

## A pannóniai (s.l.) litofáciesek és molluszka-biofáciesek jellemzése és korrelációja az Alföldön

### Review and correlation of the Late Neogene (Pannonian s.l.) lithofacies and mollusc biofacies in the Great Plain, eastern Hungary

JUHÁSZ Györgyi és MAGYAR Imre<sup>1</sup>

(9 ábrával)

#### Összefoglalás

Mintegy 150 alföldi mélyfúrás karotázsszelvényeinek, magmintáinak és ősmaradványainak vizsgálata alapján szoros kapcsolat mutatható ki a pannóniai litofáciesek és a molluszka-biofáciesek között. A puhatestűek elterjedését elsősorban a vízmélység és az üledékképződés jellege határozta meg. Az alapkonglomerátumra nagyméretű, vastag héjú sekélyvízi puhatestűek jellemzők (*Congeria*, *Lymnocardium*). A pelites alapképződmények, a turbiditék és a delta lejtő mélyebb részei biofaciológiailag egységesek: vékony héjú mélyvízi molluszkákat tartalmaznak (*Paradacna abichi*, *Dreissenomya diguifera*, „*Pontalmyra*” *otiophora*, *Valenciennius*). A delta lejtő felső részén és a delta fronton a mélyvízi formák mellett megjelennek a sekélyebb, de nyílt, jól átzellőzött vizet kedvelő puhatestűek (*Dreissenák*, *Lymnocardiumok* stb.). A delta síkság üledékeire változatos, sekély brakkvízi vagy édesvízi-mocsári együttesek (*Prosodacnomya*, *Viviparus*, *Theodoxus*, *Anodonta* stb.) jellemzők. A fluvio-lakustris fáciesben kizárólag a Kárpát-medencében ma is élő édesvízi nemzetségek találhatók.

#### Abstract

Study of about 150 boreholes from the Great Plain (Alföld) revealed a close correlation between the lithofacies and mollusc biofacies of the late Neogene (Pannonian s.l.) sedimentary sequence. Major factors controlling the distribution of molluscs were water depth and depositional environment. The transgressive conglomerate contains shallow water, thick-shelled forms (*Congeria*, *Lymnocardium*). The deep-water facies (basin marls, turbidite, and delta slope deposits) are characterized by a highly specialized, low diversity mollusc fauna (*Paradacna abichi*, *Dreissenomya diguifera*, „*Pontalmyra*” *otiophora*, *Valenciennius*, etc.). Molluscs favouring shallower and well-oxygenated water, such as *Dreissena* and *Lymnocardium*, appear in the upper part of the delta slope deposits and are abundant in the delta front sediments. The delta plain deposits display various associations, shallow brackish to lagoonal and freshwater ones

<sup>1</sup>JUHÁSZ Györgyi és MAGYAR Imre: MOL Rt.—OGIL, H—1311 Budapest, Pf. 43.

(*Prosodacnomya*, *Viviparus*, *Theodoxus*, *Anodonta*, etc.). The fluvial-lacustrine lithofacies contains freshwater genera still living in the Pannonian basin today.

*Key words:* mollusca, paleoecology, facies, Pannonian Basin, Neogene

## Bevezetés

Magyarországon a pannóniai képződmények kutatása nagy elterjedésük és gazdasági jelentőségük miatt hosszú ideje a figyelem középpontjában áll. A részletesebb pannon paleoökológiai vizsgálatok nagyrészt dunántúli felszíni feltárásokban és medenceperemi helyzetű, aránylag sekély fúrásokban kezdődtek. A mélymedencék üledékképződésének törvényszerűségeit azonban az Alföld déli, legmélyebb területein ismerték fel. Mivel tehát a medenceperetületek, így az Alföld (1. ábra) szedimentológiai kutatása és a paleoökológiai vizsgálatok eddig egymástól jórészt elkülönülve folytak, fontosnak találtuk, hogy a két módszer eredményeit összehasonlítsuk. Célunk az volt, hogy tisztázzuk, a litofaciesben tükröződő aljzatminőség, vízmélység stb. hogyan befolyásolta a puhatestűek elterjedését, a különböző üledékképződési környezetekhez való kötődésüket, illetve hogy a lito- és biofaciesek korrelálhatók-e egymással.

Mintegy 150 alföldi mélyfúrásban a karotázsszelvények és a csekély számú magminta vizsgálata alapján elkülönítettük az alapkonglomerátum, pelites alapképződmények, turbidit, delta lejtő, delta front és delta síkság, illetve fluvio-lakusztis litofacieseket, majd az ezekben a fúrásokban található puhatestű ősmaradványokat újrahataároztuk (az eredeti határozást az esetek túlnyomó részében SZÉLES Margit végezte), és hozzárendeltük az egyes litofaciesekhez. Így szoros kapcsolatot sikerült kimutatnunk a litofaciesek és a molluska-biofaciesek között.

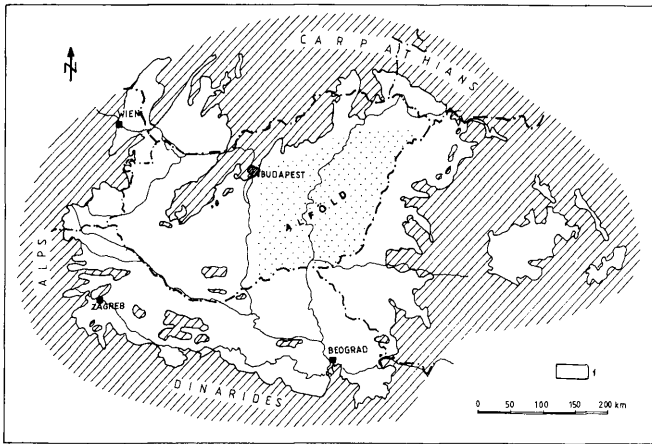
## Kutatástörténet

Az első átfogó jellegű munkák az Alföld pannóniai üledéksorának felépítéséről (KÖRÖSSY, 1968, 1971) és e képződmények puhatestű ősmaradványairól (SZÉLES, 1962, 1966, 1971a, 1971b) a szénhidrogénkutató mélyfúrások feldolgozása alapján, mintegy negyedszázada jelentek meg.

Az alföldi üledéksor felhalmozódásának törvényszerűségeit vizsgálva első között MUCSI és RÉVÉSZ (MUCSI, 1973; MUCSI és RÉVÉSZ, 1975; RÉVÉSZ 1980) foglalkozott a delta feltöltődés lehetőségével. Ezzel összefüggésben MAGYAR és RÉVÉSZ (1976) felismerte a mélyebb vízi *Paradacnás* és sekélyvízi *Viviparusos* faunák fáciesjelző szerepét, és váltakozásukat (egykorúságukat) a rétegsorban.

A Hódmezővásárhely—I fúrás lemélyítésével BÉRCZI és PHILLIPS (1985) szedimentológiai feldolgozása tisztázta a délkelet-alföldi neogén süllyedék feltöltődési mechanizmusát. Az általuk készített fáciesmodell a mai napig a további kutatások alapjául szolgál.

JÁMBOR munkássága során a medenceperemi és medencebelseji pannon képződmények földtani jellemzésével, fáciesstípusaival és rétegtanával foglalkozott (JÁMBOR, 1980ab, 1985, 1989). KÖRÖSSY ezeken a területeken felismerte, hogy a puhatestű-együttesek különböző helyeken más és más időpontokban jelenhetnek meg, azaz, hogy az egyes biofaciesek a fokozatos feltöltődés következtében térben és időben eltolódnak



1. ábra. A vizsgált terület (pontozva) és környezetének vázlatos helyszínrajza. 1: A pannóniai s.l. képződmények elterjedése a Kárpát-medencében.  
 Fig. 1. Location of the study area (Alföld; dotted) in the Pannonian basin. 1: Distribution of late Neogene sediments in the Carpathian basin, surrounded by older formations (hatched).

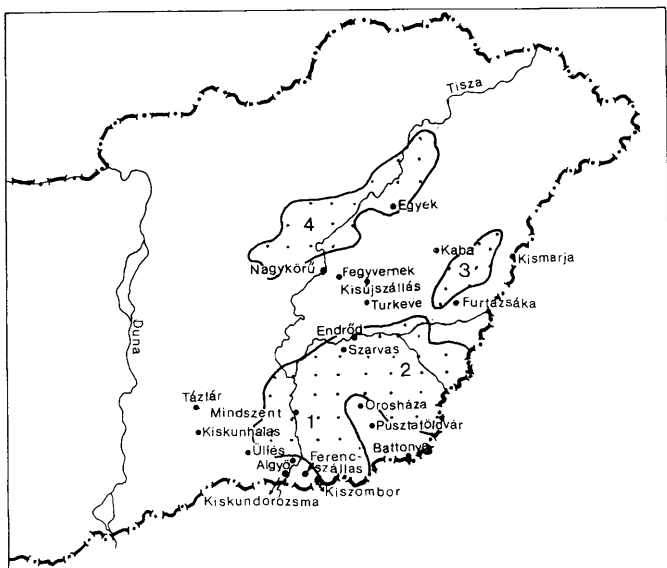
lépnek fel. Néhány medenceperemi litofációs őslénytani jellemzését is megadta (KORPÁSNÉ, 1983, 1985, 1987a, 1987b, 1990).

GAJDOS és szerzőtársai 1983-ban tették közzé az alföldi pannon rétegsor litosztratiográfiai beosztását, az egyes formációkat azonban biofaciológiailag nem jellemezték. Az alföldi üledékképződési környezetek malakológiai jellemzésére eddig csupán egyetlen próbálkozás történt: POGÁCSÁS és munkatársai (1990) a Békési-medence környékén a szeizmikus szelvényeken azonosított környezeteket korrelálták a molluszka-biofációsekkel.

A törmelékes szedimentológia módszereinek alkalmazása jelentős előrelépést jelentett az alföldi pannon rétegsor megismerésében, segített az egyes litosztratiográfiai egységek és litofációsek medenceméretű korrelációjában és térképezésében, a korábbi problémák megoldásában (RÉVÉSZ et al., 1989; JUHÁSZ et al., 1989; JUHÁSZ, 1991). Így lehetővé vált, hogy az egész Alföld pannóniai üledékösszletére kiterjedően vizsgáljuk a litofációsek és molluszka-biofációsek kapcsolatát.

### Felhalmozódási környezetek

A Pannon-tó kialakulásában és feltöltődésében meghatározó szerepet játszott az Alpok-Kárpátok térségének tektonikai változása az újpalai ciklus során. Az alpi-kárpáti régió kiemelkedése szolgáltatta azt a hatalmas mennyiségű törmelékanyagot, amelyet a csapadékos klíma hatására nagy vízhozamú folyók juttattak el a süllyedő medencerés



2. ábra. A szövegben említett helységek és földrajzi egységek. 1: Makó-Hódmezővásárhelyi árok, 2: Békési medence, 3: Derecskei árok, 4: Jászsági süllyedék

Fig. 2. Location map of the referred sites. 1: Makó-Hódmezővásárhely depression, 2: Békés basin, 3: Derecske depression, 4: Jászság basin

zekbe. Az oldaleltolódások és normál vetők mentén felnyíló medencében (ROYDEN, 1988) az egyenlőtlen süllyedés következtében mély részmedencék és hátságok alakultak ki (2. ábra). Az üledékképződés — mind mélységét, mind kiterjedését tekintve — egy beltenger méretű, redukált sőtartalmú, endemikus faunájú tóban folyt. A pannon elején az aljzatmorfológia nem feltétlenül tükrözte a mai medencealjzat morfológiáját, a süllyedés időben és térben eltérő mértékben, fokozatosan történt. Ezt az egyes litofációs egységek mélység- és vastagságviszonyai egyértelműen jelzik.

Az ősföldrajzi helyzetből, a paleomorfológiából és a paleovízgyűjtő területek elhelyezkedéséből következően jelentősebb mennyiségű törmelékeny üledékanyag először az Alföld medencéjének ÉNy-i és K-i, ÉK-i részeit érte el (a Nyírség nagy vulkanit-tömegét megkerülve), valamint behordódás valószínűsíthető DNy-i irányból is az alapképződmények kifejlődése alapján, amely jól kijelöli a fő üledékszállítási irányokat (3. ábra). A déli területre a pannóniai korszak első felében semmilyen, vagy csak kis mértékű üledékképződés folyt az igen csekély törmelékutánpótlás következtében, pelágikus tavi agyagos-karbonátos rétegsorokat létrehozva („bazális márgák”). Az Alföld déli részén néhány szárazulat (sziget) partvonal mentén a hullámvérés hatására abráziós homokkő és konglomerátum képződött (3. ábra).

A mélyvízi márgák fölött a medencerészek legmélyebb zónáiban vastag turbidit sorozat települ. Képződése minden bizonnyal összefügg a fokozatos, időnként szakaszosan bekövetkező süllyedéssel. Ma már bizonyított tény, hogy a törmelékes turbiditek képződése szoros kapcsolatban áll a tengerszint ingadozásokhoz kötődő alacsony vízállásokkal („lowstand”) (SHANMUGAM et al., 1985). Bár ma még nem tisztázott, hogy a Pannon-tó vízszintje milyen mértékben követte a globális euszztatikus tengerszint változásokat, erre vonatkozóan már folynak vizsgálatok (POGÁCSÁS et al., 1988; TARI et al., 1992). A turbidit öszlet legfelső része a delta rendszerhez kapcsolódik. A medence egykori morfológiájától és a tektonikai eseményektől függően az Alföld különböző részmedencéiben különböző geometriájú és felépítésű turbiditek különíthetők el (ld. a következő fejezetben).

A Pannon-tó feltöltésében jelentős szerepet kaptak azok a bő vízhozamú, nagy mennyiségű törmelékanyagot szállító folyók, amelyek hordalékukat a beömlés helyeinél rakták le. A legjelentősebb deltarendszerek ÉNy-i és ÉK-i irányból érték el az Alföldet, bár más irányból is történt üledékszállítás. A folyók beömlési helyeitől távolabb, a partvonalak mentén eközben jellegzetes tavi üledékképződés folyt (JÁMBOR, 1980b, 1989). Mivel a medencében a self igen keskeny lehetett, szerepe alárendelt volt, így a delta lejtő és a medence lejtő környezetek az üledékképződés szempontjából gyakorlatilag egybeolvadtak, nem különíthetők el a litofáciések alapján.

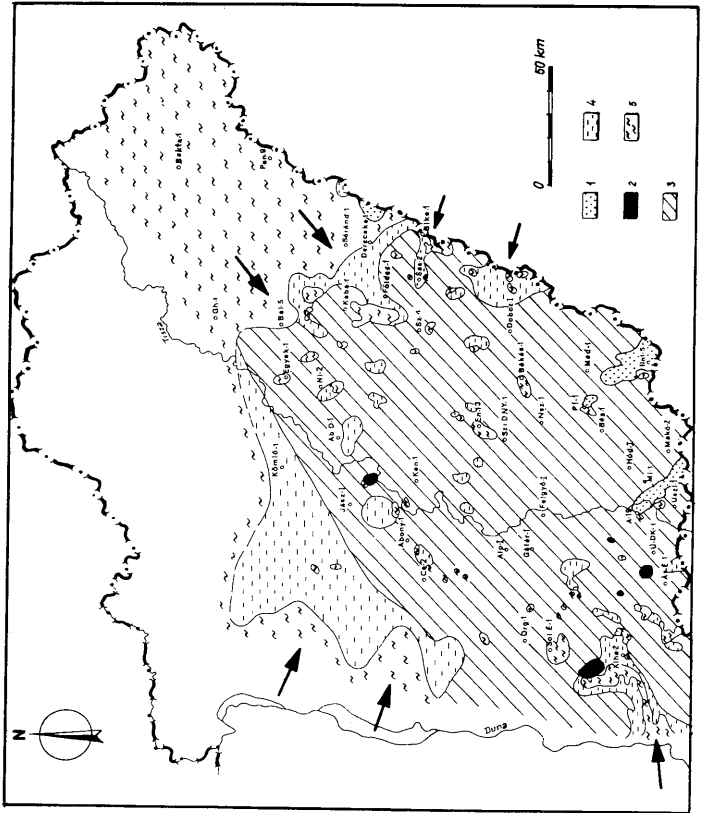
A deltarendszer kialakulásában a környezeti tényezők közül az árapály hatása elhanyagolható, a hullámozás energiája kis mértékben közrejátszott, a legjelentősebb szerepet azonban a folyóvízi folyamatok játszották, így jellegzetes fáciesasszociációk jöttek létre az erőteljes feltöltődés nyomán. E fáciesek mind a magvizsgálatok, mind a karotázis szelvényalak vizsgálatok alapján elkülöníthetők (4. ábra).

Az elkeveredés során a belépő folyók vízének hordaléka ellensúlyozhatta a tó brakkvizének nagyobb sűrűségét, amit a vastag, jól kifejtett, nagy területen követhető delta front fácies, és a sűrűségi áramlásokkal a lejtő alájára jutott áthalmozott üledékek is jeleznek (ELLIOTT, 1986).

A felhalmozódási környezetek alapján POSTMA (1990) osztályozási rendszere szerint Gilbert-típusú delta rendszer alakult ki, amelyet nagy vízmélység, meglehetősen meredek dőlésű delta lejtő (3–15°), ugyanakkor finomszemcsés törmelékanyag jellemezett. A változó mértékű törmelékutánpótlás és a mobilis (helyüket gyakran változtató) medrek, a több irányból történő behordás miatt nem sorolható a torkolati zátony típusú delták közé (4. ábra). A hagyományos osztályozás szerint folyóvíz uralta, karéjos típusú delta környezet (FISHER et al. in ELLIOTT, 1986) alakult ki.

A delta feltöltődés során létrejött pannóniai litofáciések nem olyan változékonyak, mint az irodalmi példák, és recens környezetek analógiáiban tapasztalható, viszont a vastagságrétekek nagyságrenddel nagyobbak. Ez feltehetően az igen gyors és nagy tömegű felhalmozódásnak köszönhető, mint ahogyan az is, hogy a delta síkság rétegsorában a pelites üledékek részaránya viszonylag kicsi, az uralkodó közettípus a finom- és aprószemű homokkő, amelybe aleurolit és agyagmárga rétegsorok iktatódnak közbe. Éppen ezért a delta front és delta síkság fáciesek az egész Alföldön egy összefüggő litofációs egységet alkotnak.

A delta háttér mocsári, ártéri képződményei e képződménycsoport fölött települve mind a litológia, mind a biofácies tekintetében élesen elkülönülnek, és fokozatosan alluvialis síkság üledékek fejlődnek ki belőlük. Ez az üledékképződés egészen a pannon végéig folytatódott.



## A lito- és biofáciesek jellemzése, korrelációja

### Alapkonglomerátum

Az Alföldön viszonylag kis elterjedésben, az egykori szigetek partvonala mentén a pannóniai rétegsor abráziós durvatörmelékkel kezdődik (Békési Formáció). A képződménycsoportot oligomikt homokos finomszemcsés konglomerátum és kavicsos, durvaszemű homokkő építi fel. Vastagsága sehol nem haladja meg a 100 métert, átlagosan 30–40 m. Legvastagabb az alaphegységi kiemelkedések szárnyain, a tetőzóna és a mélyebb területek irányában elvékonyodik, és ki is ékelődik. Elterjedési területe: Algyő, Ferencszállás, Kiszombor, Battonya, Pusztaföldvár, Kismarja és Endrőd. Másutt e képződmény nem került feltárásra, de nem kizárt, hogy néhány cm vastagságban jelen van. Fölötte a gyors transzgresszió és süllyedés nyomán pelites képződmények települnek, az algyői- és battonyai hátságon mészmárga, Kismarján agyagmárga a fedője (3. ábra).

A nagy porozitású kőzetből a molluszkák héja minden esetben kioldódott, túlnyomórészt lenyomat és kőbél, kivételesen kalcit pseuodomorfóza formájában maradtak meg. A rossz megtartási állapot miatt sajnos a határozás is gyakran bizonytalan. Leginkább nagyméretű, vastag héjú formák jellemzők. A sekély, erősen mozgatott vízben a kagylók vagy bisszusszal (*Congeria balatonica*, *Dreissenák*), vagy a mészkiválásztás növelése révén vázuk súlyával (*Congeria unguilacrae*) stabilizálták magukat az aljzaton. A fauna összetételére a *Congeria* és *Lymnocardium* fajok dominanciája jellemző, a csigák részaránya igen alacsony (5. ábra, A). A faji összetételben a különböző lelőhelyek molluszka együttese között különbségek mutatkoznak.

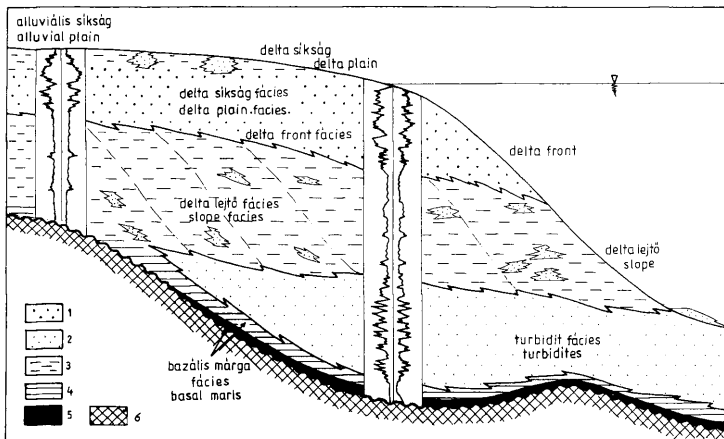
Battonya környéki fúrások magmintáiban többször fordul elő *Lymnocardium schmidti* (M. HÖRNES), *L. hungaricum* (M. HÖRNES), *L. cf. majeri* (M. HÖRNES), *Dreissena* sp. Egy-egy mintában találtunk *Lymnocardium cristagalli* (ROTH), *L. cf. banaticum* (FUCHS), „*Didacna*” sp., ?*Prosodacnomya* sp., *Phyllocardium planum* (DESHAYES), *Congeria rhomboidea* M. HÖRNES, *Congeria cf. balatonica* PARTSCH, *Melanopsis (Lyrcaea)* sp. példányt vagy példányokat. A finomszemű aljzatra specializálódott *Budmaniák* (*L. cristagalli*) jelenléte a fauna részben összerosott voltára utal.

A pusztaföldvári fúrásokból felszínre került ősmaradványanyag lényegesen szegényesebb. A csigák gyakorisága és a meghatározott fajok ritkasága miatt érdekes a Pf—20 fúrás faunája: *Congeria* sp., *Congeria cf. simulans* FUCHS, *Lymnocardium* sp., ?*Dreissena* sp., *Melanopsis defensa* FUCHS, *Theodoxus* sp., „*Gyraulus*” sp., *Gastropoda* sp.

A Ferencszállás—kiszombori terület fúrásaiból ismét nagyobb anyag került elő. Több példányban található a *Lymnocardium cf. banaticum* (FUCHS), *L. cf. majeri* (M.

3. ábra. A pannóniai s.l. alapképződmények területi elterjedése és kifejlődése az Alföldön. 1: alapkonglomerátum és homokkő, 2: vulkanit, 3: mészmárga, 4: márga, 5: agyagmárga. A nyilak a földalatti üledékáramlás irányát jelzik.

Fig. 3. Initial members of the late Neogene sequence in the Alföld. 1: basal conglomerate and sandstone, 2: volcanic rocks, 3: calcareous marl, 4: marl, 5: argillaceous marl. The arrows indicate directions of sediment transport.



4. ábra. Az alföldi medencebeli pannóniai s.l. litofáciesek és felhalmozódási környezetek elvi szelvénye és ezek jellegzetes megjelenése karotázis szelvényen. Az uralkodó kőzettípusok: 1: közép és finomszemcsés homokkő, 2: finomszemcsés homokkő, 3: aleurit, 4: agyagmárga, 5: márga, mészmárga. 6: prepannon aljzat.

Fig. 4. Schematic diagram showing the relationship between the sedimentary environments and lithofacies, as well as their characteristic well log response (SP and resistivity) in the basin area of the Alföld. Prevailing rock types are: 1: medium and fine-grained sandstone, 2: fine-grained sandstone, 3: siltstone, 4: argillaceous marl, 5: marl, calcareous marl. 6: Pre-Pannonian basement.

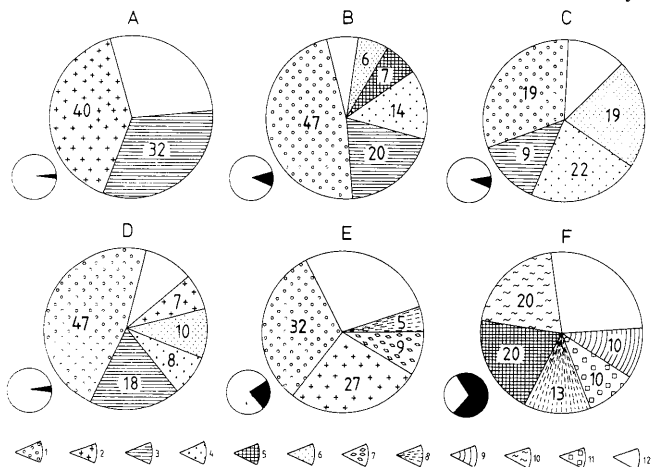
HÖRNES), *L. cf. hungaricum* (M. HÖRNES), ?*Plagiadacna* sp., *Congeria triangularis* PARTSCH, *C. cf. balatonica* PARTSCH, *C. cf. ungalacabrae* MÜNSTER. Előfordul még *Lymnocardium schmidtii* (M. HÖRNES) vagy *dumicici* (GORJANOVIC-KRAMBERGER), *L. cf. pensilii* (FUCHS), *Pseudocatillus* sp., ?*Prosodacnomya* sp., *Dreissena cf. auricularis* (FUCHS), *Dreissenomya* sp., *Congeria zagradiensis* BRUSINA, *Melanopsis* sp.

Az alapkonglomerátum és homokkő ősmaradványai Algyőn igen rossz megtartásúak. Fajra határozható formák a következők: *Lymnocardium hungaricum* (M. HÖRNES), *Congeria cf. balatonica* PARTSCH, *Congeria cf. partschi* CZIZEK. Itt is gyakoriak a nagy *Lymnocardium*ok, mellettük csak *Congeriák* ismerhetők fel.

#### Pelites, nyíltvízi képződmények

A pannon rétegsor kezdő képződményeit az Alföld legnagyobb területén tavi eredetű mészmárga, márga, agyagmárga rétegsorok alkotják, illetőleg a durvatörmelék alapkonglomerátum fedőjét is ezek képezik. A pelites sorozat karbonáttartalma fölfelé fokozatosan csökken, előbb márgába, majd agyagmárgába megy át. Battonya—Pusztaföldvár térségében a karbonáttartalom olyan magas, hogy a kőzet mészkőnek minősül, amely sajátos az alföldi pannóniai rétegsorban.



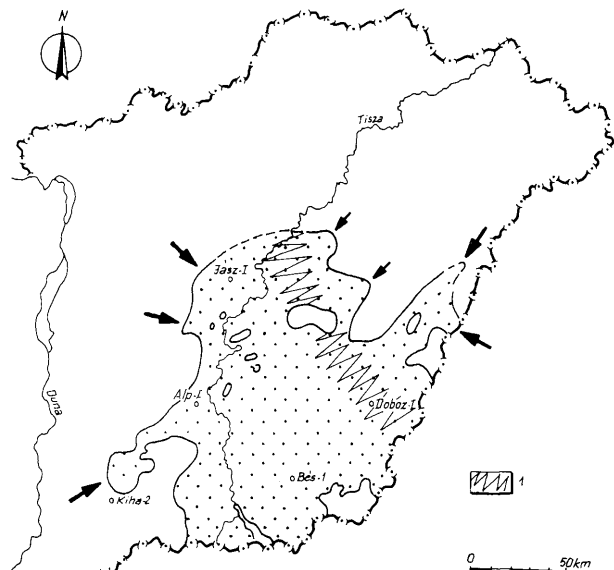


5. ábra. A puhatestű-nemzetségek gyakorisága (százalékban) az alföldi litofáciésekben (az egyedszám figyelmen kívül hagyásával). A kis kördiagramokon a csigák aránya feketével van feltüntetve. A: alapkonglomerátum, B: pelites alapképződmények, C: turbiditék, D: delta lejtő üledékek, E: delta front és delta síkság üledékek, F: fluvio-lakustris összlet. 1: *Paradacna*, 2: *Lymnocardium*, 3: *Congeria*, 4: *Dreissenomya*, 5: *Planorbidae*, 6: „*Pontalmyra*”, 7: *Caladacna*, 8: *Viviparus*, 9: *Anodonta*, 10: *Bithynia*, 11: *Theodoxus*, 12: egyéb. A számítások kb. 150 mélyfúrás adatai alapján készültek.

Fig. 5. Percentage of the most common mollusc genera in the Alföld late Neogene lithofacies (without considering numbers of individuals) based on core samples of about 150 boreholes. In the small diagrams ratio of gastropods shaded. A: basal conglomerate, B: basin marl, C: turbidite facies, D: slope facies, E: delta front and delta plain facies, F: fluvial-lacustrine facies. 1: *Paradacna*, 2: *Lymnocardium*, 3: *Congeria*, 4: *Dreissenomya*, 5: *Planorbids*, 6: „*Pontalmyra*”, 7: *Caladacna*, 8: *Viviparus*, 9: *Anodonta*, 10: *Bithynia*, 11: *Theodoxus*, 12: others.

A mészmárga-márga szint (Tótkomlói Formáció) nagy elterjedést mutat. Valójában azonban ez a képződmény több litofáciest, vagyis több üledékképződési környezetet képvisel. Néhány alaphegységi kiemelkedés tetőzónájában, ahol igen csekély vízmélység és nyugodt leülepedési körülmények tételezhetőek fel, a kőzet világossárga színű és piritesedett növénytörödékeket tartalmaz. A vízmélység növekedésével a mészmárga kifejlődése megváltozik, erősen pirites lesz, színe barnává, majd az erősen redukált, euxin körülmények, valamint a magas szervesanyagtartalom hatására feketévé válik. Meredek aljzatmorfológiához kötődve a neogén aljzattól származó exotikus kavicsok jelenhetnek meg a rétegsorban (pl. Kiskundorozsma, Kismarja).

E pelites képződmények a medence DK-i része felé egyre fiatalabb korúak. A mészmárga szint részletes szedimentológiai vizsgálata egyelőre nem történt meg, így keletkezésének körülményei nem tisztáztak. Az Alföld D-i részén található pannóniai vulkanitok a mészmárgába települnek közberétegződéseket, lepelszerű lávpadokat, vulkáni kúpokat alkotva.



6. ábra. A finomhomokos kifejlődésű turbidit fácies (Szolnoki Formáció) elterjedése az Alföldön. 1: a különböző irányból érkező felhalmozódások összefogazódása

Fig. 6. Areal distribution of the fine-grained sandy turbidite sequence in the Alföld. The arrows indicate directions of sediment transport. 1: interfingering of the turbidites arriving from different directions

A nyíltvízi agyagmárga (Nagykörűi Formáció) általánosan elterjedt az Alföldön, a mészmárgára túlterjedő módon települ. Alsó részén meredek aljzatmorfológiához kötődve az aljzattól származó kavicsok kerülhettek a rétegsorba. Felső részén jellemző a vékony aleurolit, majd vékony finomhomokkő csíkok megjelenése, amelyek a turbiditek disztális részeinek elvégződéseit képviselik.

A battonya—pusztaföldvári hátságán és az algyői gerincen számos fúrás tárta fel a kglomerátum (homokkő) és a mészmárga határát. Az átmenet mind közettani, mind biofaciológiai szempontból fokozatos. A molluszka együttesekben a sekély-, de nyíltvízi formákat fokozatosan mélyvízi fajok váltják fel. A mészmárga legalján még előfordulnak *Lymnocardiumok* (*L. hungaricum*, *L. schmidtii*, *L. cf. majeri*), *Pteradacna pterophora* (BRUSINA), nagy *Congeriák* (*C. aff. partschi* CZIZEK, *C. cf. markovici* BRUSINA, *C. cf. zagrabiensis* stb.), de már gyakoriak a mélyvízi nagy tüdőcsigák (*Valenciennius*, „*Radix*”), a *Paradacnák* és — Battonyán — a *Congeria banatica* R. HÖRNES is.

Néhány helyen (pl. Endrőd—7, Kisújszállás—2, Tázlár—25 és —26 fúrások), ahol nincs, vagy nagyon vékony az alapkonglomerátum, és a pannon rétegsor közvetlenül

mész márgával kezdődik, sajátos Planorbidae-s (?*Gyraulus*-os) biofáciés figyelhető meg, nagyon rossz megtartású ósmaradványokkal (Dreissenidaek, Lymnocardidaek).

A molluszkafauna fokozatos elszegényedése a víz kimélyülését jelzi. A Pannon-tó endemikus molluszkafaunájából csak nagyon kevés forma tudott alkalmazkodni az esetenként több száz méteres vízmélységhez és az oxigénszegény környezethez. Belőlük alakult ki az az alacsony diverzitású, perzisztens együttes (SZÉLES, 1971b; MAGYAR, 1991), amely az egész Pannon-medence mélyvízi üledékeit jellemzi, s amely a pontusi korszak elején a Dáciai- és Fekete-tengeri medencéket is meghódította (STEVANOVIĆ et al., 1990). Az együttest kicsi vagy közepes méretű, vékony héjú, félig vagy teljesen beásó életmódot folytató Cardiidae-k (*Paradacna abichi* (R. HÖRNES), *Paradacna „lenzi”* (R. HÖRNES), „*Pontalmyra*” *otiophora* (BRUSINA) és Dreissenidaek (*Dreissenomya digitifera* (ANDRUSOV), *Congeria* sp. (a Modioliformes ANDRUSOV csoportból) jellemzik, esetenként tüdőscsigákkal (*Valenciennius*, „*Radix*”, Planorbidae-k). Más gastropodákat vagy a *Lymnocardium* genus képviselőit még csak besodort állapotban sem találtuk meg a mélyvízi üledékekben (5. ábra, B).

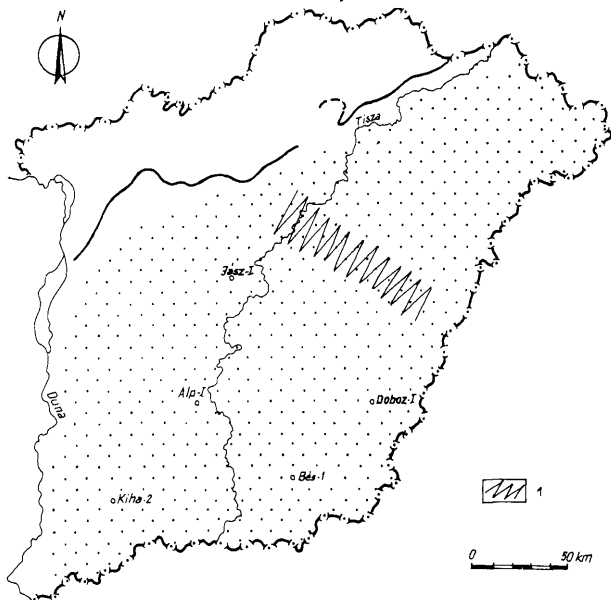
### *Turbidit fáciés*

A medencerészek legmélyebb zónáiban vastag turbidit összlet halmozódott fel. A finomhomokos kifejlődésű turbiditek (Szolnoki Formáció) elterjedését szemlélteti a 6. ábra. E nagy tömegű turbidit részletes fáciéselemzését nehéz lenne elvégezni a rendelkezésre álló adatok alapján, képződésük szempontjából azonban elkülöníthető az Alföld középső, döntően nagyobb területén található összlet, és a K-i részén, a Derecskei-árok vonalában és ettől DK-re elhelyezkedő turbidit rétegsor. A különböző irányokból érkező, különböző sajátosságokkal rendelkező felhalmozódások a Békési-medence területén fogazódnak össze.

Az ÉNy-i, Ny-i irányból érkezett hatalmas tömegű törmelékanyag nagy vastagságú turbidit kötegeket alkot, amelyek nagy területi elterjedést mutatnak. Turbidit medreket azonban szeizmikus szelvényeken csak elvétve találhatunk néhány helyen, tehát a nagy tömegű és gyors beáramlás gyakorlatilag lineárisnak tekinthető, ahol a medrek elszakadnak a turbidittestektől, illetőleg a homokos üledékek nem maradnak a medrekben, hanem átlépnek azon. Ez megegyezik a MUTTI (1985) által meghatározott II. turbidit típusal.

Az ÉK-i irányból érkezett mélyvízi turbiditek egy vízalatti hordalékkúp rendszert alkotva töltötték fel a Derecskei-árkot, majd azon végighaladva eljutottak a Békési-medencébe. A homokos meder és lebeny (*fan-lobe*) üledékek az árok tengelyvonalában találhatóak meg, míg az árok peremén vastag pelites üledéksorok települnek. Ezek a hordalékkúp nagy tömegű parton kívüli (*overbank deposits*) üledékeit, valamint — különösen a rétegsor felsőbb szakaszain — az árok szárnyai felől érkező, finomtörmelékes lejtőüledékeket (*slope apron*) — csúszás, suvadás, iszapfolyás stb. — tartalmazzák. Ezek a pelites üledékek a jelenleg rendelkezésre álló eszközökkel (geofizikai, geológiai anyagvizsgálati információkkal) nem különíthetők el határozottan a bazális márgáktól és a delta lejtő üledékektől.

A turbiditösszlet homokkőrétégei faunamentesek. A finomszemű rétegekben ugyanazt a puhatestű-együttest találjuk, mint a bazális márgákban. Eltérés csupán a gyakorisági



7. ábra. Az azonos elterjedésű delta lejtő, delta front és delta síkság litofáciések kiterjedése az alföldi medencerezszekben. 1: a fáciesösszefogozódás területe.

Fig. 7. Areal distribution of the delta slope, delta front, delta plain and littoral lithofacies in the Alföld basin area. 1: interfingering of the different lithofacial units

viszonyokban mutatkozik; különösen feltűnő a „Pontalmyra” otiophora sűrűbb előfordulása (5. ábra, C).

#### Delta lejtő fácies

A delta lejtő és medence lejtő üledékes környezetben képződött litofáciések uralkodóan pelites kifejlődésű és általános elterjedésű az egész Alföldön. A folyók beömlési helyeitől távolabb eső peremi területeken hasonló kőzettani kifejlődésű, litorális, sekély szublitorális fáciesű rétegsor helyettesíti. Gyakorlatilag teljes egészében ez alkotja az Algyői Formációt, kivéve a Derecskei-árokban és a peremeken (4. és 7. ábra).

Az agyagmárga és aleurolit váltakozásával jellemzett rétegsorokba helyenként vékonyabb-vastagabb homokkő rétegek települnek. Az üledéksor felső részén e homokkőtestek torkolati zátony és áthalmazott eredetűek, mivel a delta ág esetleges áthelyeződéséből, ill. a vízszintemelkedésből következően a korábbi zátony üledékeket a hullámozás energiája többé-kevésbé átmozgatta, majd újra leüleptette. A felhalmazódás nagy sebességét jelzi, hogy viszonylag kevés helyen találunk közvetlenül a delta front alatt jelentősebb vastagságban ilyen átdolgozott homokkőveket.

A pelites rétegsor alsóbb részein előfordulhatnak vastagabb vízalatti mederkitöltések, illetőleg üledékcúszások, suvadások, szemcsefolyások által leüleptett homokos kifejlődésű rétegek, valamint a lejtőláb közelében jellegzetes, felfelé durvuló szemcseösszetételű, hordalékkúp-lebeny (*fan-lobe*) üledéksorára emlékeztető homokkő üledékritmusok.

Az Alföld területén néhány helyen, általában alaphegységi kiemelkedésekhez kötődve, tapasztalható a delta lejtő erősen homokos kifejlődése. Ezekben a rétegsorokban a homokkő részaránya igen nagy, így nehezen különíthető el a delta front, ill. az alatta települő turbidit üledékektől (Szarvas, Üllés, Orosháza, Nagykőrű, Fegyvernek).

A lejtő üledékek magassága a mindenkori vízmélységre enged következtetni; az összlet vastagsága a legmélyebb zónákban eléri a 800–900 métert is. Az üledék kompaktióját figyelembe véve az egykori vízmélység ennél jóval nagyobb lehetett. Ekkora mélység mellett a lejtő rétegsor alsó részében még csak a bazális márgákra és a turbiditokra jellemző szegényes puhatestű együttest találjuk. A delta lejtő felső részén azonban már elszórtan megjelennek a tipikus mélyvízi együttesben idegen formák is, elsősorban *Lymnocardium*ok és *Conger*iaék (5. ábra, D). Előbbiek közül a *L. majeri* és alakköre hatolt a legmélyebbre, utóbbiak közül a *C. czjzeki* M. HÖRNES, *C. zagrabien-sis*, *C. croatica* BRUSINA. Előfordul még a *Caladacna steindachneri* (BRUSINA), *Pteradacna pterophora*, ?*Dreissenák* és különféle csigák is. Elképzelhető, hogy ezek egy része sekélyebb vízi környezetből szállítottott ide. A leggyakoribb forma a *Paradacna abichi*. A delta lejtő felső részén a többi fácieshez képest feltűnően gyakran találjuk a vázait páros teknővel, sokszor élő helyzetben betemetődve. Úgy tűnik, itt volt legkisebb az esély a vázak betemetődés utáni áthalmazódására.

Az Alföld ÉK-i részén található egy zóna, amelyben a delta lejtő és delta front sorozatok több ritmusban megtalálhatók egymás fölött. Ez egyrészt a vízszint relatív ingadozásának, tektonikai változásoknak köszönhető. Ennek következtében itt találkozott az ÉK-i és ÉNy-i irányból érkező delta rendszer egy-egy ága, térben és időben bonyolult összefogazódásokat létrehozva (7. ábra). A Nagyiván—2 fúrásban, 900 m körüli mélységben a delta lejtő felső részére jellemző fauna (*Conger*ia *zagrabien-sis*, *C. croatica*, *Pteradacna pterophora*, *Lymnocardium* sp. stb.) található delta síksági litofácies fölött.

#### *Delta front és delta síkság fácies*

A delta front és delta síkság környezetben képződött üledéksorok egymástól nehezen különíthetők el, egy litofácies egységet képeznek, mivel az igen gyors üledékfelhalmozódás következtében a delta síkságon is a homokos üledékek részaránya dominál. Ez a litofácies egység alkotja a Törteli Formációt, amely az egész Alföldön általánosan elterjedt képződmény (4. és 7. ábra).

A rétegsor alulról felfelé durvuló szemcseösszetételű, viszonylag vastag, delta fronton képződött torkolati zátony sorozattal fejlődik ki az alatta települő pelites delta lejtő üledékekből az Alföld nagyrészén. A felfelé durvuló szemcseösszetétel a delta előrenyomulását jelzi. Néhány helyen a delta-ágak medrei bevágódtak a delta front rétegsorba, és mederkitöltés üledékritmusok, másutt kisebb vastagságú gátszakadás (*crevasse splay*) üledékek települnek közvetlenül a pelites delta lejtő sorozatra. Igen ritkán előfordul, hogy a rétegsor felfelé finomodó szemcseösszetételű, áthalmazott

üledékritmussal indul. Ez azt jelzi, hogy itt a hullámzás energiájának volt elegendő ideje átmozgatni a delta fronton lerakódott üledékeket.

A litofáciest teljes vastagságban döntően delta-ág mederkitöltés, gátszakadás és torkolati zátony homokkő üledékritmuskok építik fel. A közöttük levő, igen kis vastagságban jelentkező finomszemcsés rétegsorokra jellemző a mocsári, ártéri, lagúna, ill. sekélyvízi litorális üledékek kifejlődése. A rétegsorban már vékonyabb-vastagabb földes-fás barnakőszén, ill. lignit betelepülések is megjelennek.

Ezekben a változatos üledékképződési környezetekben különböző, aránylag nagy diverzitású puhatestű együttesek éltek. A lapos morfológiájú terepen az időnként bekövetkező néhány méteres vízszintingadozások a fácieshatárok több km-es eltolódásához vezethettek. Így magyarázható, hogy néhány területen, helyenként összefogazódva vagy egymás fölött ismétlődve fordulnak elő a nyíltvízi, partközeli és mocsári biofáciések (MAGYAR & RÉVÉSZ, 1976; RÉVÉSZ, 1980). Ezek a területeken a litofáciések változékonysága is szembeűnő.

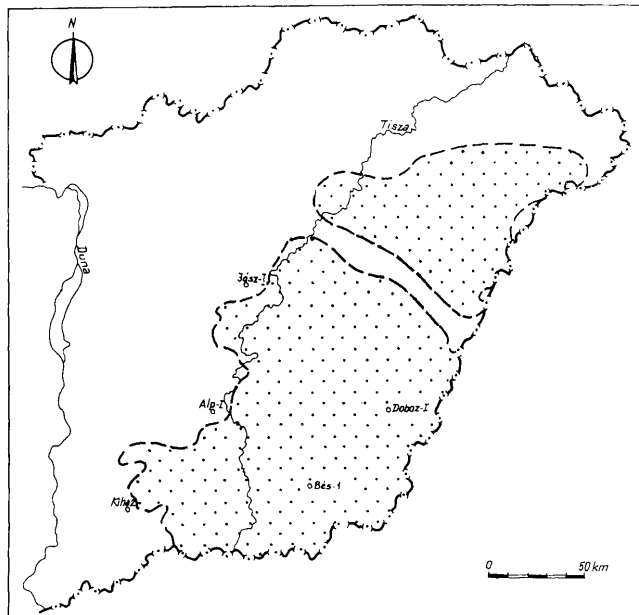
A leggyakoribb forma a *Paradacna abichi*, illetve annak — sokszor területenként eltérő — különböző, olykor a *Paradacna okrugici* (BRUSINA) fajra emlékeztető változatai. A többi mélyvízi forma közül a *Dreissenomya digitifera* és a mélyvízi *Congeridák* egyáltalán nem, a *Valencienniusok* pedig csak igen ritkán jelennek meg a delta front-delta síkság üledékekben (5. ábra, E).

A delta front homokos aljzatán a jól átszellőzött, nyílt, de néhány méternél nem mélyebb vizet kedvelő formák (*Dreissenák*, *Pseudocatillusok*, *Lymnocardiumok*) éltek. Hasonló mélység mellett, de finomszemű aljzaton is gyakori a *Caladacna steindachneri* és a *Lymnocardium ochetophorum* (BRUSINA). A Kaba—D—1 fúrásban gazdag *Congeria rhomboideás* faunát (*C. rhomboidea*, *Dreissena* sp., *Lymnocardium hungaricum*, *L. schmidti*, *Valenciennius* sp.) találunk a Törteli Formációban. SZÉLES (1971a) és KÖRPÁSNÉ (in FRANYÓ, 1979) szerint hasonló együttesek kerültek elő a Fegyvernek—1, Furtazsáka—2, Túrkeve—1, illetve az Egyek—1 fúrásból is; ezek azonosításunk szerint szintén a delta lejtő felső vagy a delta front—delta síkság litofációs alsó részébe tartoznak.)

A delta síkságon a szárazföld irányában (tehát a feltöltődés előrehaladtával) egyre gyakoribbak lesznek a csigák és ritkábbak a *Paradacnák*, a nagy *Congeridák* helyett kisebb *Dreissenák*, a *Lymnocardiumok* helyett *Prosodacnomyák* jellemzők. Az édesvízi formák (*Anodonta*, *Unio*, *Viviparus* stb.) aránya fokozatosan növekszik.

#### *Fluvio-lakusztis fácies*

A delta síkság homokos kifejlődésű fáciése fölött települ a delta háttér mocsári, ártéri környezetben lerakódott üledékes együttese, majd ebből fokozatosan fejlődnek ki egy fluvio-lakusztis rendszer üledékei. Ezen üledékösszlet valójában egy litofáciest képvisel, amelyet a litosztratigráfia Zagvyai Formáció névvel illet. Elterjedése nem általános az Alföldön, hanem a pannon végéig a legintenzívebben süllyedő területekre korlátozódik. Az Alföld többi, kiemeltebb területén, ahol ez a litofációs nem fejlődött ki, a pannon összlet felső részéig uralkodóan homokos lerakódásokat találunk, amely sem a karotázsgörbék, sem a molluszkák alapján nem különül el a delta síkság fáciestől (8. ábra).

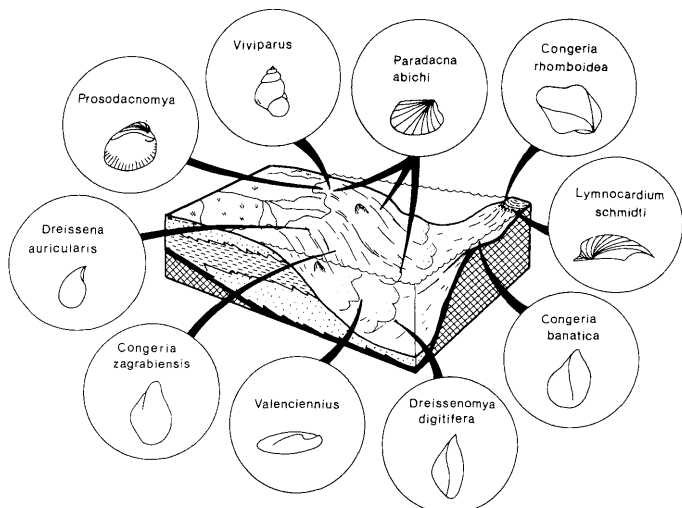


8. ábra. A fluvio-lakusztis litofációs területi elterjedése az Alföldön.

Fig. 8. Areal distribution of the fluvial-lacustrine lithofacies association in the Alföld.

A litofációs egység uralkodóan pelites kifejlődésű, jellemző az aleurit, agyammárga és homokkő igen sűrű, vékonypados váltakozása. A rétegsort az alluviális síkságon, fluvio-lakusztis környezetben képződött finomtörmelékes üledékanyag, ártéri, mocsári, tavi, természetes gát pelites üledékek, valamint az áradások idején bekövetkező gátszakadások (*crevasse splay*) homokos, turbidit üledékszerkezeti jegyeket tartalmazó, de felfelé durvuló szemcseösszetételű lerakódásai építik föl. A monoton, sűrűn rétegzett összletet helyenként meanderező folyók homokos mederkitöltései, ill. felfelé finomodó szemcseösszetételű, jellegzetes karotázis szelvényalakkal rendelkező övzátony üledékritmusok szakítják meg. Gyakoriak a tarka agyag és földes-fás barnakőszén betelepülések.

Ebben a fáciesben csupa édesvízi, a Kárpát-medencében ma is élő genus — főleg csiga — található: *Bithynia*, *Planorbis*, *Theodoxus*, *Unio*, *Anodonta*, *Viviparus*, *Dreissena*, *Melanopsis* (5. ábra, F). A jelentős vízszintváltozások bizonyítékaként a Mindszent—1 fúrásban, édesvízi faunájú (*Theodoxus* cf. *radmanesti* BRUSINA, *Bithynia*



9. ábra. A Pannon-tó üledékképződési környezeteinek néhány jellemző puhatestűje az Alföldön. A jelmagyarázatot ld. a 4. ábránál.

Fig. 9. Some characteristic molluscs of the different sedimentary environments of the Pannonian lake in the Alföld. Facies indication as in Fig. 4.

sp., *Anodonta* sp. stb.) rétegek közé zárva, egy nyíltvízi betelepülés található (*L. ochetophorum*, *L. (?Bosporicardium)* sp., *Lymnocardiidae* sp.).

Az alluviális síkság környezetben történő üledékképződés a pannóniai végéig folyt a megjelölt területen. Az Alföld ÉK-i részén, kis területi elterjedést mutatva, ezen uralkodóan pelites üledéksor fölött újra egy erősen homokos kifejlődésű rétegsor települ, hol elvékonyodva, hol erősen kivastagodva, melynek genetikájáról, magminták hiányában, valamint a gyér fűrássűrűség miatt, egyelőre keveset tudunk.

### Diszkusszió

A pannóniai puhatestűekkel foglalkozó paleontológusok közül BARTHA (1959, 1971) volt az első, aki a paleoökológiai vizsgálatokra igazán nagy súlyt helyezett. Más szerzők rendszerint két „fáciesben” (sekély- és mélyvízi, vagy partközeli és medencebeli, vagy homokos és agyagos üledékek) gondolkodtak (SÜMEGHY, 1939; STEVANOVIĆ, 1951; STRAUZ, 1971; SZÉLES, 1971a), vagy legfeljebb e kettő között kijelöltek egy „átmeneti fácies” (STEVANOVIĆ, 1985), mindezt szedimentológiai leírás és a környezetek értelmezése nélkül. BARTHA a fajokat sótartalom-igényük szerint csoportosította, és az egyes feltárásokban a faunában megfigyelhető változásokat az egykori környezet — elsősorban a víz sótartalmának — megváltozásával magyarázta.



Az alföldi medencerészben a pannon molluszkák elterjedését meghatározó tényezők közül ezzel szemben a vízmélység és az üledékképződési környezet volt a döntő. A sótartalom-különbségek hatása csak a legsekélyebb vízi környezetekben, a delta háttér és delta síkság folyóvízi és mocsári fáciesekben nyilvánvaló.

KORPÁSNÉ (1983, 1985, 1987a, 1990) a dunántúli hegységperemekről több jellegzetes paleoasszociációt írt le, ezek közül néhány az Alföldön is hasonló kifejlődésben található. A delta lejtő felső részének faunája a *Congeria* országek—*Paradacna abichi* ökozónának felel meg. A delta síkságnak a szárazföld irányában egyre egyértelműbben édesvízi faunái a *Gyraulus radmanesti*—*Prososthenia radmanesti*, *Melanopsis bouei sturii*—*Theodoxus* sp., *Viviparus sadleri*—*Unio atavus*, *Planorbarius* sp.—*Planorbis* sp. asszociációkkal párhuzamosíthatók.

A biofáciológiai és biosztratigráfiai határok összekeverése állandó hibaforrást jelent a különböző képződmények korrelációjában. Sok gondot okozott a hazai pannon összetagolásánál, és téves megközelítéshez vezetett a környező országokban is. Az alföldi üledékképződési környezetek biofácies-zónái jól egyeznek SZÉLES (1971a) biosztratigráfiai szintjeivel. Az általa „alsó pannonnak” tekintett puhatestűek valójában a mélyvízi fáciesre, a „felső pannon” ősmaradványok pedig a delta síkságra jellemzők. Az „átmeneti szint” (SZÉLES, 1966), amelyben „alsó és felső pannon” ősmaradványok keverten fordulnak elő, a delta lejtő felső, partközeli részének és a delta frontnak felel meg. A puhatestű-biofáciesek tehát alapvetően a litofáciesekhez, azaz az üledékképződési környezetekhez kötődnek, és nem jelölnek korhatárokat (9. ábra). Megbízható biosztratigráfiai tagolást elsősorban az egyes fácieseken belül, a különböző formák feltűnésének, evolúciójának alapján lehet kialakítani.

### Következtetések

Az összehasonlító munka során bizonyítást nyert, hogy az alföldi pannóniai litofáciesek és molluszka-biofáciesek szoros kapcsolatot mutatnak egymással.

A puhatestűek elterjedését a különböző környezetekben elsősorban a vízmélység és az üledékképződés jellege szabta meg. A mélyvízi képződmények (mélyvízi márgák, turbidit- és delta lejtő fáciesek) egységes és sajátos, alacsony diverzitású puhatestű együttest tartalmaznak (*Dreissenomya digitifera*, „*Pontalmyra*” *otiophora*, *Paradacna*, *Valencienniusok*, mélyvízi *Congeriák*). A mélyvízi viszonyok közt csak az egyes formák gyakorisága változik az üledékképződési környezetnek megfelelően.

A sekélyvízi és partközeli képződmények (abráziós konglomerátum, sekélyvízi mészmarga, delta front és delta síkság üledékek) a mélyvízítől jól elkülönülő, az egyes környezetekre jellemző, de éles határokat ritkán mutató, változatos biofáciesekkel rendelkeznek. A jól szellőzött, nyílttavi környezetben a *Congeria*, *Lymnocardium*, *Caladacna*, *Pteradacna* és *Melanopsis* nemzetségek jellemzők. A delta síkságon, ahol az édesvízi hatás erős volt, az *Unio*, *Anodonta*, *Theodoxus*, *Viviparus* stb. genusok aránya jelentősebb.

A fluvio-lakusztis képződmények biofáciesei ismét jellegzetes, élesen elüt a többbitől, mert csak édesvízi molluszkákat tartalmaz.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton szeretnének köszönetet mondani dr. Szentgyörgyi Károlynak és dr. Jámbor Áronnak a dolgozat elkészítése során adott tanácsaikért és a kézirat áttanulmányozásáért. Ezenkívül köszönjük Sipos Gyulánénak az ábrák elkészítésében nyújtott segítségét.

Review and correlation of the Late Neogene  
(Pannonian s.l.) lithofacies and mollusc biofacies  
in the Great Plain, eastern Hungary

Györgyi JUHÁSZ & Imre MAGYAR

### Introduction

The Pannonian basin (Fig. 1) is a transtensional basin formed during the Miocene. It was characterized by lacustrine sedimentation, offering various ecological conditions for the endemic mollusc fauna. This paper deals with the late Neogene Pannonian s.l. sequence corresponding to the upper Miocene Pannonian and Pontian regional stages (according to the terminology of IUGS RCMNS) and the Pliocene.

Thorough palaeoecological study of the molluscs started several decades ago in outcrops and in shallow boreholes at the western margin of the basin, while principles of the deposition of the deep basin sequences were recognized in the southeastern Alföld (Hungarian Plain).

Since sedimentological study of deep basins and palaeoecological study of molluscs had been unreasonably separated, we found it important to compare the results of the two methods. First we determined the sedimentary environment (quality of substratum, water depth, etc.), as reflected by the lithofacies in cores and on well logs which influenced the distribution of mollusc species and genera. We searched a correlation between lithofacies and mollusc biofacies of the late Neogene deep basin deposits. In 150 boreholes in the Alföld, on the basis of electrofacies and core sample investigations, we identified 6 lithofacies: basal conglomerate, basin marl, turbidite, slope, delta front and delta plain, and fluvial-lacustrine facies. We revised the former determinations of molluscs from cores and grouped them according to the embedding lithofacies. A close correlation between lithofacies and mollusc biofacies was recognized.

### Previous studies

The first comprehensive studies of the late Neogene sequence of the Alföld and the mollusc stratigraphy of this area were given by KÖRÖSSY (1968, 1971) and SZÉLES (1962, 1966, 1971a, 1971b), respectively.

On the basis of sedimentological studies, MUCSI and RÉVÉSZ were among the first to attach great importance to delta progradation in the filling of the basin (MUCSI, 1973; MUCSI & RÉVÉSZ, 1975; RÉVÉSZ, 1980). At the same time MAGYAR & RÉVÉSZ (1976) recognized that the deep water *Paradacna* association and the shallow water *Viviparus* association represent different facies rather than biostratigraphic units. They also reported their alternating occurrence in the sequence.

The sedimentological study of the Hódmezővásárhely—I (Hód—I) borehole and its surroundings by BÉRCZI & PHILLIPS (1985) revealed the filling mechanism of the deep Neogene basin in the southeastern part of Hungary. Further investigations were based on this facies model.

JÁMBOR (1980ab, 1985, 1989) studied the geology, stratigraphy, and facies distribution of the late Neogene sequence of the marginal and the basin areas. KÖRÖSSY (1983, 1985, 1987a, 1987b, 1990) established a mollusc ecostratigraphy for these sequences in the basin margins and gave paleontological characterization of some marginal formations.

Lithostratigraphic subdivision of the late Neogene in the Alföld was published by GAJDOS et al. (1983). In the description of the formations, however, the biofacies characterization was neglected. The only paper dealing with palaeontological description of the Alföld sedimentary environments was presented by POGÁCSÁS et al. (1990). They correlated the mollusc biofacies with the seismic facies in the area of the Békés basin, southeastern Hungary.

The systematic sedimentologic and lithostratigraphic investigations of the late Neogene Pannonian s.l. sequence were made by RÉVÉSZ et al. (1989), JUHÁSZ et al. (1989), and JUHÁSZ (1991).

### Palaeogeography and sedimentation

In the formation and evolution of the Pannonian lake, a major role was played by the tectonic activity of the Alpine-Carpathian region during the Neo-Alpine stage. Emersion of the surrounding areas served as hinterland for the differentially and strongly subsiding basin areas, which suffered extension, characterized by strike-slip faults and normal faults (ROYDEN, 1988), forming a series of crests and subbasins (Fig. 2).

On the NW and NE part of the basin, large delta systems were formed (the latter coming around the huge volcanic range of the Nyírség area), fed by rivers of large drainage basins and of high sediment discharge, due to the palaeogeographical setting and palaeomorphology. In addition, rivers of much less importance reached the basin from other directions. As for the basin regime wave energy was limited and tidal influence was negligible.

The two main delta systems were fluvial dominated lobate types according to the classification of FISHER et al. (*vide* ELLIOTT, 1986), and Gilbert-type deep water deltas

with steep slopes and mud and fine-sand as the dominant grain-sizes (POSTMA, 1990). The sediment discharge of the delta prograding from the NW was higher and somewhat coarser-grained than that from the NE direction.

The basin had a delta-fed ramp system. Since the shelf was probably very narrow, the delta slope merged into the basin slope environment. In the basin plain areas shallow lacustrine sedimentation occurred at a low rate in the basin plain areas. In the deepest zones, over a large area, thin calcareous marl and marl successions were deposited, while in other areas, mainly on the margins (pinpointing the main routes of siliciclastic sediment input) and also above the calcareous marl, clayey-muddy deposition took place. Abrasional coastal conglomerates and sandstones were formed around islands (Fig. 3). In a few places basaltic volcanism occurred, probably due to tectonic activity.

A thick turbidite sequence accumulated in the deepest depressions above the basin marls, as a consequence of the gradual, sometimes periodical subsidence. It is well known, that the formation of siliciclastic turbidites is closely related to lowstands during eustatic sea-level changes (SHANMUGAM et al., 1985). We know very little, however, about the fluctuations of the level of the Pannonian lake and their relation to global eustasy, though some investigations were made recently (POGÁCSÁS et al., 1988, TARI et al., 1992). The uppermost part of the turbidite sequence is connected to the delta system arriving from the NW direction.

As the rate of deposition became higher than subsidence, the lake was finally filled up by the main delta systems creating lithofacies associations in a characteristic sequence (Fig. 4). The various lithofacies, deposited in the delta, are not as variable as in modern environments and other ancient examples. On the other hand, they are much thicker. The percentage of the fine-grained members in the delta plain environment is lower than usual. The reason for these facts probably was the very high rate of sediment input and the rapid accumulation. The sediment-laden fresh water and the brackish water in the basin were more or less equally dense, creating a homopycnal flow. Therefore the delta was formed with a well developed delta front and density currents to the basin.

After infilling of the lake, sedimentation occurred in an alluvial plain, displaying the typical environments, like meandering streams, flood plain, marsh, levée, oxbow lakes, and small lakes. This sedimentation persisted until the end of the Neogene.

## Correlation of lithofacies and mollusc biofacies

### *Basal conglomerate*

Coastal sediments were formed by abrasion along the shorelines of islands. They represent the cycle initiating members of the late Neogene with a limited areal extension in basin areas such as Algyő—Ferencszállás—Kiszombor, Battonya, Pusztaföldvár, Kismarja, and Endrőd (Fig. 3). They also can be found on basin margins but until this time they have not been recognized from other areas by the available methods in the absence of core samples, although they can be present in a thicknesses of a few cm.

These are sandy conglomerates and pebbly sandstones; the clasts derive from the basement. Its thickness is usually 30 to 40 m, and pinches out towards the deep zones and towards the highest points of the crests (structural highs).

Mollusc shells were usually dissolved due to the high porosity of the embedding rock. The fossils are preserved as casts and moulds, and, rarely, as calcite pseudomorphs. Due to poor preservation, their determination is often ambiguous. Species of large shell size and thick wall are prevalent. In the shallow, strongly agitated water, molluscs stabilized themselves on the substrate either by byssus (*Congeria balatonica*, *Dreissena* species), or with a thickened shell wall (*Congeria ungulacaprae*). The fauna is dominated by the bivalve genera *Congeria* and *Lymnocardium*, while the number of gastropods is very low (Fig. 5A).

In samples from the Battonya area, *Lymnocardium schmidti* (M. HÖRNES), *L. hungaricum* (M. HÖRNES), *Lymnocardium cristagalli* (ROTH), *L. cf. majeri* (M. HÖRNES), *L. cf. banaticum* (FUCHS), „*Didacna*” sp., ?*Prosodacnomya* sp., *Phyllocardium planum* (DESHAYES), *Congeria rhomboidea* M. HÖRNES, *Congeria cf. balatonica* PARTSCH, *Dreissena* sp., and *Melanopsis (Lyrcaea)* sp. were found. The presence of *Budmania (L. cristagalli)*, highly specialized for fine-grained substratum, indicates that part of the thanatocoenosis was transported from a sublittoral environment.

Mollusc fauna of the Pusztaföldvár area is less diverse. However, the presence of rare molluscs such as *Congeria cf. simulans* FUCHS and *Melanopsis defensa* FUCHS is noteworthy.

Boreholes in the Algyő and Ferencszállás-Kiszombor area yielded a rich mollusc fauna: *Lymnocardium schmidti* or *dumicici* (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER), *L. cf. penslii* (FUCHS), *Lymnocardium cf. banaticum*, *L. cf. majeri*, *L. cf. hungaricum*, ?*Plagiodacna* sp., *Pseudocatillus* sp., ?*Prosodacnomya* sp., *Congeria triangularis* PARTSCH, *C. cf. balatonica*, *C. cf. ungulacaprae* MÜNSTER, *Congeria cf. partschi* CZYZEK, *Congeria zagradiensis* BRUSINA, *Dreissena cf. auricularis* (FUCHS), *Dreissenomya* sp., and *Melanopsis* sp.

As subsidence increased and these areas were flooded, the coarse grained sediments were overlain by muddy and calcareous offshore (first shallow, then deep water) sediments.

### Basin marls

The initial members of the late Neogene sequence are basin marls found almost all over the entire basin (called basal marls), which also overlie the basal conglomerates. They were deposited in offshore areas far from sediment input. The basin succession is made of calcareous marl, marl, and argillaceous marl, depending on the rate of input. The carbonate content decreases upwards, and the calcareous marl turns into marl and argillaceous marl. In the area of the Pusztaföldvár—Battonya structural high (SE part of the basin) the carbonate content is so high that it forms limestone, unique in the region studied.

The calcareous marl displays a considerable extent (Fig. 3), though the formation represents several lithofacies. On top of some structural highs, where there was shallow water and calm conditions prevailed, the colour of the rocks is light yellow or greyish white. With increasing water depth, the colour changes from brown to black due to euxinic conditions and high organic content. Connected to steep relief, exotic clasts occur in the sequence. Basalt is found within and on top of the calcareous marl succession in the S part of the Alföld.

The argillaceous basin marl is widespread over the entire Alföld, though its thickness is not considerable except in the Jászág subbasin. Thin siltstone and sandstone intercalations appear in the upper part of the basin marls, representing the terminations of the distal turbidites.

A large number of boreholes exposed the gradual lithological and biofacies transition between the underlying conglomerate and the overlying calcareous marl above the Battonya—Pusztaföldvár and Algyő structural highs. In the mollusc assemblages, the shallow water forms are gradually replaced by deep water species. At the very bottom of the calcareous marl *Lymnocardium* (*L. hungaricum*, *L. schmidti*, *L. cf. majeri*), *Pteradacna pterophora* (BRUSINA), and large *Congeria* (*C. aff. partschi*, *C. cf. markovici* BRUSINA, *C. cf. zagabiensis* etc.) still occur, however, deep water forms such as large pulmonates (*Valenciennius*, „*Radix*”), *Paradacna* and — in Battonya — *Congeria banatica* R. HÖRNES are common.

In several boreholes (Endrőd—7, Kisújszállás—2, Tázlár—25 and —26), where the basal conglomerate is very thin or cannot be observed at all, and the late Neogene sequence starts with calcareous marl, a poorly preserved special biofacies with Planorbidae sp. (?*Gyraulus*), dreissenids, and lymnocardiids is found.

The gradual impoverishment of the fauna indicates the deepening of the water. Only a few endemic mollusc species could adapt to the several hundred metres deep and oxygen-poor environment. These formed a persistent association of low diversity (SZÉLES, 1971b; MAGYAR, 1991), characteristic for the deep water sediments of the whole Pannonian basin, and migrated eastward to the Dacian and Euxinian basins at the beginning of the Pontian (see STEVANOVIĆ et al., 1990). This association consists of small or medium-sized, and thin-shelled cardiids: *Paradacna abichi* (R. HÖRNES), *Paradacna „lenzi”* (R. HÖRNES), „*Pontalmyra*” *otiofóra* (BRUSINA), and dreissenids: *Dreissenomya digitifera* (ANDRUSOV), *Congeria* sp. ex group *Modioliformes* ANDRUSOV, sometimes with pulmonates: *Valenciennius*, „*Radix*”, planorbids. Other gastropods or representatives of genus *Lymnocardium* cannot be found in deep water sediments (Fig. 5B).

#### *Turbidite facies*

A thick turbidite sequence (up to 1000 m) can be found over a wide areal distribution, consisting of fine-grained sandstones and siltstones (Fig. 6). The accumulation of the turbidites proceeded in different ways in various parts of the basin on the basis of their facies and spatial relationship, depending on the basin floor morphology, tectonics, and also the sediment input.

Deep-water turbidites coming from E and NE moved along the axis of the Derecske trough towards the Békés basin in a deep-water fan system. The sandy channel and fan lobe deposits are found in the middle of the Derecske trough, while thick muddy sequences were deposited towards the margins. These muddy deposits represent the overbank deposits of the fan along the trough and — especially in the upper part of the sequence — the fine grained slope-apron deposits, arriving from the flanks of the trough, from the NW and SE.

Turbidites, arriving from the W and NW, formed thick sediment packages of great extent. Turbidite channels of considerable thickness, however, are scarcely recognized, even on seismic sections. Accumulation was linear with lots of sources along the

margins, thus creating longitudinal fan systems. Sandy turbidites did not stay in the channels for long, so channels were short-lived. This corresponds with the type II turbidites of MUTTI (1985).

The sandstone layers of the turbidites are not fossiliferous. In the fine-grained layers, the same mollusc association can be found as in the basal marls. Difference can be observed in the frequencies of certain forms only; abundance of „*Pontalmyra*” *otiofophora* is especially remarkable (Fig. 5C).

### *Slope facies*

The lithofacies, formed in the delta slope and basin slope environments, is composed mainly of siltstones and argillaceous marls. Its presence is common in the Alföld (Fig. 7). On the margins, far from the places of sediment input, it is replaced by littoral and sublittoral facies of similar lithologic composition.

Thinner or thicker sandstone intercalations of different origin appear in the muddy succession. In the uppermost part of the slope these are mouth bar deposits or reworked sandstone bodies, the latter due to the avulsion of the distributaries or to water level fluctuations, when the bar deposits were reworked and settled as sand sheets. Actually, the deposition was so rapid that these reworked sandstone bodies are of less importance below the delta front facies.

In the lower part of the muddy slope sequence, there are thick channel fill deposits or slumps, grain flows, and, at the foot of the slope, characteristic coarsening upward fan-lobe successions.

In some areas, mainly in front of and above structural highs, such as Szarvas, Üllés, Orosháza, Nagykőrű, and Fegyvernek, this slope unit is rather sandy.

The coeval water depth can be estimated from the thickness of the delta slope deposits which indicate the height of the delta slope or foreset unit. It can be as much as 800 to 900 metres in the deepest zones, and 200–300 metres above basement highs. Taking into consideration the compaction of sediments, the water depth was even more.

Under such a high water column only the poor mollusc association characteristic of the basal marls and turbidites lived in the lower part of the delta slope. In the upper part of the delta slope, however, forms not found in the deep water association sporadically appear: representatives of *Lymnocardium* (group *L. majeri*) and *Congerina* (*C. czjeki* M. HÖRNES, *C. zagrabiensis*, and *C. croatica* BRUSINA) (Fig. 5D). *Caladacna steindachneri* (BRUSINA), *Pteradacna pterophora*, *?Dreissena* sp., and different gastropods also occur here. Some of the latter ones has been transported from shallow water environments. The most common form is *Paradacna abichi*. It occurs conspicuously often with both valves preserved, buried in life position in the upper part of the delta slope deposits. Potential for subsequent resedimentation seems to have been the lowest in this environment.

### *Delta front and delta plain facies*

Depositional sequences from the delta front and delta plain environments form a single lithofacies unit in the basin, as the ratio of sandstones in the delta plain is fairly high compared to fine-grained members. This lithofacies unit is widespread over the entire basin (Figs. 4, 7).

In most cases, the sequence begins with rather thick coarsening upward mouth bar successions on top of the muddy slope facies formed in the delta front subenvironment. In some places the distributary channels cut the delta front deposits, so channel fills or crevasse splays of lower thickness start the sequence. It is very rare that the first beds are reworked sandstone bodies. In these cases the wave energy had enough time to rework the deposits settled on the delta front.

The entire lithofacies is built up mainly by distributary channel fill, crevasse splay, mouth bar, and levée complex deposits for the coarse-grained member, and shallow water, bay, lagoon, marsh, and floodplain sediments as fine-grained members. There are thin or thick brown coal layers in the upper part of the sequence.

Highly diversified mollusc associations lived in this environment. Slight (several metre) fluctuations in water level made the facies boundaries shift several kilometres offshore and onshore in the plain area. This is why repeated occurrence or interfingering of open lake, nearshore, and marshy biofacies can be found in certain areas (MAGYAR & RÉVÉSZ, 1976; RÉVÉSZ, 1980). Variability of lithofacies is also conspicuous in these regions.

The most common form is *Paradacna abichi* and its different variants, sometimes strongly resembling *P. okrugici* (BRUSINA). Concerning the other deep water forms, *Dreissenomya digitifera* and deep water *Congeria*s never occur in the delta front-delta plain deposits, while *Valenciennius* very rarely appears (Fig. 5E).

Molluscs favouring well aerated, moderately deep water (*Dreissena*, *Pseudocatillus*, *Lymnocardium*) lived on the sandy substratum of the delta front. At similar (several metre) depth, but on fine-grained substratum, *Caladacna steindachneri* and *Lymnocardium ochetophorum* (BRUSINA) were common as well.

A rich mollusc fauna with *Congeria rhomboidea*, *Dreissena* sp., *Lymnocardium hungaricum*, *L. schmidti*, and *Valenciennius* sp. was found in the delta plain deposits of Kaba—D—1 borehole. (According to SZÉLES and KÖRPÁSNÉ, similar associations occurred in boreholes Fegyvernek—1, Furtazsáka—2, Túrkeve—1 (SZÉLES, 1971a) and Egyek—1 (KÖRPÁSNÉ in FRANYÓ, 1979); we found that these samples were also taken from either the uppermost part of delta slope or the lower part of delta front-delta plain lithofacies.)

In the delta plain, changes can be followed in the mollusc assemblages landward: the number of gastropods increases while the number of *Paradacnas* decreases, large *Congeria*s are replaced by smaller *Dreissenas*, and *Lymnocardiums* by *Prosodacnomyas*. The percentage of freshwater forms, such as *Anodonta*, *Unio*, *Viviparus* etc., gradually increases in the fauna.

#### Fluvial-lacustrine facies

Fine-grained alluvial sediments which settled in fluvial and lacustrine environments are found above the delta plain facies. They represent one lithofacies unit. Its areal distribution is not extensive: it developed only in areas that had subsided intensively until the end of the Neogene (Fig. 8). In other areas of the Alföld, mainly in the west, all the upper part of the late Neogene sequence is dominantly sandy. The muddy lithofacies unit cannot be detected here by well log analysis, and the mollusc fauna corresponds to that of the delta plain environment.



The succession is built up by alternating siltstones, clays, and sandstone laminae and thin beds. These are the sediments of an alluvial plain with floodplain, marsh, oxbow lakes, levées, and also of small lakes. Thicker sandstone sequences can be found occasionally which represent channel fill, point bar, and crevasse splay sediments. These sandstone intercalations display characteristic shape on well logs. Variegated clays and brown coal or lignite beds are common in the sequence. Thick coal successions were formed in the northern part of the Alföld.

The alluvial facies is characterized by freshwater molluscs, especially gastropods: *Bithynia*, *Planorbis*, *Theodoxus*, *Unio*, *Anodonta*, *Viviparus*, *Dreissena*, and *Melanopsis* (Fig. 5F). Representatives of all these genera live in the Carpathian basin today. As an evidence of considerable oscillations in the water level of the Pannonian lake, we found a layer with open lake molluscs (*L. ochetophorum*, *L. (?Bosphoricardium)* sp., *Lymnocardiiidae* sp.), sandwiched between fluvio-lacustrine sediments with freshwater molluscs (*Theodoxus* cf. *radmanesti* BRUSINA, *Bithynia* sp., *Anodonta* sp., etc.), in the Mindszent—1 borehole.

### Discussion

BARTHA (1959, 1971) was the first palaeontologist who stressed palaeoecological investigation of the late Neogene (Pannonian s.l.) endemic molluscs. Other authors usually considered only two facies: shallow and deep water, or nearshore and basin, or sandy and clayey ones (SÜMEGHY, 1939; STEVANOVIC, 1951; STRAUZ, 1971; SZÉLES, 1971a). Sometimes they also described a „transitional” biofacies (STEVANOVIC, 1985), without sedimentological description and interpretation of the paleoenvironment.

Bartha grouped the species according to their ecological demand of water salinity. He explained the faunal changes observable in outcrops and borehole samples almost exclusively by changes in salinity.

According to our investigations, however, other environmental factors, particularly water depth and depositional environment played a significant role in determining the distribution of molluscs. Influence of salinity change was clear only within the most shallow environments (fluvial and lagoonal deposits, delta plain).

Some of the characteristic mollusc associations described by KÖRPÁSNÉ (1983, 1985, 1987a, 1990) from the foreland of Transdanubian mountains were also identifiable in the Alföld. Mollusc fauna of the upper part of the delta slope corresponds to her *Congeria czjzeki*—*Paradacna abichi* ecozone. Moving towards the upper delta plain, more and more freshwater molluscs can be found. These assemblages can be correlated with the *Gyraulus radmanesti*—*Prososthenia radmanesti*, *Melanopsis bouei sturii*—*Theodoxus* sp., *Viviparus sadleri*—*Unio atavus*, and *Planorbis* sp.—*Planorbis* sp. associations (KÖRPÁSNÉ, 1983).

Biofacies changes are often confused with biostratigraphic boundaries. It is a common source of error, and has actually caused a lot of trouble in the correlation of the late Neogene deposits of the Pannonian basin. The biofacies-zones that we identified in the Alföld correspond to „biozones” of SZÉLES (1971a). Her „Lower Pannonian” molluscs are characteristic of the deep water facies, and her „Upper Pannonian” ones are characteristic of the delta plain deposits. The „transitional zone” (SZÉLES, 1966), where „Lower Pannonian” and „Upper Pannonian” forms occur together, corresponds

to the upper part of the delta slope and to the delta front. Different biofacies are bound to the sedimentary environments and lithofacies (Fig. 9), and they do not indicate chronological boundaries. Thus, reliable biostratigraphic subdivision can be carried out *within* the different facies, based on the evolution and first appearance of the molluscs.

### Conclusions

A close correlation was revealed between the lithofacies and mollusc biofacies of the late Neogene Pannonian basin sedimentary sequence. Distribution of molluscs was primarily controlled by water depth and sedimentation.

The deep water formations (basin marls, turbidite, and delta slope deposits) display a uniform and characteristic biofacies. They contain a highly adapted, deep water fauna of low diversity (*Dreissenomya digitifera*, „*Pontalmyra*” *otiophora*, representatives of *Paradacna*, *Valenciennius*, *Congerina*, etc.).

Each of the shallow water and nearshore formations (basal conglomerate, shallow water calcareous marl, delta front and delta plain deposits) have their characteristic biofacies, though they often overlap one another. In the well aerated, open lake environments, species of *Congerina*, *Lymnocardium*, *Caladacna*, *Pteradacna*, and *Melanopsis* prevailed. Where the influence of the riverine fresh water was strong, an increasing ratio of freshwater molluscs (*Unio*, *Anodonta*, *Theodoxus*, *Viviparus*, etc.) to brackish ones (*Lymnocardium*, *Congerina*, etc.) is observable towards the upper delta plain.

The fluvial-lacustrine deposits contain only mollusc genera that are still living in the Carpathian basin today.

### Acknowledgements

The authors are grateful to Dr. Károly Szentgyörgyi and Dr. Áron Jámor for many helpful discussions. Andrew Staley helped in improving the English of the manuscript. Special thanks are also due to Mrs. Piroska Sipos for drafting the figures.

### Irodalom — References

- BARTHA F. (1959): Finomrétegtani vizsgálatok a Balaton környéki felső-pannon képződményeken (Feinstratigraphische Untersuchungen am Oberpannon der Balatongegend). — A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 48, 1191, Budapest.
- BARTHA F. (1971): A magyarországi pannon biosztratigráfiai vizsgálata [Biostratigraphic investigation of the Pannonian formations in Hungary]. In GÓCZÁN F. & BENKÓ J. (eds.): A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai [Investigations of the Pannonian formations in Hungary], 9—172, Akadémiai Kiadó, Budapest. (In Hungarian)
- BÉRCZI I. & PHILLIPS, R.L. (1985): Processes and depositional environments within Neogene deltaic-lacustrine sediments, Pannonian Basin, Southeastern Hungary. — Geophysical Transactions 31, 71—87, Budapest.
- ELLIOTT, T. (1986): Deltas. In READING, H.G. (ed.): Sedimentary Environments and Facies, 113—154, Blackwell, Oxford.

- FRANYÓ F. (1979): Az Egyek—1. sz. kutatófúrás földtani és vízföldtani eredményei (Geological and hydrogeological results of key drill Egyek—1 (Great Hungarian Plain)). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1977. évről*, 85—111, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- GAJDOS I., PAPP S., SOMFAI A., & VÖLGYI L. (1983): Az alföldi pannóniai (s.l.) képződmények litosztratigráfiai egységei [Lithostratigraphic units of the Pannonian s. l. of the Hungarian Plain]. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest, 70 p. (In Hungarian)
- JÁMBOR Á. (1980a): A pannóniai képződmények rétegtanának alapvonásai [Basic features of the stratigraphy of the Pannonian formations]. — *Általános Földtani Szemle* 14, 113—124, Budapest. (In Hungarian)
- JÁMBOR Á. (1980b): Szigethegységeink és környezetük pannóniai képződményeinek faciéstípusai és ősföldrajzi jelentőségük [Palaeogeographically significant Pannonian facies units in and around the inselbergs of the Hungarian part of the Carpathian Basin]. — *Földtani Közlöny* 110, 498—511, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- JÁMBOR Á. (1985): Magyarázó Magyarország pannóniai (s.l.) képződményeinek földtani térképeire [Geological maps of the Pannonian s. l. formations in Hungary]. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest, 42 p. (In Hungarian)
- JÁMBOR Á. (1989): Review of the geology of the s.l. Pannonian formations of Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 32, 269—324, Budapest.
- K. JUHÁSZ Gy., MOLENAAR C. M., BÉRCZI I., RÉVÉSZ I., KOVÁCS A., & SZANYI B. (1989): A Békési-medence pannóniai (s.l.) üledékösszetételének rétegtani viszonyai [Stratigraphic framework of the Pannonian s. l. sequence in the Békés basin]. — *Magyar Geofizika* 30, 129—145, Budapest. (In Hungarian)
- JUHÁSZ Gy. (1991): Sedimentological and lithostratigraphical framework of the Pannonian (s.l.) sequence in the Hungarian Plain, Eastern Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 34, 53—72, Budapest.
- KORPÁSNÉ HÓDI M. (1983): A Dunántúli-középhegység északi előtere pannóniai mollusca faunájának paleoökológiai és biosztratigráfiai vizsgálata [Palaeoecology and biostratigraphy of the Pannonian mollusca fauna in the northern foreland of the Transdanubian Central Range]. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 66, 1—141, Budapest.
- KORPÁSNÉ HÓDI M. (1985): Die Molluskenfauna an den Gebirgsrandern im Pannonien von Ungarn. In PAPP, A., JÁMBOR Á., & STEININGER, F. F. (eds.): *Chronostratigraphie und Neozoenotypen, Miozän der Zentralen Paratethys 7, Pannonien*, 161—162, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KORPÁSNÉ HÓDI M. (1987a): Magyarország hegységperemi kunsági (pannóniai s.str.) emeletbeli Mollusca fauna (translation of Korpás-Hódi (1985)). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 69, 375—382, Budapest. (In Hungarian)
- KORPÁSNÉ HÓDI M. (1987b): A magyarországi fiatal neogén képződmények korrelációs lehetőségei [Korrelationsmöglichkeiten der jungen Neogenbildungen Ungarns]. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 69, 435—452, Budapest
- KORPÁSNÉ HÓDI M. (1990): Ecostratigraphy of Late Miocene molluscs of the Pannonian basin. — *Paläobiologie Continentale* 17, 393—400, Montpellier.
- KÓRÓSSY L. (1968): Entwicklungsgeschichtliche und paläogeographische Grundzüge des ungarischen Unterpannons. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 12, 199—217, Budapest.
- KÓRÓSSY L. (1971): Mélyföldtani és fejlődéstörténeti vázlatok magyarországi pannonból [Subsurface geology and evolutionary history of the Pannonian in Hungary]. In GÓCZÁN F. & BENKŐ J. (szerk.): *A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai* [Investigations of the Pannonian formations in Hungary], 253—344, Akadémiai Kiadó, Budapest. (In Hungarian)
- MAGYAR I. (1991): Biostratigraphic revision of the Middle Pontian (Late Neogene) Battonya sequence, Pannonian basin (Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* 34, 73—79, Budapest.
- MAGYAR L. & RÉVÉSZ I. (1976): Data on the classification of Pannonian sediments of the Algyő area. — *Acta Mineralogica-Petrographica* 22, 267—283, Szeged.
- MUCSI M. (1973): A D-Alföld földtani fejlődéstörténete a neogénben. (Geological history of the southern Great Hungarian Plain in late Tertiary time). — *Földtani Közlöny* 103, 311—318, Budapest.
- MUCSI M. & RÉVÉSZ I. (1975): Neogene evolution of the southeastern part of the Great Hungarian Plain on the basis of sedimentological investigations. — *Acta Mineralogica-Petrographica* 22, 29—49, Szeged.
- MUTTI, E. (1985): Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In ZUFFA, G.G. (ed.): *Provenance of Arenites*, 65—93, Reidel, Dordrecht.
- POGÁCSÁS Gy., LAKATOS L., UJSZÁSI K., VAKARCS G., VÁRKONYI L., VÁRNAI P., & RÉVÉSZ I. (1988): Seismic facies, electro facies and Neogene sequence chronology of the Pannonian basin. — *Acta Geologica Hungarica* 31, 175—207, Budapest.

- POGÁCSÁS Gy., MÜLLER P., MAGYAR I. (1990): Seismo- and biostratigraphy of the Late Neogene deposits in Hungary. — 9th Congress of Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy, Abstracts, 271—272, Sabadell.
- POSTMA, G. (1990): Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. In COLELLA, A. & PRIOR, D. B. (eds.): Coarse-grained Deltas. International Association of Sedimentologists, Special Publication 10, 13—28, Blackwell, Oxford.
- RÉVÉSZ I. (1980): Az Algyő—2 telep földtani felépítése, üledékföldtani heterogenitása és ösföldrajzi viszonyai (Hydrocarbon deposit Algyő—2: geological structure, sedimentological heterogeneity and palaeogeographic features). — Földtani Közlöny 110, 512—539, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- RÉVÉSZ I. & PHILLIPS, R. L. (1989): A Békési-medence alsópannoniai üledékképződése [Lower Pannonian sedimentation in the Békés basin]. — Magyar Geofizika 30, 98—113, Budapest.
- ROYDEN, L. H. (1988): Late Cenozoic tectonics of the Pannonian basin system. In ROYDEN, L. H. & HORVÁTH F. (eds.): The Pannonian Basin. A Study in Basin Evolution. American Association of Petroelum Geologists Memoir 45, 27—48, Tulsa.
- SHANMUGAM, G., MOIOLA, R. J., & DAMUTH, J. E. (1985): Eustatic control of submarine fan development. In BOUMA, A. H., NORMARK, W. R., & BARNES, N. E. (eds.): Submarine Fans and Related Turbidite Systems, 23—28, Springer-Verlag, New York.
- STEVANOVIĆ, P. M. (1951): Pontische Stufe im engeren sinne — Obere Congerienschichten Serbiens und der angrenzenden Gebiete. — Serbische Akademie der Wissenschaften, Sonderausgabe 187, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse 2, Beograd, 351 p.
- STEVANOVIĆ, P. M. (1985): Diskussion der Unterstufen Slavonien und Serbien. In PAPP, A., JÁMBOR Á., & STEININGER, F. F. (eds.): Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys 7, Pannonien, 82—85, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- STEVANOVIĆ, P. M., NEVESSKAYA, L. A., MARINESCU, F., SOKAC, A., & JÁMBOR Á. eds. (1990): Chronostratigraphie und Neostatotypen, Neogen der Westlichen ("Zentrale") Paratethys 8, Pontien. JAZU and SANU, Zagreb—Beograd, 952 p.
- STRAUSZ L. (1971): A pannóniai emelet (pliocén) (Über die pannonische Stufe (Pliozän)). — Földtani Közlöny 101, 114—119, Budapest. (In Hungarian with german abstract)
- SÜMEGHY J. (1939): A Győri-medence, a Dunántúl és az Alföld pannóniai üledékeinek összefoglaló ismertetése (Zusammenfassender Bericht über die pannonischen Ablagerungen des Győrer-Beckens, Transdanubiens und des Alföld). — A magyar királyi Földtani Intézet Évkönyve 32, 67—254, Budapest.
- SZÉLES M. (1962): Alsópannóniai medenceüledékek puhatestű faunája (Molluskenfaunen von Beckensedimenten des Unterpannons). — Földtani Közlöny 92, 53—60, Budapest.
- SZÉLES M. (1966): Öslényntani adatok az alsó- és felsőpannon alemeletek elhatárolásához (Paläontologische Beiträge zur Abgrenzung des Unter- und Oberpannons). — A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1964. évről, 559—568, Budapest.
- SZÉLES M. (1971a): A Nagyalföld medencebeli pannon képződményei (The basin Pannonian formations of the Hungarian Plain). In GÓCZÁN F. & BENKÓ J. (eds.): A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai (Investigations of the Pannonian formations in Hungary), 253—344, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SZÉLES M. (1971b): Über die paläogeographischen und ökologischen Verhältnisse der pannonischen Beckenfazies. — Földtani Közlöny 101, 312—315, Budapest.
- TARI G., BÁLDI T., BÁLDI-BEKE M., HORVÁTH F., KOVÁCS A., LAKATOS L., NAGYMAROSY A., POGÁCSÁS Gy., SZTANÓ O., VAIL, P. R., & VAKARCS G. (1992): Tertiary sequence stratigraphy of the Pannonian basin. — Sequence stratigraphy of European basins, Abstracts, 90, Dijon.