitott lyukban mért karotázs szelvényeket. Az eddigi eredmények alapján a következők állapíthatók meg:

1. Az áteresztőképesség megítélése szempontjából a termelési kútszelvények az operatív karotázs értelmezés rétegvizsgálati javaslatait általában alátámasztják. A tényleges és a karotázs szelvények alapján várható beáramlásviszonyok közötti egyezés jobb, ha nyitott rétegvizsgálat történik, valamint, ha a szelvényezés és a nyitott rétegvizsgálat között nincs nagy időkülönbség.

2. Alkalmunk volt ugyanabban a kútban a Schlumberger CORIBAND interpretáció, a nyitott rétegvizsgálatoknál végzett termelési kútszelvényezés és a csővezetés utáni szelektív rétegvizsgálati eredmények összehasonlítására (2. ábra). Ez alapján megállapítható, hogy csak karotázs szelvényekből még korszerű mérések és interpretáció esetén sem valószínű a repedezett tárolók fázisviszonyainak pontos meghatározása. (A tároló elsődleges porozitású szakaszán az eredmények jól egyeztek.)

3. A termelési kútszelvényezési eredmények és a kvantitatív karotázs interpretáció együttes felhasználása az eddigieknél lényegesen jobb és megbízhatóbb geofizikai adatszolgáltatást tesz lehetővé.

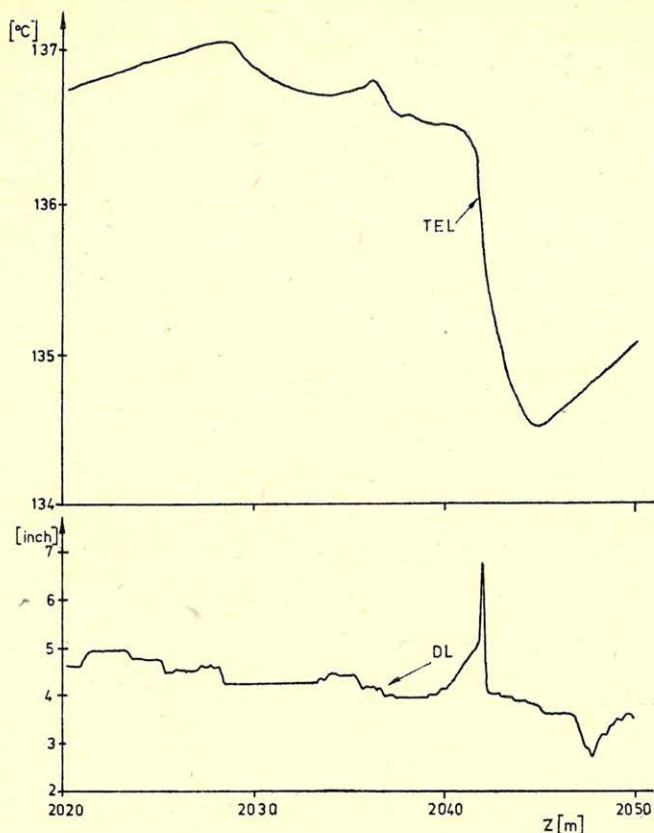


Geo-82/4-2

2. ábra. Kvantitatív karottázs interpretáció (CORIBAND), termelési kütszelvényezés (nyitott rétegvizsgálat) és szelektív rétegvizsgálatok eredményei repedezett tárolószakaszon.

Рис. 2. Количественная каротажная интерпретация (КОРИБАНД) промышленный каротаж (открытое испытание пласта) и результаты селективных опробований пластов для трещиноватого интервала.

Fig. 2. Results of quantitative log interpretation (CORIBAND), of production well logging (completion in open hole) and that of selective well completions in an interval of a fractured reservoir.



Geo-82/4-3

3. ábra. Nagy intenzitású beáramlás repedésen keresztül.

Рис. 3. Приток большой интенсивности через трещину.

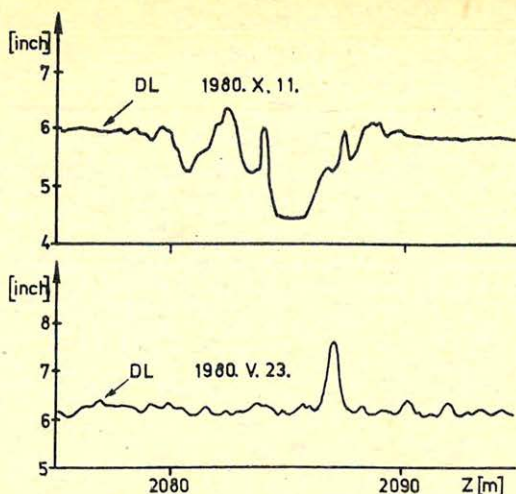
Fig. 3. Large volume inflow through fracture.

3.3. A repedezett tárolókról nyert információk

A mérési eredmények bizonyítják, hogy amennyiben a tároló vizsgált intervallumában vannak nyitott repedések, vagy makrorepedezett-üreges zónák, úgy a termelés jelentős részét azok adják. (A 3. ábrán bemutatott esetben ez pl. lényeges hőmérséklet-növekedéssel jelentkezik.) Ez azt eredményezi, hogy a rosszabb átteresztőképességű szakaszok lefűződnek, ami a kihozatali tényezőt csökkenti.

A jó átteresztőképességű repedésrendszereken keresztül a kutak elvizedése gyorsan és a kút bármely szakaszán bekövetkezhet. Méréseink kimutattak a statikus telephőmérsékletnél több ($^{\circ}\text{C}$)-al magasabb és alacsonyabb hőmérsékletű vízbelépést is, ami távoli (mélyebb vagy magasabb szerkezeti helyzetben levő rétegből származó) vízutánpótlódást jelent.

A tárolókőzet átteresztőképessége időben és a kútmunkálatok következtében romlik. Ez három okra vezethető vissza:



Geo-82/4-4

4. ábra. Repedés összezáródása.

Рис. 4. Закрытие трещины.

Fig. 4. A fracture shut up.

1. A réteg a fúrás túlegyensúlyozottsága miatt elszennyeződik.
2. A repedések a kút környezetében összezáródnak (4. ábra).
3. Béléscső cementezése során a repedésekbe cement hatol.

Fentiek szerint nem mindegy, hogy a rétegvizsgálatokra milyen időpontban és milyen körülmények között kerül sor. (Mennyi idő telt el a kút lemélyítése óta, nyitott vagy csövezett kútban történik-e a rétegvizsgálat.) A rétegvizsgálatok elemzése alapján tendenciózan jelentkezik, hogy a fúrás befejezése után közvetlenül lefolytatott nyitott rétegvizsgálatok jobb eredményeket adnak, mint ha azok későbbi időpontban történnek vagy megismételt vizsgálatra kerül sor.

A termelési kútszelvényezés segítségével az is kimutatható, hogy azok az intervallumok, amelyek nyitott rétegvizsgálatnál adtak beáramlást, csövezés után szelektíven vizsgálva esetleg csak rétegek kezelés hatására termelnek. (Ezt a 2. ábrán bemutatott példa is szemlélteti.)

Ezeket a tényeket a beáramláshiányos rétegvizsgálatok számának növekedése miatt a mélyfúrás geofizikát érő kritikáknál mindenképpen figyelembe kell venni.

4. Következtetések

A termelési kútszelvényezés eddigi eredményei alapján bizonyította létjogosultságát a szénhidrogén-kutatásban. Amellett, hogy az eredetileg kitzűzött feladatait teljesítette, a módszer alkalmazásával lehetővé vált a bonyolult felépítésű, kettős porozitású tárolók néhány tulajdonságának jobb megismerése is. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy az ilyen típusú tárolókat célszerű a kút lefúrása után minél gyorsabban kivizsgálni. Ennek érdekében, ahol a kőzetviszonyok megengedik, növelni kell a nyitott, vagy ha ez nem lehetséges a több-perforációs rétegvizsgálatok számát, ami viszont előrevetíti a termelési kútszelvényezés eddigénél tervszerűbb, szélesebb körű alkalmazását is.



TÓTH GÉZA köszöntése
az MGE közgyűlésén, 1982. február 19-én

Tóth Géza 1901-ben született Nyitrán. 1926-ban a Budapesti Tudományegyetemen matematika-fizika szakos tanári oklevelet szerzett, de már 1925-től kezdve tanársegédként működött a Műegyetem I. sz. matematikai tanszékén.

1927-ben lett az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet kutatója, 1933-tól a Magaslégkör-kutató Osztály vezetője, majd 1943-ban az Időjelző Osztály, 1945-ben a Repülési Szolgálat irányítását vette át. 1948-ban az Intézet vezetésével bízták meg. Légkörkutató tevékenysége kapcsán élénk részt vett a magyar repülési időjárási szolgálat ellátásában, főként mint a vitorlázó repülők tanácsadója.

Szakmai működésének több évre terjedő megszakítása után 1956-ban a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet munkatársa lett, ott először a Földmágneses, majd az Egyeztető Osztályon dolgozott és részt vett az első magyar luniszoláris gravitációs mérések feldolgozásában. 1963-ban a Számítástechnikai és Ügyvitelszervező Vállalatnál felállított elektronikus számítógép-részleg vezetője lett 1965-ben bekövetkezett nyugalmabavonulásáig.

Már 1956-tól kezdve, de még inkább nyugdíjba lépése óta tevékeny részt vesz a Magyar Geofizikusok Egyesülete munkájában, elsősorban a nemzetközi szimpóziumok szervezésének lebonyolításában és jelentős része volt azok sikerében. Ugyancsak élénk részt vett a Magyar Geofizika szerkesztési munkáiban.

Tóth Géza szakmai és szervezési munkáival megnyerte a geofizikus társadalom megbecsülését. Egyesületünknek 1969 óta tiszteleti tagja.

Geofizikai tevékenységet az Egyesületen kívül a Geofizikai Tanszék könyvtárának fejlesztésével végez. Kívánjuk, hogy szervező-fejlesztő tevékenységét jó egészségben sikeresen folytassa az egész geofizikus társadalom és tudomány hasznára.

Dr. Barta György



SZILÁRD JÓZSEF köszöntése

az MGE közgyűlésén, 1982. február 19-én

Szilárd József, okl. építészmérnök Temesvárott született 1902-ben. 1930-ban került a Geofizikai Intézethez és néhány év megszakítással, 1967-ben történt nyugdíjazásáig, az Intézet dolgozója volt.

Munkássága kezdetén Pekár Dezső mellett az Eötvös-inga mérésekben vett részt és azok egyik legkiválóbb szakértőjévé vált. Mint Eötvös-inga szakértő hosszabb időt töltött Perzsiában és Kínában, Olaszországban pedig több éven keresztül graviméteres méréseket végzett.

Későbbi gravitációs munkásságában kiemelkedő jelentőségű az 1950–55 között létesített – világviszonylatban is az elsők között levő – I. és II. rendű gravitációs alaphálózat megtervezése, méréseinek és feldolgozásának irányítása. Nevéhez fűződik az ország rendszeres, áttekintő gravitációs felméréseinek megindítása, a mérések egységes rendszerbe illesztésének és az eredmények 1:50 000 méretarányú térképlapokon történő dokumentálásának megszervezése és irányítása. E munkásságával nagymértékben hozzájárult a magyarországi gravitációs kutatások áttekintő szakaszának megvalósításához.

Nyugalomba vonulása után sem szakadt el az Intézettől, volt munkahelyére azóta is naponta fáradhatatlanul bejár. Részt vesz a Magyar Geofizikusok Egyesületének munkáiban, az Egyesület tiszteleti tagja. Eötvös Loránd életének és munkásságának, valamint a hazai geofizikai kutatások kezdeteinek feltárása és elemzése révén a mai napig tovább gazdagítja ismereteinket.

Dr. Barta György

Az IAGA 4. Tudományos Ülésszakáról

ÁDÁM ANTAL* – BENCZE PÁL*

A Nemzetközi Földmágnassági és Aeronómiai Asszociáció (rövidítése IAGA) 1981. augusztus 3 – 15. között tartotta a skóciai Edinburgh-ben 4. Tudományos Ülésszakát.

A helyi szervező bizottság (elnöke: B. R. Leaton) kiváló munkát végzett, amelyet számos intézmény támogatott, köztük a *Royal Society* és az *Edinburghi Egyetem* is.

Valamennyi tudományos konferenciát – a megnyitó ünnepély és a Szaturnusz ülésszak kivételével – az *Edinburghi Egyetem* „Appleton Tower”-jében tartották, amely ideális feltételeket biztosított mind az előadásokhoz, mind a poster ülésekhez.

733 szakember 42 IUGG/IAGA-tagországból és 5 egyéb helységről vett részt az ülésszakon. 1564 szerző összesen 1013 előadást jelentett be. Mind a résztvevők, mind az előadások száma rekordot jelent az IAGA ülésszakainak történetében.

Magyarországot 4 küldött képviselte, a szerzőkön kívül Mártonné Szalay Emőke (MÁELGI) és Satori Gabriella (MTAGGKI). Valamennyien előadást tartottak.

Az előadások kivonatát 614 oldalas „Programme and Abstracts Booklet” tartalmazza (IAGA Bulletin No. 45).

A 46 tudományos konferencián kívül 31 egyéb rendezvény volt, köztük review-előadások, szervezési ülések, munkacsoport-értekezletek stb.

A Tudományos Ülésszak elsősorban tudományos információcserét szervezett a résztvevők között és nem foglalkozott – a közgyűlésekhez hasonlóan – bonyolult adminisztratív kérdésekkel. A „Delegátusok Konferenciája” az ülésszak végén megvitatta és elfogadta a Végrehajtó Bizottság határozatait, valamint az 1983. évi hamburgi IUGG Közgyűlésre tett témaajánlásokat.

Egy speciális munkaülés két este „Az IAGA-tudományterületek erősítése a fejlődő országokban” c. témáról tárgyalt.

Az IAGA tiszteletbeli tagjai közé választotta két korábbi főtitkárát Dr. L. R. Allredget és Dr. J. O. Cardust.

Nagyon gazdag és figyelmes vendéglátásban volt részünk. A nagymúltú város megismerésén kívül lehetőséget kaptunk különböző fogadásokon személyes kapcsolataink elmélyítésére is. Számos kirándulást szerveztek az első hét végén és augusztus 13-án megtekinthettük a híres és rendkívül látványos edinburghi „Military Tattoo”-t, a zenés és kosztümös katonai parádét a várban.

Természetesen csak szűkebb szakmai területünknek megfelelően tudtunk a konferenciákon, szervezési tanácskozásokon részt venni.

Így figyelemmel kísértük az *elektromágneses indukciós problémákkal* foglalkozó konferenciákat. Ezek regionális kutatásokkal, óceáni vizsgálatokkal, audiófrekvenciás magnetotellurikus (AMT-) mérésekkel és ehhez kapcsolódó ELF hullámterjedési kérdésekkel, az ún. információs veszéllyel, a forrástervek hatásával és még számos rokon problémával foglalkoztak.

* MTA GGKI, Sopron

Kiemeljük az AMT-mérések térhódítását a gyakorlati kutatási feladatok megoldásában, így az érekutatástól, a tektonikán keresztül az atomerőművek kiégett fűtőelemeinek befogadására alkalmas homogén közettestek felkutatásáig. Az AMT-kutatásokat szolgálta augusztus 13-án, *Earlyburn*-ben rendezett műszerkiállítás is, amelyet az indukciós munkacsoport szervezett. Ez is demonstrálta a mikroelektronika és ennek révén a terepi adatfeldolgozás térhódítását a geofizikai műszerekben.

A regionális kutatásokat illetően az a meggyőződés alakult ki, hogy a jövőben a frekvenciatartomány szélesítésével, a mérések térbeli sűrítésével és a mérési pontosság fokozásával lényegesen jobb geoelektromos modelleket várhatunk. Nőtt az érdeklődés a módszertani alapkérdések iránt is, így pl. az áramcsatornázás, a forrástér kérdését sokoldalúan vitatták.

Az „indukciós veszély” nagyterjedésű és elektromosan vezetett emberi létesítményeken, pl. elektromos távvezetéseken, távközlési kábeleken, nagy csővezetéseken földmágneses zavarok által indukált elektromos feszültség formájában jelentkezik. E kérdést is sokoldalúan tárgyalták.

Az „*IGA Elektromos Indukció, Elektromos Vezetőképesség (Föld és Hold)*” munkacsoporton belül szervezési feladataink is voltak az ún. *business meeting* levezetésével, továbbá a tudományterület fejlődését bemutató ún. *reporter's review* megtartásával.

A 46 tudományos konferencia közül időben a legterjedelmesebb a középső légkör kutatásával foglalkozó *Middle Atmosphere Scientific Symposia* volt. Ennek az a körülmény adott aktualitást, hogy 1982. január 1-ével indult meg 2 évi előkészület után az *ICSU (Tudományos Szövetségek Nemzetközi Tanácsa)* által kezdeményezett, a középső légkör átfogó tanulmányozására szolgáló program a *MÁP (Middle Atmosphere Program)*. A középső légkör kutatása azért került előtérbe, mert arról, mint az időjárási folyamatok által befolyásolt alsó légkör és a már a naptevékenység hatása alatt álló felső légkör közötti légköri tartományról a nem rendszeresen végzett mérések miatt viszonylag keveset tudunk. Ugyanakkor ez a magasságintervallum átmeneti jellegénél fogva az egész légkört tekintve is jelentős szerepet játszik. A szimpóziumon 7 témakörben 85 előadás hangzott el. A dinamikai problémák témakörében a planetáris hullámok a légköri ár-apály hullámok, a különböző mozgásoknak a kémiai összetételre gyakorolt hatásának és a szélérések technikájának problémájával foglalkoztak. Az elektrodinamikus csatolás és az alsó ionoszféra dinamikája témakörben elhangzott előadásokban az ionoszféra *D* tartományának kutatásában elért eredményekről, a téli anomália sajátosságairól, a mezoszférában elhelyezkedő *Na* réteg vizsgálatának eredményeiről és a turbulencia közvetett meghatározásának lehetőségéről hallottunk. A nagy energiájú részecskék témakörében az előadások többek között relativisztikus elektronok becsapódására visszavezethető ionizáció felfedezéséről, a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitásában mutatózó *Forbush*-csökkenésnek a hatásáról a mezoszféra ionizációjában, a sarki fény jelenségét kiváltó elektronok becsapódásával kapcsolatos hőmérséklet-emelkedésről, az ezeket kísérő fényemissziókról szóltak. A Nap elektromágneses sugárzása a röntgentől a közeli ultravioláig témakörben a spektrum változékonyságáról, illetve a mérések pontossága és a változékonyság kimutatása közötti összefüggésről hallottunk. A semleges és ionkémia, valamint égboltsugárzás témakörben a változó összetevők eredetéről, az égboltsugárzás méréséből levonható következtetésekről volt szó. A laboratóriumi aeronómia témakörben elhangzott előadásokból a különböző reakciók sebességi állandóira

vonatkozó legújabb kutatások eredményeit ismerhettük meg. Végül az éjszakai világító felhők témakörben ennek a különös jelenségnek a keletkezéséről, a felhőket alkotó protonhidrátok képződéséhez vezető reakciók hőfokfüggéséről, modellezésükről, valamint a megfigyelésükből levonható következtetésekről hallottunk.

Összefoglalva, ez a szimpózium lehetőséget adott arra, hogy a rendkívül komplex jelenségkörrel rendelkező középső légkör kutatásának legújabb eredményeivel, a különböző kutatócsoportok célkitűzéseivel megismerkedhessünk és magunk is megismertethessük saját eredményeinket, elképzeléseinket, régi tudományos kapcsolatokat ápolhassunk és újakat létesíthessünk.

MTESZ az energiatakarékosságért

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének felhívása a magyar műszaki, gazdasági, agrár- és természettudományi szakemberekhez energiatakarékossági javaslatok kidolgozására.

Az „*MTESZ az energiatakarékosságért*” címmel meghirdetett pályázati rendszerben 1980–81. évben beérkezett 435 db pályázatban a szakemberek sok hasznos javaslatot tettek és számos lehetőséget tártak fel a népgazdaság energiahordozó-felhasználása csökkentésére.

Az eddigi kedvező tapasztalatok alapján az MTESZ Elnöksége ismét meghirdeti az energiatakarékossági pályázatot. Az új kiírásban a pályázati feltételek pontosabb meghatározása mellett fokozott figyelmet kap az egyéni kezdeményezés.

Az MTESZ külön figyelmet kíván fordítani a megvalósítás lehetőségeinek kidolgozására, és ennek megfelelően határozta meg a pályázat új szakaszának feltételeit.

A pályázat célja:

Olyan reálisan és rövid időn belül megvalósítható szervezési intézkedések, üzemviteli vagy technológiai eljárások, új konstrukciók, berendezések, készülékek kidolgozásának és megvalósításának ösztönzése, amelyekkel az energia-gazdálkodási *kormányprogram* végrehajtása meggyorsítható vagy hatékonysága növelhető.

Ezen belül a fő feladatok:

- technológiai folyamatok fajlagos energiaszükségletének csökkentése;
- bármely egyéb célú energiafelhasználás csökkentése;
- import energiahordozók kiváltása hazai energiahordozókkal;
- hulladékok és helyi, eddig kihasználatlan energiaforrások hasznosítása.

1. A pályázaton csak *műszakilag kidolgozott és gazdasági számítás*sal (mérhető értékek alapján) alátámasztott javaslatok bírálhatók el. Nem műszaki javaslat esetében (pl. szervezési, ügyviteli stb.) pontosan ki kell dolgozni a szervezeti vagy ügyviteli változtatást, annak ellenőrzését stb. Nem kellően kidolgozott javaslatok elbírálására nincs lehetőség. Amennyiben a javaslat

- csak ötlet, de alapgondolata figyelemreméltó, azt a MTESZ VB által kijelölt Bíráló Bizottság a MTESZ szakmailag illetékes tagegyesületének adja át további vizsgálatra, esetleg kidolgozásra.
2. Nép gazdasági szintű gazdaságpolitikai döntést igénylő javaslatok a pályázat keretében nem értékelhetők, ezeket azonban a Bíráló Bizottság megfelelő javaslatával ellátva az MTESZ illetékes főhatóságához továbbítja.
 3. A nép gazdasági tervben vagy az energiagazdálkodási kormányprogramban szereplő feladat megoldására vonatkozó javaslat csak *akkor értékelhető, ha az a meghatározott feladat meg nem oldott részére tartalmaz konkrét megoldást* vagy megvalósítható új eljárást.
 4. A beküldött javaslatoknak tartalmazniuk kell a megvalósítás reális lehetőségét és idejét, természetesen a korábbiakban előírt kidolgozottsággal. Az értékelés során előnyös helyzetben vannak a vállalati szinten, saját eszközökkel megvalósítható eljárások.
 5. Pályázni lehet már megvalósított javaslatokkal is, amennyiben a *megvalósítás egy évnél nem régebbi* és a megoldás a korábbi pályázat során még nem szerepelt.
 6. A pályázaton csak természetes személy (vagy személyek) vehetnek részt. *Jogi személy* (vállalat, intézmény) pályázata *nem fogadható el*. Nem fogadható el *jogi személy kezdeményezésére vagy utasítására* hivatásszerű tevékenység keretében végzett munka, még természetes személy nevével sem.
 7. A pályázatok elbírálása, jutalmazása, díjazása vagy hasznosítását szorgalmazó továbbítása az MTESZ részéről nem érinti a pályázó újítási vagy találmányi jogait. Amennyiben a pályázatra beadott javaslat találmány vagy újítás tárgyát képezi, úgy azt a pályázó a javaslaton tüntesse fel.
 8. A pályázatot jelíggel ellátva, a pályázó nevét tartalmazó jelíggés boríték mellékelésével az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Titkárságára kell beküldeni. Cím: 1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6–8. I. emelet 113. (Telefon: 120–855)
Postai cím: Budapest, Pf. 451. 1372
 9. A pályázatokat az MTESZ VB által megbízott Bíráló Bizottság *folyamatosan értékeli és továbbítja* az érdekelt vállalatoknak, intézményeknek bevezetés, illetve a hatóságoknak intézkedés céljából; a Bíráló Bizottság még az eredményhirdetés előtt a hasznosításra javaslatot tesz.
 10. Az MTESZ a tárgyév október 1-ig beérkezett, értékelt és hasznosítható javaslatok közül a legjobbakat évente egy alkalommal díjazásban vagy jutalomban részesíti, és erről a pályázót értesíti.

A kitűzött díjak:

| | |
|----------|--------------|
| I. díj | 50 000, – Ft |
| II. díj | 30 000, – Ft |
| III. díj | 20 000, – Ft |

A díjak megoszthatók. A kiadásra kerülő díjak számát az elbírált javaslatok száma és értéke szerint a Bíráló Bizottság állapítja meg. A díjakon kívül a Bíráló Bizottság egyes javaslatok benyújtóit jutalomban részesíti. A díjakat és jutalmakat az MTESZ a tárgyév december 31-ig ünnepélyesen osztja ki.

Könyvismertetés

Hamid N. Al-Sadi, Ph. D.: *Seismic Exploration Technique and Processing.* (Astronomy-geophysics series; v. 7.)

Kiadó: Birkhäuser Verlag Basel, Boston, Stuttgart, 1980. ISBN 3 – 7643 – 1007 – 3

A könyv 215 oldalon a következő fejezeteket tartalmazza:

1. A hullámmozgás elmélete
2. Szeizmikus hullámok
3. Idősorok analízise
4. Spektrumanalízis
6. Reflexiós adatok digitális feldolgozása

Irodalomjegyzék

Szerző szerinti index

Tárgy szerinti index

Az első fejezet, ami a hullámmozgás elméletével foglalkozik, alapul szolgálhat bármilyen szeizmológiai tanulmányhoz. Ezt követi a speciálisan szeizmikus hullámokkal foglalkozó fejezet. A két fejezet együtt alkot egy egészet, a további fejezetektől függetlenül is megállják a helyüket. Ezekben a fejezetekben a szerző foglalkozik a hullámegyenlettel, a longitudinális és tranzverzális hullámokkal, Rayleigh- és Love-hullámokkal, zajokkal, diffrakciókkal és a hullám terjedési sebességével.

A harmadik és negyedik fejezet a digitális szeizmikus adatfeldolgozás elméletét ismerteti. A harmadik fejezetben az időtartománybeli, a negyedikben a frekvenciatartománybeli megoldások szerepelnek.

Az ötödik és hatodik fejezet az alkalmazásról szól. Az ötödik elsősorban a mérés-oldalt vizsgálja, a hatodik pedig a mért adatok feldolgozását. A kettő együtt áttekintést ad a jelenleg használatos szeizmikus kutatómódszerről, a terítési rendszerektől kezdve egészen az interpretációt segítő speciális feldolgozási eljárásokig. A könyv az interpretációval már nem foglalkozik.

A könyv egy igen jó áttekintő jellegű mű. Minden benne van, amire egy szeizmikával foglalkozó geofizikusnak a méréssel, illetve feldolgozással kapcsolatban szüksége lehet. A szerző mindvégig szigorúan tartja magát az áttekintő jellegű tárgyalásmódoz. Minden témában csak annyira mélyed el, amennyire az a fő vonalak megértéséhez szükséges.

A könyvnek éppen ez a fő erénye. Bármit kiválaszthatunk a tartalomjegyzékből, vagy a jól szerkesztett indexekből, a kiválasztott fejezetben egyrészt találunk a témáról egy korrekt ismeretét, másrészt pedig egy sor hivatkozást cikkekre, könyvekre, melyekből a téma mélységeit is megismerhetjük.

A könyv igen jó tankönyve lehet azoknak az egyetemi hallgatóknak, akik nem geofizikusnak készülnek, de tanulmányaik során meg kell ismerkedniük a szeizmikával is.

Zsellér Péter

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| <i>Погачаш Д. – Вёлди Л.</i> : Исследование сейсмических представлениях паннонских литостратиграфических и литогенетических единиц в восточной Венгрии | 82 |
| <i>Бодри Б. – Бодри Л.</i> : Связи утоньшения коры Паннонского бассейна с геотермикой района | 94 |
| <i>Тот Й.</i> : Опыт производственных каротажных работ при разведке продуктивных горизонтов в сложных геологических условиях | 107 |
| Новости в общества Венгерских геофизиков | 117 |
| Обзор книг | B-3 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| <i>Pogácsás Gy. – Völgyi L.</i> : Seismic Representation of Pannonian lithostratigraphic and litho-genetic units in eastern Hungary | 82 |
| <i>Bodri B. – Bodri L.</i> : The Pannonian basin crustal thinning and geothermics of the region | 94 |
| <i>Tóth J.</i> : Experiences of production well logging works run in exploration of hydrocarbon bearing reservoirs with complex lithological structure | 107 |
| News about the Association | 117 |
| Book reviews | B-3 |

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

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

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9-11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

82.387. Állami Nyomda, Budapest.

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507