

# A derecskei mélyzóna szeizmosztratigráfiai vizsgálata\*

MARTON GYÖRGY\*\*

*Jelen dolgozat a szeizmikus makrosztratigráfia elvi alapjainak összefoglalásán túl a derecske kutatási területéről mutat be néhány értelmezett szeizmikus időszelvényt. Az időszelvények, valamint néhány mélyfúrás – különös tekintettel a Bem-1. szénhidrogén-kutató fúrás – mag és karotázs adatai alapján a terület mélyföldtanának pontosabb megismerésére tesz kísérletet. A dolgozat további célja az integrált sztratigráfiai kutatásban rejlő néhány lehetőség felvillantása.*

*Наряду с обобщением теоретических основ сейсмомакросстратиграфии в докладе представлено несколько проинтерпретированных сейсмических временных разрезов. Показан путь, следуя которому получаем возможность на основании показанных в докладе и непредставленных в нем временных разрезов, а также на основании данных кернов и каротажа нескольких скважин и особенно скважины ВСМ-1, более полно изучить глубинную геологию данной территории и её нефтегазоносную геологию.*

*Главной целью доклада, кроме пропаганды сеймосстратиграфии, является освещение некоторых возможностей интегральностратиграфической разведки.*

*The recent study summarizes the theoretic bases of seismic macrostratigraphy and moreover it presents some interpreted time sections from Derecske-area.*

*On the basis of the time sections as well of well logs and well cores of some deep wells paying outstanding attention to well Bem-1 it attempts to gain knowledge of the deep geologic structure of the investigated area.*

*A further goal of the paper is to show some possibilities lying in the integrated seismic stratigraphic investigation.*

## Bevezetés

A szeizmikus sztratigráfiai interpretáció a kőolajkutatással foglalkozó nagy világcégek gyakorlatában közel két évtizede rutinszerűen alkalmazott eljárás. Bevezetését a hazai szénhidrogén-kutatás fegyvertárába napjainkban még csak néhány előadás, dolgozat és a G. K. V. által kibocsátott két szeizmikus jelentés fémjelzi. A szeizmikus sztratigráfiai interpretáció magyarországi adaptálása a napjainkban megvalósuló feltételek és a felmerülő igények szerencsés találkozását jelenti. A feltételeket a magas fedésszámú, jobb felbontású időszelvények széles körű elterjedése, az igényeket a több évtized alatt kialakított kutatási koncepció továbbfejlesztésének szándéka foglalja magába. A korábbi és a jelenlegi hazai kutatási gyakorlatban a szénhidrogén-készletek nagy részét magában foglaló szerkezetek kutatása az alapvető cél (*Rumpler, 1982*). Joggal feltételezhetjük azonban, hogy a készletek másik – és nem jelentéktelen részét – a sztratigráfiai, ill. a litológiai változások helyéhez kötődő sztratigráfiai, ill. litológiai csapdák tartalmazzák. A szeizmikus sztratigráfiai interpretáció hatékony segéd-eszköze lehet az üledékes medencék sztratigráfiai vizsgálatának, illetve a nem szerkezeti jellegű ún. rejtett típusú szénhidrogén-tárolók kutatásának, előrejelzésének.

\*Az 1985. évi Ifjúsági Ankéton első díjat nyert előadás.

\*\*Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest.

A szeizmikus sztratigráfiai értelmezés egy új, modernebb interpretációs szemlélet elfogadását jelenti. A kiértékelést végző szakembertől a szeizmikus hullámkép mélyebb megértését és a társtudományok magasabb szintű ismeretét követeli meg.

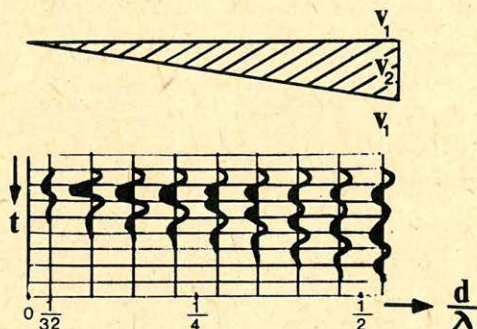
### A szeizmikus sztratigráfiai interpretáció elvi alapjai, lehetőségei és korlátai

A szeizmikus sztratigráfiai interpretáció legfontosabb hazai alkalmazási területe a szénhidrogén-előfordulások szempontjából perspektivikus neogén mélymedencék és a kapcsolódó szárnyterületek kutatása. Alkalmazásával pontosabb képet kaphatunk az esetenként több kilométer vastag üledékes rétegsort magába foglaló medencék, részmedencék földtani szerkezetéről, fejlődéstörténetéről. A fejlődéstörténeti modell felállítása a sülyedéstörténeti és az üledékképződéstörténeti események rekonstruálását foglalja magába. Ez utóbbi az egykori üledékképződési folyamatok és üledékképződési környezetek (fáciesek) valószínűsítését jelenti. Az üledékképződési környezetek ismerete lényeges szerepet játszhat a rejtett típusú tárolók felismerésében és általában a vizsgált földtani képződmények szénhidrogén földtani megítélésében.

A szeizmikus sztratigráfia megállapításait az időszelvényeken látható hullámképi sajátosságok vizsgálata, kiértékelése alapján teszi meg. A szeizmika akusztikus módszer. A szeizmika kérdésre a közettartományokból érkező válasz hullámkép formájában jelenik meg, mely részben látható, részben közvetlenül nem látható formában a reflektáló felületek akusztikus tulajdonságait képezi le. A közvetlenül nem vizsgálható jellemzők, mint az intervallum sebesség és akusztikus impedancia értékek, a szeizmikus jelalak tulajdonságai stb. további feldolgozási lépések, modellvizsgálatok segítségével alakíthatók az értelmezésben felhasználható adatrendszerre. Az akusztikus tulajdonságok a mélységgel, a porozitással, a pórustartalommal, a rétegzettség formákkal, a kőzetmátrix anyagával, a nyomással egyaránt összefüggésben vannak. Ez az összefüggés teszi lehetővé, hogy a szeizmikus hullámkép vizsgálata alapján geológiai természetű megállapításokat tegyünk. Sajnos azonban nem minden – számunkra gyakran fontos – geológiai változás jelenik meg a szeizmikus hullámképben. Például eltérő anyagminőségű kőzetek kontaktusa nem jelenik meg a szeizmikus képből, ha azok akusztikus impedancia értékei túl közel esnek egymáshoz. A szeizmikus képből megjelenő geológiai formák és reflektáló szintek felismerését, illetve követését a szeizmikus hullám hullám természetéből adódó jelenségek nehezítik. Ilyenek: a hullámok interferenciája, a diffrakciós beérkezések, a többszörösök, nem a szelvény síkjából érkező szeizmikus hullámok stb. A szeizmikus szelvények alapján nyert földtani információk mennyiségét és minőségét a szeizmikus felbontóképesség is korlátozza. A felbontóképesség ismeretében megjósolhatjuk azoknak a földtani alakzatoknak a méretét, amelyek a szeizmikus hullámképben egyáltalán megjelenhetnek (1. ábra). A felbontóképesség a mélységgel mindig csökken, mivel a szeizmikus hullám terjedési sebessége – eltekintve az esetleges sebesség anomáliáktól – lefelé haladva a földtani rétegsorban monoton nő, a frekvencia szelektív abszorpció következtében egyre szegényebb lesz a magas frekvenciákban. A dolgozatban közölt szeizmikus szelvények vizsgálata alapján a mélységtől függően 45–120 m-es szeizmikus felbontóképesség állapítható meg. (1. ábra)

A 2. ábra a felvételezést követő számítógépes feldolgozás hatását illusztrálja. Megállapítható, hogy az eltérő módon feldolgozott szeizmikus időszelvények jelentősen nehezítik a hullámképi sajátosságok megfigyelését és követését a szelvényhálózat mentén.

## vertikális felbontóképesség



$$\lambda = \frac{v}{f}$$

### A DER. I. MÉLYF. ADATAI ALAPJÁN

#### ELMÉLETI ÉRTÉKEK:

$$\begin{aligned} h &= 500 \text{ m} & v &= 1860 \text{ m/sec} \\ f &= 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\frac{\lambda}{4} = 9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h &= 5000 \text{ m} & v &= 3000 \text{ m/sec} \\ f &= 15 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\frac{\lambda}{4} = 50 \text{ m}$$

#### GYAKORLATI ÉRTÉKEK:

$$\begin{aligned} &900 - 1500 \text{ m} \\ &4250 - 5060 \text{ m} \\ &900 - 4250 \text{ m} \end{aligned}$$

között a reflexiók távolsága

$$\begin{aligned} &46 \text{ m} \\ &122 \text{ m} \\ &63 \text{ m} \end{aligned}$$

Geo 85/10-1

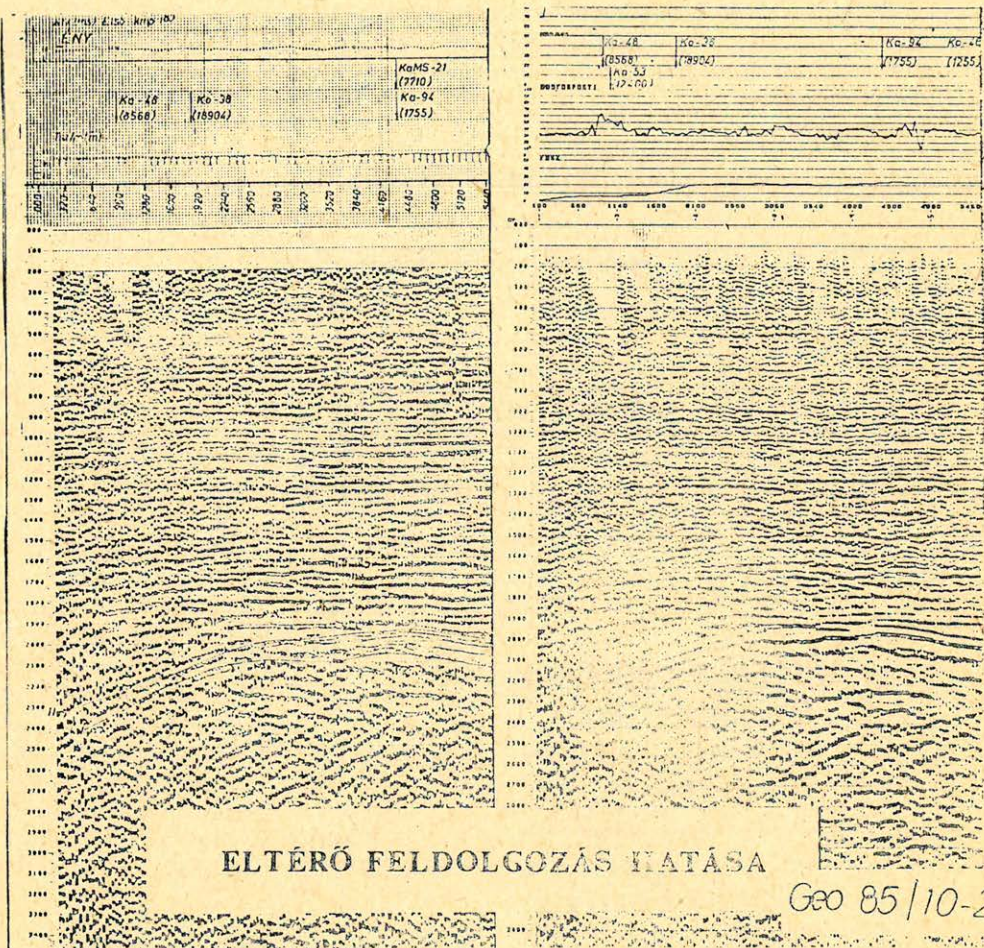
1. ábra. Fent: a környezeténél nagyobb sebességű ék alakú beágyazás szeizmikus válasza (Sheriff, 1972 nyomán). Lent: a szeizmikus felbontóképességre néhány mélység intervallumban kapott elméleti és gyakorlati értékek. Jelölések:  $h$  = mélység,  $v$  = a szeizmikus hullám terjedési sebessége,  $\lambda$  ... domináns hullámhossz,  $f$  = domináns frekvencia,  $d$  = a beágyazás vastagsága

Рис. 1. Вверху: Сейсмическое представление клина со скоростью большей, чем скорость вмещающих пород (по Шериффу, 1972 г.).

Внизу: Теоретические и практические значения сейсмической разрешенности в нескольких интервалах глубин.

Обозначения:  $h$  ~ глубина,  $v$  - скорость распространения сейсмической волны,  $\lambda$  - доминирующая длина волны,  $f$  - доминирующая частота,  $d$  - мощность выклинивания.

Fig. 1. Upper: Seismic response of a wedge sandwiched by two layers of lower velocity (Sheriff, 1972). Lower: Some theoretic and practic values concerning the seismic resolution potential calculated in some depth intervals, where  $h$  = depth,  $v$  = velocity,  $\lambda$  = dominant wavelength,  $f$  = dominant frequency,  $d$  = width of the embedded wedge



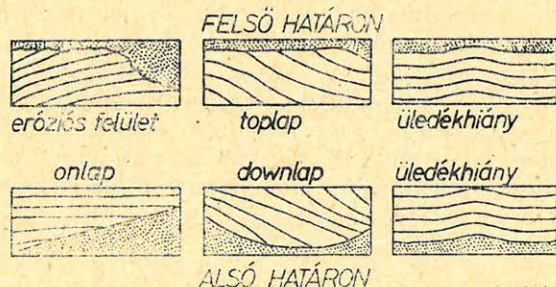
2. ábra. A Ka – 105 – 8124-es szeizmikus időszelvény eltérő módon feldolgozott változatai  
 Рис. 2. Вариации обработки различными графами временного разреза Ka – 105 – 8124.

Fig. 2. Variouslly processed versions of seismic sections Ka – 105 – 8124.

A szeizmikus reflexiók elsősorban egykori üledékképződési felületekről (rétegfelületekről és diszkordancia felületekről) származnak (Vail et al 1977). Ezek a határok térben nagy kiterjedésűek, viszonylag szabályos lefutásúak és rendszerint a reflexiók generálásához elég nagy sebességsűrűség- kontrasztot jelentenek. Mindkét típusú reflektáló felület egykor létező *paleo felületnek* tekinthető, amely mentén haladva egyidős képződmények találhatók. Általánosítva, a reflexióknak *kvázi izokron* jelentés tulajdonítható, vagyis a tektonikától mentes rétegsorban egy reflektáló felület felett mindig fiatalabb képződmények helyezkednek el, mint alatta.

A szeizmikus szelvényeken közvetlenül látható hullámképi sajátosságok megfigyelésen alapuló szeizmikus sztratigráfiai interpretáció több lépésre bontható eljárás.

Első fázis a szeizmikus szekvencia analízis. Definíció szerint egy szeizmikus szekvencia alatt egy üledékképződési ciklusban keletkezett, genetikusan összetartozó rétegekről származó reflexiók sorozatát értjük. A szeizmikus szekvenciák tehát az üledékes szekvenciák szeizmikus megjelenési formáinak tekinthetők. A szekvenciákat üledékhiány és/vagy eróziós felület választja el egymástól. Mivel a reflexiók követik a rétegek geometriáját ezek a határok rendszerint felismerhetők a szeizmikus hullámképben. (3. ábra). Egyszerű üledékhiány esetében a reflexiók jellegváltása, vagy közvetett úton (mélyfúrási anyag) jelölhető ki a szekvencia határ. A szekvencia analízis jellegéből fakadóan nagy regionális üledékes egységek lehatárolására, az üledékképződés történetének nagyobb szakaszainak megállapítására alkalmas.



3. ábra. Idealizált reflexiós konfigurációk a szeizmikus szekvencia határon

Рис. 3. Идеализированные формы отражений на границе сейсмической секвенции.

Fig. 3. Idealized reflection configurations on seismic sequence boundary

A második fázis a szeizmikus fácies analízis. A geológiai szóhasználatban a fácies a kőzetek és a beléjük zárt ősmaradványok olyan tulajdonságainak összessége, melyek az egykori üledékképződési környezeteket tükrözik. (Báldi 1979). Az eltérő fáciesben lerakódott üledékek más és más környezeti bélyegegyüttessel jellemezhetők. Néhány, az üledékképződés körülményeire utaló jelleg a szeizmikus hullámkép, ill. a reflexiós paraméterek vizsgálata alapján is felismerhető. A következő főbb reflexiós paramétereket lehet elkülöníteni:

**Reflexiók konfigurációja:** A reflexiók alakját és egymáshoz való viszonyát foglalja magában. Ebből rétegződési viszonyokra, energetikai viszonyokra, paleotopográfiára, üledékbehordási irányokra következtethetünk.

**Reflexiók kontinuitása:** A reflexiók folytonosságának mértékét jelenti. Ebből a rétegek folytonosságára, energetikai viszonyokra, üledékképződési folyamatokra következtethetünk.

**Reflexiók amplitúdója:** A reflektáló felület felett és alatt levő kőzetek közötti sebességsűrűség kontraszttal kapcsolatos. Nagyságából litológiára (annak változékonyságára) rétegek vastagságára következtethetünk.

**Reflexiók frekvenciája:** fázisszélessége. Rétegvastagságokkal és a folyadék-tartammal van összefüggésben.

Egy-egy szeizmikus fácies az az egység, amelyen belül a fent említett reflexiós paraméterek megfelelő mérvű egyezése figyelhető meg. A szeizmikus szelvényeken elkülönített szeizmikus fáciesekről, bizonyos közelítéssel elmondható,

hogy közel azonos körülmények között lerakódó, közel azonos litológiájú üledékeket reprezentálnak.

A harmadik fázis a kijelölt szeizmikus egységek (szeizmikus szekvenciák és fáciesek) geológiai értelmezése. A szeizmikus szelvényhálózat alapján első megközelítésben csak a kijelölt egységek térbeli elhelyezkedése, kiterjedése, egymáshoz való viszonya határozható meg. A részletes geológiai modell megalkotásához, a földtörténeti események rekonstruálásához figyelembe kell venni a rendelkezésre álló mélyfúrési és mélyfúrési geofizikai adatokat is. A lehető legtöbb adatot felhasználó komplex interpretációs eljárás nyilvánvaló előnyei a következők:

- Eleget tesz a mért adatrendszerből maximális információ nyereség elvének.
- Az interpretációs eljárás elkerülhetetlen szubjektív elemeinek súlyát az állítások több oldalú alátámasztottsága révén csökkenti.
- Lehetőség nyílik a vizsgált területnek a földkéreg és földtörténet tágabb dimenziójában (*Báldi 1978*) való elhelyezésére és a korábbi *statikus geológiai kép* helyett egy dinamikus, a legfontosabb fejlődéstörténeti eseményeket, geológiai folyamatokat is ismerő fejlettebb geológiai modell megalkotására.
- A pontosabb geológiai modell birtokában jelentősen növelhető a szénhidrogénföldtani következtetések biztonsága.

### Szeizmikus sztratigráfiai interpretáció alakulása a derecskei kutatási területen

A derecskei mélyzóna szeizmo-sztratigráfiai vizsgálatával korábban *Berkes Z., Pogácsás Gy., Szanyi B., 1983* foglalkozott. Jelen dolgozat követi az egyes szeizmikus egységek jelölésére elfogadott A – F betűkombinációt, az egységek határa és értelmezése azonban helyenként az általuk megadottól jelentősen eltér.

A dolgozat négy jellegzetes időszelvényt mutat be a területről. (4., 5., 6., 7. ábra) Az I. szelvény (4. ábra) kettő, a II. szelvény (5. ábra) öt időszelvény összeillesztéséből alakult ki. Az I. a derecskei depresszió tengelyzónáját, a II. kissé magasabb szerkezeti helyzetet reprezentál. A III. IV. szelvény (6., 7. ábra) a két regionális szelvényt összekötő kisebb keresztshelvények. E viszonylag egyszerű szelvényhálózat alapján is megállapítható, hogy a szeizmikus anyagminőség statisztikus ingadozásaival és az eltérő feldolgozási módszerekkel szemben a reflexiók konfigurációja és kontinuitása a legstabilabb reflexiós paraméter. Elsősorban ezen paraméterek vizsgálatára támaszkodva végezhető el a szeizmikus egységek elkülönítése.

A preneogén medencealjzat reflexiós képe az eredeti rétegezettséget elfedő tektonikus deformációkról tanúskodik (*Pogácsás, 1984*). A vizsgált területen a mélyfúrások tanúbizonysága szerint a medencealjzat metamorf képződményeire közvetlenül miocén korú üledékek települnek. A mezozoikumban ha volt is üledékképződés, a harmadidőszakra azok teljesen lepusztultak. A terület tehát az alsó miocénben kiemelt helyzetben volt.

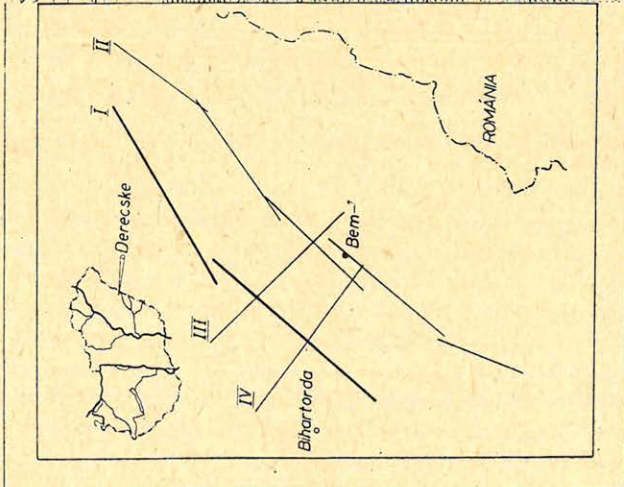
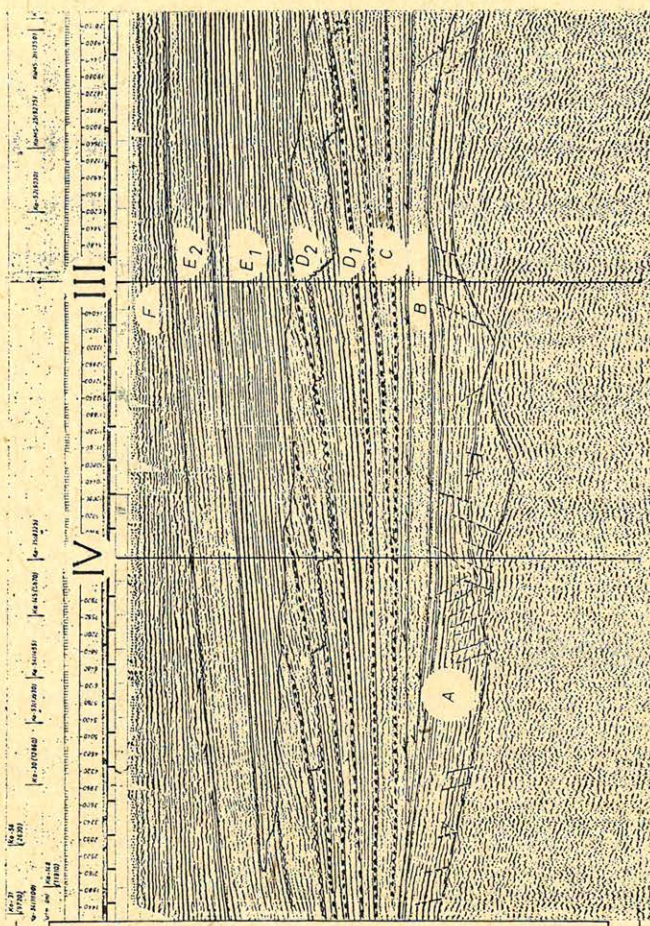
Az A szeizmikus szekvencia (és fácies) nagyobb távolságba követhető egyirányú reflexiókkal különül el az alaphegység kaotikus reflexiós képétől. A reflexiók folytonossága gyenge, közepes. Az alsó szekvencia határon helyenként felismerhetők a szögdiszkordanciára utaló onlap reflexió elvégződésesek. Az ÉK-i irányban elmélyülő zónában (I., II. szelvény) azonban még a reflexiók jellegváltá-

sa alapján is nehezen jelölhető ki a szekvencia határ. Ez áthalmazási jelenségekkel, vulkáni tufa árnyékoló hatásával magyarázható. Az *A* szeizmikus egység az üledékgyűjtő tengelyzónájában (elsősorban az I. és a IV. szelvény alapján) további alszekvenciákra, a reflexiók jellegváltása alapján további alfaciesekre osztható. Az *A* lepelként fedi be az alaphegység felszínét. A tengelyzónában (I. és IV. szelvény közepe) kissé vastagodik, magasabb szerkezeti helyzetben kissé kivékonyodik, (II. szelvény eleje). Ebből az következik, hogy a miocén elején a térszín közel kiegyenlített volt, a jelenlegi mélyzóna még nem létezett. A kéreg-rész süllyedése a kárpáti emeletben kezdődhetett, általánossá a bádeniben vált (bádeni tengeri foraminiferák). Ekkor az egész vizsgált területen normál sósvízi, tengeri, sekélytengeri környezetben folyt az üledékképződés. A Centrális Paratethys fejlődéstörténetében a bádeni volt az utolsó tengeri korszak, amikor még kapcsolata lehetett a világtengerekkel (Mesoparatethys). A bádeni végén globális regresszió zajlott le, amely a terület nagyrészenek szárazföldre kerülését és részleges erózióját vonta maga után. Ezt látszik igazolni a magasabb szerkezeti helyzet feletti vékonyabb szekvencia megjelenés is. Ugyanekkor játszódhattak le azok a főbb tektonikai események is – miocén extenzió (Horváth, Royden, 1981) – amelyek a hazai neogén süllyedések sorába tartozó derecskei depressziót kialakították. A legmélyebb területeket így a regresszió időszakában is tenger boríthatta, biztosítva ezzel az üledékfolytonosságot.

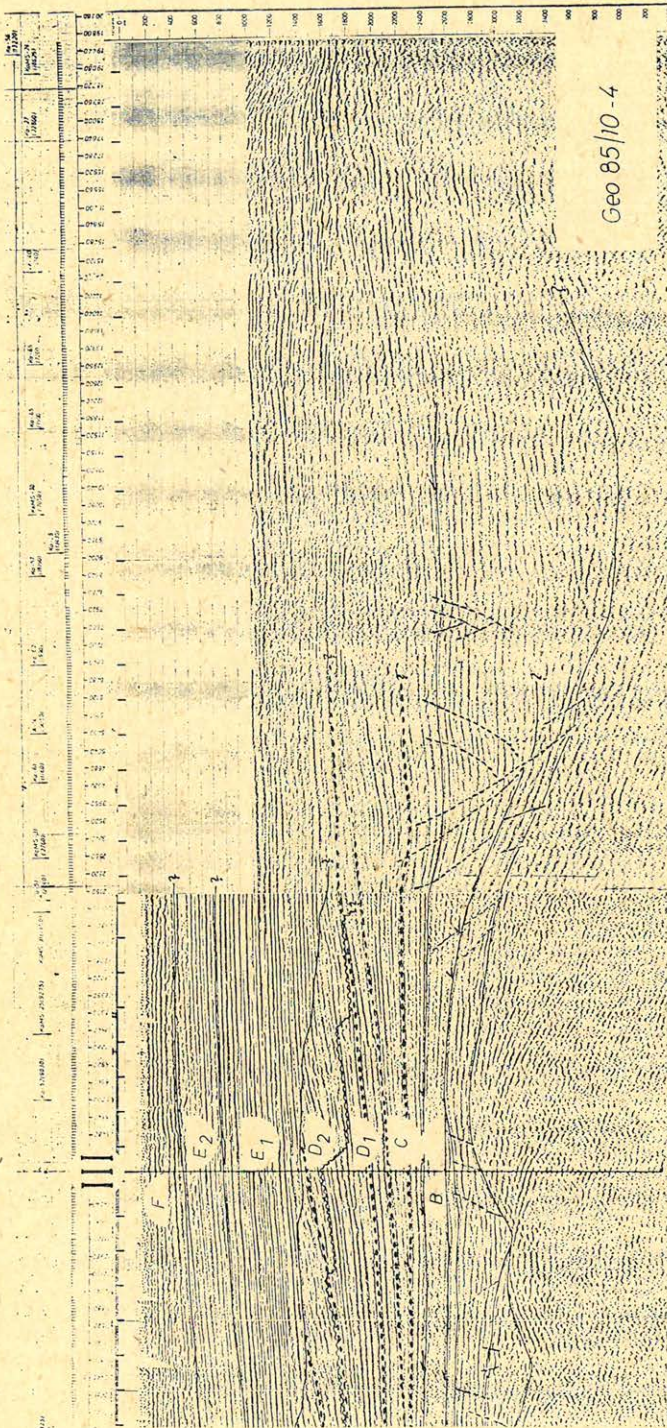
A *B* szeizmikus szekvencia a mélyzónában jelentősen kivastagodó, a DNY-i irányban a lejtőzónában kiékelődő szeizmikus egység (I., II. szelvény 4., 5., 8. ábra). A lejtőzónában a szekvencia határt jellegzetes onlap reflexióelvégződések (3. ábra) jelölik ki. A *B* szekvencia reflexiói a nagyobb dőlésű reflexiókon végződnek el (szögdiszkordancia), annak megfelelően, hogy a viszonylag gyorsan kialakuló tektonikus árkot az üledékek csak fokozatosan töltötték fel. Ebben a szakaszban a tengelyzónára korlátozódó süllyedés sebessége meghaladta az üledékképződés sebességét. A reflexiók jelleg szerinti elkülönítése (fácies analízis) a szelvényenkénti más és más reflexió megjelenés miatt nehezen végezhető el. Általában elmondható, hogy a reflexiók amplitúdója kicsi, közepes, a reflexiók folytonossága helyenként rossz (IV. szelvény, 7. ábra), máshol közepes, jó (I. szelvény ÉK-i fele, 4. ábra). A jól reflektáló felületek hiánya az egyöntetűbb kőzet megjelenésre vezethető vissza. A Der – I. mélyfúrás litológiai leírása erre a szakaszra uralkodóan pélites kőzeteket (agyagmárga, aleurolit) jelez, a felső határ felé egyre több finom homokköves betelepüléssel. A *B* szekvencia képződményei a Szalay – Szentgyörgyi által 1979-ben megállapított  $Pa_1^a$  uralkodóan pélites és a  $Pa_1^b$  pélit-homok egyensúlyával jellemezhető litogenetikai egységekkel azonosítható. A szekvencia külső alakja medence kitöltésre, üledékei kis energiájú közegben történő, mérsékelt ütemű üledékképzésre utalnak.

A *B* szekvencia képződményei a szénhidrogén-kutató mélyfúrásokban az alsó pannonba vannak sorolva. Szalay – Szentgyörgyi 1979-ben végzett vizsgálataira, valamint arra a tényre támaszkodva, hogy a legmélyebb területeken szeizmikusan nem mutatható ki diszkordancia felület feltételezhető, hogy a *B* szekvencia üledékei a fokozatosan kiédesedő „szarmata szigettengeren” lerakodott üledékeket reprezentálnak.

A következő szeizmikus szekvenciát a *C*, *D*, *E* szeizmikus fáciesegyüttes alkotja. Vertikálisan nagy fácies vastagságok (pl.  $E_1$ ), horizontálisan bonyolult fácies összefogazódások ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $E_1$ ) és fácies vándorlás (*D*) figyelhető meg. A nagy fácies vastagságok az intenzív medence süllyedés és a nagy mennyiségű behordott üledék következtében alakultak ki. A horizontális fácies vándorlás és összefoga-



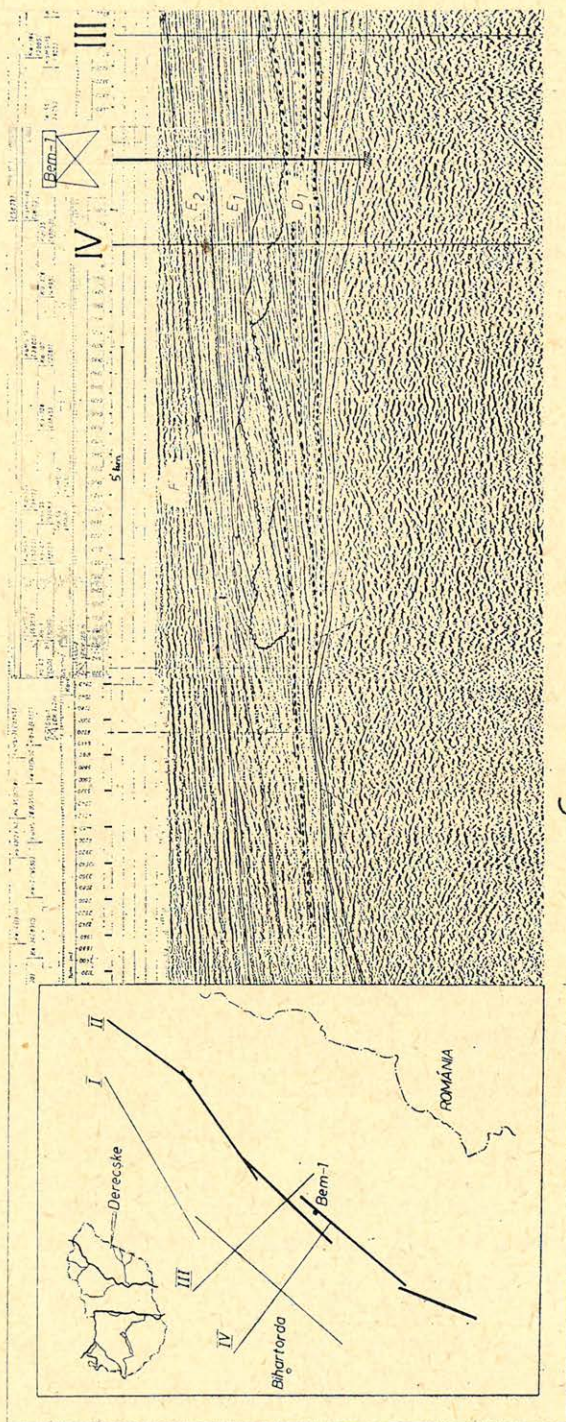


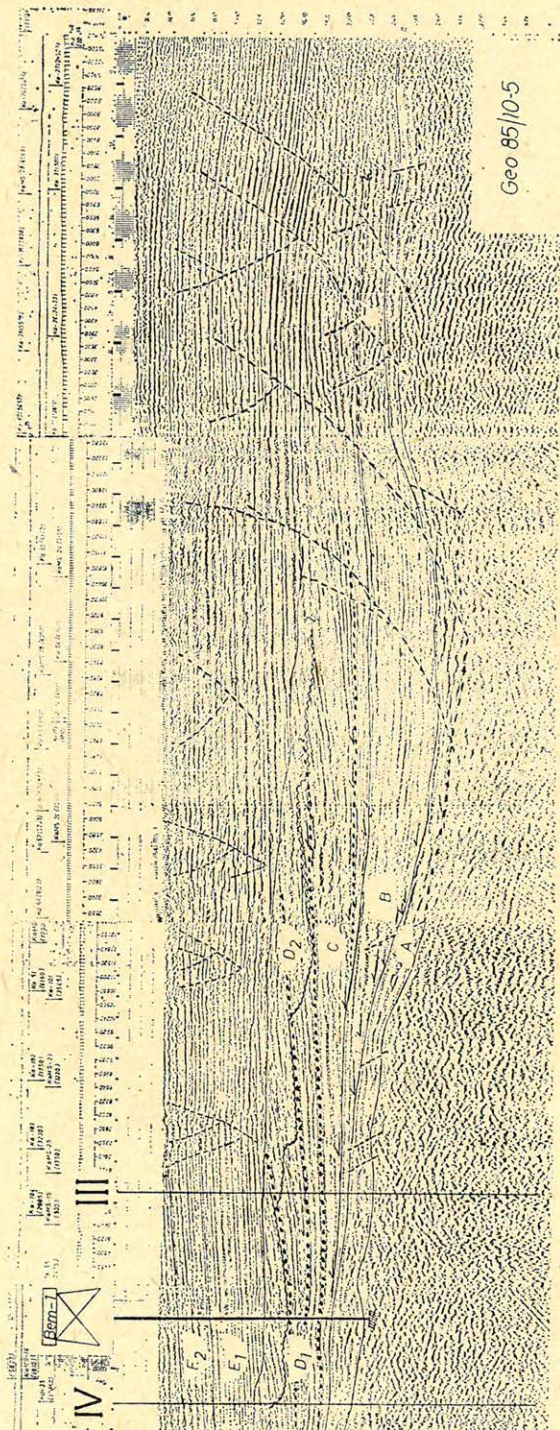


4. ábra. Az I. EK – DNY irányú regionális szeizmikus időszelvény

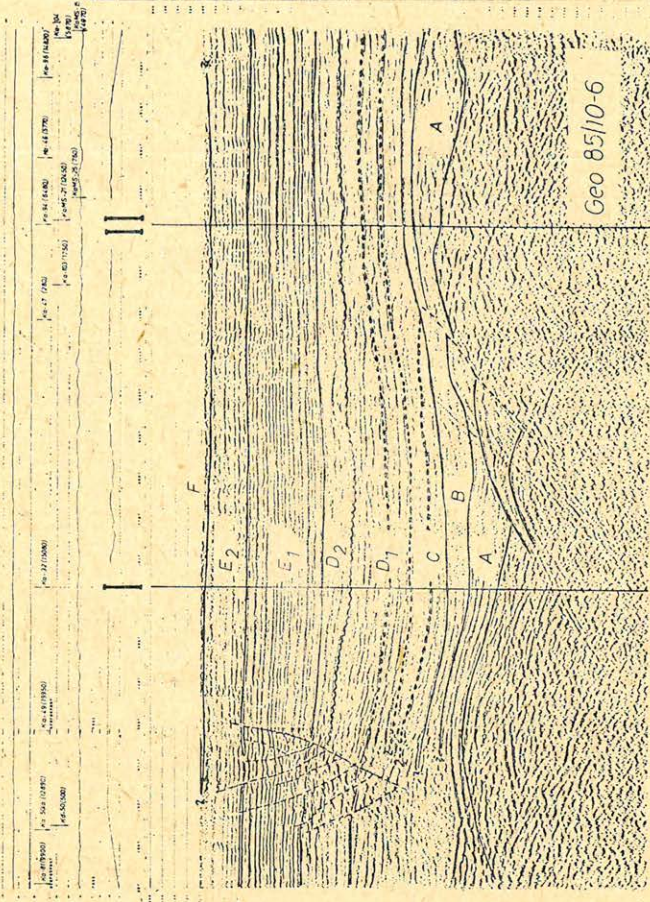
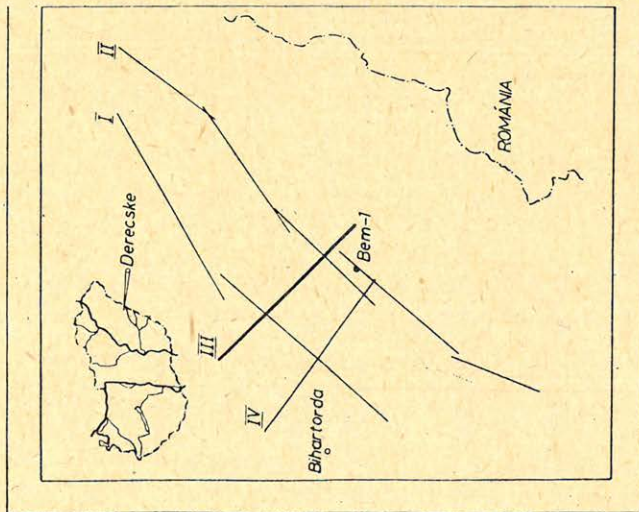
Рис. 4. I-й сейсмический временной разрез СВ – ЮЗ-ого направления.

Fig. 4. Regional seismic section No. 1. oriented in NE – SW direction.





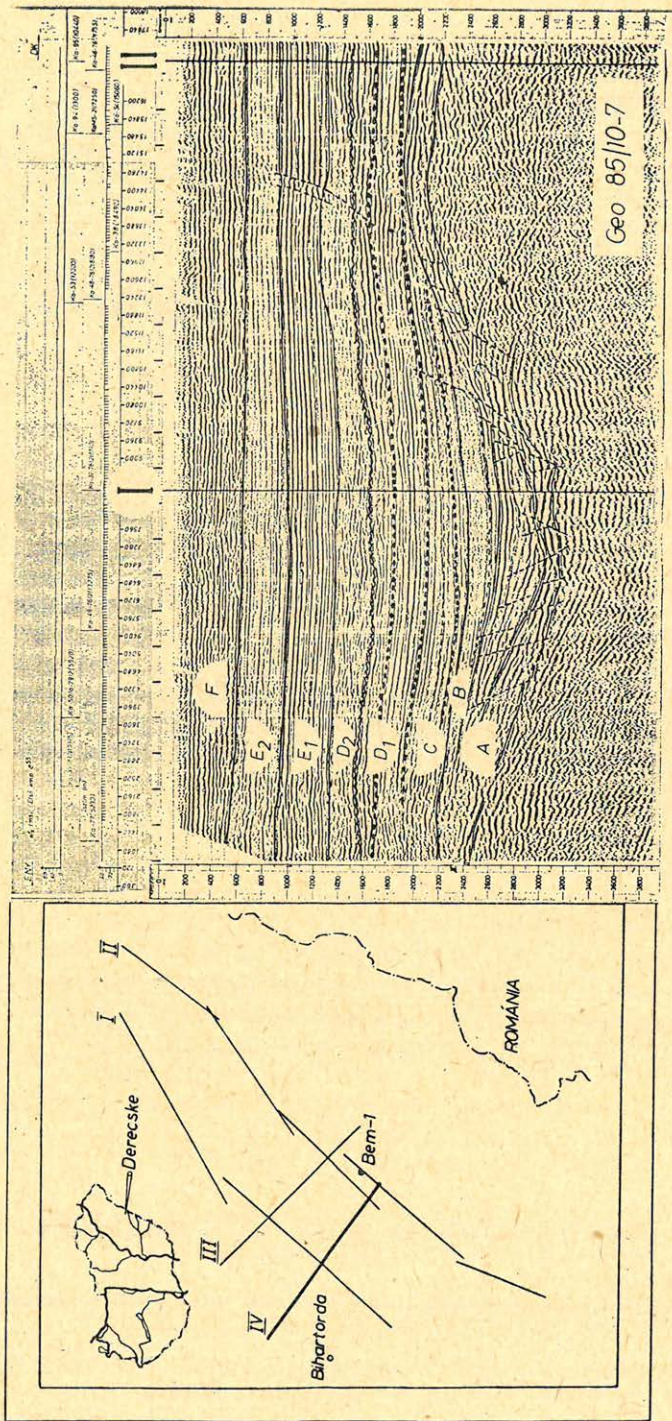
5. ábra. А II. ЁК — DNY irányú regionális szeizmikus időszelvény  
 Рис. 5. II-ой сейсмический временной разрез СВ — ЮЗ-ого направления.  
 Fig. 5. Regional seismic section No. II, oriented in NE — SW direction



6. ábra. A III. ÉNY – DK irányú szeizmikus időszelvény

Рис. 6. III-ий сейсмический временной разрез СЗ – ЮВ-ого направления.

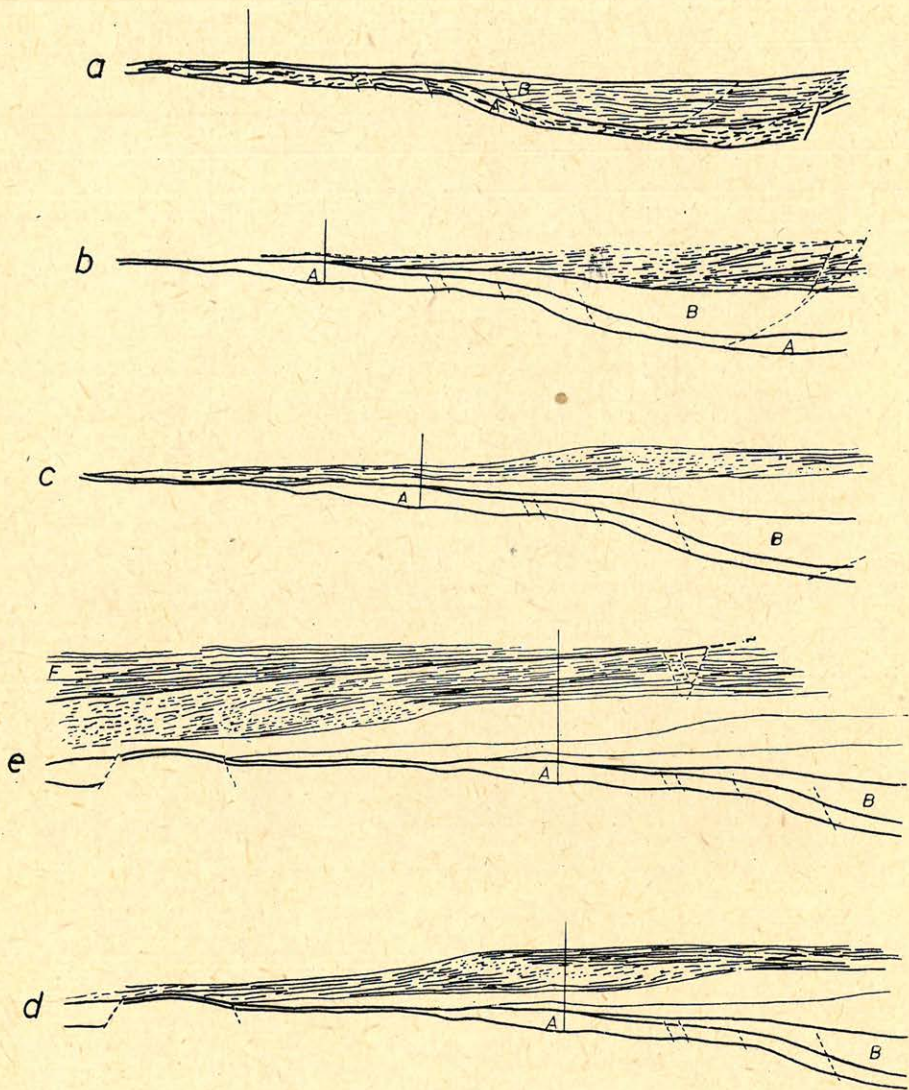
Fig. 6. Regional seismic section No. III. oriented in NE – SW direction



7. ábra. A IV. ÉNY – DK irányú szeizmikus időszelvény

Рис. 7. IV-ый сейсмический временной разрез СЗ – ЮВ-ого направления.

Fig. 7. Regional seismic section No. IV. oriented in NE – SW direction



Geo 85/10-6

8. ábra. A jellegzetes reflexiós konfigurációkat kiemelő és az üledékképződés kronológiai sorrendjét bemutató ábra sorozat (II. szelvény alapján)

Рис. 8. Серия рисунков, показывающих хронологический порядок осадконакопления и характерные формы отражений (на основании профиля II.).

Fig. 8. A series emphasizing the characteristic configurations and showing the chronological order of sedimentation. (On the basis of the section II.)

zódás pedig az ún. progradációs mechanizmussal kapcsolatos, mikor is a fiatalabb üledékek az idősebbeket nem csak felfelé, hanem horizontális irányba is tovább építik.

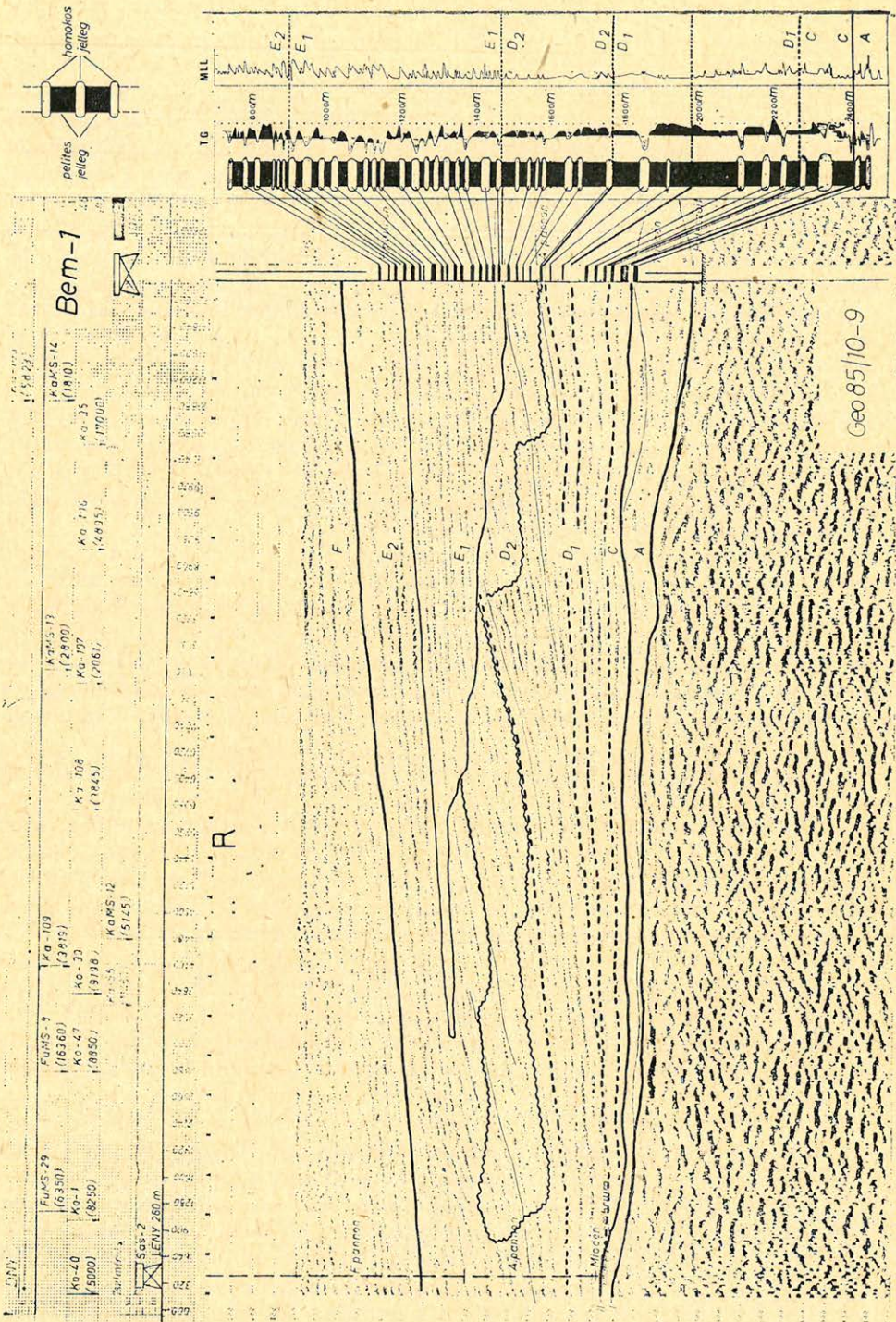
Az alsó szekvencia határt ( $C - B$  határ) downlap reflexió elvégződéses jelölik ki, (3. ábra, I., II. szelvény, 4., 5. ábra, 8. b ábra). E reflexió forma magasabb szerkezeti helyzetben a szögdiszkordancia jelének tekinthető. A mélyebb részekben (I. szelvény ÉK-i része 4. ábra) a downlap reflexió elvégződéses a pannonban kezdődő progradációs mechanizmussal kapcsolatosak. A medence süllyedése miatt e központi zónát végig víz boríthatta. Az intenzív pannon vízmozgások azonban vízalatti eróziót fejthettek ki, részben újra feldolgozva a korábban lerakódott üledékeket.

Az említett főszekvencián belül további alszekvenciák jelölhetők ki (I., II. III., IV. szelvényeken jelölt szaggatott vonalak 4., 5., 6., 7. ábra 8. b., 8. c., 8. d. 8. e. ábra). E határok az üledékutánpótlás időszakos és az üledékbehordás irányának térbeli változásaihoz kapcsolódó kisebb ciklusokról tanúskodnak.

A legnagyobb dőlésű reflexiók az ÉK - DNY-i irányú szelvényeken figyelhetők meg. Ebből a dominánsan ÉK-i irányból történő egykori üledékbehordásra következtethetünk. Az üledékképződés történetének rekonstruálását, illetve egyes szeizmikus fáciesek geológiai tartamának megállapítását legcélszerűbb az üledékek útján követve elvégezni.

E két alfáciesre osztható szeizmikus egység ( $E_1 E_2$ )  $E_1$ -re jó folytonosságú, nagy amplitúdójú energikus reflexiók jellemzőek.  $E_2$ -ben lecsökken a reflexiók folytonossága és amplitúdója. A Bem - 1. mélyfúrás karotázis szelvényeinek csak egy rövid felső szakasza harántolja  $E_2$ -t (9. ábra). Ez alapján feltételezhető, hogy  $E_1$ -hez képest „ $E_2$ ” homokban kissé szegényebb, a homokos szintek vastagsága és folytonossága kisebb. Az  $E_1 - E_2$  határon tehát hirtelen megváltozott a behordott üledékek összetétele, lecsökkent a durvább szemcseméretű komponens részaránya.

$E_1$  nagy amplitúdójú, nagy távolságban követhető reflexiói ciklikusan változó összetételű üledékekről származnak. A Bem - 1. mélyfúrás dokumentumai az  $E_1$ -et harántoló szakaszra finomszemű homokkő, aleurolit, agyag, agyagmárga váltakozását jelzik. A 9. ábrán a mélyfúrásban felvett sebességfüggvény alapján egyeztetett mélység-idő szintek vizsgálata azt mutatja, hogy minden reflexió szintnek megfelel egy, a karotázis szelvények alapján detektált homokos zóna. Fordítva ez nem teljesül, ami a szeizmikus felbontóképesség korlátaival és a szeizmikus hullámok interferenciájával van kapcsolatban. A 10. a ábrán látható karotázis szelvénykombinációból a litológia változásának módja állapítható meg. A természetes gamma, a neutron gamma és a mikrolaterológ szelvények által alkotott görbesereg 20 - 25 m-s szakaszonként mutat jelleg ismétlődést. Az egyes szakaszokban alul elsősorban finom szemcseméretű összetételű kőzeteket (agyag, agyagmárga) felfelé fokozatosan durvább szemcseméretű üledék váltja fel. A szakaszonkénti jelleg ismétlődés többféleképpen értelmezhető: éghajlat ingadozás, üledékképződés ütemének ciklikus változása stb. A legvalószínűbb, hogy az alsó hosszabb, fokozatos homokosodást mutató szakaszokon az üledékképződés (regresszió), a felső rövidebb finomabb szemcseméretű üledékeket jelző szakaszon a medence süllyedése került túlsúlyba. Az  $E_1$  1 szeizmikus fácies az I., II szelvényen (4., 5. ábra) DNY-i irányba elvékonyodik, majd kiékelődik, annak megfelelően, hogy a medence süllyedése és feltöltődése között korábban fennálló dinamikus egyensúly fokozatosan felborult és a laterális irányba történő üledékképződés került túlsúlyba. Ezt igazolja az a tény is, hogy a reflexiók dőlésszöge



Bem-1

Geo 85/10-9

R

Füzes

Apátság

Mécses

Ka-40 (5000)	Füzes-29 (6350)	Ka-109 (2915)	Ka-105-13 (2900)	Füzes-12 (1810)
Ka-1 (8250)	Ka-47 (8850)	Ka-33 (9108)	Ka-197 (2061)	Ka-35 (17000)
Ka-35 (8250)	Ka-12 (5125)			





(a rétegek dőlése) ÉK – DNY irányba fokozatosan nő (I., II. szelvény 4., 5. ábra).

Az általános szeizmikus kép, a karotázs és mélyfúrás dokumentumok alapján megállapítható, hogy az  $E_1$  szeizmikus fácies az alluviális síksági, laguna és a delta front fácieseket foglalja magában. A szeizmikus felbontóképesség korlátai miatt e képződmények összefogazódási helye a szeizmikus szelvényeken nem jelölhető ki. Az üledékeket É, ÉK, ÉNY-i irányból érkező folyórendszerek szállították. A szeizmikus és karotázs szelvények által jelzett jelentős homoktartalom ezekben az üledékképződési környezetekben folyómeder kitöltések, parti rekesztő zátonyok, folyótorkolati zátonyok, delta üledékek, sekélytengeri homokzátonyok formájában halmozódott fel.

A  $D$  két osztatú ( $D_1$ ,  $D_2$ ) szeizmikus fácies, amelyet a Pannon medence területén általánosan elterjedt, dőlt reflexiók alkotják.  $D_1$ -re jobb folytonosságú nagyobb amplitúdójú reflexiók,  $D_2$ -re gyengébb folytonosságú, kissé szaggatott reflexiók jellemzőek (I., II. szelvény 4., 5. ábra). A kereszt irányú szelvényeken (III., IV. szelvény 6., 7. ábra) a  $D_1$ -ben közel párhuzamos reflexiókat,  $D_2$  felé haladva szaggatott reflexió darabokkal jellemezhető szeizmikus kép váltja fel.

A  $D_1$ ,  $D_2$  alfácies dőlt reflexiói alapján paleo vízmélység becslés végezhető el. A nagy távolságban követhető dőlt reflexiók paleo üledékképződési felületek szeizmikus képének tekinthetők. A  $10 - 15^\circ$ -os dőlésszöget is elérő reflexiókon elvégezve a mélységtranszformációt, maximálisan  $4 - 5^\circ$ -os dőlésű felületek rajzolódnak ki, amelyeknek alsó és felső vége között  $7 - 800$  m-es szintkülönbség adódik. A két számadat birtokában érdemes keresni az analógiát a világtengerek aljzatának morfológiájával. A kontinentális lejtő dőlésszögének világátlagos  $4^\circ 17'$  és a  $200$  m-es átlagmélységű selfet köti össze az a bisszikus síksággal.

Az  $E_1 - D_2$  határ úgy a szeizmikus kép, mint a karotázs szelvények jellegváltása alapján pontosan kijelölhető (9. ábra).  $E_1$ -hez képest  $D_2$ -ben hirtelen lecsökken a homokos zónák száma és vastagsága, annak megfelelően, hogy ezen a szakaszon a kőzetoszlopban lefelé haladva, az egykori parttól egyre távolabbi környezetben lerakódott üledékekkel találkozunk.  $D_1$ -ben tovább csökken a homokos szintek száma, vastagságuk és térbeli folytonosságuk viszont megnő, amelyek nagy amplitúdójú, gyakran nagy távolságban követhető reflexiókat eredményeznek.  $D_1$ -ben detektált markáns homokos szintek az egykori parttól távol, mélyebbvízi ( $7 - 800$  m) környezetben fejlődtek ki. E mélytengeri homokos szintekhez, ahogy azt a selftengerek kutatása már igazolta, gyakran kötődnek ipari mennyiségű szénhidrogén-készletek. A szakirodalom két szélsőséges modellt említ a mélytengeri homokok keletkezésére vonatkozóan. (11. ábra).

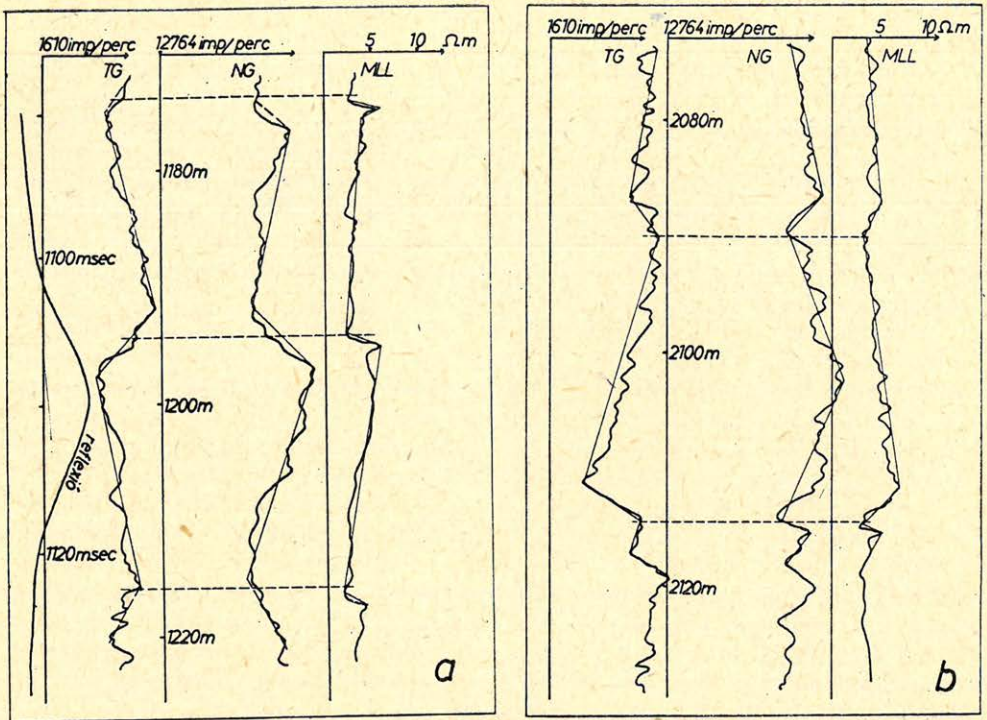
– Az első esetben a selfperem agyaglejtőjébe vágódott üledékszállító csatornák szállítják tovább a selfen – a parti áramlások hatására – átvándorolt üledékeket a mélyebb régiók felé; ahol törmelékkúpok formájában konszolidálódnak. (More 1969).

---

9. ábra. Szeizmikus és karotázs jellegek kapcsolata (a II. szeizmikus időszelvény és a Bem-1 mélyfúrás karotázs adatai alapján)

Рис. 9. Связь характерных особенностей данных сейсмоки и каротажа (на основании II. ого временного разреза и каротажных кривых скважины ВСМ-1.)

Fig. 9. The connection between the seismic and well log characteristics. (On the basis of the section II and of the well logs measured in the borehole Bem-1.)



Geo 85/10-10

10. ábra. A természetes gamma (TG), neutron-gamma (NG) és a mikrolaterológ (MLL) szelvények lefutása különböző mélység intervallumokban. Az a ábrán fölfelé fokozatosan durvuló, a b ábrán fölfelé fokozatosan finomodó szemecseméretről tanúskodó „tölcsér”, illetve „harang” görbék figyelhetők meg

Рис. 10. Каротажные кривые естественного гамма, нейтрон-гамма каротажа и микролатеролога в различных интервалах глубин.

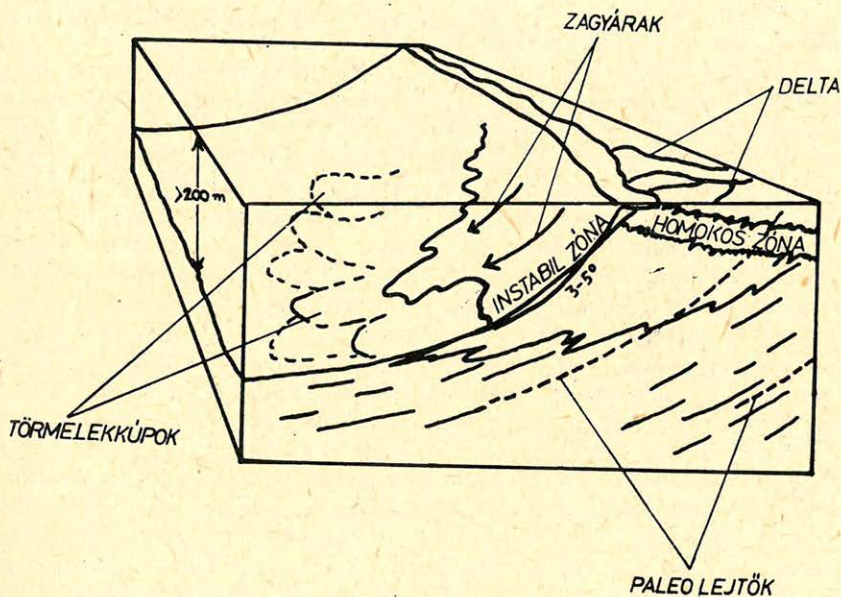
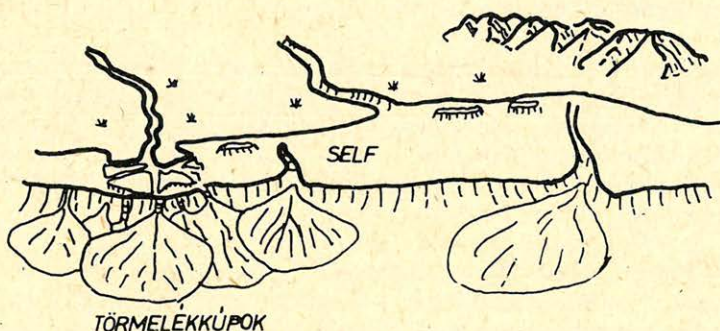
На рис. а. представлена кривая «воронка», свидетельствующая об увеличении зернистости в направлении вверх, а на рис. в. кривая «колокол», характерная для повышающейся вверх тонкозернистости.

Fig. 10. Gamma ray log (GR), Neutron-gamma log (NG) and Microlaterolog curves measured in various depth intervals. a: Funnel shaped curves due to gradually increasing grain-size upwards. b: bell shaped curves due to gradually decreasing grain-size upwards.

– A második modell esetében az üledékszállítás nem kapcsolódik tengeralatti kanyonokhoz (Van der Kamp 1974). A gyorsan progradáló, deltarendszer üledékeit az egyre növekvő szögű morfológiai lejtőre rakja le. A még nem konszolidált, vízzel átítatott üledékek a kritikus szöget elérve ( $\beta = 5^\circ$ ) instabillá válnak és lassú viszkoelasztikus üledékfolyás, vagy gyors zagyárok formájában a mélybe kerülnek, ahol ismét legyezőszerűen szétterített üledékkúpok formájában halmozódnak fel.

Jelen terület esetében, figyelembe véve az intenzív üledékutánpótlást, feltelezhető, hogy az utóbb említett modell alapján ment végbe, a mélyebb régiók felé az üledékszállítás. Nem zárható ki azonban, hogy a csendesebb időszakok

ban tengeralatti kanyonképződés és ezen keresztül történő üledékszállítás is előfordult. A D fáciesben (I., II. szelvény, 4., 5. ábra) megfigyelhető felülről konkáv, gyakran nagy távolságban követhető reflexiók jelzik az egykori paleo lejtők le-



Geo 85/10-11

11. ábra. A mélytengeri homokok keletkezési mechanizmusa. Fent: More (1969) féle modell. Lent: Van der Kamp (1974) féle modell

Рис. 11. Механизм образования глубоководных морских песчанников.  
Вверху: Модель Море (1969г.),  
Внизу: Модель Ван дер Кампа (1974г.).

Fig. 11. Mechanism of the genesis of deep-water sands. Upper: More (1969) model. Lower: Van der Kamp (1974) model

futását.  $D_1$  alfáciesben a felülről konvex rövidebb reflexiók beérkezései a konszolidált üledékkúpokról (supra fan homokról) származnak (9. ábra közepe).  $D_2$  szaggatott gyenge folytonosságú reflexiói az instabil zónának megfelelő prodelta (delta előtéri) fácieset reprezentálják. Itt a gyakori üledékátrendeződés következtében az eredeti rétegezethez lényegében megsemmisült, amit a jól reflektáló felületek hiánya is jelez.

A fentieket összefoglalva megállapítható, hogy a DNY-irányban előrenyomuló delta előterében turbidit genetikájú üledékek halmozódtak fel. A progradációs mechanizmus következtében a prodelta üledékek dőlésszöge gyakran elérte az üledékösszetétel által meghatározott kritikus értéket. Az instabillá vált zóna üledékei ekkor a gravitációs tömegtranszport folyamatok közvetítésével a lejtő mentén a mélyebb régiókba a turbidit medencébe kerültek át és itt konszolidálódtak. Az üledék-átrendeződés lassú üledékfolyások és gyors zagyárok formájában mehetett végbe. Ilyen üledékeket jelez a 10. b. ábrán látható,  $D$  alfácieset harántoló szakaszról származó karotázs szelvényrészlet. A turbiditok homoktartalma a parti homokos zónából származik. Az üledék átrendeződés során végbemenő szemcseméret osztályozódáshoz kapcsolódik a nagy homoktartalmú zónák kialakulása. Szénhidrogén földtanilag ezek az uralkodóan agyagos közegbe ágyazott nagy porozitású, homokos szintek lényegesen (tengeralatti kanyonkitöltések, üledékszállító csatornák emelkedés irányba történő elvégződései, magas homoktartalmú törmelékűk stb.).

A  $C$  szeizmikus fácies a jelen szeizmikus és karotázs dokumentumok alapján nem vizsgálható kellő részletességgel. A fácies képződményei a mélyzónára korlátozódnak. A  $C$  fácies képződése során alakultak ki fokozatosan azok a környezeti feltételek, amelyek a  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $E_1$  heteropikus fáciesek kiépüléséhez vezettek.

Az utolsó szeizmikus egység az  $F$ , amely a pannonquarter sorozat legfiatalabb tagját alkotja (Pogácsás, 1984.). Az I., II. szelvény (4., 5. ábra) az  $E_2 - F$  határon enyhe szögdiszkordanciára utaló *onlap* reflexiók elvégződések figyelhetők meg. A III., IV. szelvényeken (6., 7. ábra) reflexiók szögeltérések nem fedezhetők fel, a reflexiók jellegváltása viszont markáns. Az  $F$  szekvencia és fácies DNY-i irányba kivastagodó szeizmikus egység. Egyirányú, DNY felé kissé divergáló reflexiók alkotják. A reflexiók folytonossága közepes, változó. A reflexiók beérkezései nagy amplitúdójúak, jelezve a litológia változékonyságát. A Sas-2 mélyfúrás (9. ábra) aleurit, agyag váltakozását jelzi kavicsos homokkal. Az üledékek folyóvízi-tavi környezetben halmozódtak fel (Pogácsás, 1984.). Az  $F$  szekvencia üledékei más lefordási területről származnak. Ezt igazolja az a tény, hogy a Sas-2 mélyfúrásban készült nukleáris karotázs szelvények az  $F$ -et harántoló szakaszon a korábbiaknál jóval magasabb radioaktív ásványtartalmot jeleznek. Az  $F$  szekvencia üledékei végleg feltöltötték a Pannon beltó maradványait. A medence süllyedése erre a szakaszra lelassult, a nagy rétegterhelést figyelembe véve azonban nem állt meg, sőt lehetséges, hogy napjainkban is tart.

### Köszönetnyilvánítás

A szerző ez úton is szeretne köszönetet mondani a Geofizikai Kutató Vállalat vezetőinek, de első sorban Rumpler János osztályvezetőnek, a dolgozat megírásához nyújtott támogatásért, a geológus és geofizikus kollegáknak a témában folytatott termékeny beszélgetésekért, Lengyel Györgynének a gépelési munka elvégzéséért.

- Báldi T.*: A történeti földtan alapjai, Budapest 1979.
- Hobson G. D.*: Nouveaux aspects de la géologie du pétrole, Paris 1980.
- Ottman F.*: Introduction à la géologie marin et littoral, Paris 1965.
- Pogácsás Gy.*: A Pannon medence neogén mélydepresszióinak szeizmikus sztratigráfiai alapvonásai, Magyar Geofizika XX. évf. 4. szám, p. 151 – 166. Budapest 1984.
- Rumpler J.*: A szeizmikus interpretáció elvi lehetőségei és hazai szénhidrogén-kutatási célú feladatai, Földtani Kutatás XXV. évf. 1. szám, p. 7 – 18. Budapest 1982.
- Szalay Á.* – *Szentgyörgyi K.*: Adatok a szénhidrogén-kutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolásához trend elemzés alapján, Geonomia és Bányászat V. 12/4, p. 401 – 425. Budapest 1979.
- Williams B. P. J.*: Sedimentology, Oxford 1985.