B3686

AZ ALGYŐI PANNÓNIAI DELTA RENDSZER FEJLŐDÉSTÖRTÉNETÉNEK 3D MODELLEZÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FELHALMOZÓDÁSI KÖRNYEZETEK KŐZETTESTEIRE

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Készítette:
GEIGER JÁNOS

Készült:
MOL Rt KUTATÁS-MŰVELÉSI MÉRNÖKI IRODA
és
MOL Rt HAZAI TERMELÉS MŰVELÉSELEMZÉS

Szeged
2000. augusztus

BEVEZETÉS

A „pannóniai rétegek" elnevezés ROTH L. (1879)-tól származik. 1905-ben jelent meg Lóczy Lajos szerkesztésében „A Balaton tudományos kutatásának eredményei" című monográfia, amely 1/1 része „Ősföldrajzi függelékében" Lőrenthey István közölt adatokat a Balaton melléki pannóniai korú rétegek faunájáról és rétegtani helyzetéről. A név első használata óta eltelt majd három emberöltő alatt ezeknek a képződményeknek kora, keletkezése körüli viták könyvtárnyira duzzadtak.
Az alföldi medencék pannon kifejlődéseinek megítélése hasonló polémiák tárgya volt (alsó-felsőpannon határ vitája, a határon delta vagy oszcilláció, kapcsolat a medenceperemi kifejlődésekkel stb.).
Ahol jelenleg tartunk: evolúciós sorokra alapozott biosztratigráfia, viszonylag konszenzuson nyugvó medencebelső litosztratigráfia, paleomágneses adatok, radiometrikus kor adatok, szeizmosztratigráfia, az ezeket ötvöző szekvencia sztratigráfia korrelálható szekvencia határokkal, a medencerészek feltöltődési irányainak alapvető ismerete, a medence kitöltő delta rendszerek egységeinek (delta sík, delta lejtő, delta előtér) térképezése. Mindezekhez az algyői szerkezet, amelyben több mint 1000 fúrás harántolta a pannónia sorozatot.
Mindent tudunk? Nehéz kérdés ez, és csábító az „IGEN" válasz. Csakhogy: beszélünk „delta síkról" és nem ismerjük a hordalékelosztó medreket, torkolati zátonyokat. Írunk „deltákról" és nem tudjuk térképezni a delta lobokat, a lobok közötti öblöket. Röviden: ismerjük a medence kitöltés folyamatát giga léptékben, de fogalmunk sincs a mega-és makró léptékű genetikai egységekről. Beszélünk medrekről, övzátonyokról a szekvencia sztratigráfiai elemzésekben – de mintha megfeledkeznénk arról, hogy ezek a kőzettestek (az egykori felhalmozódási környezetek) háromdimenziós morfológiai alakzatok.
Hatalmas az a lehetőség, amelyet az algyői szerkezet pannóniai sorozatát harántolt fúrások rejtenek: „egy" delta „élettana" ismerhető meg velük. Pontosan abban a „mega-és makroléptékben", amelyről oly keveset tudunk.
Jelen tanulmány célja, hogy

- **egy olyan integrált 3-D szedimentológiai modellező rendszert mutasson be, amely -- a tektonikailag nem "túlzottan" zavart törmelékes kőzettestekben -- a szedimentológia makro-és megaléptékében lehetőséget ad a felhalmozódási környezetek 3D kőzettesteinek felismerésére és valamely kőzettestet kialakító folyamatok 3D elemzésére;**

valamint ennek felhasználásával

- **az „Algyő delta" deltasík környezeteiről részletes képet adjon 3D modelleken át;**
- **az Algyő-1-,2, Szeged-1-,2-,3 és Szőreg-1 nevű üledékciklusok (egyben szénhidrogén tároló kőzettestek) üledékes genetikai feldolgozásán keresztül vázolja a deltasík(ok) fejlődésmenetét a felső deltasík kialakulásáig.**

Ez a munka lényegében azoknak a feldolgozásoknak „összefoglalása", amelyekben részben résztvevőként, részben irányítóként dolgoztam. Ezúton szeretném hálámat és köszönetemet kifejezni **Dr. Révész István**nak, aki „bevezetett az algyői rejtélybe",

TARTALOM

BEVEZETÉS.....1
1. KUTATÁSTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS.....3
1.1. A PANNÓNIAI KÉPZŐDMÉNYEK KUTATÁSTÖRTÉNETE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A MEDENCEBELSŐ KÉPZŐDMÉNYEIRE.....3
1.2. AZ ALGYŐI PANNÓNIAI KÉPZŐDMÉNYEK GENETIKAI MEGÍTÉLÉSÉNEK FEJLŐDÉSE.....9
2. A 3-D MODELLEZŐ STRATÉGIA.....14
2.1. ÜLEDÉKES FÁCIES ÉS FELHALMOZÓDÁSI KÖRNYEZET.....14
2.2. A SZEDIMENTOLÓGIAI VIZSGÁLATOK LÉPTÉKPROBLÉMÁJA.....16
2.3. A 3-D MODELLEZÉSI RENDSZER.....19
2.4. A MODELLEZŐ RENDSZER ÖSSZEFOGLALÁSA, KIEGÉSZÍTŐ MEGJEGYZÉSEK.....24
3. A FELDOLGOZÁS EREDMÉNYEI.....27
3.1. ADATTÍPUSOK, KULCSFÚRÁSOK.....27
3.2. NEVEZÉKTANI KONVENCIÓK NÉHÁNY ELSŐDLEGES ÜLEDÉKSZERKEZETI JEGY LEÍRÁSÁHOZ.....28
3.3. A VIZSGÁLT SOROZAT KŐZETTÍPUSAI.....31
3.4. JELLEGZETES ÜLEDÉKSZERKEZETI JEGYEK.....32
3.4.1. Sík párhuzamos rétegződés (Horizontal planar bedding).....32
3.4.2. Táblás keresztrétegződés (Tabular cross-bedding).....33
3.4.3. Vályús ferderétegződés (Through cross-bedding).....33
3.4.4. Hullámfodros kereszt-lamináció (Ripple cross-lamination).....34
3.4.5. Flázeres rétegződés (Flaser bedding).....35
3.4.6. Lencsés rétegződés (Lenticular bedding).....36
3.4.7. Szerkezet nélküli homokkövek (Massive, structurless sandstones).....36
3.4.8. Összeolvadási és eróziós felszínek, intraklasztok.....37
3.4.9. Deformációs szerkezetek.....38
3.4.10. Bioglifák.....39
3.4.11. Az üledékszerkezeti jegyek környezeti tartalmának összefoglalása.....39
3.5. A VIZSGÁLT SOROZAT JELLEGZETES ÜLEDÉKFÁCIESEI.....40
3.5.1. MEDER--MEDERÁTTÖRÉSI LOB átmenet.....40
3.5.2. MEDER--TORKOLATI ZÁTONY átmenet.....41
3.5.3. MEDERÁTTÖRÉSI LOB/TORKOLATI ZÁTONY -- MEDER átmenet.....42
3.5.4. MEDERÁTTÖRÉSI LOB -- TORKOLATI ZÁTONY átmenet.....43
3.5.5. MEDERÁTTÖRÉSI LOB -- MEDER -- TORKOLATI ZÁTONY átmenet.....44
3.5.6. MEDERÁTTÖRÉSI LOB visszatérő megjelenése.....45
3.5.7. TORKOLATI ZÁTONY üledékfáciese.....47
3.5.8. ELOSZTÓKÖZI ÖBÖLKITÖLTÉS üledékfáciese.....48
3.5.9. A MAGINFORMÁCIÓK MODÁLIS RÉTEGSORA.....49
3.5.10. A SZEMCSEÖSSZETÉTELI ELEMZÉSEK TÖBBVÁLTOZÓS FELDOLGOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI.....50
3.5.11. AZ ÜLEDÉKFÁCIESEK ÖSSZEFOGLALÁSA, KÖVETKEZTETÉSEK.....51
3.6. KŐZETTEST GEOMETRIA ÉS ENNEK GENETIKAI ÉRTELMEZÉSE A METSZETSÍKOK HOMOKTARTALOM TÉRKÉPEI ALAPJÁN.....52
3.6.1. A FELDOLGOZÁS SORÁN HASZNÁLT VIZSGÁLATI ELVEK

ÁTTEKINTÉSE....52
3.6.2. ALGYŐ-1 TELEP....54
3.6.2.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....54
3.6.2.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....55
3.6.3. ALGYŐ-2 TELEP....58
3.6.3.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....58
3.6.3.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....60
3.6.4. SZEGED-1 TELEP....63
3.6.4.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....63
3.6.4.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....63
3.6.5.SZEGED-2 TELEP....65
3.6.5.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....65
3.6.5.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....68
3.6.6. SZEGED-3 TELEP....70
3.6.6.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....70
3.6.6.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....73
3.6.7. SZŐREG-1 TELEP....75
3.6.7.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK....75
3.6.7.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA....79
3.7. AZ AZONOSÍTOTT FELHALMOZÓDÁSI KÖRNYEZETEK 3-D MODELLJEI....81
3.7.1. HORDALÉKELOSZTÓ MEDREK....81
3.7.2. MEDERÁTTÖRÉSI LOBOK....83
3.7.3. VÍZ ALATTI TERMÉSZETES PARTGÁTAK....84
3.7.4. TORKOLATI ZÁTONY....85
4.KITERJESZTETT ÁTLAGOS HOMOKTARTALMAK....88
5.KÖVETKEZTETÉSEK....92
ÖSSZEFOGLALÁS....98

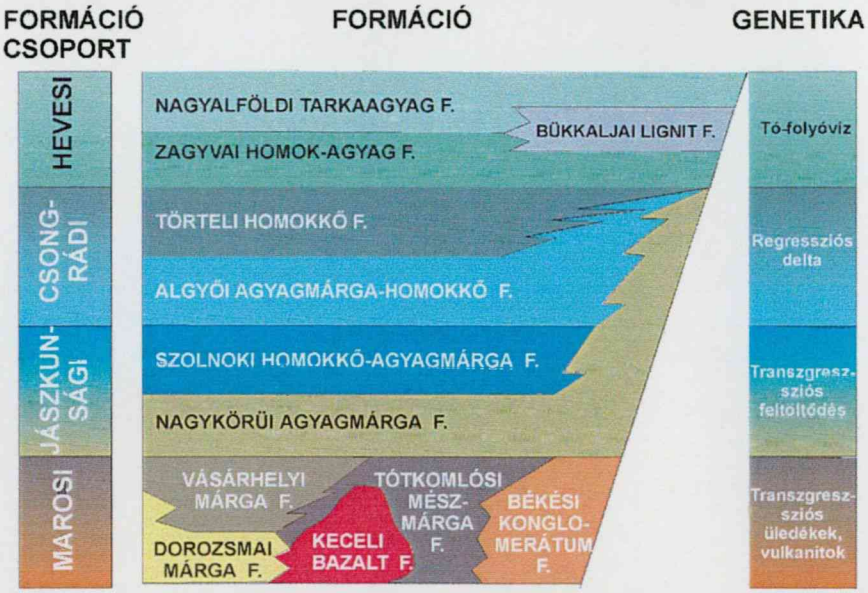
Dr. Bérczi Istvánnak, aki évek során mind szakmailag, mind erkölcsileg támogatta a 3D modellezési munkákat, és mindig kész volt átgondolni problémáimat. Meleg hálával tartozom **Komlósi Júlia** kolleganőmnek, aki nemcsak bevezetett és tanított a szénhidrogén tárolók fizikai és geológiai modellezésére, de akkor is mellettem állt, amikor „nem-túl-biztató" eredmények születtek a modellező rendszerrel. **Papp István** mérnöknek azokat a „vitanapokat", amelyek mindig rámutattak a modellező rendszer valamely gyenge pontjára. Köszönöm **Dr. Kissné Veress Katalin**nak sok probléma önálló megoldását.
Végül, de alapvetően legelőször: **Gabinak és Annának, hogy „kibírtak" és mindig biztosították a hátteret.**

1. KUTATÁSTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

1.1. A PANNÓNIAI KÉPZŐDMÉNYEK KUTATÁSTÖRTÉNETE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A MEDENCEBELSŐ KÉPZŐDMÉNYEIRE

Annak ősföldrajzi következményeit, hogy a Pannon-medence D-i és DK-i peremhegységeiben az „óharmadidőszaki" képződmények hiányával szemben a középsőmiocén tengeri üledéksorai közvetlenül mezozóos vagy premezozóos aljzatra települnek elsőnek id. LÓCZY (1913) majd TELEGDI ROTH (1929) vonták le. Megállapították, hogy a neogén tengerek a felsőmediterrántól kezdve fokozatosan hódították meg az Alföld legnagyobb részét elfoglaló „óharmadidőszaki" szárazulatot. Ennek a tudománytörténeti időszaknak közös jellemzője, hogy a részletesen kőzettani leíráson túl **a képződmények szintezése szinte kizárólag a *Mollusca* fauna nagyvonalú változásai alapján történt** (pl. HALAVÁTS 1911, LŐRENTHEY 1902, 1906, 1911, STARUSZ 1941, 1942, SÜMEGHY 1939, 1953, VITÁLIS 1951).
A nevezéktani viták, a pannon emeleten belüli szintezési problémák mellett igen korán felmerült a pannon emelet **pliocén vagy miocén** megítélésének, a **pannon-szarmata viszonyának** valamint az **oroszországi, romániai és szerb szarmata, illetve meotiszi és pontusi stb. rétegekkel való párhuzamosítás**ának kérdése (GAÁL 1912, 1938, SCHRÉTER 1912).
Ennek az időszaknak megállapításai **a középhegységi, medenceperemi képződmények vizsgálatán alapultak**.
A **második fázis**ban új lendületet adott az **Alföld szénhidrogén kutatásának kiteljesedése**. Ennek eredményeként SZUROVY (1948), majd KERTAI (1957) a pannon üledékek több ezer méteres vastagságára utaló **térképvázlatok**at készítettek. KŐRÖSSY (1965) a pannon rétegek helyzetét is tárgyalta. CSIKY (1963) a **Duna-Tisza közé**nek, DANK (1963, 1965) az **Alföld D-i rész**ének, VÖLGYI (1965) az **Alföld középső rész**ének mélyföldtani viszonyait mutatta be. Az 1:200000-es **földtani térképek magyarázói**ban is fontos adatokat közöltek ezekről a területekről.
Az **1963 és 1965 közötti időszak** terméke a kőolaj-és vízkutató fúrások természetes potenciál és ellenállás szelvényeinek összehasonlításával kialakított olyan **rétegtani módszer alkalmazása**, amely a medencebeli pannóniai összletek kőzettani kifejlődésén alapult (URBANCSEK 1963, KŐRÖSSY 1965, 1968, DANK 1963, 1965).
A medencebelső rétegtani feldolgozásán túl ennek az időszaknak másik jellemzője a **litosztratigráfiai, biosztratigráfiai és karotázson alapuló elemzések első szintézise**. JÁMBOR--KORPÁSNÉ (1969) dolgozata a Dunántúli-középhegység D-i előterében tárgyalta a bio- és litosztratigráfiai szintezési lehetőségek kapcsolatát az itteni alsó-és felsőpannóniai sorozatban. SZÉLES (1966, 1968, 1969) munkáiban a Mollusca fauna és a karotázson alapuló sztratigráfia egyeztetését kísérelte meg.
Bizonyos kezdeti eredményeket valamint a korabeli szedimentológiai, geokémiai, és paleoökológiai feldolgozások megállapításait a GÓCZÁN és BENKŐ szerkesztésében 1971-ben megjelent **„A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai"** című monográfia összegzi.
A **harmadik fázis** GÓCZÁN--BENKŐ (szerk. 1971) tanulmányát követően az **RCMNS 1988-es budapesti konferenciájáig** terjedő időszakot fedi le. Ennek az időszaknak a **medencebelsőbeli kutatásait a pannóniai képződmények genetikai megismerése** jellemezte (VÖLGYI 1965, MUCSI 1973, MUCSI--RÉVÉSZ 1975). A

feltöltődés történet elemzéséhez az elvi alapot az **algyői felsőpannóniai (s.l.) képződmények többszörös delta ciklusainak felismerése** nyújtotta (RÉVÉSZ 1980). Ennek a fejlődéstörténeti szemléletnek kiterjesztését GAJDOS et al. (1983) által kidolgozott **litosztratigráfiai rendszer** biztosította (***1.1.ábra***).



***1.1. ábra*: Az alföldi pannóniai képződmények litosztratigráfiai egységei (GAJDOS et al. 1983. nyomán)**

Az ezt követő kutatások részben -- a kőzetanyag regionális elemzésén át -- az egyes **formációk genetikájának felderítésére** (BÉRCZI et al. 1984, RÉVÉSZ 1984) részben regionális földtani szelvények mentén -- a mikro-, makro- és mega-léptékű szedimentológiai eredmények ötvözésével -- **egy-egy terület fejlődéstörténetének vizsgálatára** irányultak (PHILLIPS--BÉRCZI 1985), A szedimentológiai vizsgálatok eredményeit egyrészt nagy mélységű medencerészek, másrészt a regionális **paleogeomorfológiai vizsgálatok** (GEIGER--RÉVÉSZ 1987, GEIGER 1988) tapasztalatai alapján **fejlődéstörténeti modellekben** összegezték.

Ez az időszak **metodikai szempontból sok újat** adott. A ***mikro-léptékű szedimentológia***i vizsgálatok kiterjedtek a **kőzetszövet és szerkezet makroszkópos vizsgálatára** (BALOGH 1973), a **vékonycsiszolatok üledékes genetikai elemzésére**, a medencebelső **homokköveinek diagenetikus elemzésére** (JATE Ásványtani Tanszék munkái, BÉRCZI --VICZIÁN 1978., KISS 1988.), a **szemcsefelületek scanning elektronmikroszkópos elemzésére** (Veszprémi Vegyipari Egyetem munkái). A ***makro-léptékű*** vizsgálatok a **szemcseösszetételi elemzések klasszikus** (BÉRCZI 1969), majd **többváltozós matematikai feldolgozását** (GEIGER 1981, 1984) érintették. A kőzetszerkezeti jegyek családjainak alkalmazásával először történt meg **nagy vastagságú (több 1000 m) rétegsor klasszikus üledékes fácies-analízise** (BÉRCZI --PHILLIPS 1985, BÉRCZI 1988). A ***mega-léptékű*** elemzések azt az "űrt" igyekeztek pótolni, ami a szórványos maginformáció és a megcélzott kőzettest térfogati különbségéből adódott. Ennek érdekében megszülettek a **karotázsból származó "elektrolitológiai" kategóriák** (RÉVÉSZ 1980). Elkezdődött a **karotázs szelvényalakok szedimentológiai alkalmazása** (BÉRCZI --PHILLIPS 1985). Azóta is alkalmazott módszerek születtek a **különböző léptékek információinak ötvözésére** (GEIGER 1984). Megtörtént a **szedimentológia "nyitása" a *giga-lépték*** -- azaz a medencebeli igen nagy kiterjedésű kőzettestek -- genetikai

elemzése felé. Egy új elemzési mód a **"medence analízis"** (MAIL 1984) honosodott meg a hazai gyakorlatban. Regionális geológiai szelvények mentén a vizsgálatok **három delta progradációs ciklusú pannóniai feltöltődést** bizonyítottak (BÉRCZI--PHILLIPS 1985, BÉRCZI 1988). BÉRCZI és PHILLIPS (1985) egyúttal olyan **fácies modellt** adott meg, amely a **mai napig a kutatás alapjául szolgál**. A pannóniai **formációk szerkezeti helyzetét leíró tulajdonságok többváltozós matematikai feldolgozása és a maganyag együttes elemzése** ugyanezt erősítette meg (GEIGER--RÉVÉSZ 1987, GEIGER 1988a, 1988b).

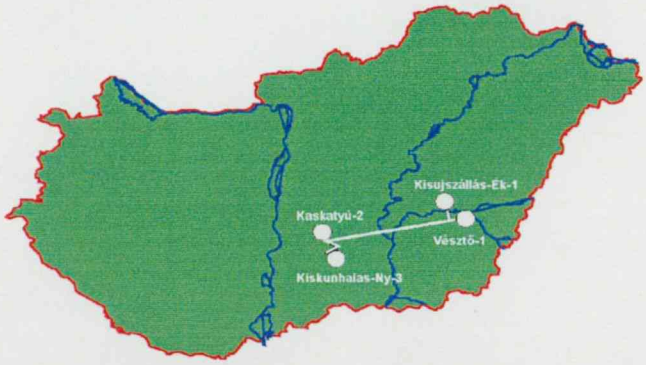
A medencebeli képződmények elemzésében mérföldkövet jelentett a **szeizmosztratigráfia** eszköztárának alkalmazása (KÉSMÁRKY et al. 1981, POGÁCSÁS--VÖLGYI 1982, POGÁCSÁS 1982, BERKES et al. 1983). POGÁCSÁS --VÖLGYI (1982) valamint LUKÁCS et al (1983) munkái a **szeizmikus reflexiók litosztratigráfiai hátterét** kutatták. POGÁCSÁS (1984) dolgozata **bizonyította a medencebelső litosztratigráfiai egységeinek, illetve a karotázs görbék trend analízise alapján meghatározható litogenetikai egységeknek** (SZALAY--SZENTGYÖRGYI 1979) **és a szeizmikus fácieseknek megfeleltethetőségét**. POGÁCSÁS ebben a munkájában a szeizmikus fácieseket delta morfogenetikai egységekkel is azonosította, sőt térképén a **pannóniai (s.l.) deltarendszerek hordalékszállítási irányait** is megjelölte. A szakmai közvélemény egységesen elfogadta, hogy a Pannon beltenger fejlődéstörténetének post-rift fázisa alatt, a Pannon medencét D-i és K-i irányba progradáló törmelék peremek (praktikusan delták) töltik fel (POGÁCSÁS 1984, MATTIC et al. 1988, JÁMBOR et al. 1987, POGÁCSÁS 1987).

A **"klasszikus" szedimentológiai és szeizmikus értelmezés azonosságát** bizonyította POGÁCSÁS és RÉVÉSZ (1985) munkája. MATTICK--RUMPLER--PHILLIPS (1985) a DK-alföld 18 szeizmikus szelvényének elemzésével **két progradációs ciklusú feltöltődési modellt** adott meg.

Ezen eredmények mellett ugyanakkor tény, hogy az elterjedt bazalt és riolit tufa rétegek **K/Ar abszolút kor** adatainak illetve a **biosztratigráfiai zónák** horizontjainak mélymedencebeli **kiterjesztése** ebben az időben **nem volt sikeres** (JÁMBOR et al. 1987). Az okok közül RÉVÉSZ—MAGYAR (1976) tanulmánya bebizonyította, hogy a **lakusztrikus pannon fauna sokkal inkább a felhalmozódási környezetet, mintsem a kort jelzi**. Pontosabban felismerték a mélyebb vízi *Paradacnás* és sekélyvízi *Viviparus*os faunák „fácies jelző" szerepét. Másrészt a legmélyebb (4-7 km) medencerészekben a fúrások meglehetősen kis számúak, a hiányos magnyereségek miatt a kőzetminták szerkezeti helyének azonosítása is nehéz, sőt a K/Ar kormeghatározásra alkalmas pannon riolittufa betelepülések meglehetősen szegényesek a mély medencerészekben. Ez utóbbi tények az abszolút kormeghatározásokat teszik nehézzé. Ebben az időben további komoly problémát jelentett, hogy **az „alsópannon" és „felsőpannon" fogalmakat a mélyvízi „fácies" (=alsópannon) és a delta sík (=felső pannon) szinonimájaként** használták (DANK—KÓKAI 1969). RÉVÉSZ (1982) felvetette, majd POGÁCSÁS (1984), valamint MATTICK et al (1985) bizonyította, hogy a **geofizikai szelvényeken jelentkező alsó és felsőpannon határ erősen idő-transzgresszív**.

A medence kitöltő képződmények **abszolút kor szerinti bontásában** az **első eredmények** POGÁCSÁS (1984, 1987), valamint HORVÁTH—POGÁCSÁS (1988) dolgozatában jelentkeztek. Az idézett szerzők a **szeizmikus reflexiókat, valamint a magnetosztratigráfiai és radiometrikus (K/Ar) kor adatokat korrelálták** egymással. Bebizonyosodott, hogy a Kiskunhalas-Ny-3 fúrás K/Ar mérési eredményei valamint a Kaskantyú-2 fúrás paleomágneses polaritás változásai

alapján adott korok általában jól egyeznek. A szerzők azt is bizonyították, hogy a Kiskunhalas-Ny-3—Kaskantyú-2—Vésztő-1—Dévaványa-1 fúrások szelvényében a fúrások környéki egyedi szeizmikus horizontok korrelálhatók azokkal a kőzetsorozatokkal, amelyek a K/Ar és paleomágneses adatok alapján hasonló korúnak minősülnek (***1.2.ábra***).

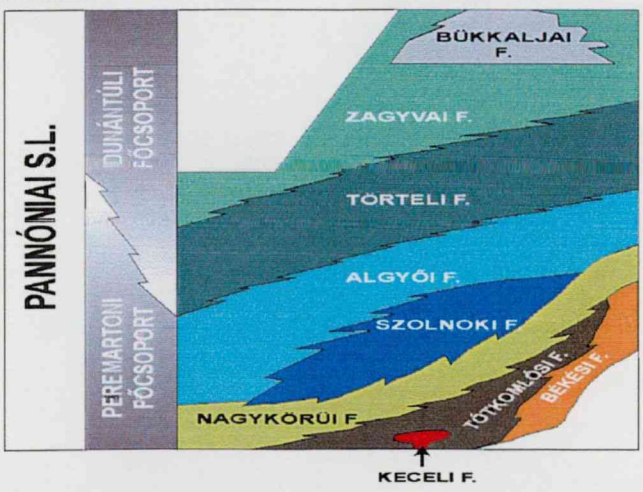


***1.2.ábra*: A radiometrikus kor adatok szeizmosztratigráfiai kiterjesztésére alkalmazott szelvények (POGÁCSÁS 1984 után)**

Ezek az eredmények a medencebelső pannon sorozatának kronosztratigráfiai tagolásában alapvető szemléleti változást jelentettek. Az időszaknak mintegy "megkoronázása" a ROYDEN és HORVÁTH (1988) szerkesztésében, az AAPG MEMOIR sorozatban megjelent monográfia, amely összegezte a medencebelső modern szemléletű kutatásának eredményeit.

Ebben az időszakban folytatódott a medenceperemi, kisebb részben a medence belseji pannon képződmények fácies típusainak és rétegtanának feldolgozása (JÁMBOR 1980, 1985, 1989). KORPÁSNÉ ezeken a területeken felismerte, hogy a puhatestű biofáciesek térben és időben eltolódva lépnek fel (KORPÁSNÉ 1983, 1985, 1987, 1990).

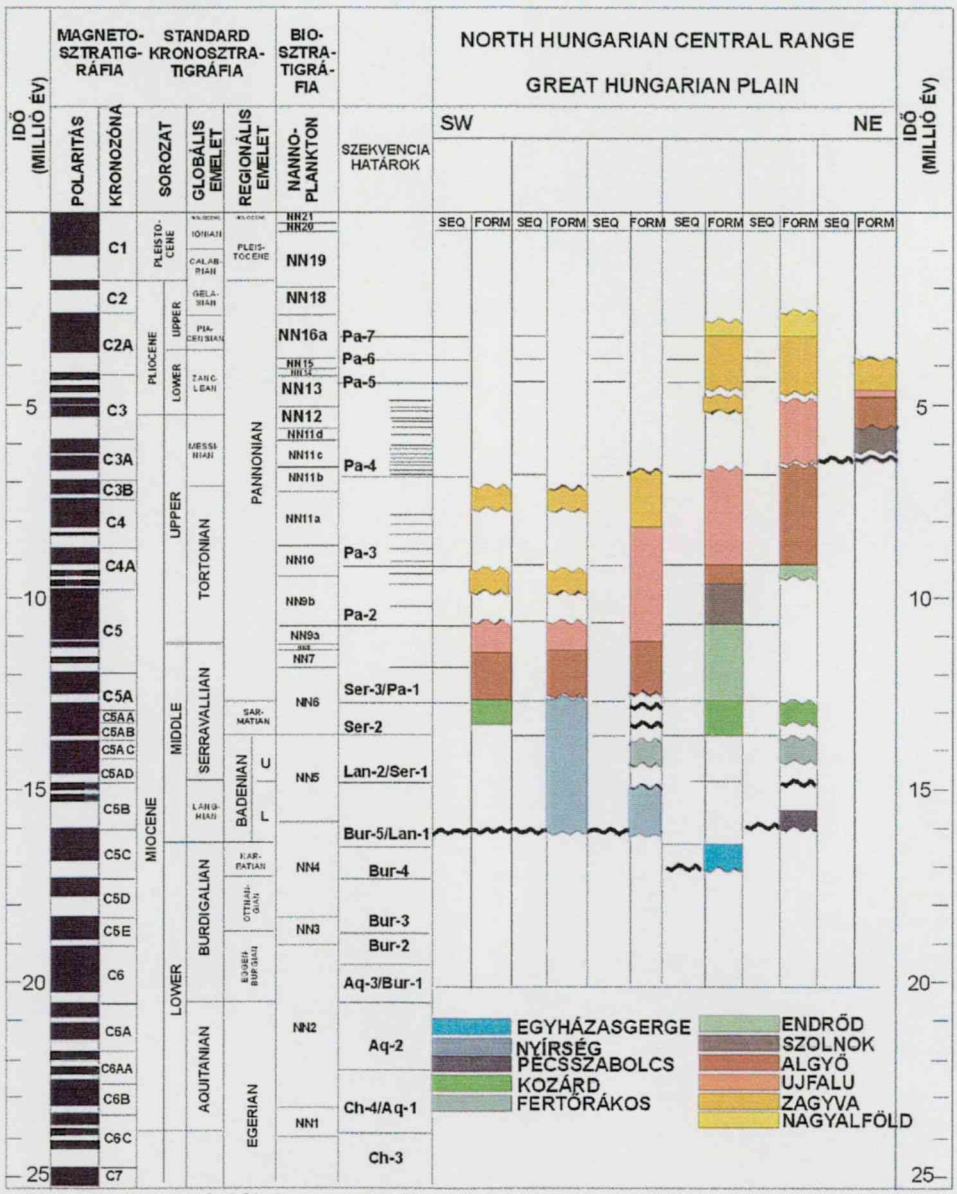
A **90-es évek elején** megtörtént a Magyar Rétegtani Bizottság által a medencebelsőre elfogadott **pannóniai (s.l.) formációk térképezése** (regionális azonosítása). JUHÁSZ (1991, 1992) ennek kapcsán a nevezéktan lényeges egyszerűsítését javasolta a térképezhetőség és a regionális azonosíthatóság szem előtt tartásával (***1.3.ábra***).



***1.3.ábra*: JUHÁSZ (1992) által az azonosíthatóság és térképezhetőség szem előtt tartásával javasolt formáció beosztás az alföldi pannóniai sorozatra**

SZTE Egyetemi Könyvtár SZEGED 13.

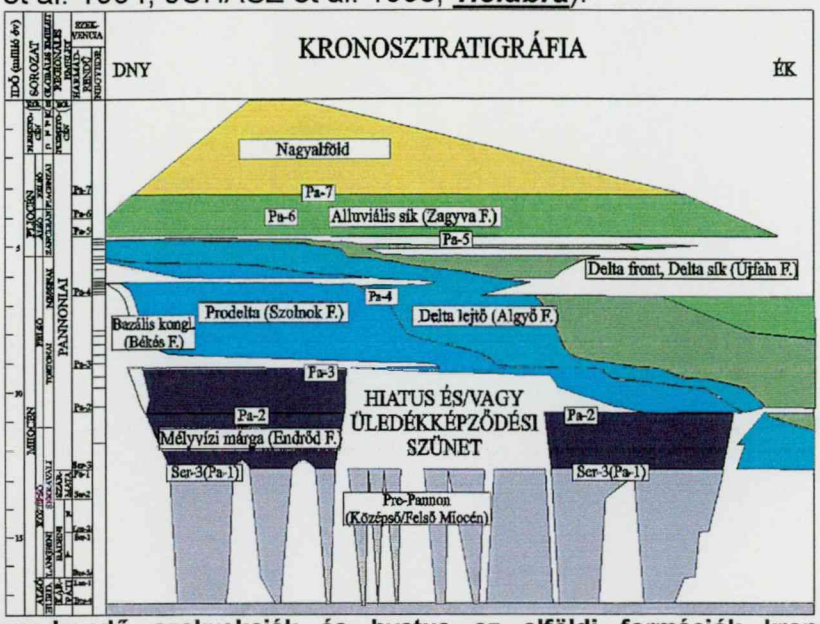
Ugyanerre az időszakra esik **a medencebeli litofáciesek (formációk) és biofáciesek korrelációja** (JUHÁSZ—MAGYAR 1992). Ismételten bebizonyosodott az a tény, hogy **a pannóniai emelet máig használatos lito- és biosztratigráfiai egységei a medence üledékképződési környezetének nagyléptékű változását tükrözik, és nem jelölnek izokron felszínt, valamint a medence középpontja felé időtranszgresszívek. A molluszka ökozónák helyébe evolúciós sorokra alapozott új biosztratigráfiai rendszer lépett** (MÜLLER—MAGYAR 1992).
Ebben az időszakban új elemként jelent meg a **szekvencia sztratigráfia (*1.4.ábra*)**, mint olyan eszköz, amely a „klasszikus" szedimentológiát, a geofizikai lyukszelvények környezeti értelmezését és a szeizmosztratigráfiai megállapításokat az abszolút kor adatokkal szinkronba képes hozni (TARI et al. 1992, VAKARCS et al. 1994, VAKARCS 1997).



***1.4.ábra*: Az alföldi formációk kronosztratigráfiai helyzete a szekvencia határokkal (VAKARCS, 1997)**

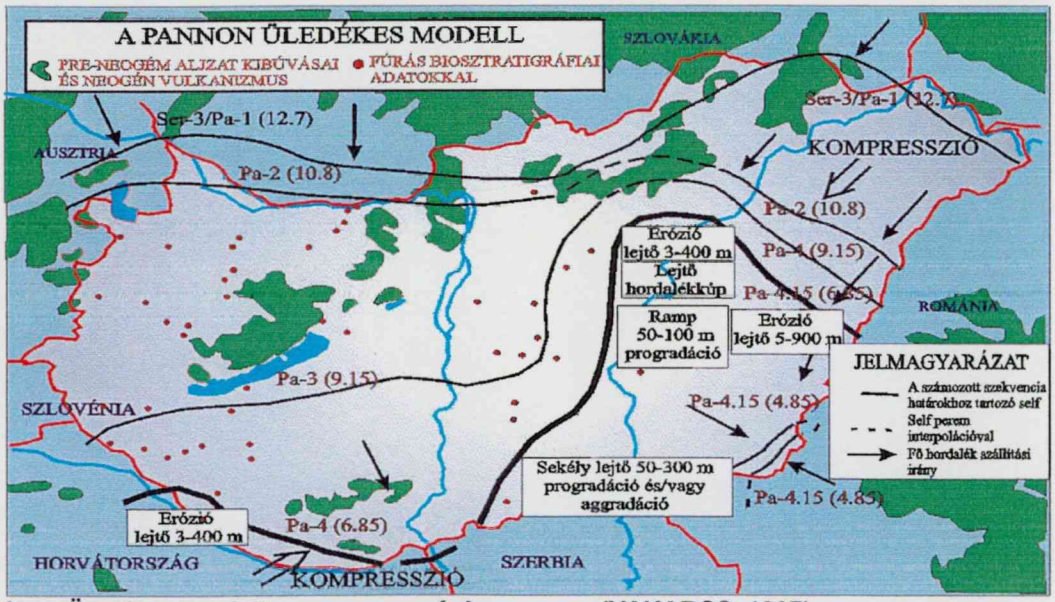
Ezek a feldolgozások igazolták a medenceperemi üledékekben a globális eusztatikus tengerszintváltozással kapcsolatba hozható vízszintváltozást, illetve hyatust és a

medencebelsőben az ezzel egyenrangú harmadrendű üledékes szekvenciák létét (VAKARCS et al. 1994, JUHÁSZ et al. 1996, ***1.5.ábra***).



***1.5.ábra*: Harmadrendű szekvekciák és hyatus az alföldi formációk kronosztratigráfiai helyzetében (VAKARCS, 1997)**

Lehetővé vált a medencebelső szekvenciák kitérképezése és a medencebelső litosztratigráfiai egységeinek kronosztratigráfiai elrendezése is (*1.5.-1.6.ábra*).



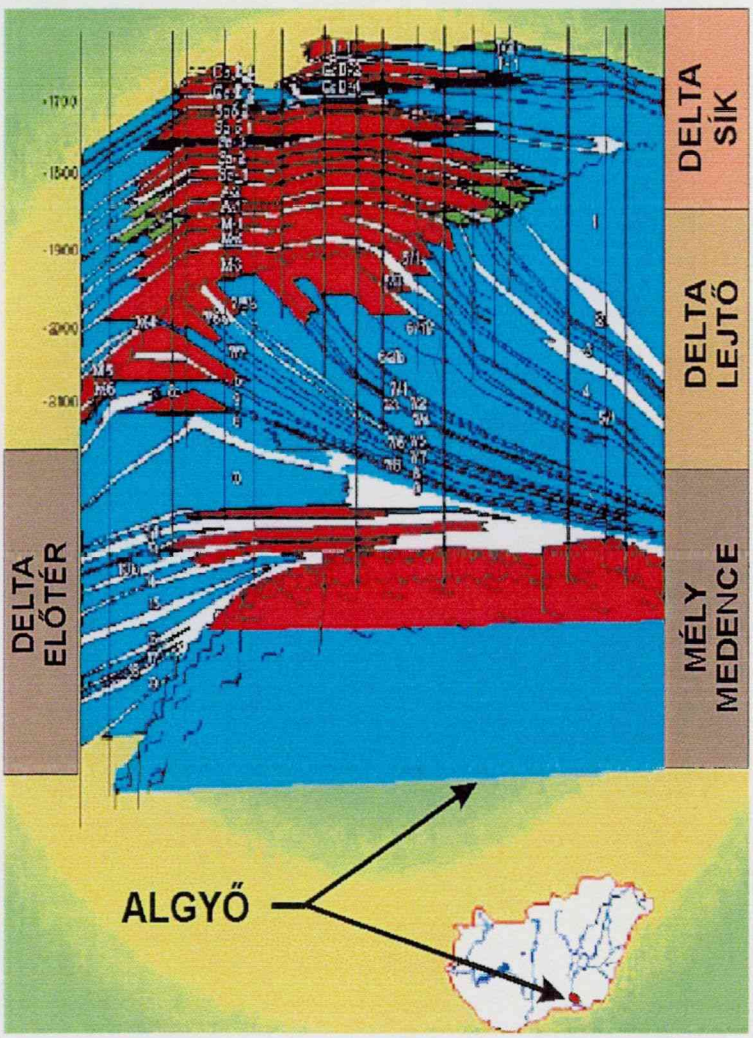
***1.6.ábra*: Üledékes modell a magyarországi pannonra (VAKARCS, 1997)**

MAGYAR et al. (1999) munkájában a *Mullusca*, *Dinoflagellata* és emlős fauna alapján tehető rétegtani eredményeket nemcsak egymással, hanem a magnetosztratigráfia, a szekvencia sztratigráfia egységeivel és a radiometrikus kor adatokkal hasonlította össze és olyan integrált rétegtani rendszert javasolt, amely kitekintést biztosít mind a Mediterraneum, mind a Keleti-Paratethys medencéi felé. A BÉRCZI és JÁMBOR szerkesztésében megjelent „Magyarország geológiai

képződményeinek rétegtana" című munkában KORPÁSNÉ, JUHÁSZ és MÜLLER ad áttekintő képet a hazai pannon képződményekről.

1.2. AZ ALGYŐI PANNÓNIAI KÉPZŐDMÉNYEK GENETIKAI MEGÍTÉLÉSÉNEK FEJLŐDÉSE

Az Algyő mező kőolaj- és földgáztelepei egy szerkezeti gerinc feletti pannóniai sorozatban alapvetően három törmelékes képződmény csoportban fordulnak elő. Az ún. *Deszki szint* az alaphegységre települő konglomerátum sorozatban megjelenő gáztelep. A tároló kőzet vélhetően parti eredetű konglomerátum. Az ún. *alsópannon telepek* (10 kőolaj és 38 földgáztelep) viszonylag kis kiterjedésű homokkő testekben alakultak ki, amelyek genetikailag részben „mély(ebb)vízi" hordalékkúpok, részben - vélhetően az AP-13/b telep felett - delta előtéri hordalékkúpok felhalmozódásának maradványai. A fő tároló összlet a *felsőpannóniai (s.l.) sorozat*, ahol 10-40 m vastagságú, változékony, de az alsópannóniai sorozatnál jobb kifejlődésű homokkőtestekben halmozódott fel 12 gáztelep, 12 gázsapkás olajtelep és 4 olajtelep (***1.7.ábra***).



***1.7.ábra*: Az algyői pannon sorozat makro-szedimentológiai modellje (BÉRCZI 1989)**

A mező rezervoár geológiai megismerésének első fázisát az 1965-1969 közötti időszak jelentette. Ezt az időszakot geológiai oldalról a tároló mind részletesebb felkutatása jellemezte. A feldolgozások nem annyira a telepek belső heterogenitására vonatkoztak, hanem sokkal inkább a tároló kőzetek **litosztratigráfiai kapcsolatainak** és **alapvető genetikai sajátosságainak felismerésére** helyezték a hangsúlyt. Ennek az időszaknak eredményei alapozták meg a **medencebelső neogén képződményeinek új genetikai megközelítését** (MUCSI 1973).

A geológiai megismerés második fázisát vélhetően az 1970-1990 közötti évek jellemzik. Ezt az időszakot részben az **egyes telepek szisztematikus rezervoár geológiai feldolgozásai**, részben pedig az ezekkel párhuzamosan elkezdődött ún. **„szedimentológiai heterogenitás" vizsgálatok** jellemezték.

Az ún. rezervoár geológiai feldolgozási vonal a tárolótér igen részletes belső megismerését jelentette, de jobbára **karotázs információk** alapján. A **tároló belső heterogenitását ezek a feldolgozások csak a geológiai metszetanyagon keresztül tudták megmutatni**, hiszen a módszertani alapelv a kutankénti, **teljes tárolótérre vonatkozó összegzett tulajdonságok** (pórustérfogat, szénhidrogénnel kitöltött pórustérfogat, vezetőképesség), és a víztelítettségnek - kutankénti átlagok az egyes fázisokban - térképezését hangsúlyozta. Ennek **az időszaknak legfontosabb eredményei** az alábbiakban összegezhetőek:

- Felismerték, hogy a „felsőpannóniai" telepek sokszor igen keskeny átmeneti zóna után „alsópannóniaivá" válnak.
- Felismerték, hogy a „felsőpannóniai telepekben" a Tisza vonalától K-re eső ún. **"DK-i teleprészeken" az erősen aleuritos homokkövekben nem alkalmazható az „ÉNy-i teleprészek" karotázs értelmező módszere**. A probléma megoldására nomogramot dolgoztak ki (DIVÉKI et al. 1978).
- Megkezdődött **a mag és karotázs információk (kőzettípus, porozitás, permeabilitás, víztelítettség) kritikai felülvizsgálata** (BARLAI 1979, MARKÓ--KRISTÓF 1985, DRÁGOSSY et al 1986).

A fenti feldolgozási irány mellett a 70-es évek végétől kezdve mindvégig jelen volt az ún. **„szedimentológiai heterogenitás" vizsgálatok vonala** (RÉVÉSZ 1976, 1977, 1979, 1980, RÉVÉSZ--GEIGER 1980). Ez a megközelítés - kvantitatív karotázs információk hiányában - elsősorban a **telepeken belüli kőzettani heterogenitást vizsgálta**. Ennek egyik kiinduló pontját a **magfúrások információi**, másik sarokkövét a **mikrolog szelvények** adták. A feldolgozások során a Maros telepekről, az Algyő-1-,2, Szeged-1-,2-,3, és Szőreg-1 telepekről váltak ismertté olyan heterogenitási információk, amelyek a **homokköves vastagságot és szemcse-összetételi viszonyokat** érintették, és **alkalmasak voltak arra, hogy a telepek kőzettestének felhalmozódási módját nagyvonalakban meg lehetett ítélni**.

RÉVÉSZ telepek felhalmozódási módját érintő fő megállapításai a következők (RÉVÉSZ I, 1976, 1977, 1979, 1982):

1. A felsőpannóniai rétegsor az alsópannóniaira **"fácies diszkordanciá"-val** települ. A "felsőpannon" sorozatban a homokkő rétegek részaránya ugrásszerűen növekszik.
2. Az üledék összlet **alulról felfelé durvuló ritmusok**ból áll. Egy-egy üledékritmuson belül a **szénbetelepülések térben jól elkülönülnek**.
3. A csökkentsósvízi és édesvízi **faunaelemek keverednek** egymással.
4. Az üledékritmusok **"összhomokkő" vastagsága faágszerű** (=meder jellegű) **képződményeket mutat**.

5. A **lombos falevél lenyomatok, függőleges gyökérmaradványok** és finom üledékekben előforduló **kvarc kavicsok a fentiekkel kiegészítve delta üledékképződést mutatnak.**
6. Az "alsó-" és felsőpannon üledékek közötti **"fácies diszkordanciát"** megítélése szerint a **delta fronti és delta előtéri üledékek összefogazódása** okozza (*1.7.ábra*).
7. Az üledékritmusokat elválasztó agyagmárga, aleurolit rétegeket helyi jellegű tavi előrenyomulásoknak tekintette. Ennek okaként a **delta elgátolódását** jelölte meg.
8. Az **alsó Maros telepeket delta front peremi, peremhez közeli üledékeknek** tekintette, megközelítően **É-D-i felhalmozódással** (*1.7.ábra*).
9. A **felső Maros telepek**ben a **delta front üledékekben partközeli sziget, homokturzás** képződést is valószínűsít (*1.7.ábra*).
10. Az **Algyő-1** ritmusban a felhalmozódás iránya **ÉNy-DK**-ivé vált. Meglátása szerint az **ÉNy-i rész** legfelső egységeiben olyan partközeli képződmények vannak, amelyek a **deltafront víz alatti áramlási rendszeréhez** köthetők (*1.7.ábra*).
11. Az **Algyő-2** telepben megfigyelte az **"alsó-" és "felsőpannóniai" faunaelemek összefogazódását** (*1.7.ábra*). **Parti mocsár** jelenlétét feltételezte. Megítélése szerint a mocsári "fácies" jelzi a deltaritmus előrenyomulásának telepbeli maximumát. **Turzás és lagúna** üledékek jelenlétét sem tarja kizárnak.
12. A **Szeged-1** telepben a "csatorna" kitöltések tovább nyúlnak DK felé. A felhalmozódási irány az Algyő-2-évei megegyező (*1.7.ábra*).
13. A **Szeged-2** telepben a **felhalmozódási irány DNy-ÉK-ivé válik**. A DNy-i területen már megjelenik a "delta-háttér" üledéksorozata is (*1.7.ábra*).
14. A **Szőreg-1** üledékciklusban a kőzetek helyenkénti "vörös" elszíneződése, a **mész és a limonit konkréciók** általánossá válása "szárazföldi" jellegre utal. A **felhalmozódási irány** szintén **DNy-ÉK-i** (*1.7.ábra*). A szénrétegek elhelyezkedése "többszörösen visszatérő" mocsári környezetre utal. Véleménye szerint a "delta háttér" a maga mocsaraival a telepben jelen van. **A delta "víz alatti része" a teleptől ÉNy-ra, É-ra, ÉK-re, valamint a Tisza-Maros közén helyezkedett el.**

Az azóta történt feldolgozások tükrében néhány kritikai észrevétel ide kínálkozik:

1. A megállapítások a kőzetszerkezeten és összhomokkő vastagságon alapultak (RÉVÉSZ 1982). Az **összhomokkő** vastagság az egész üledékritmust "egybe látja". Amennyiben ezt használjuk, lényegében azt feltételezzük, hogy a kőzettest belül nem heterogén. **Fel sem merülhet annak lehetősége, hogy a belső struktúrákat vizsgáljuk. Ez csak a kőzettest geológiai metszeteiben tehető meg. Itt viszont az egyes rétegek összekapcsolása kifejezetten esetleges (ekkora léptékben) és minden genetikai kapcsolattól mentes. Persze ekkor nem volt más lehetőség.**
2. A fentiek miatt az **összhomokkő vastagság területi változásából levonható következtetések, csak akkor helyesek, ha eredendően feltételezzük, hogy a felhalmozódási irány egy-egy üledékciklusón belül állandó volt.**
3. **A delta front, delta sík, és delta háttér fogalmak nem következetesen jelennek meg. A delta front definíció szerint egy elvi vonal. Mindaz, ami a delta front felett van, az alsó deltasík. Ennek egy része víz felett, másik része víz alatt van. A felső delta sík minden pontja az állandó vízborítás felett van.**
4. Az egyes üledékciklusokat záró agyagmárgát **"delta felhagyás" genetikájúnak** tekintette, **holott** a delta felhagyás fogalomba a "csökkentsósvízi" aleurolit **agyagmárga és** a felette megjelenő **transzgressziós homok** (ami a korábbi torkolati zátonyok áthalmozott üledéke) **egyaránt** beletartozik. Ilyen transzgressziós homok a sorozatban nincs.

5. Az Algyő-1 feletti üledékritmusok felhalmozódási irányai nem állják meg helyüket a 3D feldolgozások tükrében. Különösen vonatkozik ez a Szeged-2 és Szőreg-1 telepekre.

Természetesen a megállapítások az akkori lehetőségek, vizsgálati eszközök és szemlélet alapján születtek. A későbbi vizsgálatok a delta alapjait soha nem cáfolták. A fenti "tézisek" egy része **nem elavult**, csak **tudománytörténetté vált**.

Sajnos ez a két megközelítési mód lényegében egymás mellett, de egymás eredményeiről tudomást sem szerezve létezett. RÉVÉSZ (1980) munkájában bebizonyította az **Algyő-2 telep delta eredetét**. Ugyancsak RÉVÉSZ 1980-ban áttekintő képet adott a mező „felsőpannóniai" telepeinek felhalmozódási módjáról (RÉVÉSZ 1980a). GEIGER (1986) numerikus módszerek és a klasszikus szedimentológia kombinált alkalmazásával **100 m-es felbontású genetikai képet** közölt a Szeged-1 telep középső részén tervezett **5-pontos micellás kísérlet területéről**. Ezeket a „szedimentológiai heterogenitási" vizsgálatokat a telepek művelésével kapcsolatos problémák táplálták:

A heterogenitás vizsgálatok eredményei nagyvonalakban a következőképpen foglalhatók össze:

- Elkészültek az ún. **összhomokkő vastagság térképek az algyői „felsőpannon" telepek túlnyomó részéről.**
- Kialakultak a **telepek genetikáját bemutató első nagyvonalú modellek.** Ezek szerint az ún. „felsőpannóniai" telepek eleinte delta fronti (Maros-Szeged-1 telepek) majd delta háttéri eredetűek, de a Szőreg-1 teleptől a folyóvízi hatások egyre jobban érvényesülnek.
- Megszülettek az **első részletező feldolgozások** bizonyos telepek (pl. Szeged-1) kisebb területi egységeiről, amelyben 100 *m*-es felbontású részletes genetikai képet lehetett adni.
- Kidolgozták azt a **numerikus módszer együttest**, amellyel a nagytömegű és rendkívül sokféle forrású információkat **(magleírás, magmérés, karotázs)** a genetikai megismerés érdekében össze lehet kapcsolni (GEIGER 1986).

Megszülettek az első **kőzettest genetikát geometriailag visszatükröző térképek** (GEIGER 1986). Az 1980-as évek vége felé kezdtek elterjedni a **geostatisztikai módszerek** (KUN T. et al 1991, 1991a), amelyek a térbeli folyamatok numerikus elemzését teszik pontosabbá, és biztosítják a geometria kitérképezését a térbeli folytonossági irányok felismerésével.

A két megközelítési mód közeledése egyben egy **szemléletváltást is előkészített.** Nevezetesen arról volt szó, hogy a kisléptékű de kőzettest geometriai megállapításokban végződő **szedimentológiai,** a kőzettest geometriát a térbeli folytonossági irányok (autókorrelációk) feltárása után megfogalmazó **geostatisztikai és** az egyre inkább a tároló fizikai tulajdonságainak térbeli eloszlását igénylő **művelési** elvek közeledése megteremtette az alapot egy új típusú kisléptékű heterogenitás leírására is alkalmas **3-D tároló modellezési technika** kifejlesztésére. Mindezek eredményeként az 1990-es évek elején elkezdődtek azok a 3-D modellezések, amelyek a kutatástörténet jelenlegi szakaszát jelölik ki.

Az 1990-92 közötti előkészítések (GEIGER--KOMLÓSI 1991, GEIGER--RÉVÉSZ 1992a, 1992b]) után ebben a szellemben készült el a Szeged-1 telep 3-D geológiai feldolgozása (GEIGER--KOMLÓSI 1993, 1995a). Ezt követte a Maros-3 telep (GEIGER J-KISS B.-NÉ, 1995a), az Algyő-1 (GEIGER J.-KISS B.-NÉ 1995b) majd az Algyő-2 telep porozitás-homokkő tartalom 3-D geológiai modelljének kialakítása (GEIGER et al. 1995) és ugyanebbe a sorozatba tartozik a Tisza-1 telep modellje is (HNISZNÉ et al. 1995). A modellezési tapasztalatok lehetővé tették mind a metodikai

általánosítást, mind bizonyos felhalmozódási környezetek 3D modelljeinek közlését (GEIGER, J.--KOMLÓSI, J, 1995b, 1996).
Az **„alsópannon" telepekről** ilyen részletességű feldolgozás jelenleg még nem áll rendelkezésre, de GEIGER--W. PIPICZ (1992) által az AP-13/b telepről alkotott modell a tárolótér többé-kevésbé izolált hordaléklobos felépítését mutatta ki. Ugyanakkor az alsópannon telepek feldolgozásának kiemelt jelentőségét pontosan az a tény adja, hogy ezek kőzettestei részben delta előtéri, részben deltától függetlenül kialakult ún. mély(ebb)vízi hordalékkúpokban alakultak ki.

2. A 3-D MODELLEZŐ STRATÉGIA

2.1. ÜLEDÉKES FÁCIES ÉS FELHALMOZÓDÁSI KÖRNYEZET

A **felhalmozódási környezet** definíció szerint az a **térbeli egység**, amelyben az üledék képződésére és kifejlődésére olyan külső **fizikai, kémiai és biológiai folyamatok** gyakoroltak hatást, amelyek **elég állandóak** voltak ahhoz, hogy **maradandó lerakódást** hozzanak létre (PETTIJOHN és POTTER 1986.).
Különös hangsúly esik PETTIJOHN és POTTER definíciójában a „térbeli egység" fogalomra. Azt a szemléletet tükrözi, hogy a felhalmozódási környezet elemzésekor az üledék szöveti, szerkezeti sajátosságait valamely geomorfológiailag létező, azaz térképezhető **háromdimenziós alakulatban** kell vizsgálni. Ez a megfogalmazás egyben a 80-as évek megújult szedimentológiai elveit is jelzi. Ekkora ugyanis a szedimentológia a korábbi jellegzetesen leíró korszakán túljutva érett, előrejelző – és nem a statikus állapotot feldolgozó – tudománnyá vált. Megállapításait a felhalmozódás alapvető fizikai és kémiai folyamatainak megértésével ún. **„folyamat-felelet" modellek**be kezdte rendezni (***2.1.ábra***).

***2.1. ábra*: Előrejelző „folyamat-felet" modell folyamata a szedimentológiában (KLEIN, 1985. nyomán)**

Ezek a modellek a következő tényekre épülnek:

- Az üledékek és üledékes kőzetek a különböző méretű és ásványi összetételű törmelékes anyagnak valamint a különböző szállító és leülepítő, továbbá kémiai folyamatoknak **kölcsönhatásával** alakultak ki, amelyek **„megőrződtek"** mind a holocén, mind az idősebb üledékes sorozatokban.

- Ez a „megőrződött" sorozat (="reagálás" a ***2.1.ábrán***), környezetétől **megkülönböztethető üledékes szerkezetekkel, vertikális változással, üledékes geometriával, elsődleges és másodlagos porozitással és permeabilitással stb. rendelkezik** (***2.1.ábra***).

- Emellett pontosan ez teszi lehetővé a felhalmozódási környezet azonosítását és 3D szerkezetének előrejelzését, kiterjesztését (FISHER et al. 1971, TAYLOR, 1977, SELLY, 1976, 1988).

WALKER (1976, p.22) okfejtése óta a **„jó" szedimentológiai model**lel szemben az alábbi **követelmények**et támasztják:

Szolgáljon **normaként** az összehasonlítások számára;	Szolgáljon **keretként és vezetőként** a jövőbeli megfigyelések számára;	Szolgáljon **előrejelzőként** az új geológiai helyzetekben;	Szolgáljon **hidrodinamikai alapként** mindazon környezetek vagy rendszerek számára, amelyek a modell egyedi realizációit jelentik.

Teljesen nyilvánvaló, hogy kétdimenziós feldolgozásokkal a fenti feltételek nem teljesíthetők, továbbá az is magától értetődő, hogy leíró modellek sem tudják kielégíteni a fenti szempontokat.
A medencebeli kőzettestek szedimentológiai tanulmányozása – amely egy önálló geológiai szemléletmódot és ismeretanyagot, a medenceanalízist alapozott meg – során lényegében **kettős feladatot** kell megoldani a felhalmozódási környezetek azonosításakor (GEIGER et al. 1990):

1. A litológiai típusok egymás feletti sorozatából olyan egységeket kell kiválasztani, amelyek a kőzetoszlop síkjában a felhalmozódás jellegzetességeit tekintve **egymáshoz kapcsolódnak**.
2. Az így kapott kőzettest részleteket **ki kell terjeszteni a térben**.

Vizsgáljuk meg először az **első feladat problémáját a réteg** oldaláról. Bármely jelenkori üledékes környezetet (pl. övzátony) szemlélünk is, azonnal megállapítható, hogy az a **legritkább esetben épül fel egy üledék- vagy kőzettípusból.**[1] Sőt, ha az övzátony és meder üledékeit tekintjük: a meder alján leülepedő homok megjelenik az övzátony (domború part) alján is. Milyen következményei vannak ennek a ténynek?

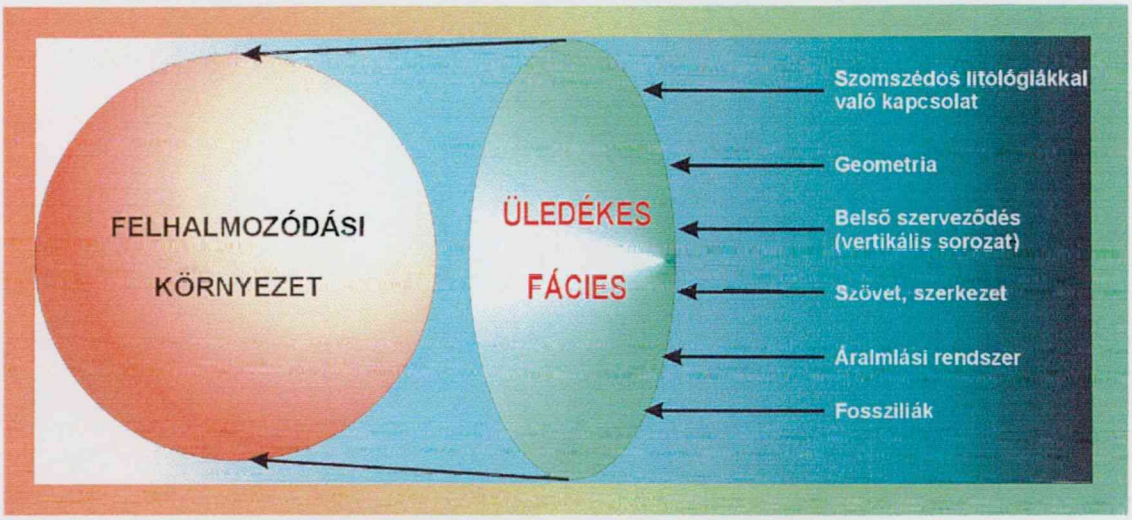
1. Noha a meder említett homok rétege „folytatódik" az övzátonyban, mégsem azonosíthatjuk a kettőt, hiszen más genetikáról van szó.
2. Az **üledékszerkezeti jegyek családjainak szerepe a genetikai azonosításban egyenrangú a kőzettípussal.**
3. Geológiai metszetben nehézkes dolog felhalmozódási genetikát azonosítani.

Ez az a geológiai valóság, amely a szedimentológia szemléletmódját megkülönbözteti a rétegtani szemléletű geológiától. Másik általánosítható tapasztalat, hogy **a szedimentológia fogalmi rendszerében a „réteg"** bár nagyon fontos kategória a leíró elemzések számára, de **genetikailag** (néhány extrém eset kivételével) **nem meghatározó**[2] (GEIGER et al 1990).
A fosszilis leülepedési környezeteket az egyes üledékes fáciesek vizsgálatával lehet rekonstruálni (*2.2.ábra*).
Az **üledékes fácies** a kőzetek és a bennük levő ősmaradványok olyan tulajdonságainak összessége, amelyben az egykori leülepedési környezet tulajdonságai tükröződnek (*2.2.ábra*). A definíció értelmében tehát **az üledékes fácies egy olyan kőzetoszlop, amely esetenként egy, de inkább több különböző, ám egymással a felhalmozódási módot tekintve genetikai**

[1] Az övzátony példájánál maradva: homok, durva és finom aleurit valamint agyag is részt vesz felépítésében.

[2] Mint láttuk, ezzel a fogalommal a felhalmozódási környezet nem közelíthető meg.

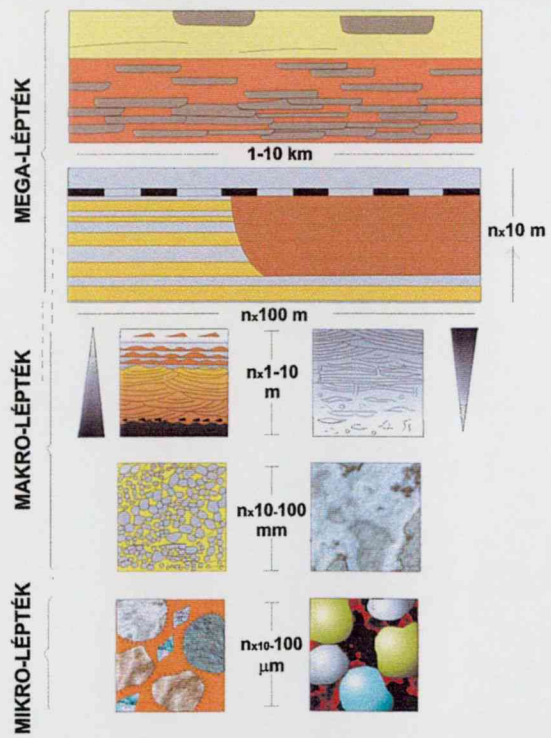
kapcsolatban álló rétegből épül fel. Az üledékes fáciesek térképezésével juthatunk el a felhalmozódási környezet 3D fogalmához.



***2.2.ábra*: A felhalmozódási környezet meghatározásának elvi szempontjai**

2.2. A SZEDIMENTOLÓGIAI VIZSGÁLATOK LÉPTÉKPROBLÉMÁJA

A „klasszikus" szedimentológiai elemzések **három léptékben** történnek (***2.3.ábra***).



***2.3.ábra*: A szedimentológiai heterogenitás szintjei egy üledékes kőzettestben**

Az egyes léptékekben lejátszódó folyamatokhoz sajátos **„hatástávolság", kiterjeszthetőség** rendelhető.

A mikroszkopikus léptékű elemzések – jelenlegi – **legalsó határát** a scanning elektron mikroszkópi vizsgálatok adják. Ebben a léptékben az üledékes kőzettestből

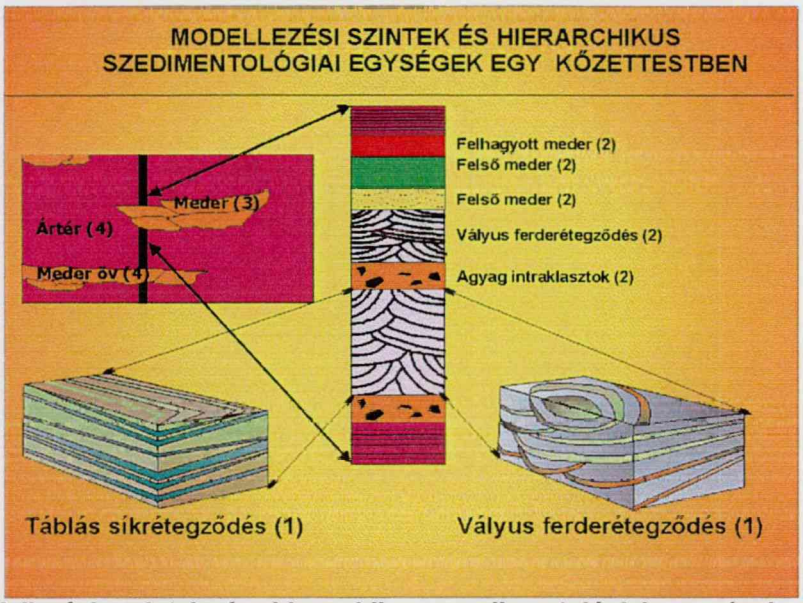
az egyedi mintákban csak **néhány 10-100 mikronnyi anyagot vizsgálnak** (***2.3.ábra***). Így ebben a vizsgálati léptékben **általában néhány köbmilliméter** térfogatú kőzetanyagról kapunk információkat. Ugyanakkor, ha a kapott eredményeknek egy nagyobb kőzettestre való kvalitatív általánosítását tesszük, szükségképpen több billiárdszor nagyobb térfogatra hozunk ítéleteket, mint a vizsgált tartomány. Ezek **megbízhatósága** alapvetően azon múlik, hogy a minták megválasztása **mennyire volt reprezentatív** (no meg attól, hogy a mintaszám elegendő-e a reprezentativitás állításához!).

A **makroszkópos léptékbe** tartozik a kőzetek **max. néhány 10 cm-es darab**jából készült **szemcseméret eloszlási vizsgálatok**, a fizikai tulajdonságok közül a **porozitás és permeabilitás mérések, és a pórusméret eloszlási vizsgálatok**. A kőzetek **szöveti, szerkezeti jegyeinek részletes leírása** ugyanezt a léptéket érinti (***2.3., 2.4.ábra***). Az itt mért vagy leírt tulajdonságok **kiterjeszthetőségének érvényességi tartománya** már célirányos numerikus vizsgálatokkal (pl. variográfia) legalábbis **függőleges irányban megoldható** (GEIGER et al. 1990). A mintákon mérhető ilyen léptékű tulajdonságok vízszintes kiterjesztése rendkívül komoly elvi problémát jelent a felszín alatti elemzésekben. Nevezetesen itt arról van szó, hogy a felszín alatti mintavételi lehetőségeket biztosító fúráspontok távolsága vélhetően nagyságrendekkel nagyobb, mint a fenti tulajdonságok kiterjeszthetősége (GEIGER és WEROVSZKY 1992). Bizonyos fokig hasonló állítás tehető az üledékszerkezeti jegyekre is (***2.3., 2.4.ábra***). Szedimentológiai szempontból ez az a lépték, amely az **üledékes fáciesek részleteiről** (de **nem** magáról az üledékes fáciesről) az **első információk**at szolgáltatja.

A **megaszkopikus lépték** tartományában a kőzettestről kapott **lyukgeofizikai információk** (kvantitatív és kvalitatív), a **rétegsorok nagyléptékű litológiai tulajdonságai** tartoznak (***2.3., 2.4.ábra***). Ez az a tartomány, amelyen a klasszikus **litológiai korrelációt** és az **üledékes fáciesek felismerését** megtesszük. Ebbe a tartományba tartoznak bizonyos felhalmozódási környezetek kőzettestei is (pl. kisebb mederáttörések, torkolati zátonyok, mederüledékek, stb.). A "klasszikus" szedimentológia legproduktívabb léptéke ez. Egyúttal ez a lépték adja az első lehetőséget az **üledékföldtani heterogenitás térbeli kiterjesztésére**, valamint a **rétegtartalom** -- legyen az akár víz, akár olaj vagy gáz -- **áramlásának modellezésére** (***2.3., 2.4.ábra***).

***2.4.ábra*: A szedimentológiai adatforrások három léptékben**

A negyedik, **gigaszkopikus tartomány** a **szeizmikus vizsgálatok** és a **medence léptékű szekvencia sztratigráfia** tartománya (***2.4.ábra***).
Ezek után már csak egy kérdés maradt megválaszolatlanul: **"Hogyan lehet a különböző léptékekben hozott ítéleteket egymásba olvasztani?"** Ami azonnal leszögezhető: **nem egyszerű felsorolással**. Tegyük fel, hogy a makroszkópos léptékről indulunk el: üledékszerkezeteket vizsgálunk, de rendelkezésünkre állnak a geofizikai lyukszelvények is (***2.5.ábra***).



***2.5.ábra*: Modellezési szintek és hierarchikus szedimentológiai egységek egy üledékes kőzettestben.**

A **megoldás a következő lehet**:

1. Az **üledékszerkezeti jegyek feldolgozásá**nak eredményeként **állítást kell tenni a felhalmozó közegre**. Mindezt természetesen annak tudatában, hogy az üledékszerkezeti jegyek az ülepítő közeg hidrodinamikai állapotának általános vonásai mellett sok olyan információt is szolgáltatnak, amelyek csak a mintavétel közvetlen környezetére igazak (pl. lokális, függőleges tengelyű örvények a helyi mederegyetlenség miatt).
2. A **geofizikai lyukszelvények** szelvényalak elemzésével **állítást kell tenni** arra az **üledék fáciesre**, amelynek függőleges sorozatát vizsgáljuk. Ez lényegében **a felhalmozódási környezetre tett hipotézis** (v.ö. ***2.2.ábra***). A hipotézis állítássá akkor válik, ha az **üledékes fácies térbeli** (tehát síkba és mélységbe irányuló) **kiterjesztésével** olyan **geometria** áll elő, amely az elfogadott üledékes modellekkel szinkronban van. Ha ez teljesül, akkor a kapott eredmény maga is **üledékes modell** lesz -- a vizsgált területre.
3. A két szinten tett megállapításnak **egymással összhangban kell lennie** ahhoz, hogy a feladat megoldott legyen.

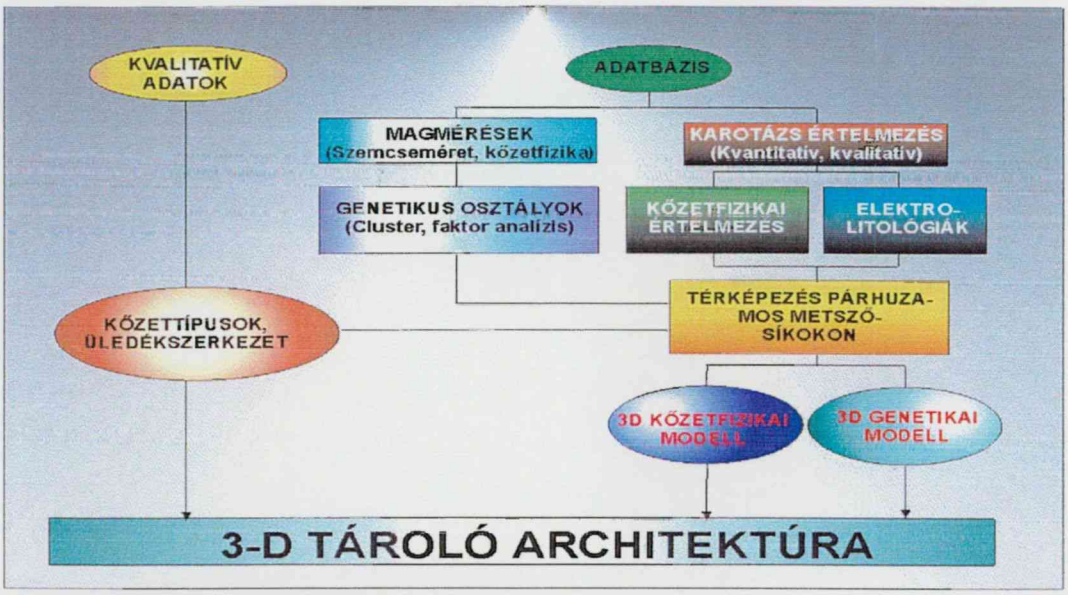
Lényegében tehát különböző modellezési szinteken kell genetikai megállapításokat tenni (***2.5.ábra***). Vagyis **a kulcs: a genetikai általánosítás**. Ez az az eszköz, amelynek segítségével a szedimentológia lépték problémája megoldható, és amely alapján a különböző lépték-tartományok vizsgálatai a közös cél a felhalmozódási környezet és a környezetek rendszerének megismerése felé vezet. **Ez egyben az az alapelv, amely a következő fejezetben bemutatásra kerülő 3D modellező rendszer alapja is**.

2.3. A 3-D MODELLEZÉSI RENDSZER

Az alábbiakban bemutatásra kerülő modellezési rendszer **a makro- és megaszedimentológia léptékére** lett kialakítva. A mikroszedimentológiai lépték a 2.2. fejezetben részletezett léptékprobléma miatt nem került be az elemzési sorba. A vizsgálati módszer a törmelékes kőzetek

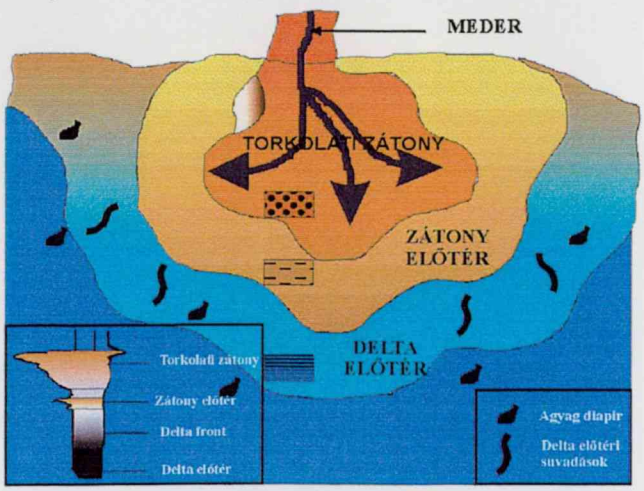
- **szemcseméret eloszlási elemzéseit**;
- a makroszkópos **kőzettípus és üledékszerkezeti jegyek** értelmezését;
- **lyukgeofizikai szelvények** léptékét

ötvözi (***2.6.ábra***).



***2.6.ábra*: A 3-D modellezési rendszer folyamatábrája**

A **modellezési folyamat** alapgondolata a következő:
1. Az adott kőzettestben a **kőzettípusok** valamint az **üledékszerkezeti jegyek** alapján határozzuk meg a rendelkezésre álló fúrások vertikális szelvényében az ***üledékes fáciesek***et (***2.6.ábra***, "Kőzettípusok, üledékszerkezet"). A ***2.7.ábra*** egy torkolati zátony vertikális üledék fáciesét, illetve ezen belül a még önálló genetikai elemeket mutatja.



***2.7.ábra*: Torkolati zátony és magban látható vertikális üledék fáciese**

2. A szórvány **szemcseösszetételi vizsgálatok**nak végezzük el a sokváltozós genetikai feldolgozását, amelynek segítségével **a minták felhalmozódási módjára** tudunk megállapításokat tenni (GEIGER 1986).

3. Ahol lehetőség van, **korreláljuk a felhalmozódási módokat és az üledékes fácieseket**. Ha az értelmezés korrekt, akkor ez a kapcsolat nyilvánvaló (GEIGER 1986, 4.ábra, GEIGER és KISS 1987). Ilyen módon lehetőség van az **üledékes fácies kiterjesztésére** a kőzettest olyan területeire is, ahonnan részletes kőzetanyag információ nem -- vagy már nem -- áll rendelkezésre.

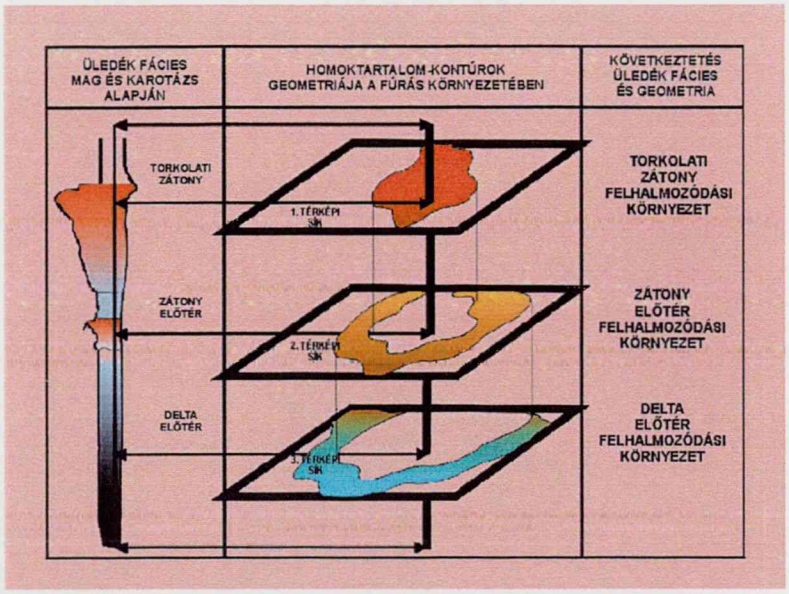
4. Végezzük el a **geofizikai lyukszelvények** és a **kőzetanyag kalibrálását**. Erre a célra RÉVÉSZ (1980) a sekély behatolású **mikrolog** szelvényt használta és területileg kiterjeszthető **elektrolitológiai kategóriákat** állított fel(***2.1.táblázat***).

2.1.táblázat: **A mikrolog szelvények kalibrálása és az egyes kategóriák homokkő tartalma (RÉVÉSZ 1980, GEIGER 1986 után)**

Homokkőtípus		1 m-re eső összhomokkő vastagság	1 m-re eső homokkő:aleurit arány
Jó kifejlődésű		0.9	9.00
Közepes kifejlődésű		0.8	4.00
Gyenge kifejlődésű	Jó gyenge kifejlődés	0.7	2.32
	Igen gyenge kifejlődés	0.6	1.50
Homokkő--aleurolit váltakozása		0.5	1.00

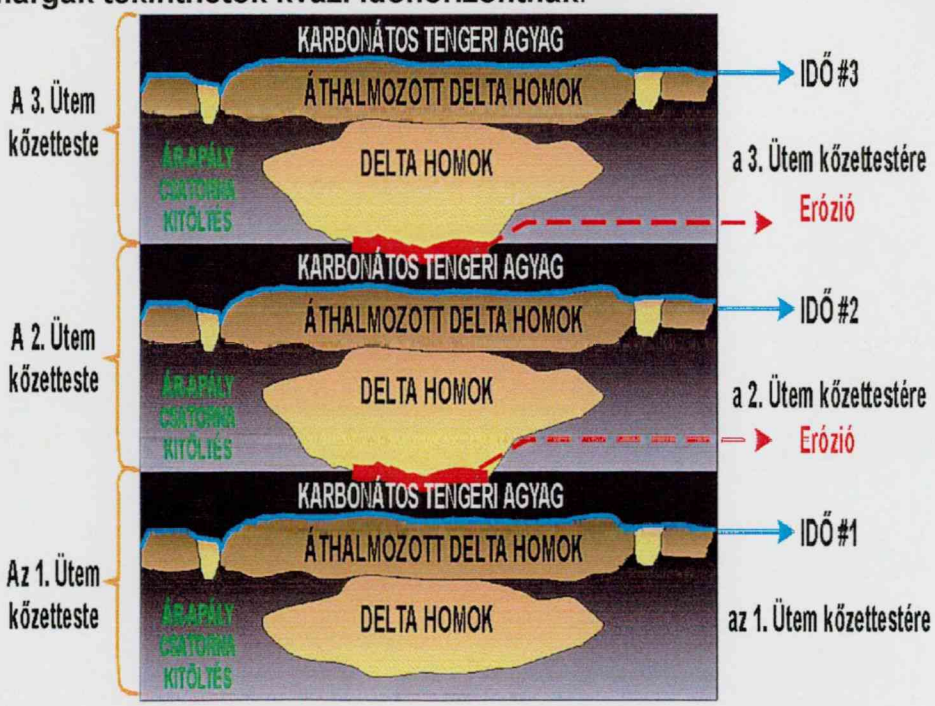
A mikrolog szelvények pontatlansága (elsősorban nem-mélységhelyes tulajdonsága) az **SP és Gamma** szelvény alapján korrigálhatók (GEIGER és KOMLÓSI 1993). Ezzel a megoldással az **üledékes kőzettípusok kiterjeszthetők** a tároló azon részére is, ahonnan kőzetanyag nem áll rendelkezésünkre. Emellett az "1 m-re eső összhomokkő vastagság" (amelyre a dolgozat további részében a **"homoktartalom"** fogalom hivatkozik) olyan **fél-kvantitatív tulajdonság**, amely az egykori **paleoáramlások létét és intenzitását** is kifejezi (***2.1.tábálázat***, RÉVÉSZ 1980, GEIGER 1986) ".

5. Térképezzük a fenti tulajdonságot a kőzettestben (***2.8.ábra***). Azoknak a fúráspontoknak környékén, ahonnan a vertikális üledékfácies sorokat azonosítani lehetett, vizsgáljuk meg a **térképi kontúrokat**. Mivel a homoktartalom amellett, hogy a kőzettípusok kiterjesztésére alkalmas, visszatükrözi a paleoáramlások erősségét és létét is, így **a térképi kontúr az üledékfácies környezetében az üledékfácies által képviselt genetikai geometriáját adja vissza (*2.8.ábra*). Ez pedig a 2.2. fejezetben adott definíció szerint nem más, mint a felhalmozódási környezet. A kontúr geometriája és az üledék fácies tehát alkalmasnak tűnik a felhalmozódási környezet azonosítására a "kulcs-fúrás" környezetében.** Más területeken pedig a kontúr által adott geometria "legkülsőbb" kontúrvonalának értéke (pl. 40%-os homoktartalom stb.) alkalmas az adott környezet felismerésére.



2.8.ábra: **Az üledékes fácies körüli legkülső homoktartalom kontúr a felhalmozódási környezet geometriáját adja**

6. Ha az 5.pont lépéseit a kőzettesten belül **sűrű mélységközönként** elvégezzük, majd a **"térképeket" egymás alá tesszük**, akkor a fentiek alapján részben a kőzettestet kialakító folyamatok időbeli változását, részben az azonosított felhalmozódási környezetek **3D-alakjait** kapjuk meg.
Ehhez a meggondoláshoz természetesen **megfelelő geológiai időhorizontot** kell választanunk. A kőzettest "felszeletelését innen célszerű elkezdeni és a választott felülettel párhuzamos síkokban folytatni. (**2.9.ábra**). Delta környezetekben a **laterális agyagmárgák tekinthetők kvázi időhorizontnak**.

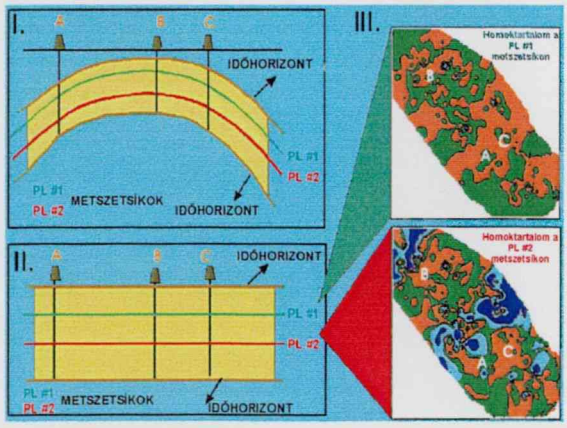


2.9.ábra: **Időhorizontok (szekvencia határok) három ütemű delta felhalmozódás mellett**

Ugyanakkor a szekvencia sztratigráfia elvei szerint **ezek olyan áradási felszínek** (flooding surface), amelyek alsóbbrendű szekvenciai határokat jelölnek ki. Az **Algyő deltában tehát a delta ciklusokat elválasztó agyagmárga sorozatok talpai olyan kvázi időhorizontokként tekinthetők, amelyek között a térben egymás melletti szedimentológiai események jelölik ki a felhalmozódás történetét**. Ehhez az állításhoz azonban néhány megjegyzést is hozzá kell tenni:

- Természetesen **csak** az "elválasztó" agyagmárga rétegek **talpáról**, mint vastagság nélküli felületről lehet ezt állítani, hiszen e **rétegek vastagsága már kondenzált rétegsorokat jelent**.
- A fenti tény miatt a "**kvázi időhorizont" tulajdonság alapján csak mindig két ilyen felület közötti rétegsor fejlődéstörténetét lehet vizsgálni**. Valóban, hiszen bármely kvázi időhorizont nézőpontjából minden alatta megjelenő regionális agyagmárga "kondenzált rétegsor". Azaz vastagsága nem arányos keletkezésének időtartamával. Ez egyben azt is jelenti, hogy ez a modell képes láttatni az elválasztó agyagmárgák vastagságnövekedése által mutatott időkeretben az agyagmárgával egyidős homokköves történéseket, vagyis az agyagmárga "kondenzáltságát", de csak a választott időhorizont alatti **legelső** agyagmárga esetében.
- Az előző pont megállapítása miatt **minden egyes delta elemet** -- "elválasztó" agyagmárgával határolt kőzettestet -- **egyenként** kell vizsgálni. Vagyis a kőzettesten belül a legfelső időhorizont nem univerzális abban az értelemben, hogy innen indulva minden delta elem értelmezhető[3].
- Mivel az Algyő deltában a medencealjzati boltozat felett megjelenő delta elemek dőlésszöge a boltozat gerincétől a peremek felé 4 fok alatt van, **minden egyes időhorizont kiegyenesíthető**.

A fentiek értelmében minden egyes vizsgált kőzettestre (Algyő-1, Algyő-2, Szeged-1, Szeged-2, Szeged-3, Szőreg-1), az adott kőzettestet **felülről határoló** laterális **agyagmárga talpa** jelenti azt a **kvázi időhorizontot**, amelytől -- mint **0 métertől** -- indulva, **vele párhuzamos síkokkal** a kőzettestet elmetszük (***2.10.ábra***).

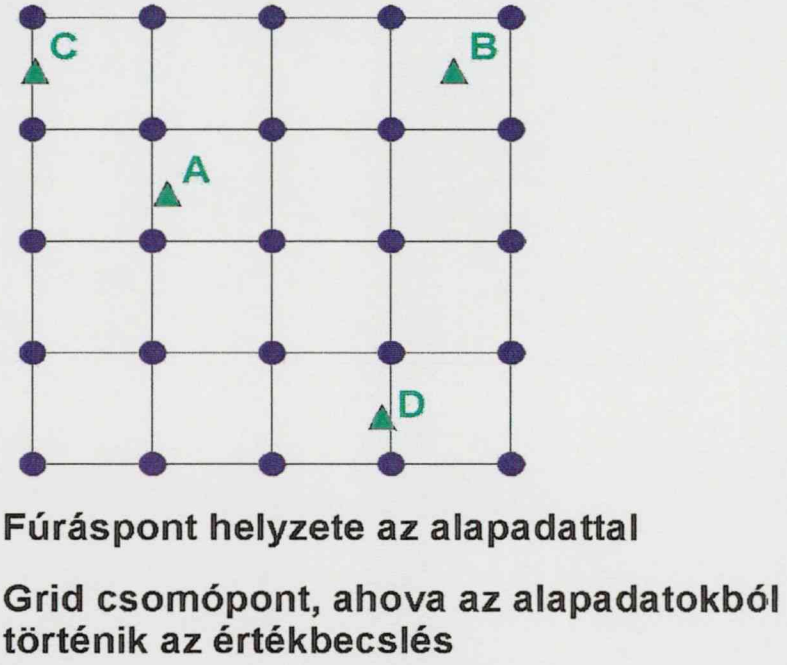


***2.10.ábra*: Metszet térképek képzése az időhorizonttal (és emiatt egymással) párhuzamos metszet felületek mentén**

---

[3] Ilyen univerzális időhorizont lehet a delta elemek közötti legnagyobb kiterjedésű agyagmárga talpa. Ez lehet a legmagasabb rendű szekvencia határ. Ennek megtalálása azonban a delta rendszeren **belülről** nem lehetséges. A szeizmika tudná ezt megmutatni.

Az egymással (és az agyagmárga talppal) párhuzamos síkok egymástól vett távolsága 0.5 m. Ezek a metszősíkok természetesen elmetszik minden olyan fúrás tengelyét is, amely az adott kőzettestet harántolta. A **metszéspontokban a fúrások karotázs szelvényei alapján ismertek az elektrolitológiai típusok**. Mivel ezek a ***2.1.táblázat*** szerint egyben homoktartalom kategóriákat is jelentenek, bármely kőzettest esetében a harántoló fúrások tengelyének és a metszősíkoknak találkozásában **ismertek a homoktartalmak is**. Tekintettel arra, hogy a homoktartalom a törmelékes felhamozódási környezetekben folytonos változó[4], így laterális változása valamely gridelési interpolációs eljárással térképezhető (***2.10.ábra***). A gridelés során a homoktartalom interpolációs értékeit a vizsgált területet lefedő, egymással egybevágó és oldalak mentén érintkező téglalapok (vagy négyzetek) csúcsaiban adjuk meg (***2.11.ábra***).

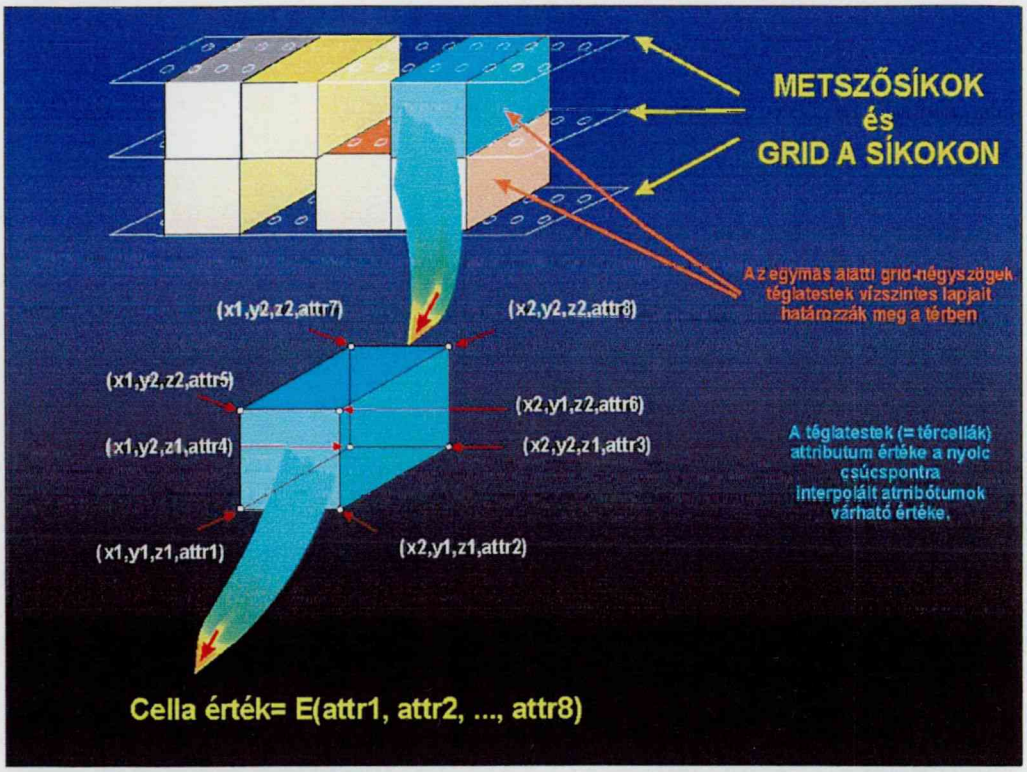


***2.11.ábra*: Alapadatok és interpolált grid csomóponti értékek**

Bármely kőzettest esetében az egymás alatti metszetsíkok gridjei egymás alatt elhelyezkedve mintegy **téglatestekre bontják fel** a szabálytalan alakú kőzettestet (***2.12.ábra***). A téglatesteket csúcsonként három koordináta: az x és y földrajzi koordináta, valamint a metszősík agyagmárga talp alatti mélysége (z-koordináta) határoz meg. Emellett a homoktartalom, mint térképezett tulajdonság (vagy attribútum), szintén minden egyes csúcspontban adott. A 3-D megjelenítő rendszerek az x (földrajzi x-koordináta), y (földrajzi y-koordináta) és z (mélység) koordinátákkal adott téglatesteket megrajzolják, majd minden egyes téglatestre kiszámolják a csúcsponti attribútum adatok várhatóértékét, és ezt hozzárendelik a szóban forgó téglához. Ez a hozzárendelés vizuálisan a tégla értékarányos kiszínezését jelenti (***2.12.ábra***). Jelen munkában a **3DVIEW** nevű 3-D megjelenítő rendszer végzi a 3-D kőzettest modellek vizualizációját (SELLER és FÖLDES 1992).

---

[4] Azaz elvileg, ha egy pontban agyag egy másikban apróhomok van, akkor a két pont között minden olyan üledéktípus megjelenik, amely az apróhomok és agyag között van.



2.12.ábra: **A 3-D modell tér-celláit a metszetsíkok egymás alatti és azonos méretű gridjei határozzák meg.**

2.4. A MODELLEZŐ RENDSZER ÖSSZEFOGLALÁSA, KIEGÉSZÍTŐ MEGJEGYZÉSEK

A módszer a kitűzött célt -- a kőzettest 3-D bemutatását-- lényegében **geo-celluláris módon** közelíti meg. Ennek lényege, hogy nem definiál a'priori 3-D geometriai alakzatokat, hanem a **homok tartalmak 3-D celláinak mozaikszerű térbeli elrendeződéséből kívánja felismerni a genetikailag értelmes kőzettest részleteket**.

Mivel a genetikailag elemezhető testet mozaikokból rakja össze az eljárás, a cellák méretének szükségképpen azonosnak kell lenniük. Különösen fontos ez az egyenközűség akkor, ha később ezt a testet fizikai tartalommal (pl. effektív porozitás, permeabilitás) kell megtölteni. Ilyen feladat ugyanis nem egyenlő térfogatú „cellák" esetén a geostatisztikából ismert **térfogati hatás** miatt igen komoly problémát jelent. A módszer az említett mozaikok létrehozását úgy oldja meg, hogy a kőzettest egészét valamely geológiai datum (pl. egy regionális agyagmárga teteje) vagy fizikai határ felülettől (pl. permeábilis tető) kiindulva párhuzamos síkokkal elmetszi, majd ezeken a síkokon grid hálót készít. Ez utóbbi során a cellák előállítása mellett azokat fel is tölti a választott fizikai „attribútumokkal" (pl. effektív porozitás, permeabilitás stb.). A megoldási mód is igen egyszerű: csak azonos grid rendszerben térképezni kell a választott fizikai tulajdonságokat.

Kiegészítő megjegyzések:

(a) A megoldás alapvetően a 3-D földtudományi modellezések egyik **klasszikus típusát** jelenti (Houlding, S.W., 1994. p.19. 'regular grid (block) approach'). Jóllehet a geocelluláris modelleknek ismertek deformált grid (deformed grid approach) és térfogati megoldásai (volume model approach) is, ezek gyakorlati megvalósítása igen komoly hardvert igényel (Houlding, S.W. 1994. p. 19. fig.1.5). Ugyanakkor kérdéses, hogy a deformált grid cellák alapján a morfológiai azonosítás megoldható-e.

(b) A cella mozaikok alapján történő 3-D **kőzettest kialakítás lényegében arra a feltételezésre épül,** hogy a felhalmozódási környezetek megmaradó kőzettesteit **olyan folyamatok** alakították ki, amelyeknek valamely időbeli **„emlékezőképességük"** van. Ez a feltételezés (több mint axióma!) nem is nagyon cáfolható, hiszen **minden geológiai korrelációnak ez az alapja.** Ugyanakkor a cellák párhuzamos síkjai mentén történő térképezés **kizárólag az adott sík mentén megvalósuló geometriai elrendeződésre érzékeny,** és nem a párhuzamos cella-síkok közötti változásra. Ez praktikusan a választott modellező rendszer alkalmazásának egyik **korlátját** is jelenti: **csak olyan üledékes sorozatokban alkalmazható, ahol a modellezni kívánt kőzettesten belül az üledékképződés „kvázi folytonos" volt. Azaz a leülepedés során nem történt olyan mérvű erózió, amely a terület genetikus kőzettesteinek regionális elrendeződését megváltoztatta volna.**

(c) A cella-síkok mentén történő térképezés során – a fentiek miatt – egészséges **összhangot** kell kialakítani az **adatponti értékmegőrzés és a regionális trendek tükrözése között.** A **lokális heterogenitás megjelenítésére való törekvés** igen változékony felhalmozódási dinamikájú kőzettestek esetében – pl. mederüledékek – **a morfológiai azonosíthatóság csökkenéséhez vezethet.**

(d) Az egymás feletti cella-síkok kapcsolatában valamely vertikális szűrő alkalmazása fontos lehet.

(e) A fenti geocelluláris modellből **genetikai modell a „soft" információk bevitele után** lesz. A **kőzetmagok információi** (akár a mélységben azonosított kézi-példányok, akár a teljes kihozatalú magok üledékes genetikai elemzése) **áttehető arra a cella-síkra, amely a mintának megfelelő mélységben húzódik.** Ennek során, pl. a magminta által valószínűsíthető **„meder" környezetről elvárható, hogy ez a meder-jelleg a homoktartalom kontúrokon a kút vetületi pontjának környezetében megjelenjen.** Ekkor az a kontúr jelenti a geometriai kiterjesztés alapját, amely a minta „soft" információjának megfelelően lineáris lesz. Ezután ennek 3-D kiterjesztése a „soft" információt tartalmazó cella-sík alatti és feletti síkokon a kiterjesztési alapot jelentő kontúr vagy annak közelében levő kontúrok geometriai elemzése alapján lehetséges.

(f) A „soft" információk alkalmazhatósága igen komoly előnye ennek a rendszernek, de a hátrányt is ez jelenti: ti. **amennyiben a „soft" és a „hard" (azaz adat-) információk nem felelnek meg egymásnak, és az adat-információk tarthatatlansága bebizonyosodik, a teljes modellt újra fel kell építeni.**

(g) A 3-D genetikai modell kialakítása a „soft" információk bevitele útján történik. Ebből következően valamely 3-D genetikai modell kritikai **felülvizsgálata a teljes „soft" információ kritikai felülvizsgálata útján** lehetséges.

(h) **A lokális változékonyság szükségszerű háttérbe szorítása egyben azt is jelenti, hogy a morfológiai kategóriák nem fogják tudni hézagmentesen lefedni a kőzettest egész térfogatát.** Ennek pedig egyenes következménye az, hogy **a genetikailag nem azonosítható kőzettest részek esetében nem dönthető el, hogy az azonosítás hiánya adat-bizonytalanságot vagy a „soft" információk elégtelen voltát tükrözi-e.**

3. A FELDOLGOZÁS EREDMÉNYEI

3.1. ADATTÍPUSOK, KULCSFÚRÁSOK

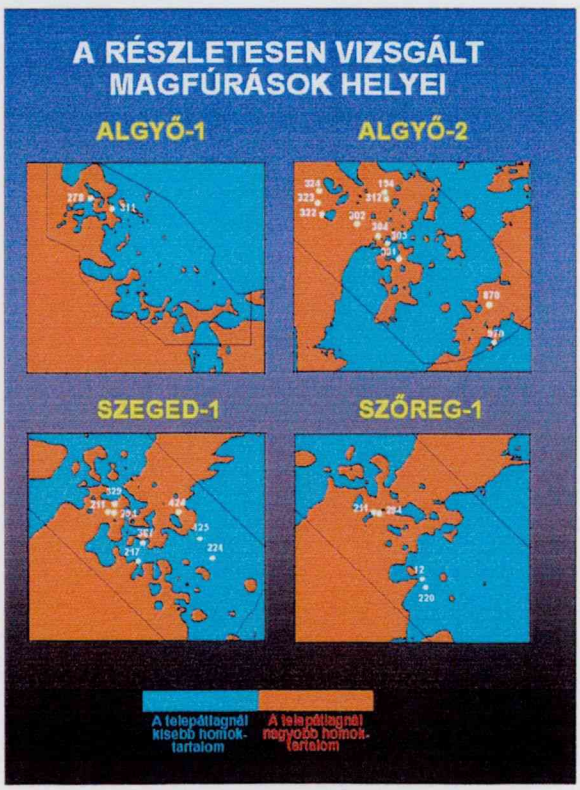
A ***2.6.ábra*** feldolgozásmenetének megfelelően jelen munkában feldolgozott alapadatok részben jellegzetesen kvalitatívok (magleírások, üledékszerkezet), részben jellegzetesen kvantitatívok (szemcseméret eloszlások), részben félkvantitatívok (elektrolitológiák). Amennyiben a 3-D modellezés célja valamely szénhidrogén tároló teljes körű leírása (makro- és mega léptékben), akkor a fenti információk kiegészülnek a magokon mért kőzetfizikai tulajdonságok (porozitás és permeabilitás mérések) valamint a kvantitatív geofizikai szelvényértelmezés (porozitás, permeabilitás, víztelítettség) adatsoraival, és a kutankénti rétegnyomás mérések eredményeivel. A feldolgozásmenet származtatott adattípusa a homoktartalom (***2.6.ábra, 2.1.táblázat***).

A fenti információk közül a magfúrások kőzetanyaga fotódokumentációs adatbázisban (PICTURE BOOK, KURGYIS és KISS, 1997), míg a kvantitatív és félkvantitatív adatok ORACLE alapú relációs adatbázisban állnak rendelkezésre. Természetesen a két adatbázis fúrás azonosító alapon egybe van szervezve (AGA, KURGYIS, 1999).

Jelen munka az alábbi információ mennyiségre épül:

- 1450 db szemcseméret eloszlás vizsgálat
- 89 db magfúrás kőzetanyaga
- 624 db fúrás Microlog, SP és TG szelvénye

A 89 magfúrás kőzetanyagából jelen munkában a ***3.1.ábra*** fúrásainak kőzetmag anyaga van dokumentálva.



3.1.ábra: **A tanulmányban vizsgált magfúrások helyei kőzettestenként**

Kiválasztásukat reprezentativitásuk indokolta. A magfúrások megoszlása a kőzettestek[1] között az alábbi:

- Algyő-1 telep 2 magfúrás
- Algyő-2 telep 11 magfúrás
- Szeged-1 telep 8 magfúrás
- Szőreg-1 telep 4 magfúrás

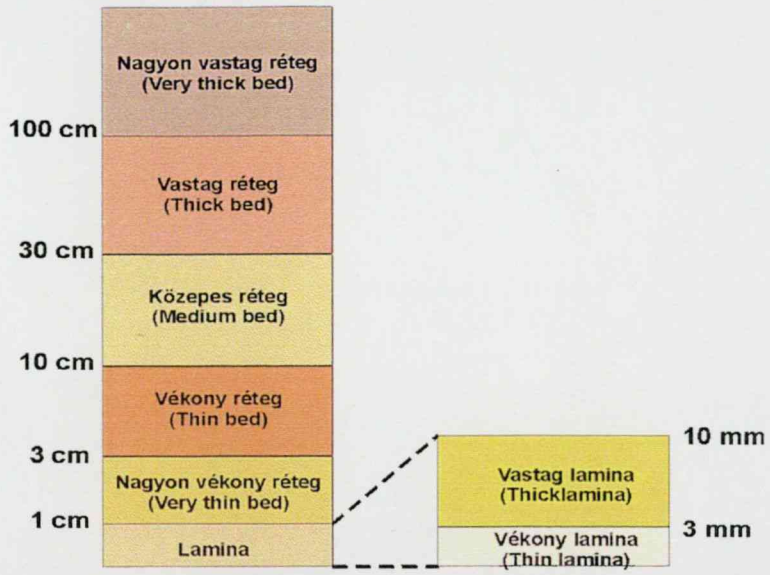
A Szeged-2 és Szeged-3 telepek kőzeteinek genetikai kifejlődése az Algyő-2 és Szeged-1 telepek sorozatai keverékének felel meg.
A ***3.1.ábra*** "átlagos homoktartalom" fogalmának magyarázatára a fejezet további részeiben kerül sor.

3.2. NEVEZÉKTANI KONVENCIÓK NÉHÁNY ELSŐDLEGES ÜLEDÉKSZERKEZETI JEGY LEÍRÁSÁHOZ

Az üledékszerkezeti jegyek leírása és genetikai alkalmazása a hazai szedimentológiában nem túl gyakori, jóllehet BALOGH (1972) jegyzete kimerítő részletességgel tárgyalta ezt a vizsgálati kört, alapvetően ALLEN (1968), BOTVINKINA (1965), CAMPBELL (1967), PETTIJOHN és POTTER (1964) valamint REINECK és WUNDERLICH (1968) munkái nyomán. Az idézett jegyzet lényegében a leíró és genetikus értelmezés közötti kompromisszumkeresés. Az üledékszerkezeti jegyek elemzésének első komoly alkalmazása is BALOGH (1973) nevéhez fűződik. A valamikori Mecseki Ércbányák Vállalat geológusai szintén sikerrel alkalmazták ezt a megközelítési módot a permi törmelékes sorozat elemzésében. Hosszú szünet után RÉVÉSZ (1982) valamint BÉRCZI, I. és PHILLIPS, R.L.(1985), GEIGER (1986) és GEIGER-RÉVÉSZ-SZENTGYÖRGYI (1990) munkájában éledt újra ez a vizsgálati irány, de itt már az üledékes fácies fogalmában.
Jelen munkában az alábbi nevezéktani konvenciókat használjuk:
A **réteg** (BED[2]) az üledékes kőzeteknek táblás vagy lencsés egysége, amely olyan litológiai, szöveti, vagy szerkezeti egységeket tartalmaz, melyek világosan megkülönböztetik a felette, vagy alatta levő kőzetrészletektől továbbá vastagsága nagyobb 1 cm-nél[3] (McKEE és WEIR 1953).
Az 1 cm-nél vékonyabb réteg a **lamina** (LAMINAE, McKEE és WEIR 1953, ***3.2.ábra***)
A réteg üledékszerkezeti jegyek alapján történő informális tagolására az alábbi fogalmakat fogjuk használni:
Egybeolvadási vagy összeolvadási felszínnek (AMALGAMATION SURFACE) **a rétegen** (BED) **belüli** jellegzetes **diszkontinuitások**at nevezzük (BOGGS, S., Jr. 1987).
Egység (DIVISION) **a rétegen** (BED) **belüli** olyan **alegységek** neve lesz, amelyeknek ugyan **nincs diszkontinuitásuk**, de az **üledékes szerkezetek megkülönböztethető társulás**ával jellemezhetők.

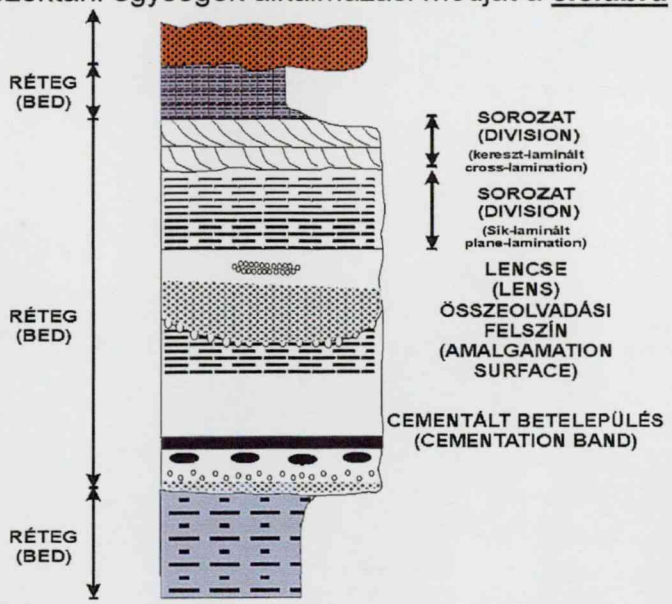
---

[1] A továbbiakban a "kőzettest"-tel azonos jelentésben lesz használva a "telep" fogalom is. Alkalmazását az indokolja, hogy ezek a kőzettestek az algyői szerkezetben egyben szénhidrogén tárolók is.
[2] Az egyértelműség miatt az üledékszerkezeti jegyekkel kapcsolatban alkalmazott angol fogalmak minden "magyarítása" mellé megadjuk az eredeti angol elnevezést is.
[3] OTTO (1938) a réteget (BED) szedimentációs egységnek tekintette: olyan üledékes vastagságnak, amely lényegileg azonos fizikai feltételek között halmozódott fel. Több olyan, a fenti kritériummal definiált réteg van, amely több valós szedimentációs egységet tartalmaz.



3.2.ábra: **A réteg (BED) és lamina (LAMINAE) vastagságának leírására használt fogalmak (BOGGS, S., Jr. 198... nyomán)**

Sorozat (BEDSET): Hasonló rétegek vagy kereszteződő rétegek csoportja.
Betelepülések, csíkok (BANDS) és **lencsék** (LENSES): olyan **alegységek**, amelyeket **színük, összetételük, szövetük, vagy cementációjuk alapján** lehet **megkülönböztetni.**
A fenti nevezéktani egységek alkalmazási módját a ***3.3.ábra*** szemlélteti.



3.3ábra: **A réteg (BED) informális tagolása a belső szerkezetek alapján (BOGGS, S.,Jr. 1987 nyomán)**

A rétegződési formák (típusok) jellemzésére használt fogalmak lényegében azonosak PETTIJOHN és POTTER (1964) munkájában alkalmazottakkal.
A **keresztrétegződés** formáinak igen részletes csoportosítását ALLEN, J.R.L. (1963) mutatta be

SZTE Egyetemi Könyvtár SZEGED 13.

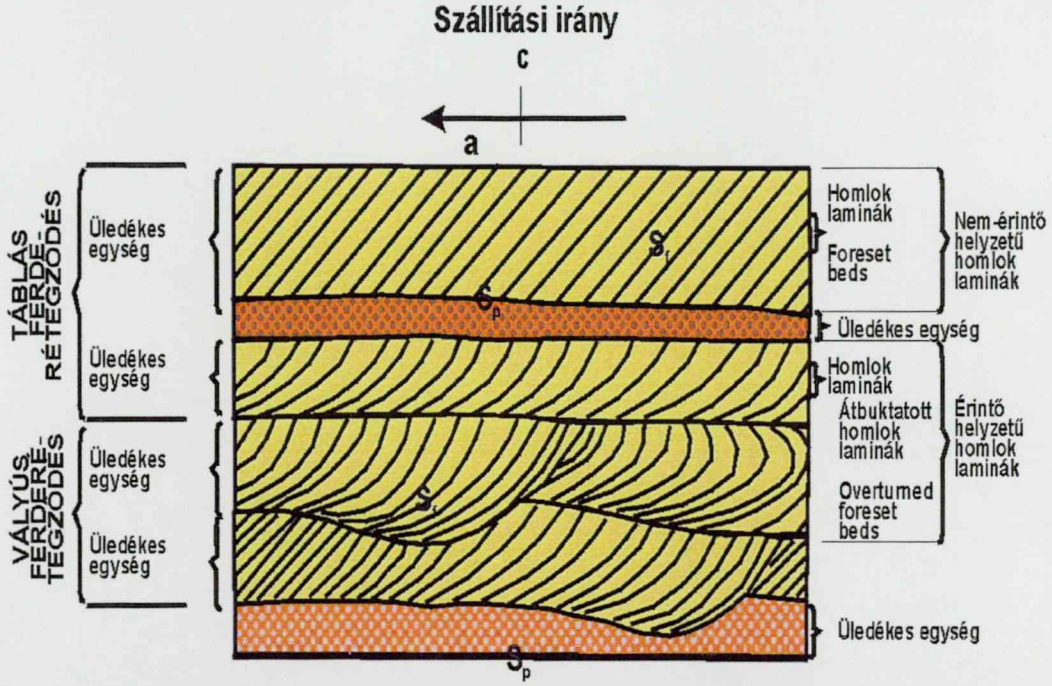
- a sorozatok csoportjai
- méretek
- a rétegek határoló felszíneinek természete
- a sorozatokban vagy sorozat csoportokban levő kereszt-rétegeknek a határoló felülethez való szöge
- a különböző laminákban a szemcseméret homogenitása

alapján.

POTTER és PETTIJOHN (1977) egy lényegesen egyszerűbb rendszert alkalmazott McKEE és WEIR (1953) osztályozása alapján. Ez a rendszer jelenik meg itt is.

A keresztrétegek (CROSS-BEDS) két nagy csoportba sorolhatók az általános geometriai jellegzetességek és a kereszt rétegzett egységek (CROSS-BEDDED UNITS) határoló felületének természete alapján (***3.4.ábra***):

- **táblás ferderétegződés** (TABULAR CROSS-BEDDING)
- **vályús ferderétegződés** (TROUGH CROSS-BEDDING)



***3.4.ábra*: A keresztrétegződés jellegzetességeit meghatározó fogalmak. "a"= a szállítási iránnyal párhuzamos metszet, "b"= az "a"-ra merőleges metszet, "S_p"= a fő rétegződési felszín vagy rétegződési sík, "S_f"= a rétegződés homlokfelszíne (BOGGS, S.,Jr. 1987 nyomán)**

A táblás keresztrétegződés (TABULAR CROSS-BEDDING) olyan keresztrétegzett egységekből áll, amelyek laterális kiterjedése nagyobb vastagságuknál, és lényegileg sík határoló felületeik vannak. A táblás keresztrétegződés laminái gyakran síkok, de az aljzattal tangenciálisan érintkező laminák szintén előfordulnak.

- Nagy-méretű áramlási fodrok migrációjával keletkeznek.
- Az egyedi rétegvastagság néhány cm-től méteresig terjedhet.

A vályús keresztrétegződésben (TROUGH CROSS-BEDDING) a keresztrétegzett egységek határoló felülete görbült. Az egységek olyan vályús alakú sorozatok, amelyek görbült laminájú hosszanti véset-kitöltéseket tartalmaznak. A sorozat aljával a laminák tangenciálisan érintkeznek.

Mind kis-méretű keresztrétegződést okozó kis-méretű áramlási fodrok migrációjával, mind nagy-méretű áramlási fodrok haladó mozgásával keletkezhet.

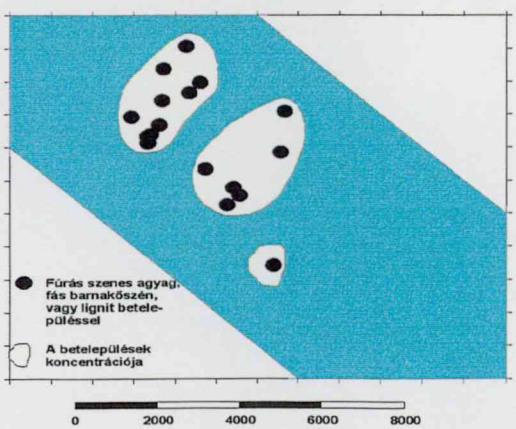
- Vastagsága néhányszor 10 cm-ig terjedhet.
- Szélessége néhányszor 10 cm-től kisebb, mint 1 m-ig terjedhet.

3.3. A VIZSGÁLT SOROZAT KŐZETTÍPUSAI

A telepekben megismert **agyagmárga** sötétszürke színű, gyakran okker foltos. Néhol pergő jellegű, máshol pikkelyes törésű. A szénrétegek közelében színe inkább vöröses, és gyakori a csúszási nyom is. A kőzet **gyakran váltakozik finom aleurolittal**. A **szénrétegek közelében** gyakori az:

Agyagmárga ⟶ agyagkő ⟶ szenes agyag

átmenet. Gyakran tartalmaz makrofaunát.
A sorozatokban helyenként megjelenő **márgák** barnásszürke színűek, kemény, kagylós, szilánkos törésűek, gyakran aleurolitosak. A fedő illetve fekü kőzetek felé átmenetük rövid szakaszon belül fokozatos. Helyenként atektonikusan repedezettek. A repedések kitöltése kalcit.
A mészmárga a márgához hasonlóan alárendelten, vékony csíkok formájában fordul elő. Sárgásszürke színű, kagylós, szilánkos törésű, kemény, gyakran aleurolit tartalmú. Átmenetei a márgához hasonlóak, gyakran tartalmaz lumashellát.
Szenes agyag a fás barnakőszén csíkok határán, illetve azokkal rétegezve fordul elő. Átmenete szenes aleuroliton esetlen szenes homokkövön át rövid szakaszokon általában fokozatos. Gyakran tartalmaz makrofaunát, akár lumashella jelleggel is. Feketésszürke színű, középkemény, földes, esetleg pikkelyes törésű.
A **fás barnakőszén** fekete színű, lemezes elválású. A **lemezek sávos jellegűek**, vékony huminitesedett lemezekkel. Kevés **fuzit darabka** is felismerhető. Néhány barna, sárgásbarna, valószínűleg kevésbé szénült növényi darabot tartalmaz. Keresztmetszetben fényes, néhol kissé agyagos jellegű, fényes csúszási nyomokkal.
Mind a szenes agyag mind a fás barnakőszén betelepülések általában a kőzettestek, telepek ÉNy-i részére **koncentrálódnak** (*3.5.ábra*) úgy, hogy az **egymás feletti telepekben egymáson átnyúlnak DK-felé** (RÉVÉSZ és GEIGER 1980, RÉVÉSZ 1982).



3.5ábra: **A szenes agyag, fás barnakőszén vagy lignit betelepülések a telepek ÉNy-i részén koncentrálódnak**

A **finom aleurolit** szürke, sötétszürke színű, szórtan aprócsillámos, helyenként leveles elválású, máshol földes törésű. Makrofaunát gyakran tartalmaz. Telep tetőkhöz közeli helyzetben a szürke szín válik jellemzővé. A szénbetelepülések közelében okkerfoltos, vöröses elszíneződés, **mészkonkréciók, néha humuszosság** is jellemzi.
Szenesedett növényi törmelékben általában gazdag. Gyakoriak a rétegzetlen „homogén" szakaszok is. Fokozatos átmenettel durva aleurolitba vagy agyagmárgába mehet át, ugyanakkor éles határral **finom- és apróhomokkő csíkok, lencsék is rétegezhetik.**
A **durva aleurolit** szürke, esetleg világosszürke színű. **Gyakran** okkerfoltos, vörös elszíneződésű, csillámos, **magas finomhomok tartalmú.** Néhol a finom aleurolit felé mutat átmenetet. Általában szenesedett növénymaradványos, ezek jobbára zsinórokba rendeződnek. „Rétegzetlen" szakaszok is előfordulnak, de **jobbára rétegzett.** A finomhomokkő és finom aleurolit felé átmenete fokozatos, ugyanakkor **éles határral apróhomokkő és agyagmárga csíkokat tartalmazhat.**
A **finomhomokkő** világosszürke, az olajos szakaszokon sárgásszürke színű, csillámos, szenesedett növénymaradványos. **Leggyakrabban rétegzett. Fokozatos átmenetet** képez az **apróhomokkő és durva aleurolit felé.** Elterjedtek a szenesedett növénymaradványokkal és csillámzsinórral laminált szakaszok. **Igen gyakori a finomhomokkő, durva aleurolit és finom aleurolit réteglemezek váltakozása.** A kőzet igen gyakran laza.
Az **apróhomokkő** világosszürke, az olajos szakaszokon sárgás szürke, esetleg sárgás barnásszürke színű. Szenesedett növénymaradványt hintve gyakran, zsinórokba rendeződve ritkábban tartalmaz. **Gyakoriak a látszólag rétegzetlen szakaszai. Fokozatos átmenettel, finomhomokkővel váltakozhat. Sokszor tagolja finom és durva aleurolit.**

3.4. JELLEGZETES ÜLEDÉKSZERKEZETI JEGYEK

3.4.1. Sík párhuzamos rétegződés (Horizontal planar bedding)

Az olyan **belső rétegek és laminák**, amelyek lényegileg **párhozamosak a leülepedési felszínnel**, laminált rétegződést (laminated bedding) vagy sík rétegződést (planar stratificaton) alkotnak.
A **vonszolási szállítás alatt** a homok méretű üledékben kialakult párhuzamos laminákat sokféle mechanizmushoz kötik.

(1) **Partok mocsári és hátsó mocsári környezetében** olyan laminák alakulnak ki, amelyek fordított gradációt mutatnak és a finom nehézásvány részek a lamina alján koncentrálódnak (CLIFTON, 1969).
(2) **Állandó áramlások** három különböző feltétel mellett hozhatnak létre sík laminációt:
   (a) A **felső áramlási rezsim sík-réteg fázisa alatt** (plane-bed phase of upper-flow regime condition)
   (b) **Alsó áramlási rezsimben sekély áramlási feltételek mellett** a kis reliefű áramlási fodrok (ripples) migrációja által. Ezekben a legördülő síkok (avalanche faces) hiánya meggátolja a kereszt lamina képződést (McBRIDGE et al. 1975).

(c) Olyan kis sebesség mellett, amely nem haladja meg a hullámfodor képződés kritikus sebességét, legalábbis a 0.7 mm-nél nagyobb szemcsékre (GUY at al. 1971, HUNTER, 1977)

(3) Turbidit áramlásokban a felső áramlási rezsimű szállítás fázisai hoznak létre olyan sorozatokat, amelyek a turbiditek Bouma „B" alegységét alkotják.

(4) Felületi áramlások (sheet flow) sekély tengeri környezetben, vagy nagyon lassú üledékképződési arányhoz kapcsolódóan a hullámfodros formák migrációja szintén okozhat homokos üledékekben laminációt (NEWTON, 1968)

Ez a rétegződési típus igen gyakori a vizsgált sorozatban. Finom aleurolitokban a Stokes törvény szerinti – áramlásmentes – leülepedést fejezi ki. Durva aleurolitok és homokkövek esetében a 2.c., 3. és 4. pontokban megjelöltek kivételével a fenti eredetek bármelyike elképzelhető (***3.6.ábra***).

***3.6ábra*: Sík párhuzamos rétegződésű sorozatok**

Összefoglalva a durva aleurolitokban és homokkövekben megjelenő sík párhuzamos rétegződés (lamináció) vagy parti mocsarakat és hátsó mocsarakat, vagy sekély mélységű alsó áramlási rendszereket, vagy speciális helyzetű felső áramlási rendszereket jelöl ki.

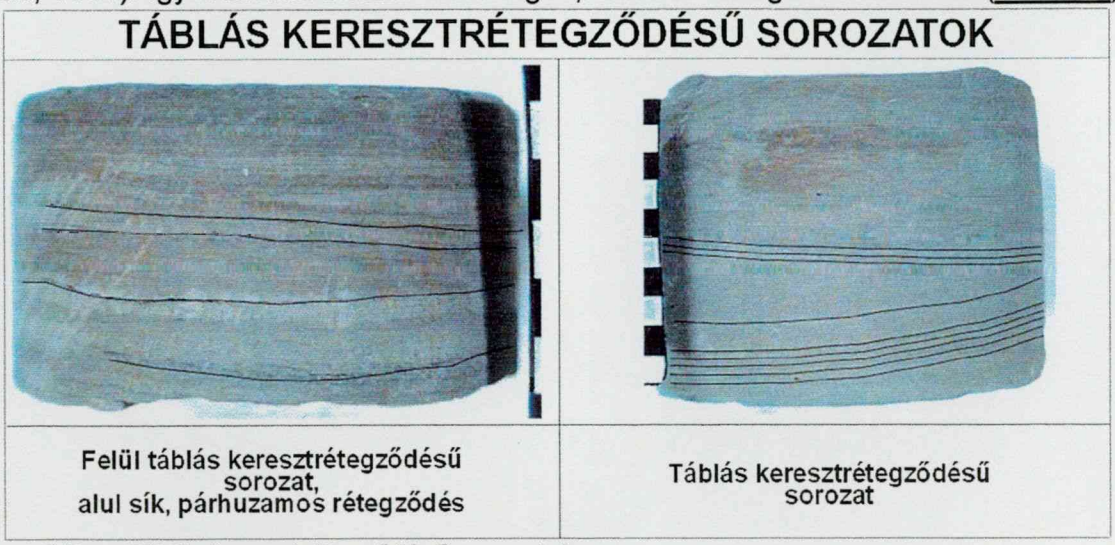
3.4.2. Táblás keresztrétegződés (Tabular cross-bedding)

Mint erről szó volt, olyan keresztrétegzett egységekből áll, amelyek laterális kiterjedése nagyobb vastagságuknál, és lényegileg sík határoló felületeik vannak. Képződése nagyobb vízmélységet kíván a vályús ferderétegződéshez szükségesnél (***3.7.ábra***).

3.4.3. Vályús ferderétegződés (Through cross-bedding)

Olyan változó energiaszintű áramlás(ok) alakítják ki, amelyek által az erős áramlási időszakban szállított mederhordalék helyi erózióval medervéseteket formálva hullám fodrokat (ripples) formál az aljzaton. Ezeken a gyengébb áramlások időszakában vékony, változó megőrződési potenciálú agyagleplek alakulnak ki. Ha a szuszpendált hordalék mennyisége nagy, vagy az áramlási fodor lejtője kicsi a meder mélységéhez képest, akkor a szuszpendált szemcsék „fel-párnázódnak" a lee-oldali lejtő aljában.

Ez a folyamat ugyanakkor túl gyors lesz ahhoz, hogy teret adjon a legördülő üledékek növekedésének. Ilyen helyzetekben a homlok-laminák alsó része kifele fog görbülni és csak aszimptotikusan fogja megközelíteni az aljzati laminákat (BLATT et al., 1980). Így a lamina inkább érintőleges, mintsem szöget bezáró lesz (***3.8.ábra***).



***3.7ábra*: Táblás keresztrétegződésű sorozatok**

***3.8ábra*: Vályús ferderétegződésű sorozatok**

3.4.4. Hullámfodros kereszt-lamináció (Ripple cross-lamination, 3.9.ábra)

A hullámfodros kereszt-lamináció (ripple cross-lamination) vagy **kúszó-hullámfodros lamináció** (climbing-ripple lamination) akkor keletkezik, amikor a felhalmozódás rendkívül gyors az áramlási vagy hullám fodrok migrációjakor (McKEE, 1965; JOPLING és WALKER, 1968). Kereszt-laminák sorozata jön létre a migráló hullám fodrok egymásra településével. A hullám fodrok egymásra kúsznak olyan módon, hogy a függőlegesen egymásra következő laminák gerince eltérő fázisú lesz, így mintegy előrehaladó felfelé irányuló lejtő benyomását kelti.
Bizonyos metszetekben a lamina vízszintes vagy vályús alakúnak tűnhet az orientáció helyzetétől és az áramlási fodor alakjától függően.

A kúszó-hullámos lamináció **két típusra** bontható:

- az egyikben mind a lee- mind a stoss-oldal megőrződött;
- a másikban csak a lee-oldal őrződött meg.

Képződésük nagy mennyiségű hordalékot kíván, különösen szuszpenziós hordalékból, amely gyorsan eltemeti és megőrzi az eredeti áramlási fodros rétegeket. A nagy mennyiségű hordalék utánpótlódásnak társulnia kell kellő mennyiségű vonszolva szállítással ahhoz, hogy a réteget fodrosítsa.
Ugyanakkor nem szabad olyan nagynak lennie, hogy a laminákat a stoss-oldalon teljesen erodálja.

HULLÁMFODROS KERESZTLAMINÁCIÓ	
Felül fláz eres rétegződésű sorozat, alul kúszó hullámos rétegződésű (?) sorozat a kettő között összeolvadási felszín	Áramlási hullámfodrok sorozata

3.9ábra: **Hullámfodros keresztlamináció**

3.4.5. Flázeres rétegződés (Flaser bedding, 3.10.ábra)

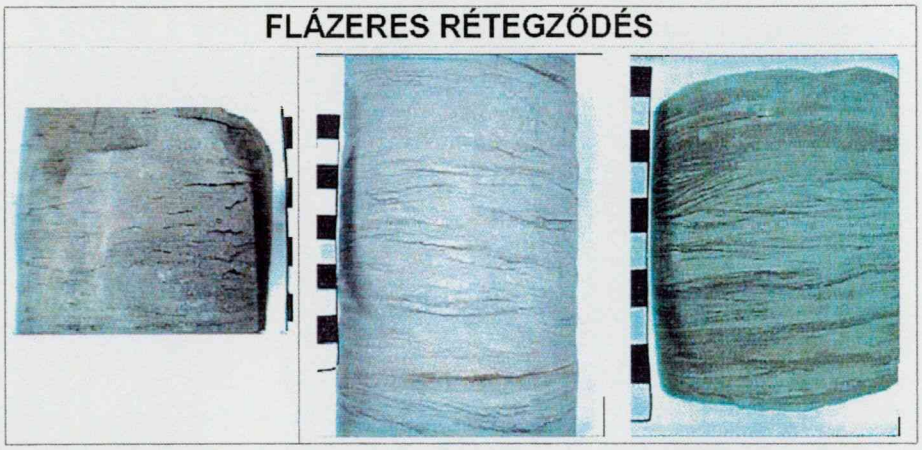
A **flázeres rétegződés** az áramlási fodros rétegződésnek (RIPPLE BEDDING) olyan esete, amelyben vékony agyag lepel jelenik meg a kereszt-lemezek sorozatai között. Az agyag jobbára a fodrok vályújában koncentrálódik, de részben a gerinceket is fedheti.
Fluktuáló hidraulikai feltételek melletti leülepedést mutat. Az áramlási aktivitás periódusai, amikor a vonszoló áramlás és a fodrozott homok leülepedése történik, váltakoznak áramlásmentes időszakokkal, amikor az agyag ülepedik le. Az ismételt áramlási aktivitás a korábban leülepedett gerincek erózióját okozza. Ez lehetővé teszi, hogy az újonnan képződött fodrozott homok betemesse és megőrizze a vályúkban levő agyaggal együtt a fodrozott réteget (REINECK és SINGH 1980).
REINECK és SINGH (1980) szerint a flázeres rétegződést olyan környezet okozza, amelyben a homok leülepedésének és megőrződésének feltételei sokkal kedvezőbbek, mint az agyagénak:

- árapály síkságok;
- szubtidális környezetek,

Itt a homokot ülepítő áramlások és az agyagot ülepítő csendes vízi időszakok váltakoznak.

- Delta-front környezetek,

ahol mind a hordalék utánpótlás, mind az áramlási sebesség váltakozik.



3.10.ábra: **Flázeres rétegződés**

3.4.6. Lencsés rétegződés (Lenticular bedding, 3.11.ábra)

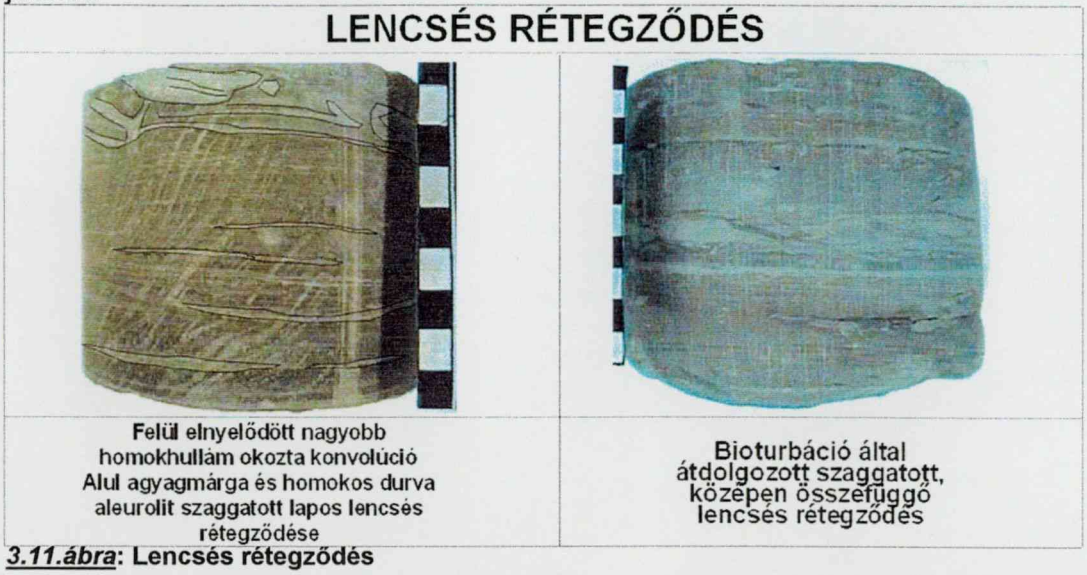
A **lencsés rétegződés**t a belső rétegzett agyag és kúszó hullámos rétegzésű homok alkotja, amelyben a fodrok vagy homok lencsék nem-folytonosak, hanem mind függőlegesen, mind vízszintesen izoláltak.
REINECK és SINGH (1980) szerint a lencsés rétegződés olyan környezetben fejlődik ki, amelyben az agyag leülepedésének és megőrződésének feltételei sokkal kedvezőbbek, mint a homokénak, azaz árapály síkságokon, illetve szubtidális környezetekben. Itt a homokot ülepítő áramlások és az agyagot ülepítő csendes vízi időszakok váltakoznak. Kedvező helyzetet teremtenek még a delta-front környezetek, ahol mind a hordalék utánpótlás, mind az áramlási sebesség váltakozik. Így jellegzetes ez a rétegződési típus a tavi környezetek kis delták frontjain és a sekély tengeri selfeken.

3.4.7. Szerkezet nélküli homokkövek (Massive, structurless sandstones, 3.12.ábra)

A tömött, szerkezet nélküli (massive, structureless) rétegződést olyan rétegek jellemzésére használják, amelyek vizuálisan homogénnek tűnnek, és nincs belső szerkezetük sem.
Kialakulásuk oka sokféle lehet (BOGGS, 1987):

- Lehet olyan másodlagos jellegzetesség, amelyet az élő szervezetek **bioturbációja** okozott, jóllehet a bioturbáció általában vizuálisan érzékelhető roncsolás.
- A röviddel a leülepedést követően az üledéket ért fizikai hatásra bekövetkező **folyósodás**t sokan szintén olyan folyamatnak tekintik, amely a belső szerkezeteket lerombolhatja.
- **Elsődleges jellegzetességként** olyan hordalékmozgás eredménye, amelyben **nem történik vonszolás** és **a szemcsék rendkívül gyorsan ülepednek le a szuszpenzióból vagy a gravitációs áramlás hordalék diszperziójából**. Ekkor az üledéket a szemcsék **felhalmozódása után már további átdolgozás nem éri** és így többé-kevésbé homogén tömeget alkotnak.

A vizsgált sorozatban elsődleges eredete jöhet számításba. A vonszolás nélküli szuszpenziós homokszállítás és gyors leülepedés, valamint a gravitációs sűrűségi áramlások a **delta sík mederáttörési helyein (crevasse splay)** alakulnak ki (KRUIT 1955, ARNDORFER, 1973). Ilyen esetekben a sűrűségi áramlatok által kialakított **eróziós alapú mederáttörési lob** vastagsága néhány centimétertől 1-2 méterig terjedhet.



***3.11.ábra*: Lencsés rétegződés**

***3.12.ábra*: Szerkezet nélküli homokkövek**

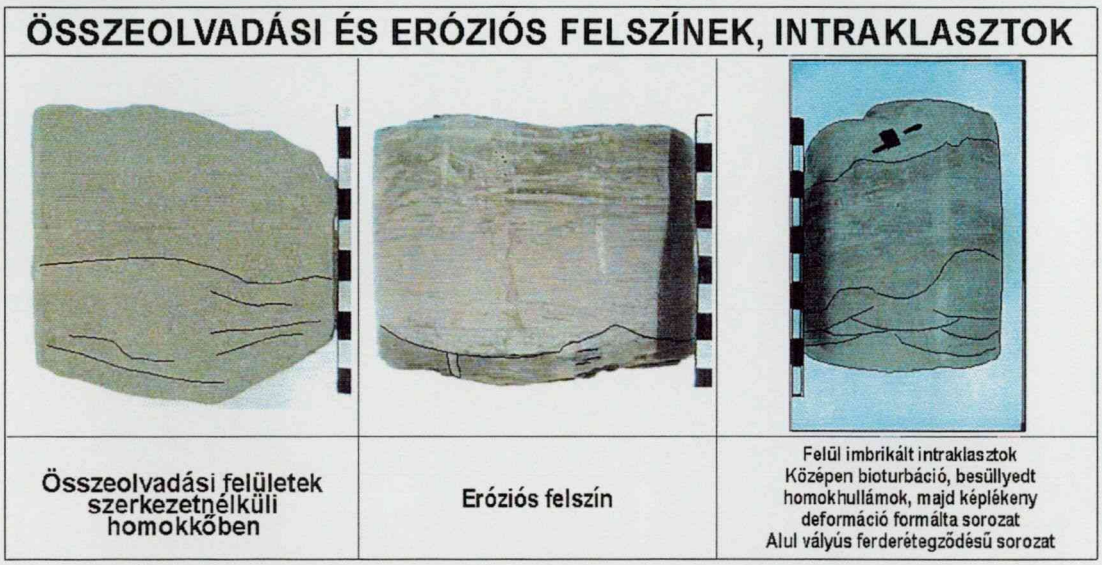
3.4.8. Összeolvadási és eróziós felszínek, intraklasztok

Amint arról már szó volt az egybeolvadási vagy összeolvadási felszínek (amalgamation surface) **a rétegen belüli** jellegzetes **diszkontinuitások.** A definíció lényegében **„rétegen belüli eróziós felszínt"** jelent, ami a szállítási energia olyan gyors felerősödését (vagy ezzel együtt az áramlás irányának megváltozását is) tükrözi, amely nem jár együtt a szállított hordalék méretváltozásával (***3.13.ábra***). Természetesen sok esetben eróziós rétegfelszíneket is lehet látni a sorozatban. A lokális erózióhoz tartozó jelenség még az **intraklasztok** jelenléte. Ezek anyaga

általában finom aleurolit, agyagmárga, és **a már kissé konszolidálódott felszín erózióját fejezik ki**. Mederáttörési lobok, torkolati zátonyok üledéksorában gyakori jelenség. Az intraklasztok **helyenként** egyirányba dőlő ún. **imbrikált elrendezésűek**.

3.4.9. Deformációs szerkezetek

Az üledékképződéssel egy- vagy közel egyidejű deformációk már nemcsak a réteglapokon mutatkoznak, hanem az egész réteget érintik.
Jellegzetesek közülük a **terhelési szerkezetek**, amelyek vélhetően részben az áramlási barázdákba rakódott homok túlsüllyedésével, részben az iszapfelszínen mozgó homokhullámok elnyelődésével alakultak ki (3.14.ábra).
A **konvolúciók** valószínűleg a homokhullámok völgyeikbe préselődésével alakultak ki. Sok esetben nem zárható ki az áramban haladó őrvények szívó és vonszoló hatása sem (3.14.ábra).



3.13.ábra: **Összeolvadási felületek, eróziós felszín, imbrikált intraklasztok**

3.14.ábra: **Terhelési szerkezetek, konvolúció, suvadás okozta tágulási szerkezet**

Sok alkalommal figyelhetők meg a **víz alatti suvadások** tágulási szerkezetei is, amelyek mind a torkolati zátonyok, mind a mederáttörési lobok környezetében jellegzetesek (3.14.ábra).

3.4.10. Bioglifák

Az életnyomok részben réteglapokon részben a rétegen belül jelentkeznek. Ezeknek sokféle típusáról számol be RÉVÉSZ (1982) munkája.

3.4.11. Az üledékszerkezeti jegyek környezeti tartalmának összefoglalása

Az áttekintett jellegzetes üledékszerkezeti jegyek az alábbi **felhalmozódási dinamikát** mutatják:

1. A vályús ferderétegződés váltakozóan **erős szállítási energiával bíró**, nagy szuszpenzió tartalmú áramlásokat, **eróziós, de durvatörmelék nélküli medreket mutat**. Képződése nagy mennyiségű hordalékot kíván, különösen szuszpenziós hordalékból, amely gyorsan eltemeti és megőrzi az eredeti áramlási fodros rétegeket. A nagy mennyiségű hordalék utánpótlódásnak társulnia kell kellő mennyiségű vonszolva szállítással ahhoz, hogy a réteget fodrosítsa.
2. A táblás ferderétegződés mennyisége elenyésző az előzőhöz képest. Ebből az következik, hogy meglehetősen **ritka a kőzetmag átmérőjénél (kb. 20 cm) nagyobb mederforma. Az áramlási medrek, tehát nem lehettek túl mélyek.**
3. A sík párhuzamos rétegződésű homokkövek jelenléte **időnként erős lineáris áramlást** mutat. Mivel ezek jelenléte igen ritka, ez a jellegzetesség nem meghatározó a sorozatban.
4. A flázeres rétegződés azt bizonyítja, hogy **bizonyos kisebb energiájú áramlási időszakokban a homok leülepedésének és megőrződésének feltételei sokkal kedvezőbbek, mint az agyagénak**. Ekkor a homokot ülepítő áramlások és az agyagot ülepítő csendes vízi időszakok váltakoznak.
5. A tömött szerkezet nélküli homokkövek delta környezetekben **a mederáttörési lobok** sorozatában gyakoriak. Az ibrikált intraklasztok a már konszolidált üledék erózióját mutatják, amelyek szintén a mederáttörési helyek és **torkolati zátonyok** jellemzői. A kis méretű víz alatti suvadások **lokális lejtős üledékes térszíneket** bizonyítanak, amelyek ismét megerősítik mind a mederáttörési lob, mind a torkolati zátony jelenlétét. Az összeolvadási felszínek alapján, a **rétegen belüli erózió helyenként komoly** lehetett.
6. Az áramlásmentes időszakokban a **vízborítás legfeljebb néhány méteres lehetett** a függőleges gyökérmaradványok tanúsága szerint (RÉVÉSZ, 1982).
7. Az üledékszerkezeti jegyek alapján rekonstruálható **mederformák** közül csak a döntően a **hullám fodrok** és **legfeljebb a dűne alakulatok** (táblás ferde-rétegződés) jöhetnek számításba. Ezek vagy nagyon mély (akár több tíz-száz méter) vagy sekély (néhány méter) vízborítást igényelnek. Az előbbi a bioglifák és fauna alapján teljességgel kizárható.

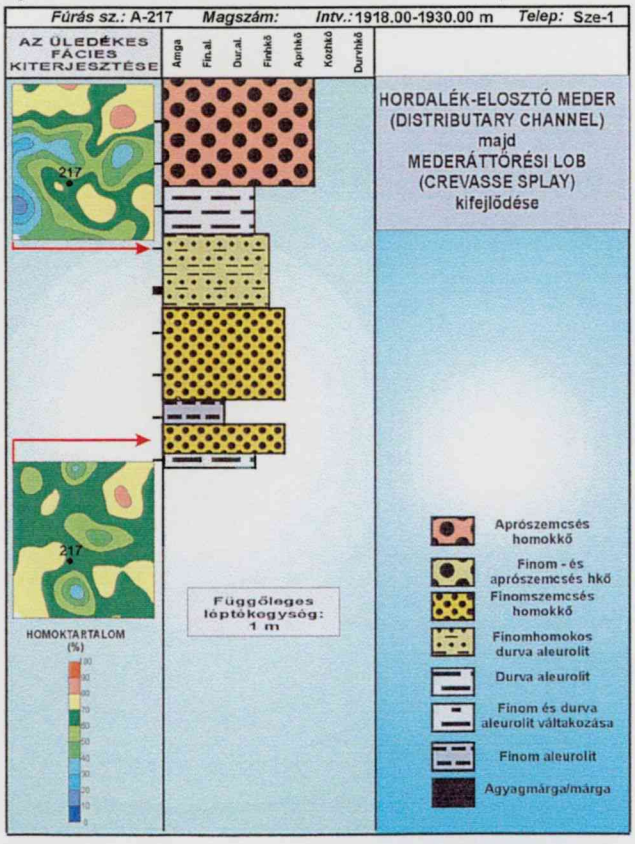
Végül is **az üledékszerkezeti jegyek a deltasík hordalék-elosztó közti öbleinek** (interdistributary bays) **üledékképződését mutatják az összes vizsgált kőzettestben (Algyő-1-,2, Szeged-1-,2-,3, Szőreg-1)**, ahol a mederáttörési lobok szubdeltává fejlődve végzik a csendes és sekély vízfelületek feltöltését. A medrek szerepe alárendeltebb.

3.5. A VIZSGÁLT SOROZAT JELLEGZETES ÜLEDÉKFÁCIESEI

Az üledék fáciesek vizsgálata során nagy magnyereségű magfúrások vertikális sorozatainak elemzése történik azzal a céllal, hogy a kőzetoszlopon belül a genetikailag összetartozó elemeket megjelöljük, és azonosítsuk (vagy legalábbis genetikai alternatívákat adjunk rájuk). Az üledék fáciesre tett állítás alapja az üledékszerkezeti jegyek és a kőzettípusok genetikai elemzése (v.ö.3.4.pont). Az azonosítás analógiai alapját COLEMAN, CAGLIANO és WEB (1964), COLEMAN és CAGLIANO (1964), SHEPARD (1964), ELIOT (1974), WRIGHT és COLEMAN (1975), részletes valamint REINECK és SINGH (1973) áttekintő munkája jelentette.
Az alábbi elemzésekben a módszertani fejezet elvei szerint, az azonosított genetikai egységeknek a fúráspont körüli térbeli kiterjeszthetőségét a metszetsíkokon térképezett, homoktartalmakkal vizsgáljuk. Mint már arról szó volt a homoktartalom a mikrolog, SP és TG szelvények alapján felállítható elektrolitológiák kvantitatív megfelelői (***2.1.táblázat***).
Lényegében ez az a pont, ahol a makro- és mega-szedimentológia genetikai illesztése történik (v.ö. 26.oldal 2.pont). Itt valójában az üledék fácies geometriai kiterjesztése folyik, amely végül a felhalmozódási környezet fogalmához fog elvezetni (***2.2.ábra***).

3.5.1. MEDER → MEDERÁTTÖRÉSI LOB átmenet

Ilyen átmenetet lehetett azonosítani pl. a 217. Jelű fúrásban (***3.15.ábra***).



3.15.ábra: **Meder – Mederáttörési lob átmenet.**

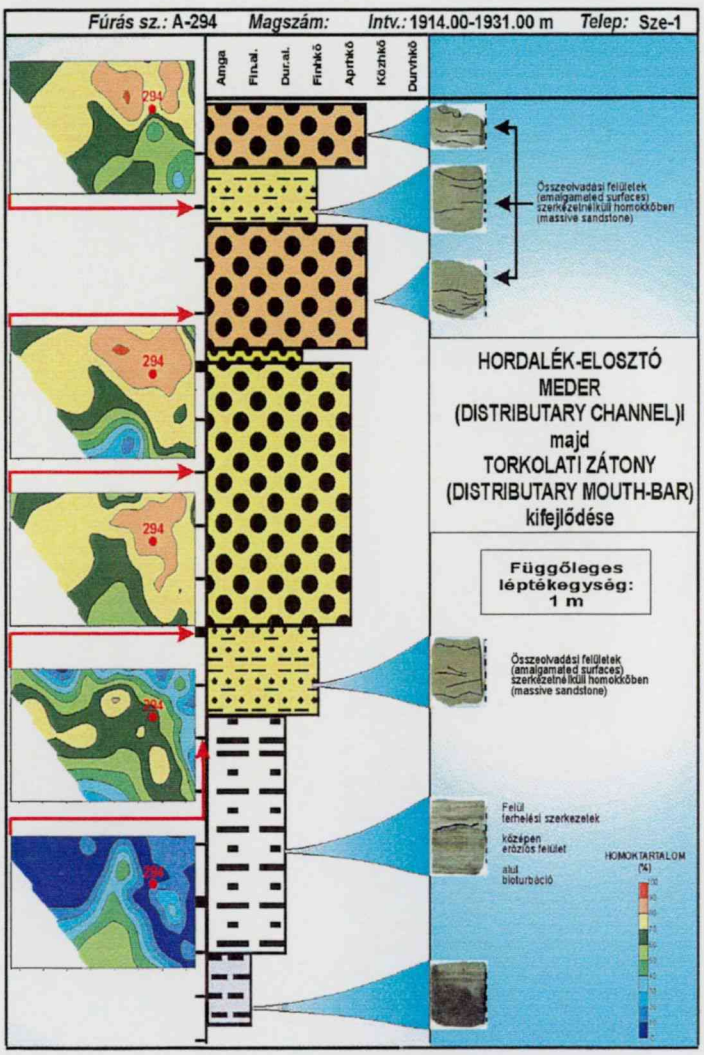
A ***3.15.ábrán*** egyértelműen látszik, hogy a legalsó homokréteg (genetikáját tekintve meder[4] üledék) egy a fúrásponttól K-re elhelyezkedő D—É csapású **mederág** közvetlen előterében helyezkedik el (***3.15.ábra legalsó térképlap***[5]).
Az ábra legfelső térképlapja a felső **mederáttörési lob** jellegzetes legyező alakú geometriáját örökítette meg (***3.15.ábra legfelső térképlap***).
A **mederáttörés miatt bekövetkezett áthelyeződés** figyelhető meg.

[4] Az egyes felhalmozódási környezetek illetve üledék fáciesek magyar megnevezése mellett az ábrák minden esetben tartalmazzák az eredeti angol nevet is. Ezt a megoldást ismét az egyértelműség igénye sugallta.
[5] Itt és a továbbiakban a térképlap a kőzetmagnak azon szeletéhez tartozik, ahova a nyíl mutat.

A mederüledéknek mind a vastagsága, mind laterális geometriája **rövid szakaszú lineáris vízfolyást** bizonyít. A meder változó (homokkő és durva aleurolit) kőzettartalma **erősen fluktuáló hordalékszállítás**ról számol be.

3.5.2. MEDER → TORKOLATI ZÁTONY átmenet

A vizsgált sorozat kőzettesteiben a **meder üledékképződést** a mederáttörési lob kőzetsorán kívül, jellemzően **meder-torkolati zátony sorozat is felválthatja** (***3.16.ábra***). Ilyen fejlődésmenet tapasztalható minden olyan alkalommal, amikor a fogadó víztest először találkozik a belétorkolló lineáris hordalékszállító mederrel.



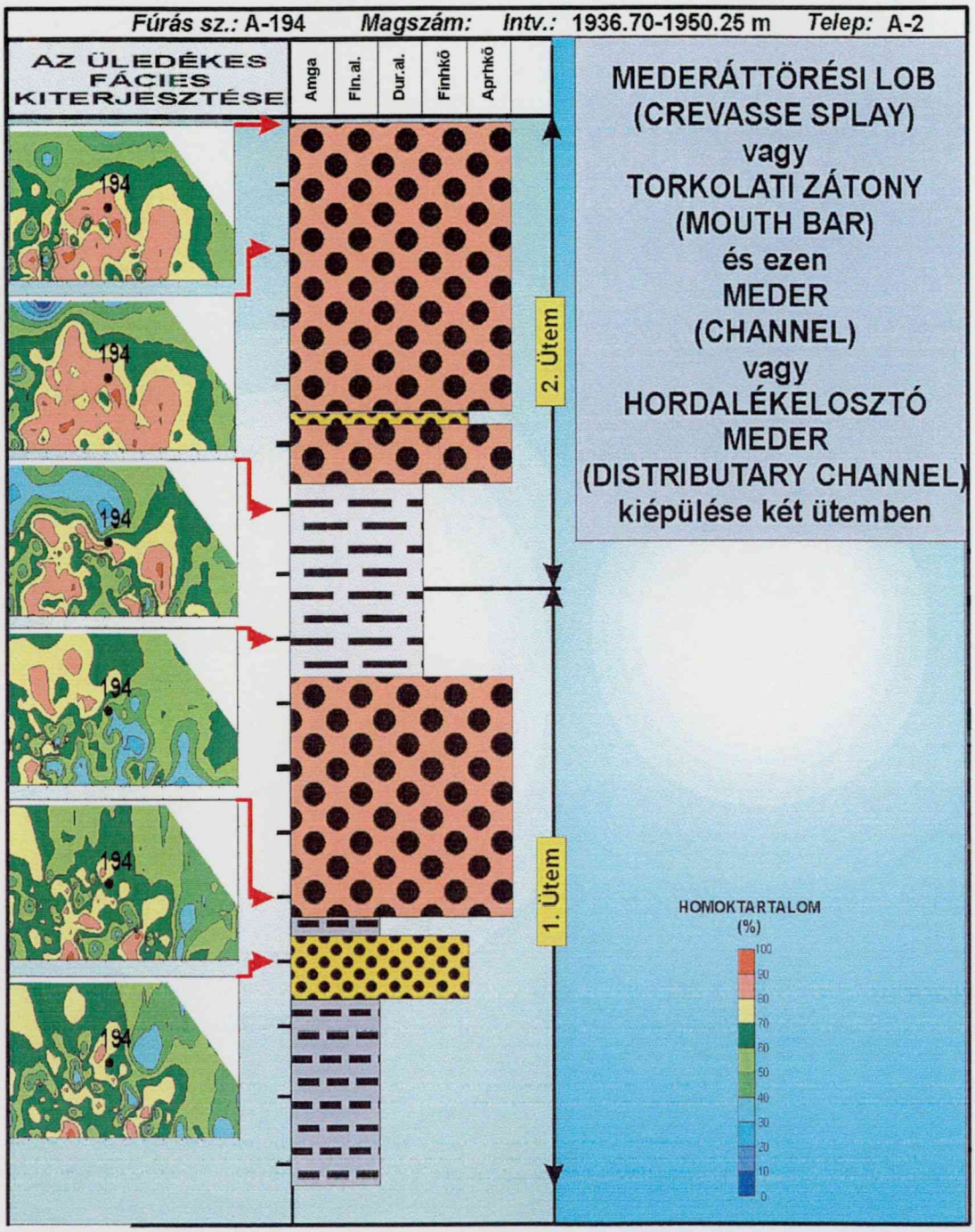
3.16.ábra: **Meder – Torkolati zátony átmenet.**

Ekkor az adott ponton a fokozatosan **progradáló meder** durvuló hordaléka eleinte durva aleuritként (***3.16.ábra legalsó térképlap***), majd feldurvulva finomhomokkőként jelentkezik (***3.16.ábra*** alulról a ***2.térkép***). Mindkét hivatkozott térképen jól látható a progradáló meder **faágszerű** jellegzetes **geometriája**.

Ezt követően a meder előterében **torkolati zátony** épül ki a vízfolyás és a fogadó víztest kölcsönhatásának eredményeként, miközben a feltöltés előbbre „lép" (***3.16.ábra alulról 3. és 4. térkép***). A ***3.16. ábra 3.térképén*** jól látható a zátony üledék fácies jellegzetes **vese-alakú geometriája**, illetve a zátony **gerincvonalának magas homoktartalmú kontúrja**.

A fejlődés következő ütemében a **zátonyba bevágja magát a hordalékszállító meder**, miközben az üledékképződési súlypont tovább helyeződik a fogadó víztest belseje felé.

3.5.3. MEDERÁTTÖRÉSI LOB/TORKOLATI ZÁTONY → MEDER átmenet



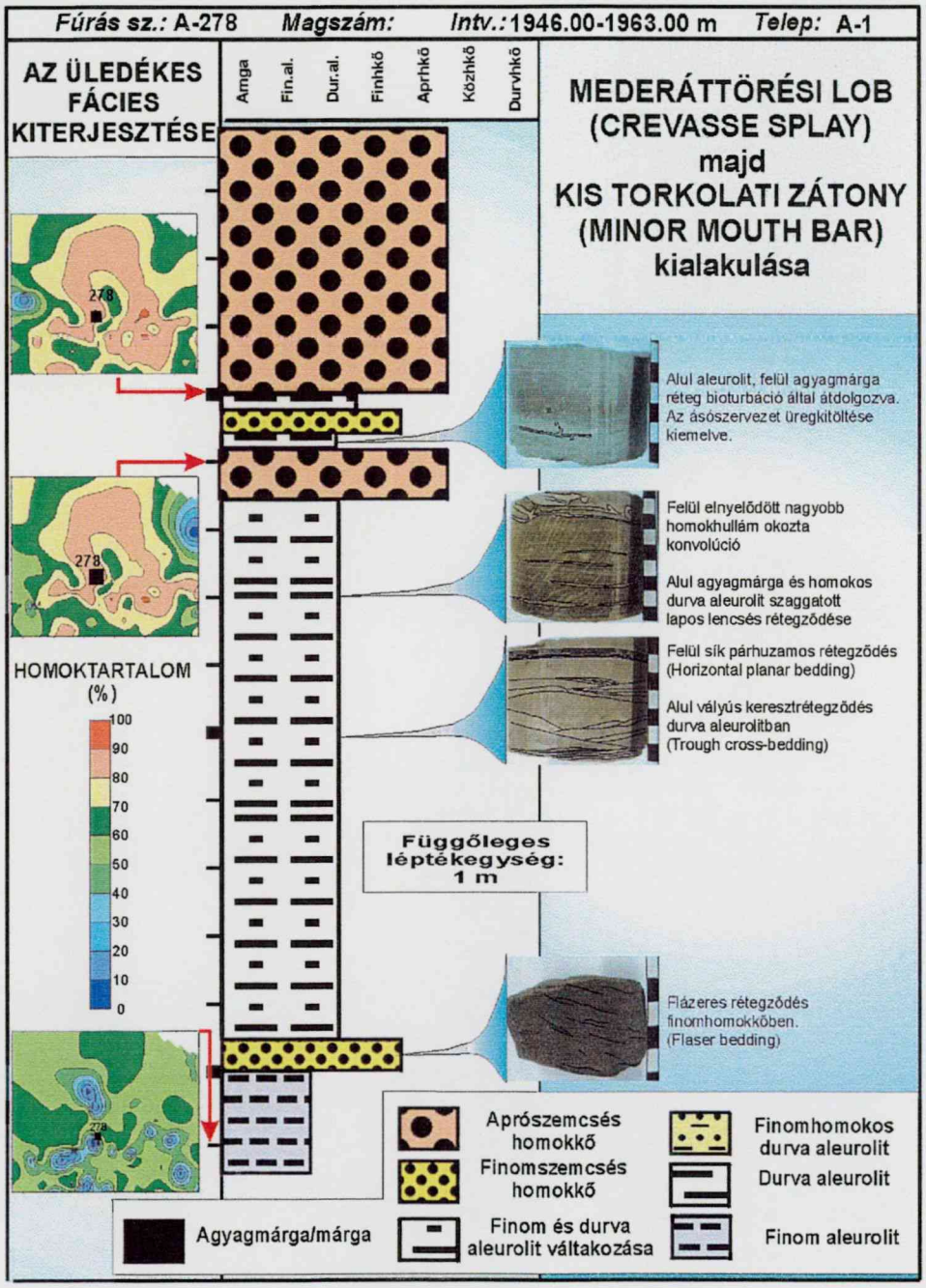
***3.17.ábra*: Torkolati zátony – Meder átmenet ismétlődése két fázisban.**

A meder előtt a fogadó víztestben kialakuló **torkolati zátony továbbfejlődése történhet periodikusan is**. Ebben az esetben a zátonyból a mederág időszakos kitörését mederáttörési lobok fejezik ki. Ezekre a lobokra (esetleg víz alatti természetes partgátakra) a torkolati zátony viszonylag gyorsan rátelepül és rajta

meder jelenhet meg. Maga a folyamat **a fluktuáló hordalék utánpótlás** miatt többszörösen ismétlődhet egy adott helyen (***3.17.ábra***).

3.5.4. MEDERÁTTÖRÉSI LOB → TORKOLATI ZÁTONY átmenet

A ***3.18.ábra*** azt a vertikális sorozatot örökíti meg, amely a **mederáttörési lobra progradáló torkolati zátony** eseményét mutatja be. Ilyen helyzet akkor történhet, amikor a feltöltés kezdetben lassú ütemű és fluktuáló, majd hirtelen felgyorsul. A ***3.18.ábra*** arról is beszámol, hogy a **mederáttörési lob és a torkolati zátony megjelenése között, viszonylag hosszabb csendes vízi időszak is eltelhet**.

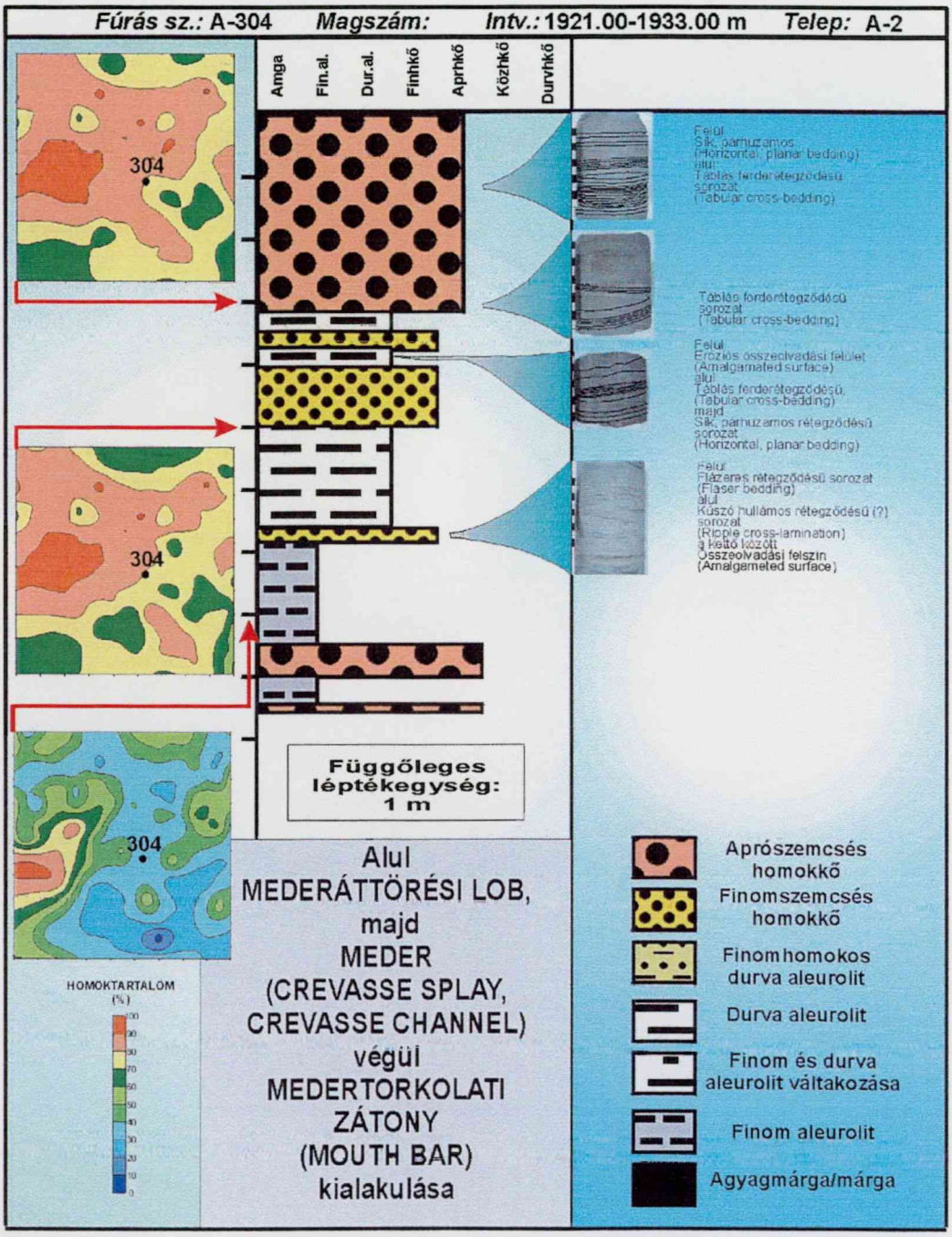


***3.18.ábra*: Mederáttörési lob folytatása torkolati zátonnyal**

Ilyen esetekben a **torkolati zátony kis méretű** („minor mouth bar" ELLIOT, 1974)

3.5.5. MEDERÁTTÖRÉSI LOB → MEDER → TORKOLATI ZÁTONY átmenet

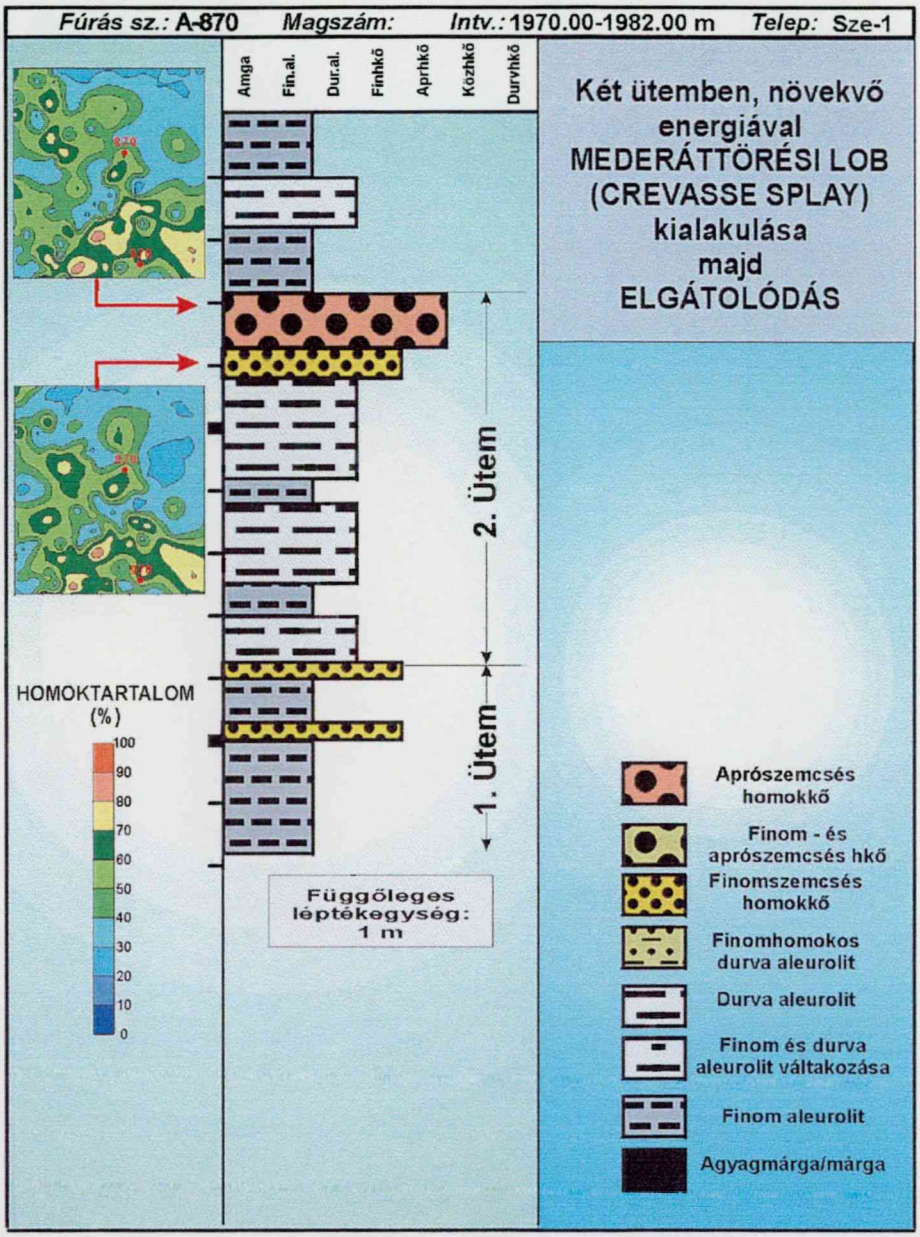
A **mederáttörési lob** egyik legszebb példáját a 304.sz. fúrás vizsgált magja mutatja be (***3.19.ábra*** ***legalsó térképlap*** és a megfelelő kőzettani kifejlődés).



***3.19.ábra*: Mederáttörési lob—meder—torkolati zátony üledékes fácies sorozat**

A ***3.19.ábra*** legfelső térképlapja és a megfelelő üledékes kifejlődés torkolati zátonytestet valószínűsít. A térképlapon jól látható a fúrásponttól délre elhelyezkedő ÉNy-DK-i csapású, zátonyból „kitörő" **rövid mederalakulat**.

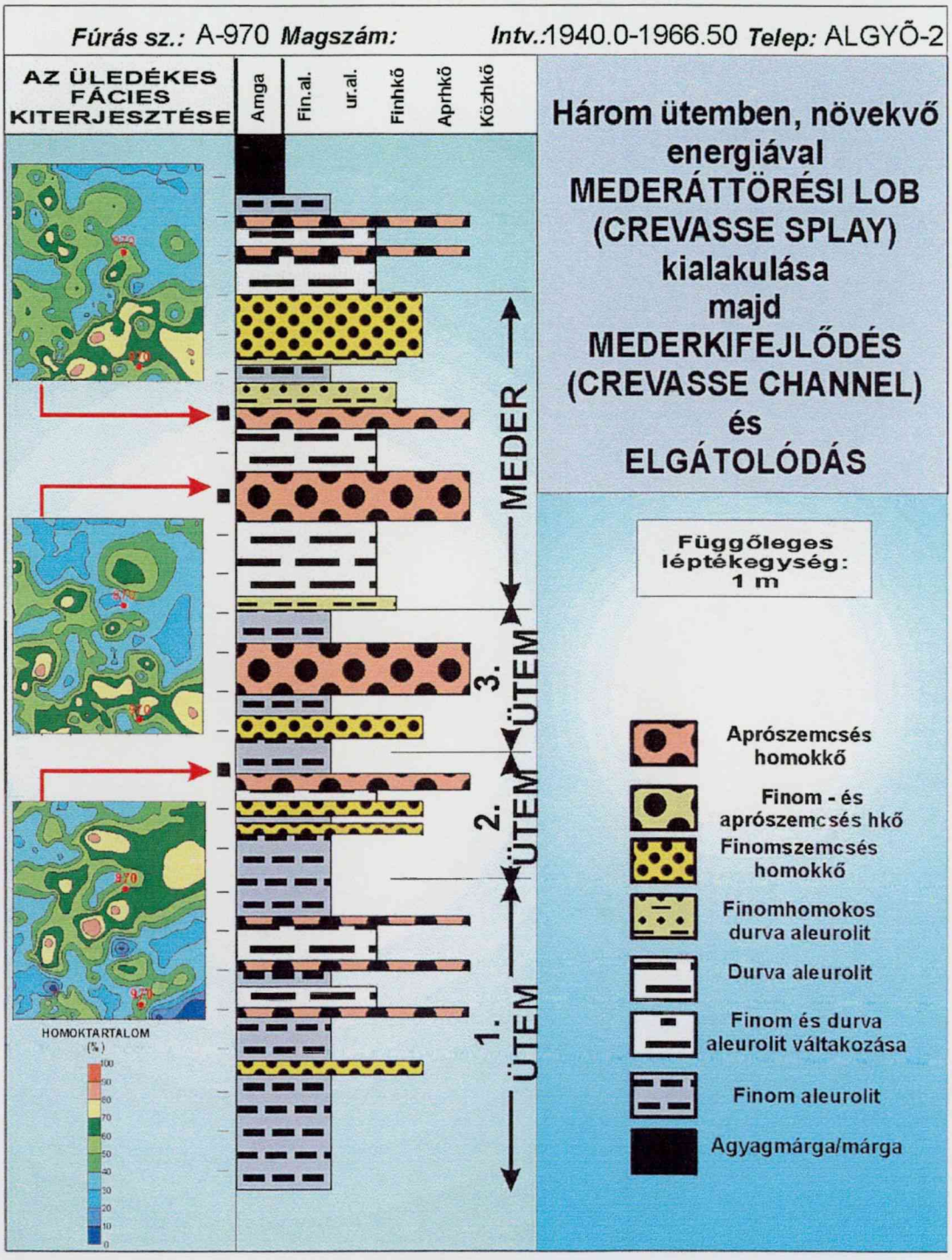
3.5.6. MEDERÁTTÖRÉSI LOB visszatérő megjelenése



3.20.ábra: **Két ütemben megjelenő mederáttörési lob**

A 870.sz fúrás magja **két ütemben megjelenő mederáttörési lob**ot mutat (***3.20.ábra***). A rétegsoron jól látható, hogy a mederáttörési lob üledéksora **először kisebb, a második alkalommal nagyobb energiával** jelent meg. Mindez ismételten megerősíti, hogy a hordalékszállító medrek szállítási energiaszintje meglehetősen változó volt. Ennek oka a ***3.20.ábra*** rétegsorában egészen biztosan nem évszakos változás volt, hiszen a bemutatott sorozatban kódolt geológiai időkeret több ezer év

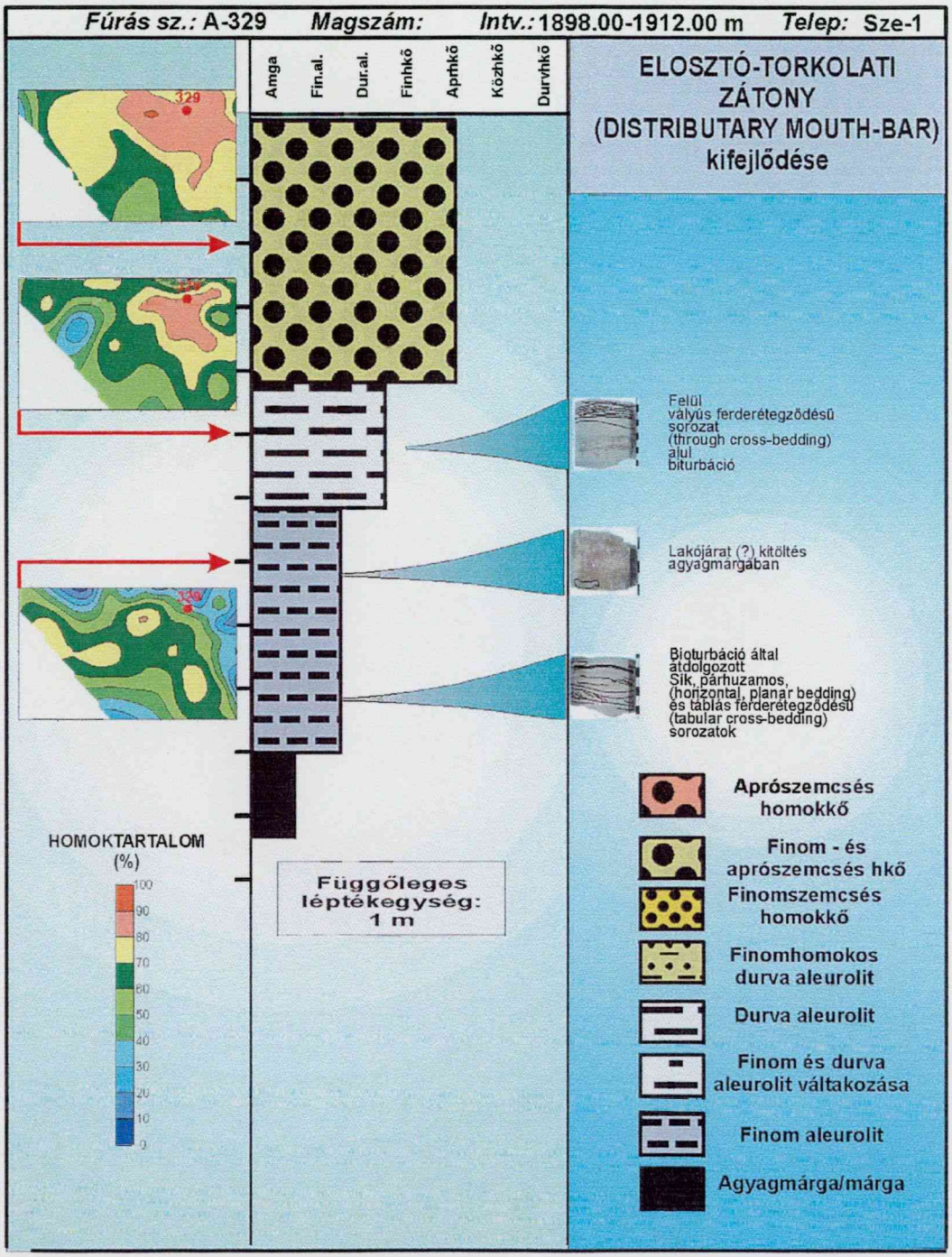
(vagy több). Más lehetőség nem lévén: **a fluktuáció egyedüli okaként csak a mederáttörés „anya-medrének" változóan aktív és passzív hordalékszállító jellege** marad. Ez egyben azt is bizonyítja, hogy a vizsgált kőzettestrész (a 870.sz fúrás környezete) nem az Algyő-delta fő-ága volt, hanem valamely mellékág tágabb környezetében levő ún. **elosztóközi öböl** (interdistributary bay).



***3.21.ábra*: Három ütemben megjelenő mederáttörési lob, majd meder kialakulása**

A 970.sz. fúrás ***3.21.ábrán*** bemutatott vizsgált kőzetmagja ismét szép példáját adja mind a **mederáttörési lob** ismétlődő megjelenésének, mind **a meder progradáció**nak.

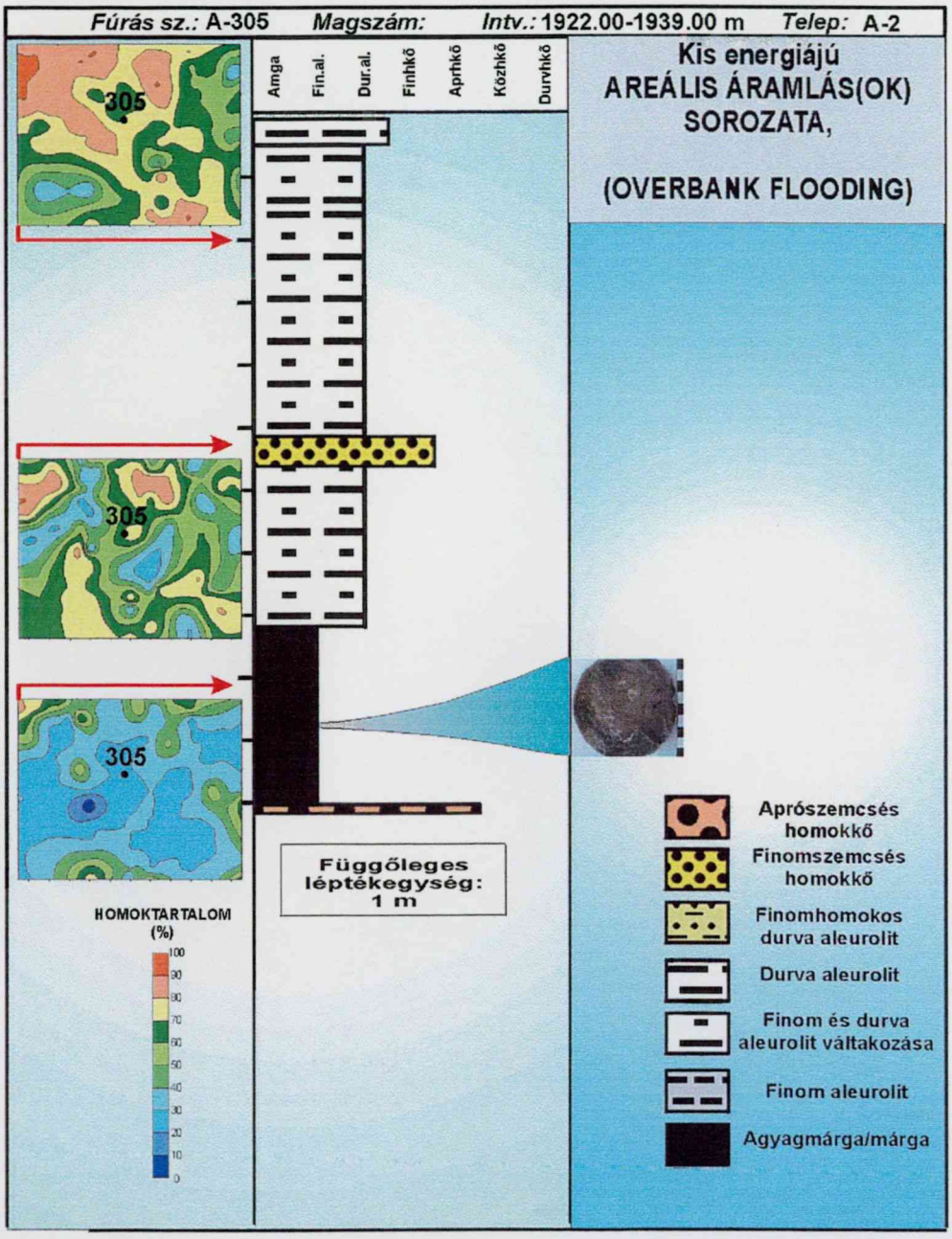
3.5.7. TORKOLATI ZÁTONY üledék fáciese



3.22.ábra: **Torkolati zátony üledékfácies**

Torkolati zátony üledékfácies rétegsorát mutatja a ***3.22.ábrán*** a 329.sz. fúrás vizsgált rétegsora. A **progradációs sorozat** mellett a **geometria** is kifejezi, hogy a **zátonyelőtéri helyzetet hogyan váltja fel a zátony-gerinc kitettség**. Ez utóbbi sorozatot jól osztályozott homokkő jellemez, melynek kiterjedése a ***3.22.ábra*** legfelső térképlapján látszik.

3.5.8. ELOSZTÓKÖZI ÖBÖLKITÖLTÉS üledékfáciese



***3.23.ábra*: Elosztóközi öbölkitöltés**

A ***3.23.ábra*** a **medrek természetes partgátai** (natural levee) felett **areálisan átfolyó hordalékos víz által lerakott jellegzetes rétegsor**t mutat be. A deltasík e részei általában zárt, sekélyvízi környezetek, amelyeket akár stagnáló fejlődésmenet is

jellemezhet. A csendes vízi időszakokat gyakran zavarják meg áramlási periódusok, amelyek során a természetes partgátakon áttörő víz kilép a hordalékelosztókból (*3.23.ábrán* a rétegsor közepén megjelenő vékony homokkő egység). Ez a folyamat az **elsődleges hordalékszállító**, amely partgátakat, mederáttörési lobokat (*3.23.ábra* homokegysége), mederáttörési csatornákat alakít ki (ELLIOT, 1974).

3.5.9. A MAGINFORMÁCIÓK MODÁLIS RÉTEGSORA

Az eljárás sorozat magleírási része igen lényeges, hiszen ez adja azt a szedimentológiai alapot, amelyen a feldolgozás későbbi részei nyugszanak. Ebben a lépésben a Szeged-1 telepet harántoló mintegy **huszonkét magfúrás 200 m-nyi kőzetanyagát** vizsgáltuk át.

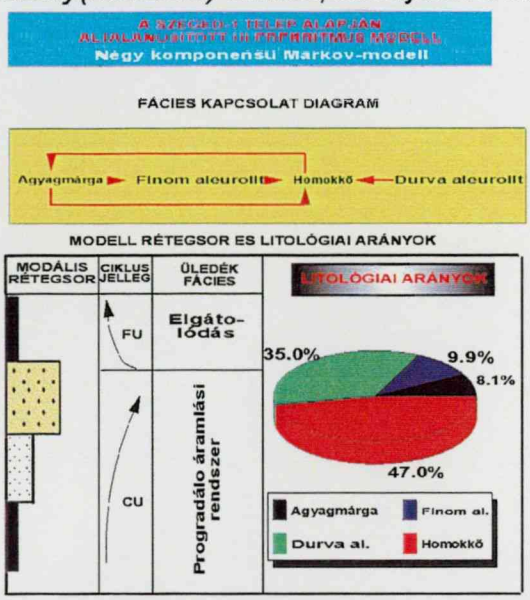
- **A kapott eredményeket a telepek (kőzettestek) üledékfácies hasonlósága alapján modell értékűnek fogadjuk el az Algyő-1, Algyő-2, Szeged-2, Szőreg-1 telepre egyaránt.**
- A magok leírása 20 cm-es felbontásban történt, amely kiterjedt a kőzettípusra, a szöveti és szerkezeti sajátosságokra stb. A jellegzetességek és értelmezéseik adatbázisba kerültek.
- Az információk szintetizálása során úgy tűnt, hogy a Szeged-1 telep kőzettestét, jóllehet nem összefüggően, **a mögöttes delta vízszintes mozgása(i) következtében három - telepen belüli - szinten jelentkező torkolati zátony(sor) határozta meg.** Az is nyilvánvalóvá vált, hogy a zátonyfejlődés bizonyos helyeken a **mocsári környezetek** kialakulásával végződik.

Egy **értelmes litológiai modell-sorozat létrehozásához a rétegek egymás feletti megjelenésében a determinisztikus és véletlen eseményeket (réteg megjelenéseket) el kell választani egymástól** (POTTER ÉS BLAKELY 1968, GEIGER és WEROWSZKY 1992). Az egymás felett determinisztikus folyamat(ok) következtében megjelenő rétegek az **időbeni általános ülepedési történet**re világítanak rá. Ezt a modell sorozatot - amely tehát a teljes terület feltöltődési modelljének megfelelő **modell kőzetoszlop** - a függőleges litológiai átmenetek Markov analízisével lehet meghatározni (KRUMBEIN és DACEY 1969, GEIGER és WEROWSZKY 1992). A függőleges kőzetoszlopok litológiai kódolásának egységskálája 20 cm volt. Az elemzésben az ilyen egyenközű skála mentén megjelenő minden egyes litológiai átmenet (még az ugyanazon kőzettípusba való átmenet is) egy-egy lépést jelent. Emiatt az átmenet-gyakorisági mátrix főátlójának elemei a megfelelő litológia vastagságával arányosak (SCHWARZACHER 1975). Az eljárás strukturálási szakaszában a lépések száma fokozatosan változtatható (lényegében az egységskála - 20 cm - nagyságát növeljük vagy csökkentjük) annak érdekében, hogy részben szedimentológiailag értelmezhető, részben az egylépéses Markov folyamat khi-négyzet próbáját (BILLINGSLEY 1961) kielégítő átmenet-gyakorisági mátrixot kapjunk. Ilyen szempontok alapján végül is **két értelmezhető, statisztikailag is szignifikáns modell** alakult ki: egy négy- és egy ötlitológiájú Markov modell. Mindkét esetben megtörtént annak a stabil átmenetvalószínűségi vektornak meghatározása, amely megadja, hogy a modell alapján a kőzettestnek milyen százalékos összetétele várható a modell litológiai típusainak fogalmában (POTTER és BLAKELY 1968). Az eredményeket a *3.24. és 3.25.ábra* mutatja.

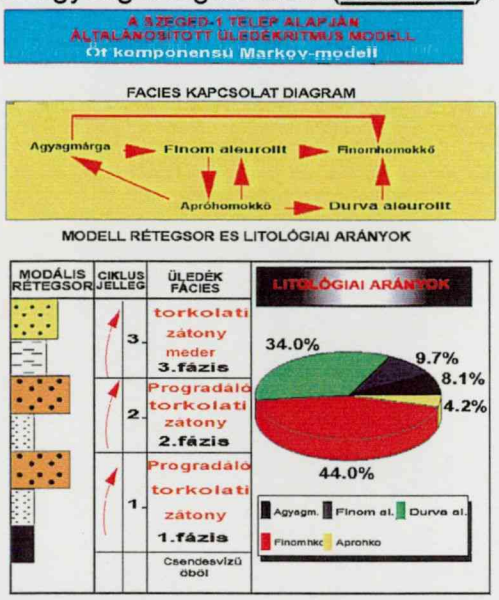
A **négy-litológiájú modellben** a tárolót jellemzően felépítő kőzettípusok az agyagmárga, finom és durva aleurolit, valamint homokkő voltak. Az eredményként

kapott, a teljes kőzettest kialakulásának lényegét mutató modell rétegsor egy torkolati zátony sorozat (***3.24.ábra***). Azaz a **fejlődésmenet váza:** *elosztó torkolati zátonyok kialakulása, majd delta lob elvonszolódás*. A relatív litológiai arányok alapján várható, hogy a telep teljes térfogatában e négy komponens közül a homokkő 47%-ban, a durva aleurolit 34%-ban, a finom aleurolit 10%-ban, míg az agyagmárga durván 9%-ban vesz részt (***3.24.ábra***).

Az **öt litológiájú modell** (agyagmárga, finom aleurolit, durva aleurolit, finomhomokkő, középszemű-és durvább homokkő) már részletesebb megközelítést mutat be. Ebben a modellben már *három egymásra települő torkolati zátony(rendszer)* látható, amelyben a középső egység a legdurvább (***3.25.ábra***).

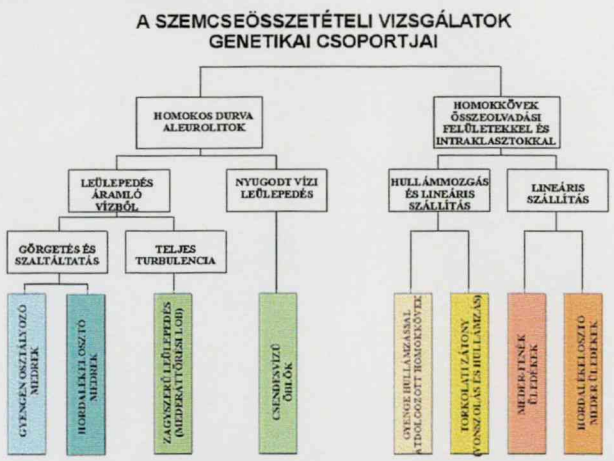


***3.24.ábra*: Négykomponensű Markov modell (Geiger és Komlósi 1995b)**



***3.25.ábra*: Ötkomponensű Markov modell (Geiger és Komlósi 1995b)**

3.5.10. A SZEMCSEÖSSZETÉTELI ELEMZÉSEK TÖBBVÁLTOZÓS FELDOLGOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI



***3.26.ábra*: A szemcseösszetételi vizsgálatok genetikai csoportjai (GEIGER és KOMLÓSI 1992)**

A fenti litológiai modellekben összegzett **szállító-ülepítő rendszer laterális változékonysága** a szemcse-eloszlás adatok genetikai osztályozásával vehető

figyelembe - legalábbis a diagenezis litifikációs állapotában (PARK 1974; GEIGER 1986, GEIGER ÉS WEROWSKY 1992). Egy **r-hierarchikus, Q-tipusú cluster analízist**, amely a mintákat a szemcseméret frakciók súlyszázalékainak együttes figyelembevételével osztályozta, **400 db minta vizsgálatára** használtuk. Az alkalmazott hasonlósági mutató a mintákat képviselő helyvektorok közötti szög koszinusza, míg a redukciós eljárás a centroid módszer volt (GOWER 1967).
Az osztályok és alosztályok tartalmi meghatározása részben az egyes osztályokhoz tartozó minták paramétereinek **R-típusú faktor analízisével** (JORESKOG et al. 1976, GEIGER 1986), részben a minták **üledékszerkezeti jegyeinek elemzésével** történt. Eredményként a mintákat két főcsoportba lehetett sorolni (***3.26.ábra***):

- **Homokos durva aleurolitok**, amelyek a kőzettestben egymás felett megjelenve felfelé durvuló tendenciát mutatnak és homok:aleurit arányuk 1. A csoporton belül *aktív medrek, öblök és a mederáttörési helyek finomabb üledékei mellett az elosztómedrek anyagát is fel lehetett ismerni.*
- A másik főcsoport **finomhomokos apróhomokkövekből** állt, amelyekben gyakoriak az *intraklasztok* (agyagmárga, aleurolit), és az **eróziós felszínek**. Ez a csoport az elemzési eredmények alapján *az aktív hordalékszállító ágak üledékének* tekinthető. A csoportot *a mederaljzatok és elosztó-torkolati zátonyok durva szemcsés üledékei* jellemzik.

Ezek a 'fáciesek' többé-kevésbé különálló kőzettípusokat is adnak, de természetesen hasonlóságok is előfordulnak. Mindamellett ez a lépés egyértelműen **igazolta az üledékszerkezeti jegyek és rétegsorok üledékes fácieseinek és a Markov modellek tartalmának helyességét**.

3.5.11. AZ ÜLEDÉKFÁCIESEK ÖSSZEFOGLALÁSA, KÖVETKEZTETÉSEK

TÉNY A RÉTEGSOROKBAN	RECENS ANALÓGIA, FOLYAMAT
3.15.—3.23.ábrákon bemutatott üledékes fáciesek legmarkánsabbika a **mederttörési lob**	Olyan sorozat, amelyet a hordalékos víznek **az elosztóközi területekre való váratlan betörése** okoz. A meder partgátjának alsó része felett és az elosztóközi öböl alzatán ülepíti le hordalékát. **Széles leplet** halmoz fel két módon: • **Vagy számos egyenes vonalú meder** , amelyeket egymástól finom hordalékú területek választanak el; • **Vagy** áramlása **sűrűségi áramlásba megy át**. Ekkor **eróziós alapú hordaléklob** fejlődik ki. Vastagsága 1-2 cm-től 1-2 méterig terjedhet.
Az **áttörési meder—kis torkolati zátony** páros sorozat szintén meghatározó kifejlődés a magok alapján	Az áttörési medrek **félig állandó hordalékszállító képességgel** rendelkeznek, sok bennük a reaktivációs felszín (összeolvadási felületek). Az üledék fácies párok közeli elhelyezkedése **laterálisan folytonos frontot, szub-delta lobot** alakít ki.

A recens analógia alapján az egyes vizsgált kőzettestekre vonatkozó genetikai hipotézis:

A megfigyelések azt mutatják, hogy ezen lobok élettartama néhány száz—néhány ezer év, és progradációjuk hasonló a nagy deltákéhoz (CAGLIANO et al 1971). Ez a fejlődésmenet három nagy szakaszba foglalható:

- A kezdeti szakaszban a **mederáttörések kiszélesednek és állandóvá válnak. Sok áttörési meder—kis torkolati zátony pár progradál** gyorsan az öbölbe.
- A fő szakaszban **a progradáló párok feltöltik** az öblöt.
- A **felhagyási szakasz** akkor alakul ki, **ha a feltöltődés befejeződött, vagy az áttörési pont(ok) elhal(nak)**. Ekkor a **szubdelta felhagyódik**.

Az összefoglalt, Algyő-deltában **látott üledék fáciesek tehát alkalmasak** voltak egy **recens modell**, nevezetesen **a *folyóvíz uralta delta deltasíkján kialakuló nagy elosztóközi öböl feltöltődését* jelző folyamatok adoptációjára**. Az analógia alkalmazásakor megjelölt feltöltődési folyamatsor azonban már 3-D fejlődésmenet. Ennek egyenes folyománya, hogy **az üledék fáciesek alapján hipotézisként kialakított modellt** (folyóvíz uralta delta deltasíkján kialakuló nagy elosztóközi öböl feltöltődését) **akkor lehet bizonyítani, ha a vizsgált kőzettestek metszetsíkjaira alapozott fejlődéstörténet a recens analógia szerinti folyamatokat tükrözi**.
Ez utóbbi vizsgálatát végzik a következő fejezetek.

3.6. KŐZETTEST GEOMETRIA ÉS ENNEK GENETIKAI ÉRTELMEZÉSE A METSZETSÍKOK HOMOKTARTALOM TÉRKÉPEI ALAPJÁN

3.6.1. A FELDOLGOZÁS SORÁN HASZNÁLT VIZSGÁLATI ELVEK ÁTTEKINTÉSE

- A munka során alapvetően a korábbi fejezetben leírt kutatás módszertani elveket használtuk a magminta—vertikális üledékes genetika—térképezhető genetika kapcsolatának vizsgálatában
- A homokkő elektrolitológiai típusok adatsorát a RÉVÉSZ I. mikrolog szelvény alapú meglevő beosztásának az SP és TG szelvényekkel való reambulációjával határozta meg MOLNÁR KATALIN és KOMLÓSI JÚLIA (MOL Rt).
- A homokkő elektrolitológiák, a rendelkezésre álló magleírások és a magleírási reambulációk eredményeként a térképezett homok tartalmakat a ***3.1.táblázat*** szerint fordítottuk vissza kőzettípusokra:
- A telepek kőzettestének minden egyes térképlapján részleteiben elemeztük a kőzettest kőzetanyaghoz kapcsolódó morfológiai kategóriáit. Ezek a morfológiák lesznek nagy valószínűséggel azok a genetikailag homogén kőzettestek, amelytől elvárható, hogy fizikai tulajdonságaik is homogénebbek legyenek egy-egy ilyen kőzettesten belül, mint a különböző kőzettestek között.

3.1.táblázat: **A homoktartalmak kőzettani megfelelői**

Homok tartalom osztály	Üledékes kőzettípus
0-30% homok tartalom	finom aleurolit és agyagmárga
30-50% homok tartalom	durva aleurolit és kissé homokos durva aleurolit
50-70% homok tartalom	homokos durva aleurolit
70-100% homok tartalom	finom- és apróhomokkő

- A kőzettest genetikai beosztásának alapját a következő jelentette:
  - a homok tartalom 0-100% közötti értékeit 10%-os növekményű intervallumokba soroltuk. Minden egyes ilyen intervallumnak meghatároztuk a területi kiterjedését.
  - a kapott területet a térképezett alapterület százalékában fejeztük ki.
  - a kapott 0.5 m-kénti eredmények ezeket a telepenkénti szeleteket vektorként jellemzik a többdimenziós (esetünkben a 10-dimenziós) térben.
  - a fenti „modellben" az Algyő-1—Szőreg-1 telepek közötti delta eredetű kőzettest morfogenetikailag leghasonlóbb egységeit, a metszeteket képviselő vektorok térbelileg egymáshoz nagyon közel eső csoportjainak kiválasztásával lehet megközelíteni. Ennek eszköze a cluster analízis.
  - a cluster analízis eredményét összefoglaló dendogram értelmezése történhet a diszjunkt halmazok és a hierarchikus halmazok elve szerint is. Jelen tanulmány Geiger J. (1986) megoldása szerint a hierarchikus halmazok megközelítést fogadja el, mivel ez az alapállás megfelelő összhangban van a természeti környezetek hierarchiájával.
  - A dendogram mintaosztályainak geológiai tartalma a mintaosztályba tartozó 0.5 méteres kőzettest szeletek morfogenetikai tartalmának általánosításával adható meg.
  - Geiger J. (1986) valamint Geiger, J. - Werowszky, P.V. (1992) megoldása szerint a dendogram hierarchiáját tükröző mintánkénti kódoknak a rétegsorba való mélységhelyes visszahelyezésével feltárhatók a felhalmozódás függőleges genetikai típusai.
  - A Markov-analízis az az eszköz, amellyel a közel 400 m-es sorozat 0.5 méterenkénti genetikai átmeneteiből kiválasztható az a néhány egymásra következés, amely a teljes rétegsor fejlődésmenetét jellemzi. Ez vagy ezek a modell sorozatok a 400 m vastag egység felhalmozódásának legvalószínűbb olyan megjelenését mutatja be, amelyben minden egyes morfogenetikai típus megjelenése a közvetlenül előtte kialakult egységtől függ.

A tanulmány lényegileg két egységből áll. Az egyik a jelen szöveges értékelés, amely csak annyi ábrát tartalmaz, amellyel még könnyű kezelhetősége biztosítható. A *Melléklet* telepenként tartalmazza a 0.5 m-ként készült térképlapokat.

3.6.2. ALGYŐ-1 TELEP

3.6.2.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A kőzettest 0.5 m vastag szeleteiben a homokkő tartalmak változása szerint a telep vastagsága a permeábilis tetőtől **legalább három egységre** bontható.

- A permeábilis tető alatti **18.5 m—25.0 m** vastagságban a homokos durva aleurolitok területi elterjedésének növekedése jellemző.
- A permeábilis tető alatti **10.5 m—18.5** m szakaszban a 70-80% közötti homoktartalmú (aleurolitos homokkő) kőzettestek növekvő elterjedése látszik.
- A permeábilis tetőtől a **tető alatti 10.0 m között** a finom és apróhomokkőből álló testek térnyerése jellegzetes.

A fenti egységekben a genetikailag homogén térrészeket a következők szerint lehet jellemezni.

(1.) 18.5 m- 25.0 m a permeábilis tető alatt *(M1.--M8. Melléklet)*

A **telep** homokosabb kőzettestének **kialakulása az ÉNY-,NY-,D-,DK- és K-i peremek felöl** kezdődik el. A meginduló homokosabb üledékképződés **torkolati zátonyok előterében** történik. Genetikailag két egységre bontható:

(1.1.) 21.0-25.0 m a permeábilis tető alatt (M1.--M5.Melléklet):

A peremek felöl épülő hordalék lobokat a 40-60% homoktartalom, azaz finom aleurolit és homokos durva aleurolit jelöli ki. A **torkolati zátonyok 5-6 km^2** méretű testek, amelyek központi része 60-70% homokosságú, azaz homokkő és homokos durva aleurolit. A testek homokos folytatása a peremi víztest felé mutat, a telep belseje felé gyorsan elagyagosodnak.

(1.2.) 18.5 m- 21.0 m a permeábilis tető alatt(M5--M8.Melléklet):

A **hordaléklobok érintkezéséből lepelhomok** kezd kialakulni. ÉNy felől széles **torkolati zátony** jelenik meg kb. 2 km szélességben és 1.5 km hosszúságban. Valószínűleg főként homokos durva aleurolit építi fel. A D-DK-i területen 3 km x 0.5 km x 1-2 m **hordalékelosztó meder** jelenik meg, amely kőzettanilag valószínűleg szintén homokos durva aleurolitból áll.

(2.) 10.5 m- 18.0 m a permeábilis tető alatt *(M8--M15.Melléklet)*

A korábbi fejlődésmenet egy **É-i üledékképződési ág megjelenésével** folytatódik. Üledékes genetikai alapon három további belső egységre bontható

(2.1.) 15.5 m- 18.0 m a permeábilis tető alatt (M8--M10.Melléklet)

A telepkontúr peremein keskeny 2-3 km szélességű sávban a korábbi **zátonytestek egyesüléséből** kialakult **lepelhomok** üledékképződése jellemzi. A telep tengelyzónájában 0.5-1 km^2 alapterületű 2-2.5 m vastag aleurolit - agyagmárga foltok fordulnak elő. A DK-i teleprészt részben 4-5 km x 0.5 km x 1-2m durva kissé homokos durva aleurolitból álló **lineáris testek**, részben a korábbi torkolati zátonyok egyesüléséből kialakult homokkő és homokos durva aleurolit (50-70% homoktartalom kontúr) kőzetanyagú kb. 6 km^2 területű **lepelhomok** jellemzi. A hordalékszállító medrekből helyenként legyező alakú, 0.5 km^2 területű **mederáttörési** helyek ágaznak ki. Az ÉNy-i lepelhomok valamivel kisebb alapterületen (kb. 7 km^2) de kicsivel nagyobb homokkő tartalommal kifejlődött homokos durva aleurolit tartalmú kőzettest.

(2.2.) 12.0 m-15.0 m a permeábilis tető alatt (M11--M14.Melléklet)

Az üledékes rendszer előrenyomulását két tény jelzi. Egyrészt az erősen **homokos durva aleurolit lepel** egyre **nagyobb** területeken jelenik meg. Részben a már korábban kialakult kisebb homokosságú leplekre, részben az ezek előterében levő

agyagmárgára települ. Nagyobb összefüggő területi foltjait rövid **1 km x 0.2 km x 2-3 m** méretű mederek kapcsolják össze. A telep tengelyvonalában a korábbi agyagmárga „pacsnikat" kisebb (50%) homoktartalmú leplek fedik be. A lepelhomok terjedésének iránya a terület D-i felében DK-ről ÉNy-felé mutat. Az ÉNy-i és DK-i teleprészek lepelhomokos kőzettestei a telep középvonalában egyesülnek.
Az üledékes rendszer előrenyomulását kifejező másik tény, hogy a korábbi kisebb homokkő tartalmú lepelhomokon is megjelennek a lineáris mederalakulatok. Ezek általában 50-60% homokkő tartalmúak (homokos durva aleurolit), DNy-ÉK irányúak, 3-4 km hosszúak, 3-400 m szélesek és 2-2.5 m vastagok.

(2.3.) 10.5 m- 11.5 m a permeábilis tető alatt (M14--M15.Melléklet)

Az egység elkülönítésének alapja, hogy az ÉNy-i területen a korábbi 60%-os homoktartalmú majdnem egységes lepelhomok kisebb (1-5 km^2) területi foltokra szakad, amelyeket 1-1.5 km x 0.2-0.5 km x 2 m méretű, 60% homoktartalmú (homokos durva aleurolit anyagú) **medrek** kapcsolnak össze.

(3.) 0.0 m- 10.0 m a permeábilis tető alatt *(M16--M26.Melléklet)*

Ezt az egységet a nagy homoktartalmú (80-90%) finom-apróhomokkő anyagú kőzettest részletek kialakulása jellemzi. A fő geometriai formák: **lepelhomok** és **lepelhomokon kialakult medrek**. Ebben az egységben lokális, agyagmárga testek is megjelennek a feltöltődés helyi ingadozásai miatt. Részleteiben ez a vastagság négy további egységre bontható.

(3.1.) 6.5-10.0 m a permeábilis tető alatt (M16--M19.Melléklet)

A permeabilis tető alatti 10.0 m-ben, a telep ÉNy-i sarkában kb 2 km^2 területen 0.5 m vastag **lokális agyagmárga** test jelenik meg. Ettől eltekintve ezen a területrészen 70-90% homoktartalom által meghatározott finom és apróhomokkő anyagú **lineáris medrek** jelennek meg. A medrek általában **3 km hosszú, 0.3-1.0 km széles 1-2 m vastag kőzettestek**. Belőlük a permeábilis tetőhöz közeledve 70-90% homok tartalmú, finom-apróhomokkőből álló **lepelhomok** alakul ki a korábbi homokos durva aleurolit anyagú leplen. Legnagyobb területi elterjedése: kb 12 km^2.

(3.2.) 5.0 m-6.0 m a permeábilis tető alatt (M20--M21.Melléklet)

A telep DK-i részén a **korábbi** 50% homoktartalmú **lepelre** 60%-os, homokos durva aleurolit anyagú **lepelhomok települ**. Ennek kifejlődése nagy területen (26-28 km^2-en) egységes. Ebben a zónában az ÉNy-i teleprészben a nagy homoktartalmú lepel területe fokozatosan csökken.

(3.3.) 2.0 m- 4.5 m a permeábilis tető alatt (M21--M24.Melléklet)

A telepben – főleg a tengelyvonal mentén – ismét megjelennek a 0.5-1 km^2 alapterületű, 0.5-2.0 m vastag agyagmárga - finom aleurolit testek. ÉNy-on a 70-90% homoktartalmú lepel területi elterjedése tovább csökken, ugyanakkor DK-en, kb. 3 km2 területen 70-90% homoktartalmú test jelenik meg.

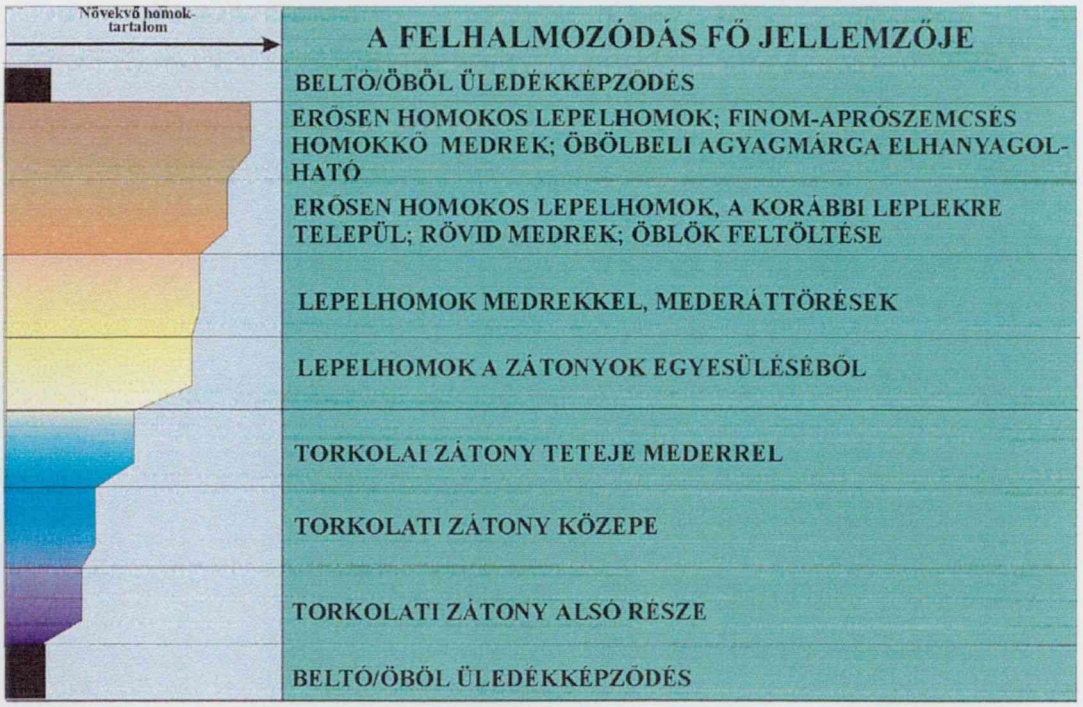
(3.4.) 0.0 m - 1.5 m a permeábilis tető alatt (M24--M26.Melléklet)

A fokozatosan **teret nyerő áramlások** az agyagmárgára 60-70% homoktartalmú homokos durva aleurolitot ülepítenek ki. Az ÉNy-i területrészen a nagy homokosságú test felhalmozódása folytatódik.

3.6.2.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA:

A korábbiakban körvonalazott fejlődéstörténetet egy üledékképződési "modell-szelvényben" foglalja össze a ***3.27.ábra***. Az ábra lényegében a 3.6.2.1. fejezetben elmondottakat rögzíti olyan módon, hogy az a telep egészére általánosítható legyen.

AZ ALGYŐ-1 TELEP ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI MODELLJE



3.27.ábra: **Az Algyő-1 telep üledékképződési modellje**

A feldolgozott elektrolitológiai adatok alapján az Algyő-1 telep vizsgált kőzet térfogatának üledék típusok szerinti összetétele az alábbi:

	ÜLEDÉK TIPUSOK		
	Aleurolit—agyagmárga	Homokos durva aleurolit	Aleuritos homokkő--homokkő
Térfogat százalék	33.0 %	23.0 %	44.0%

A megismert üledékes genetikai típusok között az Algyő-1 telepben az alábbi gyakorisági sorrendet lehetett felállítani:

1. lepelhomok
2. torkolati zátony
3. medrek
4. izolált homokos zátonyok

A **lepelhomok** testek a telepben a permeábilis tető alatti 17.5 m-től általánosak. A telep ÉNy-i részén a permeábilis tetőhöz közeledve homoktartalmuk a kezdeti 50-60%-ról (aleurolit--homokos durva aleurolit) 70-90%-ra (finom-apróhomokkő) nő. Területi elterjedésük ÉNy-on a permeábilis tető alatti 6.5 m—10.0 m között a legnagyobb. Innen fölfele csökkenő kiterjedést mutatnak. A telep DK-i részén a permeábilis tető alatti 17.5 m-től jelentkeznek. Kőzettanilag **homokos durva aleurolitból állnak**, így kifejlődésük kedvezőtlenebb az ÉNy-i típusnál.
A lepelhomokok legegységesebb kifejlődést a permeábilis tető alatti 10—12 m-ben mutatnak az egész telepben.
Keletkezési módjuk alapján **két típusuk** volt megismerhető:

- az alsó kifejlődések ***torkolati zátonyok laterális találkozásából*** jöttek létre.
- a felsőbb kifejlődések ***mederalakulatok egymásba fonódásából*** származtathatók.

A torkolati zátonyok laterális találkozásából kialakult lepelhomokok jobbára homokos durva aleurolitból állnak. A mederalakulat kapcsolódásából létrejött leplek lényegesen magasabb homoktartalmúak.

A **torkolati zátony testek** a permeábilis tető alatti 18.5 m—25.0 m között jellegzetesek. NY, DK vagy D-i irányból épülnek É és ÉNY felé, majd találkozásuk után lepelhomokká válnak. Egyedileg **5-7 km^2 területűek**, **5-7 m homokos vastagságúak**. Belső homoktartalmuk általában 50-70%, ami homokos durva aleurolitok és homokkövek jelenlétét mutatja.

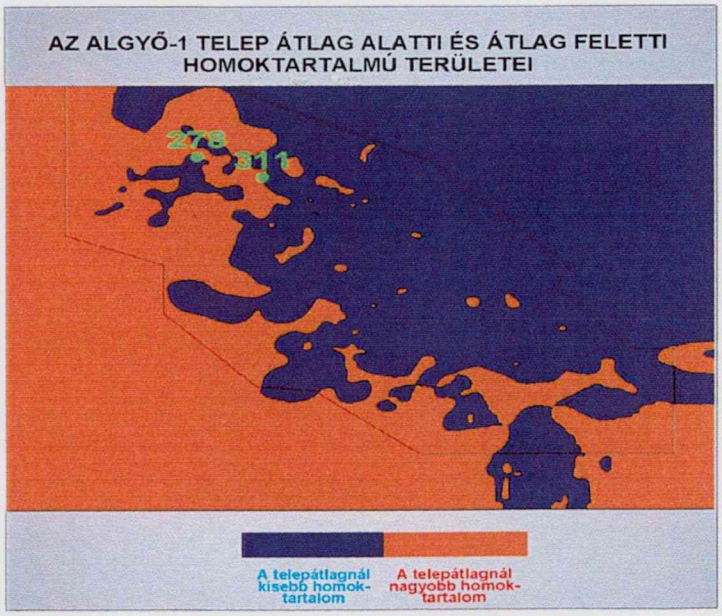
A **meder kőzettestek** a telep legkevésbé jellemző genetikai egységei. Belső homok tartalmuk tágabb üledékes környezetük alapján kétféle lehet:

- aleurolit—agyagmárga felszínbe bevágódott medrek
- lepelhomokba bevágódott medrek

Az ***aleurolit—agyagmárga sorozatokba bevágódott medrek*** általában **3 km x 0.5 km x 2-3 m méretűek**. Kőzettanilag általában durva aleurolitból, középvonaluk mentén homokos durva aleurolitból állnak. Jellemző, hogy a lineáris medrekből helyenként **0.5 km^2 területű mederáttörési üledékek ágaznak ki legyező** alakban a környező agyagmárgába. Jellemzően az (1.1) és (2.1.) kőzettest részben jelennek meg.

A ***lepelhomokok felszínére bevágódott medrek*** általában 2-3 km x 0.3-0.5 km x 4-5 m méretűek. Homoktartalmuk részben 60-70% (homokos durva aleurolit), részben 70-90% (finom-apróhomokkő). A (2.1.) kőzettest rész felett jellegzetesek.

Az **izolált kis területű homokos zátonyok** kizárólag az (1) és (2.1.) kőzettestrészben fordulnak elő. Max. 1-2 km^2 területű homokos durva aleurolitból, magjukban homokkőből álló 1-2 m vastag testek ezek, amelyek kizárólag (1.)-ben jelennek meg.



***3.28.ábra*: Az Algyő-1 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei**

A telep kőzettestének vastagságára átlagolt homoktartalmak eloszlását a ***3.28.ábra*** mutatja. Az ábra bizonyítja, hogy a legjobb homoktartalmak **nem ÉNY-DK-i csapásúak** (mint azt eddig gondoltuk a területről), hanem **DNY-ÉK-i irányba nyomulnak be** a kőzettest területére. Jól látszik továbbá, hogy nem egy, hanem néhány hangsúlyosan nagy homoktartalmú „nyúlvány" mentén nyomulnak be a feltöltő áramlások. Az **üledékképződés** jellege is **inkább areális, mintsem vonalas.**

3.6.3. ALGYŐ-2 TELEP

3.6.3.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A telep vizsgált 23.5 m vastag kőzettestét **öt nagyobb egységre** lehet felbontani :

- A permeábilis tető alatti **20.0 m—23.5 m** vastagságban a homokos durva aleurolitok területi elterjedésének növekedése jellemző.
- A permeábilis tető alatti **16.5 m—19.5 m** szakaszban a 70-80% közötti homoktartalmú (aleurolitos homokkő) kőzettestek növekvő elterjedése látszik és megjelennek a 70-80% homoktartalmú jellegzetesebb homokkövek is.
- A permeábilis tető alatti **16.0 m—9.0 m** között nagyobb területeken megjelennek a 80-90% homoktartalmú, finom és apróhomokkőből álló testek.
- A permeábilis tető alatti **8.0—8.5 m** közötti kőzettest részlet különválasztását a finom és apróhomokköves testek erős térvesztése indokolja.
- A permeábilis tető és a **tető alatti 7.5 m** közötti részletben a területen megjelennek a majdnem tiszta homokkövek is.

(1.) 20.0 m—29.0 m a permeábilis tető alatt *(M27--M36.Melléklet)*

A telep **felhalmozódása DK-en és Ny-on kezdődik** el. **A behordási irányok DNy-ról ÉK, ill. ÉNy-ról DK-felé mutatnak**. A DNy-i feltöltődési irány az erősebb. Itt **torkolati zátony** alakult ki **3-4 km^2 területen 1.5-2.0 m vastagságban**. Anyaga homokos durva aleurolit. A telep D-i felében **DNy-ÉK csapású 3.5 m vastag**, a telepek teljes szélességében átszelő széles **mederág** jelentkezik. Ennek belső homoktartalma 50-70% (homokos durva aleurolit és homokkő). Az ÉNy-i teleprészben jobbára **izolált, 1-2 km^2 területű homokzátonyok** jelentkeznek az agyagmárga környezetben.

(2.) 16.5 m—19.5 m a permeábilis tető alatt *(M36--M39.Melléklet)*

Az áramlások **DNy-i és ÉK-i irányból elérik az ÉNy-i teleprészt** is. A felhalmozódott kőzettestek elnyúlt **medrek, zátony-ujjak és torkolati zátonyok** formájában jelentkeznek. A tető alatti 17.5 és 19.5 m között ÉNy—DK-i csapással **3 km hosszú, 4-500 m széles, faágszerűen szétágazó, 2-2.5m vastag** homokos durva aleurolit **meder** jelentkezik. Belső homoktartalma 40-50%. Ennek előterében **1-2 km^2 területű kisebb torkolati** zátony fejlődött ki. A DK-i területrészen hosszú, széles **meder, mederáttörési helyekkel**, míg a DNy-Ny-i teleprészeken **torkolati zátonyok** jellegzetesek. Az egység tetején, a permeábilis tető alatti 17.5 m-ben ÉNy-on egy **6-7 km hosszú 0.8-1.0 km széles erősen homokos durva aleurolit anyagú meder** látszik. Belső homoktartalma 50-60%. Előterében torkolati zátony alakult ki, amelyből **1-2 km hosszú zátony-ujjak** nyúlnak Ny-és K felé. A meder **aleurolit--agyagmárga környezetbe vágódott be**.

(3.) 9.0 m—16.0 m a permeábilis tető alatt *(M40--M47.Melléklet)*

Ezt az egységet általában a telep ÉNy-i és ÉK-i részén kialakuló homoktestek jellemzik. Itt a **DNy-i és ÉK-i felhalmozódási irány mellett** megjelenik egy **ÉNy-i** szállítás is.

(3.1.) 14.5 m—15.5 m a permeábilis tető alatt *(M40--M41.Melléklet)*

Az ÉNy-i teleprészen a korábbiakban kialakult 40% homoktartalmú mederhálózatra **nagyobb homokosságú** (60%) **medrek** érkeznek a korábbi mederalakulatok

helyén. A folyamat itt szövevényes, 60-70% (esetenként 80-90%) homoktartalmú mederhálózatot hozott létre. Az **egyes medrek** általában **2-3 km** (esetenként 5 km) **hosszúak**. A szakasz felső részéhez közeledve, a **medrek laterális érintkezéséből** 50-60% homok tartalmú, azaz homokos durva aleurolit anyagú **lepelhomok** alakult ki.
A **DK-i teleprész** egyik meghatározó kőzetteste az ÉK-i oldalon levő, már korábban megismert ÉK—DNy irányú igen **hosszú, széles és vastag meder**. A **meder előtt** DNy-ra lenyúlva 14.5—15.5 m között **2-3 km^2 területű torkolati zátony** alakult ki, amelyből **zátony-ujjak** ágaznak ki **1-2 km** hosszúságban. A DNy-i oldalon változó területű torkolati zátony homokos durva aleurolit és homokkő anyagú kőzetteste jelentkezik. A meder és a zátony közötti kapcsolat változó. **Néhol a két egység az említett zátony-ujjakon keresztül kapcsolódni tud egymáshoz, máskor a kapcsolat megszűnik.**
A telep DNy-i oldalának nagy részén, valamint a DK-i teleprész középső és D-i zónájában még mindig az agyagmárga üledékképződés a meghatározó.

(3.2.) 12.5 m—14.0 m a permeábilis tető alatt *(M42--M43.Melléklet)*
Az **ÉNy-i üledékes rendszer D-i, DK-i irányban 5-6 km-t előremozdult**. Az ÉNy-i medrek homokossága tovább javult. A **medrek anyaga** döntő részben **finom és apróhomokkő**. A medrek már nem annyira a korábban kialakult alakulatok helyén jelennek meg, hanem az 50%-os homoktartalmú **homokos durva aleurolit sorozatba vágják be magukat**. A telep középső területeinek feltöltésében aktívvá válik egy ÉK-ről DNy-felé mutató felhalmozódási irány is. Ennek homokos durva aleurolit anyagú medre a tető alatti 13 m-ben egyesül az ÉNy-i ág torkolati zátonyával. Ennek eredményeképpen a **telep közepén egy 9-10 km^2 területű homokos durva aleurolit anyagú 1-2 m vastag kőzettest jelenik meg**. A telep DK-i felének É-i oldalán a korábbi meder, míg D-i oldalán a szintén korábban ismertetett kis területű torkolati zátony üledékképződése jellemző.

(3.3.) 9.0 m—12.0 m a permeábilis tető alatt *(M44--M47.Melléklet)*
Ebben az egységben a telep kőzetteste **genetikailag és kőzettanilag igen tagolttá** válik. A területen az ÉK-i szállítás változatlanul meghatározó, a 80-90%-os homok tartalmú kőzetrészek területi elterjedése nő. Ugyanakkor a telep É-i felének Ny-i oldalán megjelenik egy kb. **6.5 km^2 területű agyagmárga egység**, amely a telep DNy-i oldala felé nyitott, egyébként minden irányban homokos testekkel zárt. Ezt az agyagmárga kőzetrészt K-i irányban egy 2.5 km^2 területű homokos durva aleurolit test valamint **egy 1.5 km x 0.5 km x 1 m méretű homokos durva aleurolit anyagú meder** határolja. Ettől tovább DK-felé ismét agyagmárga terület következik 6 km^2 területen, amely szintén DNy-felé nyitott, DK-en pedig meder (2.5 km x 0.8-1 km x 1 m méretű, homokos durva aleurolit anyagú) határolja a telepet DK-felé záró agyagmárgától.

(4.) 8.0 m—8.5 m a permeábilis tető alatt *(M47--M48.Melléklet)*
Az előzőekben leírt 3 db agyagmárga test közül a két DK-i homokos elválasztása megszűnik, míg az ÉNy-i harmadik agyagmárga kőzetrész NY felöl homokos durva aleurolittal határolódik.
A telep ÉNy-i lepelhomokjában a **70-90% homokosság által megjelölt finom és apróhomokkövek csaknem összefüggő lepelhomokot képeznek**.

(5.) 0.0 m—7.5 m a permeábilis tető alatt *(M48--M56.Melléklet)*

Ez az egység **a telep majdnem teljes területű homokos üledékképződése** által jelölhető ki. A belső agyagmárga testek fokozatosan beszűkülnek, az 50%-os homok tartalom által jelzett **homokos durva aleurolit anyagú lepelhomokok** nagy területet foglalnak el, miközben **60-90% homok tartalmú finom és apróhomokkő anyagú medrekkel szabdalódnak fel**. Az **áramlások változóan ÉK, É és ÉNy irányúak**. A telep ÉNy-i felében-harmadában egy összefüggő, nagy területű apróhomokkőből álló **torkolati zátony** alakul ki, **amely mögött egy igen nagy méretű ÉNy-i meder** is térképezhető nem sokkal a permeábilis tető alatt.

(5.1.) 6.5 m—7.5 m a permeábilis tető alatt *(M48--M49.Melléklet)*

A telep DK-i pereméről ÉNy felé betörő áramlás miatt a legutolsó **agyagmárga** kőzettest területe ugyan szűkül, de **ÉK-DNy irányban teljes két részre osztja a telepet. Területe kb. 11 km^2**. DK felé homokos durva aleurolitból álló lepel határolja.

(5.2.) 5.0 m—6.0 m a permeábilis tető alatt *(M50--M51.Melléklet)*

Az előző egységben ÉNy-i és DK-i homokos teleprészek közötti kapcsolatot ÉNy-DK-i csapású homokos durva aleurolit **mederüledék** biztosítja. A **meder kanyargó, 4-5 km hosszú, 0.8-1.0 km széles 1 m vastag**.

Az ÉNy-i teleprész ÉNy-i felében **3 km^2 alapterületen 1 m vastagságban** szintén **agyagmárga** jelenik meg.

(5.3.) 3.0 m—4.5 m a permeábilis tető alatt *(M51--M53.Melléklet)*

A terület ÉNy-i csücskében valószínűleg a telep kőzettestét kialakító egyik **főmedret** lehetett térképezni. Ennek megjelenő **szélessége kb. 2 km. Előtte rendkívül nagy, mintegy 21-23 km^2 területű 70-90%-os homoktartalmú (finom és apróhomokkőből álló) torkolati zátony jelenik meg a telep teljes ÉNy-i szélességében**. Ez a kőzettest **min. 3 m vastag**. Nagy homoktartalmú tömegéből homokos durva aleurolit anyagú, **2-3 km hosszú zátony-ujjak** nyúlnak a telep DK-i része felé. Az egész **zátonysorozat egy korábbi lepelhomokra** nyomult rá.

A **DK-i területen** szintén vélhetően **torkolati zátony** jelenik meg, amelyet valószínűleg DK-ről ÉNy-ra mutató behordás hozott létre. Ennek homoktartalma az ÉNy-inál lényegesen kisebb. A **két rendszer a telep DK-i harmadában, a telep közepén találkozik**. Az **érintkezési zóna 3-4 km hosszú, 1-2 km széles** erősen homokos durva aleurolit sáv, amelytől É-ra és D-re egyaránt kiterjedt agyagmárga—aleurolit testek helyezkednek el.

(5.4.) 1.5 m—2.5 m a permeábilis tető alatt *(M53--M54.Melléklet)*

Az ÉNy-i **„főmeder"** ÉK-i irányba mozdul el, **helyén aleurolit agyagmárga** sorozat jön létre. A DK-i homokos rendszer pedig kiegészül egy ÉK-i behordással. A két zátony terület közötti agyagmárga jelentősen beszűkül.

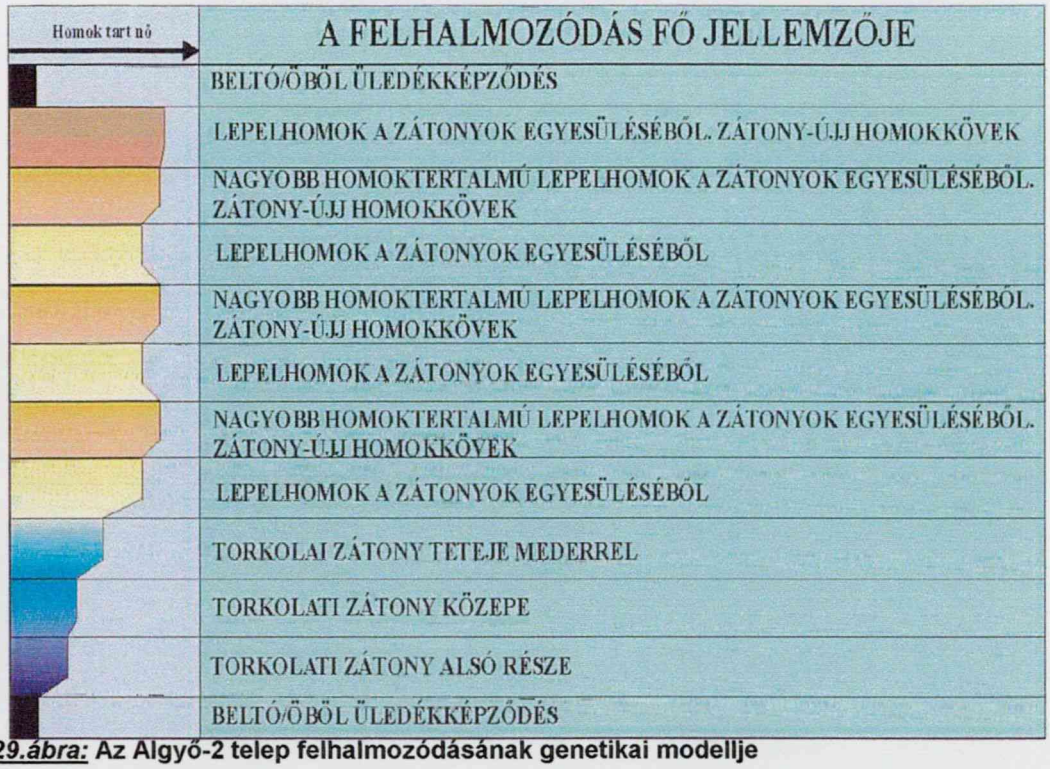
(5.5.) 0.0. m—1.0 m a permeábilis tető alatt *(M55--M56.Melléklet)*

Az ÉNy-i területrészen a fő szállítási irány ismét ÉNy-ivá válik, a DK-i területrészen egységes lepelhomok alakul ki, miközben az agyagmárga terület tovább szűkül.

3.6.3.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA:

A korábbiakban körvonalazott fejlődéstörténetet egy üledékképződési "modell-szelvényben" foglalja össze a ***3.29.ábra***.

AZ ALGYŐ-2 TELEP ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI MODELLJE



3.29.ábra: **Az Algyő-2 telep felhalmozódásának genetikai modellje**

A feldolgozott elektrolitológiai adatok alapján az Algyő-2 telep vizsgált kőzet térfogatának (a permeábilis tető alatti 23.5 m-ig) üledék típusok szerinti összetétе az alábbi:

	ÜLEDÉK TIPUSOK		
	Aleurolit—agyagmárga	Homokos durva aleurolit	Aleuritos homokkő--homokkő
Térfogat százalék	53.0 %	28.0 %	19.0%

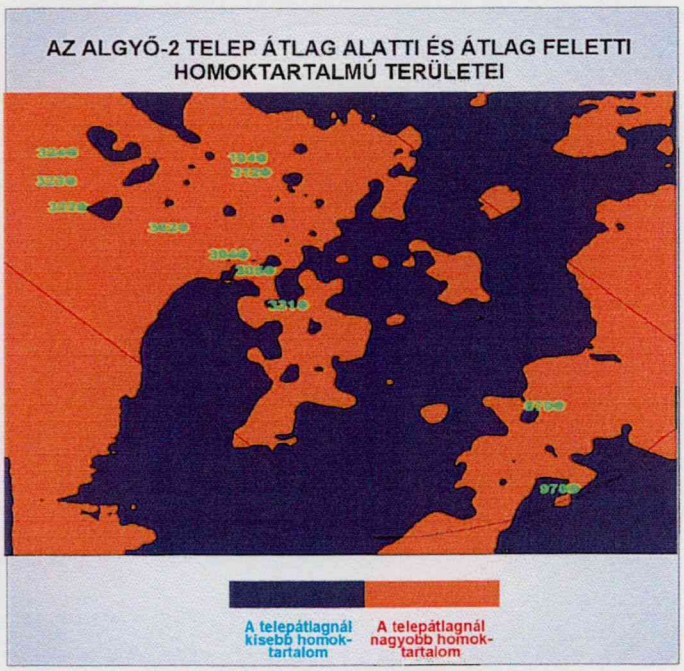
A megismert üledékes genetikai típusok között az Algyő-2 telepben a következő gyakorisági sorrendet lehetett felállítani:

1. Meder testek: a telep legjellegzetesebb genetikai típusai. Megismerhető **hosszúságuk 2-5 km, szélességük 0.4-2 km, vastagságuk 1-3 m**. Felismerésük a maganyag és a homokkőkontúrok egybevetése alapján a teleptető alatti 14-15 m-ig jobbára a 40% homokkő tartalom alapján lehetséges. E szint felett – a progradáció miatt— jellemzően a 60%-os homok kontúrokhoz köthető. Belső felépítésüket eleinte homokos durva aleurolit, később finom és apróhomokkő jellemzi. Az Algyő-1 telepben megállapítottakhoz hasonlóan az alsóbb genetikai zónákban főleg agyagmárga—aleurolit közegbe vágódtak be. Később a nagy homok tartalmú lepelhomok testekben jelennek meg. Általában **kanyargósak, elágazóak**. Ilyen esetekben mederhálózat is megjelenhet a lepelhomokon.
Speciális kifejlődési típusok a **zátony-ujj homokkő**, amely torkolati zátonyból kiágazó **1-2-km hosszú mederalakulat**. Általában aleurolit--agyagmárga közegbe

nyúlik be. A leghomokosabb torkolati zátonyok esetében is csak homokos durva aleurolit alkotja.
A **mederáttörési helyek** kőzettestei mindig jól kifejlett széles mederalakulatok mellett alakulnak ki. **Területük** általában **0.5—1.0 km^2**, homokkőtartalmuk legalább akkora, mint a szomszédos mederé. Megjelenhetnek aleurolit—agyagmárga környezetben és lepelhomokon egyaránt.

2. **A lepelhomok testek** általában nagy **5-21 km^2 területű, viszonylag egységes kifejlődésű homokos durva aleurolit, vagy finom-apróhomokkő anyagú egységek**. **Vastagságuk 3-4 m** lehet. Általában a kisebb homok tartalmú előfordulások a homogénebbek, nagyobb területi elterjedésűek. **Genetikailag** kialakulásuk – az Algyő-1-ben leírtaknak megfelelően — **kétféle lehet**. Létrejöhetnek a **torkolati zátonyok laterális találkozásából** – az (1.)—(3.) egységben. Ilyenkor homok tartalmuk 50-60%, ami homokos durva aleurolitnak felel meg. Ugyanakkor **kialakulhatnak mederhálózatok egymásba fonódásának** eredményeként is. Ekkor általában 60-70% homoktartalmúak és rajtuk finom-apróhomokkő anyagú bevágódott medrek képződtek a későbbi progradációk hatására.

3. **Torkolati zátonyok**: Főleg az (1.)—(2.) és (3.3.) egységet jellemzik. Méretük az alsó **kettőben 2-5 km^2, homokos vastagságuk általában 3-5 m**. Jellegzetességük, hogy a megjelenésük pillanatától felfelé haladva egyre szélesednek. Jobbára lepelhomokban vagy mederalakulatos lepelhomokkő testben folytatódik fejlődésük. Homoktartalmuk minden esetben 50%-nál nagyobb (tehát legalább homokos durva aleurolitok). Külön figyelmet érdemel a (3.3.) igen nagy lepelhomokra progradált zátonyteste.
A telep kőzettestének vizsgált vastagságára átlagolt homoktartalmak területi eloszlását a ***3.30.ábra*** mutatja.



3.30.ábra: **Az Algyő-2 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei**

A ***3.30.ábra*** térképe itt is cáfolja az ÉNY-DK-i felhalmozódási irányt, helyette DNY-ÉK-i feltöltődések láthatók.
A **305.sz és 331.sz.** fúrások környezetében ÉNY-ról DK-felé betörő „ág" geometriája alapján egy nagy **mederáttörés** lehet (***3.30.ábra***).

3.6.4. SZEGED-1 TELEP

3.6.4.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A telep kőzettestének részletes genetikai leírása egy nem túl régi dolgozatban jelent meg (Geiger és Komlósi 1996). Így a genetikai tagolás részletezésétől itt eltekintünk. Az alábbiakban az idézett tanulmány főbb megállapításait foglaljuk csak össze ***(M57--M72.Melléklet)***.

- A **tároló test homokos felhalmozódása három különböző irányból kezdődött el (DNY, NY és ÉK).**
- Ezen **rezsimek** a vízszintes delta lob elvonszolódások során **összeolvadtak.**
- Minden egyes lépésben a tárolótest **karakterisztikus felhalmozódási környezetei** a
    - **hold-alakú** és változatos méretű **elosztó-torkolati zátonyok,**
    - a **progradáló elosztómedrek** és a hozzájuk kapcsolódó
        - **víz alatti partgátak,**
        - **mederáttörési helyek** és
        - **öblök** voltak.
- A *homokos akkumulációk általában a 'peremek' felöl, a tárolótest középső részei felé sugárirányban történtek.* Ennek eredményeként a 'peremi' részeken többszörösen egymásra települt, heterogén sorozatok jelentkeznek - amelyek a felhalmozódás változatos folyamatait tükrözik -, míg a leghomogénebb területrészek középső helyzetben találhatóak.
- A folytonos delta-lob progradációk eredményeként kb. **a tető alatti 5 m mélységben a delta aktivitás elérte maximumát,** amelyben az É-ÉNy- és Ny-i részeken **megjelent a mocsári üledékképződés.** Ebben az időben a vízmélység 1-10 m-es lehetett. Ettől a feltöltési maximumtól kezdve egy **'regresszív' szakasz kezdődik a mögöttes delta-csúcs elvonszolódás miatt.**
- Ez a folyamat kulminálódik a telep tetőt jelentő agyagmárga--aleurolit sorozat felhalmozódásában. A végső elvonszolódást közvetlenül megelőző időszakban a homokos üledékképződés már csak a tárolótest hossztengelyében volt aktív .

3.6.4.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA

A fentiekben megfogalmazott fejlődésmenet modell szelvényét a ***3.31.ábra*** mutatja be.
A fejlődéstörténet megismert jellegzetes felhalmozódási környezeteinek gyakorisági sorrendje a kőzettesten belül a következő.

1. Elosztó-torkolati zátony: Félhold vagy ellipszis alakú kőzettest. "Szárnyai" mentén hosszanti víz alatti **természetes partgátak kapcsolódnak hozzá.** Külső zátony (outer bar) egységük, a teljes kőzettestnek kb. 1/3-a. A jól kifejlett zátonytestek **hosszanti tengelye 2.5-2.0 km**, az erre **merőleges kistengely ennek kb. fele.** A homok isopach kontúrok a kőzettest morfológiai határával párhuzamosak. A legnagyobb homoktartalom a zátony középső részén jelentkezik. E kőzettestek átlagos homoktartalma 60-80% között változik. A morfológiai határt a 40% homok

isopach definiálja. A magok alapján a zátonytestek **folytonos homokköves vastagsága 3-5 m,** mig **teljes vastagságuk kb. 15m**.

3.31.ábra: **A Szeged-1 telep felhalmozódásának genetikai modellje**

2. Elosztó medrek: Megnyúlt geometriájúak. A mérhető hossztengelyük **2.0-4.0 km**, **szélességük 0.2-2.0 km** az erózióbázistól (nyílt vízborítás) vett távolságuk függvényében. Határaikat általában a 30%-os homok isopach definiálja, belső homoktartalmuk általában 40%. Leghomokosabb részeik 30-50 m sugarú, kör alakú, diszkrét foltok formájában láthatók, amelyek homoktartalma 50-60%, extrém esetben 70%.

3. Vízalatti természetes partgát: Ez a környezettípus területileg jobbára a delta(lob) **előrenyomulás szakaszában ismerhető meg** (magban sokkal gyakrabban és biztosabban). **Ujjszerű geometriájú**. A kőzettestek az elosztó torkolati zátony szárnyaiból indulnak ki. **Kb. 0.1-0.2 km szélesek**, határaikat az 50-60%-os isopach határozza meg. A belső homoktartalom isopachjai a morfológiai körvonallal párhuzamosak. A leghomokosabb kifejlődés a 'gerinc-vonalon' található.

4. Mederáttörések: Ezek **legyező alakú kőzettestek**, amelyek szűkebb 'torka' az elosztó mederből indul ki. **Hosszanti tengelyük 1.0-1.5 km** a szomszédos elosztómeder méretétől függően. Belső homok tartalmuk foltokban halmozódva néhol extrém értékeket mutat a legyező közepén. Ettől eltekintve a homok isopachok párhuzamosak egymással. A morfológiai határt a 40-50%-os homok isopach adja, a belső részek homoktartalma elérheti a 70%-ot, de átlagosan kb. 60%.

A ***3.32.ábra*** a telep kőzettestének átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területeit mutatja be.

A fentiekben vizsgált kőzettestekhez hasonlóan ennek a telepnek **felhalmozódása** is **részben ÉK, részben DNY felől** történt. A két feltöltő rendszer a kőzettest ÉNY-DK-i csapású tengelyében találkozott (***3.31.ábra***).

***3.31.ábra*: A Szeged-1 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei**

3.6.5.SZEGED-2 TELEP

3.6.5.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A homokkő tartalom területi eloszlásának függőleges változása alapján a telep vizsgált 18.0 m vastag kőzettestét **három nagy egységre** lehetett felbontani.

- A permeábilis tető alatti **12.0 m—18.0 m** közötti egységben – az eddig vizsgált telepekhez hasonlóan – a homokos durva aleurolit valamint finom és apróhomokkő anyagú kőzettestek térnyerése jellemző. A homokos behordások jobbára a telep ÉNy-i és D-DK-i oldalára jellemzőek.
- A permeábilis tető alatti **2.5 m—11.5 m közötti** sorozatot a finom és apróhomokkő kőzettestek kifejlődése, területi elterjedése, majd visszahúzódása jellemzi. A telep peremi és középső területein egyaránt – bár változó mértékben – homokos üledékek helyezkednek el. Ugyanakkor kialakulnak de még az egységen belül homokkővel borítottá is válnak belső agyagmárga—aleurolit kőzettestek is.
- A harmadik szakasz a permeábilis tető alatti **0.0 m—2.0 m között** helyezkedik el. Ebben a zónában a finom és apróhomokköves sorozatok területi jelentősége már lényegesen kisebb. Helyüket az erősen aleuritos finomhomokkövek (70-80% homoktartalom) veszik át.

(1.) 12.0 m—20.0 m a permeábilis tető alatt *(M73--M81.Melléklet)*

A homokos üledékképződés **eleinte K—Ny-i majd Dny—ÉK-i irányból indul el**. Ebben a sorozatban a homokos üledékképződés jobbára a Ny-i oldal torkolati zátonyaiban történik. A telep K-ÉK-i oldalán gyenge homoktartalmú, a pereme

melletti 1-2 km szélességű, homokos durva aleurolit testek jelentkeznek. Szembetűnő ugyanakkor a D-i perem menti, keskeny sáv, amely határozott vonalával, a telep belseje felé mutatott egyenletesen csökkenő homoktartalmával **partvonalra emlékeztet**. Az egység további bontása a fejlődésment jellegzetességei alapján a következőképpen lehetséges:

(1.1.) 15.5 m—20.0 m a permeábilis tető alatt (M73--M77.Melléklet)
A telep D-DK-i sarkában kb. 4 km^2 területen határozott vonalú **part vagy torkolati zátony üledékképződése** folyik. A test külső kontúrját a 30% homoktartalom (durva aleurolit) jelöli ki. Belső homoktartalma 40-60% (homokos durva aleurolit).
A telep Ny-i peremének É-i oldalán **2-3 km hosszú, kb. 700 m széles, 2.5 m vastag meder** jelenik meg. Körvonalát a 30% homoktartalom (durva aleurolit) jelöli. Belső homoktartalma 40-50% (homokos durva aleurolit).
A telep egyéb területein **agyagmárga—aleurolit üledékképződés** folyik.

(1.2.) 13.5 m—15.0 m a permeábilis tető alatt (M78--M79.Melléklet)
A Ny-i oldal **meder alakulatából torkolati zátony** alakul ki. Ennek méretei: **6-8 km^2 alapterület, 1.5 m vastagság**. A zátony külső kontúrját a 30%-os (durva aleurolit) homok tartalom adja. Belsejében 50-70% a homokosság (homokos durva aleurolit).
E zátonytesttől É-ra ÉNy-ról DK-i irányban épülő behordás jelenik meg, ugyanakkor vele szemben kialakul egy ÉK-ről Dny felé mutató szállítási irány is.
A telep K-i oldalán 1-2 km szélességű sávban homokos durva aleurolit anyagú **lepelhomok** felhalmozódása folyik.
A **középső területeken aleurolit—agyagmárga sorozatok** képződnek.

(1.3.) 12.0 m—13.0 m a permeábilis tető alatt (M80--M81.Melléklet)
A telep DK-i felének homokos üledékképződése folyik. A korábban említett nagyobb Ny-i zátonytól D-re egy újabb **torkolati zátony** jelenik meg, majd 1 m vastagságon belül e kettő **egyesüléséből** a Ny-i teleprészben 21 km^2-en összefüggő 50% homoktartalmú (homokos durva aleurolit anyagú) zátonyrendszer (lepelhomokszerű) fejlődik ki. A zátonysor gerincén az É-i egységben 4 km^2, míg a D-i egységben 2 km^2 területű 70-90% homoktartalmú (finom és apróhomokkő anyagú) lepel képződött.
A D-i zátonnyal szemben a telep D-i felének ÉK-i oldalán 6 km^2 területen homokos durva aleurolit anyagú **lepelhomok** jelentkezik. Ennek felszínére **2 km x 0.6 km x 1 m** méretű erősen homokos durva aleurolit (60% homoktartalom) anyagú **meder** vágódott be.
A utóbb említett két egymással szemközti zátonytestet **3-4 km hosszú 1 km széles** erősen homokos durva aleurolit anyagú **meder** (60% homok tartalom) kapcsolja össze. Ennek a „meder-gerincnek" mind ÉK-i mind DNy-i oldalán agyagmárga üledékképződés folyik.

(2.) 2.5 m—11.5 m a permeábilis tető alatt (M81--M90.Melléklet)
Ebben az egységben a telep ÉNy-i kétharmad részének homokos üledékképződése a meghatározó. A **torkolati zátonyokból** összefüggő homogén kifejlődésű **lepelhomokok** képződnek, amelyek felszínébe nagy homokosságú **medrek vágódnak be**. A felhalmozódási irányok az alsóbb egységekben eleinte ÉNy-ról DK felé és DNy-ról ÉK felé mutatnak. Később az egység tetőhöz közelibb részeiben a fő áramlási irány DNy-ról ÉNy-on át fokozatosan ÉK-re helyeződik át.

A telep DK-i egyharmad részében agyagmárga üledékképződés folyik, amelyet helyenként durva aleurolitos, vagy homokos durva aleurolitos medrek, izolált zátonyok tarkítanak.

(2.1.) 9.0 m—11.5 m a permeábilis tető alatt (M81--M84.Melléklet)
A korábbiakban említett Ny-i oldal zátonyának É-i részéből **3-4 km hosszú meder** jellegű gerinc irányul ÉK felé és így összekapcsolja az ÉK-i és DNy-i oldal homokköves rendszereit. Ettől ÉNy-ra 12 km^2-en 70-80% homoktartalmú finom-és apróhomokkő **lepel** alakul ki. Ennek a lepelnek szélessége min. 1 km, max. 3.5 km. Belőle ÉNy-DK-i csapású medrek ágaznak ki DK felé.
A telep középső részének korábbi nagy agyagmárga—aleurolit területének helyén 50% homoktartalmú (homokos durva aleurolit) **lepelhomok** képződött. A korábban említett ÉNy-DK-i csapású **medrek ebbe vágódtak be**.

(2.2.) 6.5 m—8.5 m a permeábilis tető alatt (M84--M86.Melléklet)
A telep ÉNy-i kétharmad részén homokos, a DK-i egyharmadban agyagmárga—aleurolitos üledékképződés folyik. Az ÉNy-i területnek homoktartalma DK-i irányban zónásan csökken. Az ÉNy-i térrészben **22-23 km^2** területen majdnem egységes 70-90% homok tartalmú finom-és apróhomokkő anyagú **lepelhomok** test fejlődött ki. Ennek DK-i folytatásában 50-60% homoktartalmú, homokos durva aleurolit anyagú 4-5 km széles lepelhomok jelenik meg. Felszínébe 60-70% homokosságú, erősen homokos durva aleurolit összetételű **2-4 km hosszú és 0.8-1.0 km széles medrek vágódtak be**. A DK-i határvonal éles, határozott vonalú.
A telep DK-i egyharmad részében agyagmárga aleurolit üledékképződés folyik. Ebben a korábbiakban említett D-i gerinc 70-90%-os homok tartalma megszűnik. Helyette 50%-os homokosságú homokos durva aleurolit képződött.

(2.3.) 4.0 m—6.0 m a permeábilis tető alatt (M87--M89.Melléklet)
Ebben az egységben a telep ÉNy-i kétharmad részére a (2.2.)-ben leírtak jellemzőek. Változott viszont a DK-i teleprész genetikai rendszere. Itt a K-i oldalon 2-3 km széles 60-90% homok tartalmú (homokos durva aleurolit—finom-és apróhomokkő) **lepelhomok** jellemző. Ebből **3 km x 1.5 km x 2 m** méretű 50-60%-os **meder** nyúlik az agyagmárgába ÉNy felé.
Az agyagmárgás terület ÉNy-i partja kissé északabbra tolódik.

(2.4.) 3.0 m—3.5 m a permeábilis tető alatt (M89--M90.Melléklet)
A telepen belül két egymással kapcsolatban nem álló homokos test alakult ki. Az ÉNy-i teleprészben a korábbi finom-apróhomokköves lepelhomok területe számottevően csökkent. Helyét 50-60% homokosságú (homokos durva aleurolit) **lepelhomok** foglalja el. Tőle D-re igen **nagy kiterjedésű agyagmárgás terület** látszik (29 km^2), amelyben 0.5-1 km^2 területű **izolált**, homokos durva aleurolit anyagú **szigetek** látszanak. A telep DK-i részén mintegy 8 km^2 területű 50-90% homoktartalmú kőzettest alakult ki.

(2.5.) 2.5 m—3.0 m a permeábilis tető alatt (M90.Melléklet)
Az ÉNy-i terület egységes **lepelrendszere** is **felszakadozik**. A DK-i agyagmárgába DNy-ról ÉK felé meder alakulatok jelennek meg 2-3 km hosszúságban 0.5-0.8 km szélességben 40%-os homok tartalommal. **Helyenként hálózatokat** hoznak létre.

(3.) 0.0 m—2.0 m a permeábilis tető alatt *(M91--M93.Melléklet)*

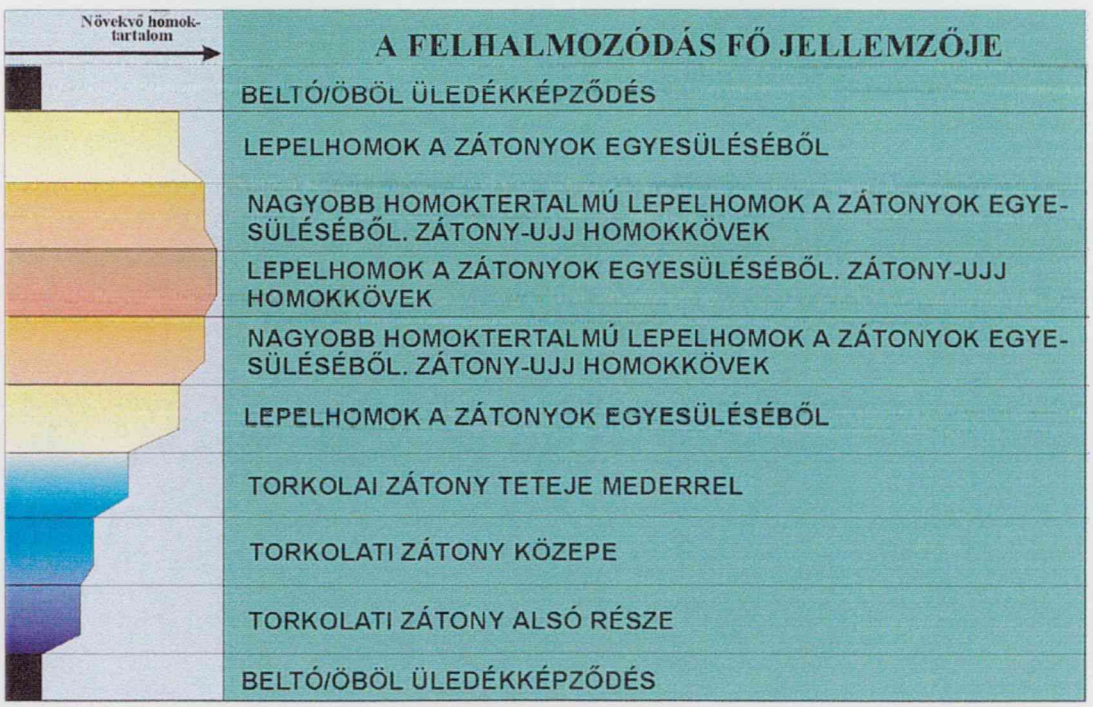
Az ÉNy-i **lepelhomok** rendszer **teljesen felszakadozik**. Eleinte a folyamatos terület vesztéssel párhuzamosan 2 km hosszú 3-500 m széles finom-és apróhomokkő anyagú, 1-1.5 m vastag **medrek** jelennek meg rajta. **Később**, a permeábilis tető alatti 1.5 m-től **ezek homok tartalma** is **csökken**.

A telep Ny-i oldalán **torkolati zátony** jelenik meg a permeábilis tető alatti 2.0 m-ben. Ennek területe eleinte 5 km^2. Geometriailag a 40% homok tartalom kontúr definiálja. Belső homok tartalma 60-70%. Belőle 2 km hosszú, de igen széles (1-1.5 km) homokos durva aleurolit kőzetanyagú meder indul ÉK-i irányban a telep közepe felé. A fejlődés utolsó fázisában a torkolati zátony üledékei lepelhomokban rendeződnek. Ennek területe kb. 18 km^2. Összetétele 50-60% homok tartalmú homokos durva aleurolit. DK—ÉNy és DNy—ÉK csapású zátony-ujjak indulnak ki belőle. Ezek 2-3 km hosszú homokos durva aleurolit anyagú kőzettestek, amelyek agyagmárga—aleurolit környezetbe vágódtak be.

3.6.5.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA:

A vázolt fejlődésmenet genetikai összefoglalását a ***3.33.ábra*** modell sorozata foglalja össze.

A SZEGED-2 TELEP ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI MODELLJE



3.33.ábra: **A Szeged-2 telep felhalmozódásának genetikai modellje**

A feldolgozott elektrolitológiai adatok alapján a Szeged-2 telep vizsgált kőzet térfogatának (a permeábilis tető alatti 18.0 m-ig) üledék típusok szerinti összetétele az alábbi:

	ÜLEDÉK TIPUSOK		
	Aleurolit—agyagmárga	Homokos durva aleurolit	Aleuritos homokkő—homokkő
Térfogat százalék	64.0 %	19.0 %	17.0%

Az egyes genetikai típusok gyakorisági sorrendjét a következő módon látjuk a Szeged-2 telepben:

1.Torkolati zátonyok: Az egyik legjellemzőbb genetikai típusai ennek a kőzettestnek. Szerkezeti helyzetüket tekintve részben a permeábilis tető alatti 11.5 és 18.0 m között, részben pedig a permeábilis tető alatti 2.5 m vastagságban jelentenek meghatározó genetikát.
A telep **fejlődéstörténet**ének **elején** kialakult típusaik **4-11km^2 területűek**, eleinte 31, később 40%-os homok tartalom kontúr adja határukat. Belső homok tartalmuk kezdetben 40-50% (homokos durva aleurolit), később 60-90% (finom-és apróhomokkő). Vastagságuk 5-7 m.
A permeábilis **tető alatti 2.5 m vastagságban** megjelenő típusaik **5-18 km^2 nagyságúak**. Geometriájukat részben a 40%-os, részben az 50-60%-os homok tartalom kontúr határozza meg. Belső felépítésükben jobbára erősen homokos durva aleurolitok vesznek részt. **Vastagságuk 1-1.5m**.

2. A lepelhomok testek részben a torkolati zátonyok laterális **találkozásából részben a meder alakulatok összefonódásából** fejlődtek ki. Főleg a permeábilis tető alatt, 2.5-11.5 m között fordulnak elő.
Ebben a kőzetest részletben 8.5-11.5 m között megjelenő lepelhomokok 14-24 km^2 területűek jobbára finom-és apróhomokkőből állnak, 1.5-2.0 m vastagok.
Az 5.0-8.5 m közötti előfordulás igen nagy, a térképezett terület kétharmad részét foglalja el. Homok tartalma ÉNy-ról DK felé sávosan (ÉK-DNy csapású sávok) csökken. ÉNy-on finom-és apróhomokkő, DK-en homokos durva aleurolit alkotja.
Jellemző, hogy a lepelhomokok felszínét itt is medrek, mederalakulatok szabdalják fel.

3. Medrek: látványos, de **kevésbé meghatározó genetikai típusai** ennek a kőzettestnek. Genetikailag itt is megkülönböztethető az **aleurolit—agyagmárga környezetbe vágódott homokos durva aleurolit anyagú**, és a **lepelhomok** felszínét **felszabdaló finom-apróhomokkő anyagú** típusa. A medrek, különösen a széles lepelhomok területen **hálózatos formában is** előfordulnak.
Az (1.) genetikai zónában általában 2-6 km hosszú, 0.7-1.0 km széles 2-3 m vastag lineáris medrek jellemzőek. Kontúrjukat eleinte a 30%, később a 40% homok tartalom jelöli ki.
A permeábilis tető alatti 2.5-11.5 m közötti megjelenéseik 0.7-5.0 km hosszúak, 0.2-0.8 km szélesek, 1.5-2.0 m vastagok. Jobbára lepelhomokok felszínébe mélyültek. Geometriájuk a 60-70%-os homok tartalommal jelölhető ki (homokos durva aleurolitok valamint finom-és apróhomokkövek. Hálózatok formájában is megjelennek. Ilyenkor rendkívül kanyargósak.
Genetikailag ide tartoznak a torkolati zátonyokból kinyúló **zátony-ujj homokkövek** is, amelyek **2-3 km hosszú, 0.3 km széles, 1-2 m vastag lineáris testek**. Formájukat a 40%-os homok tartalom határozza meg.

A ***3.34.ábrán*** látható, a telep átlagos homoktartalmánál kisebb és nagyobb homokosságú területek elhelyezkedése itt is a kőzettest **DNY—ÉK-i felhalmozódását** rögzíti.

3.34.ábra: A Szeged-2 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei

3.6.6. SZEGED-3 TELEP

3.6.6.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A homokkő tartalmak területi arányainak változása alapján a kőzettestnek a permeábilis tető alatti 16.0 m-ig terjedő térfogatát **négy nagy genetikai egységre** lehetett bontani:

- A permeábilis tető alatti **11.0—16.0 m** közötti térfogat részre a már eddig megismert módon a homokos durva aleurolitoknak az agyagmárga—aleurolit sorozat rovására történő térnyerése és az első finom-és apróhomokkövet tartalmazó kőzettestek megjelenése jellemző. A feltöltődés D-en és Ny-on kezdődik el először. Ezután a telep Ny-i és K-i peremei következnek, majd az egység legfelső részén megindul az ÉNy-i perem homokos üledékképződése is. Ebben a vastagságban a peremekről a telep középvonala felé irányuló áramlási rendszerek homoküledékei még nem találkoznak nagy területeken. A két perem közötti kapcsolatot legfeljebb néhány homokos durva aleurolit anyagú meder biztosítja.
- A második egység a permeábilis tető alatti **4.0m—11.5 m** között helyezkedik el. Ebben a zónában a 80-90%-os homok tartalmú finom-és apróhomokkő testek elérik területi elterjedésük legnagyobb mértékét, majd ismét csökkenni kezd szerepük. A telep fejlődéstörténetének nagyon mozgalmas időszaka tartozik ehhez a térfogathoz. Az áramlási rendszerek között megjelenik az ÉNy-i behordás is, az ÉNy-i és Ny-i peremen gyorsan kifejlődő torkolati zátonyokból vastag, finom- és apróhomokkő anyagú lepelhomok test alakul ki. Ugyanez a fejlődésmenet jellemzi a K-i peremet is, de itt a homok tartalom kisebb. A lepelhomokok

találkoznak, a homokos feltöltés gyakorlatilag befejeződik. Ezt követően a lepelhomok a Ny-i peremek felöl felszakad, helyét növekvő területen agyagmárga—aleurolit foglalja el, amely térnyerésének végén a telep egy ÉNy-i és egy DK-i homokos területre szakad, amelyek között néhányszor 10 km széles agyagmárga test helyezkedik el.

- A permeábilis tető alatti **2.5-4.0 m között** helyezkedik el a harmadik genetikai zóna. Ebben az egységben a 80-90%-os finom-és apróhomokköves sorozat térvesztése folytatódik. A telep ÉNy-i homokos kifejlődései felöl medrek nyomulnak a DK-i agyagmárga—aleurolit borításba. A medrek előtt kisebb torkolati zátonyok jönnek létre.
- A negyedik egység a **permeábilis tető és az alatta levő 2 m vastagság** térfogata. Jellemzője, hogy a 60-70% homok tartalmú homokos durva aleurolitok által borított területek telepen belüli arány nő. A korábbi agyagmárga—aleurolit borítások helyét 50-70% homok tartalmú leplek veszik át.

(1.) 11.0 m—16.0 m a permeábilis tető alatt *(M94--M100.Melléklet)*

Az egység – amint arról már szó volt – a **peremeken történő zátonyfejlődéssel jellemezhető. Ezek a zátonyok később lepelhomokká rendeződnek.** Az **áramlások irányai eleinte DNy-ról ÉK felé, később** a K-i peremek homokosságának növekedésével **ÉK-ről DNy felé** mutatnak. Genetikailag további részegységekre bontható.

(1.1.) 15.0 m—16.0 m a permeábilis tető alatt (M94--M95.Melléklet)

A DK-en **torkolati zátony** épül 13 km^2 területen. A kőzettest kontúrját a 30% homok tartalmú durva aleurolit jelöli ki. A zátony magja 40-70% homokosságú, azaz erősen homokos durva aleurolit kőzetanyagú. Tőle ÉNy-ra egy kisebb méretű (7 km^2) hasonló összetételű, de kisebb homoktartalmú zátonytest látszik.

(1.2.) 13.5 m—14.5 m a permeábilis tető alatt (M96--M97.Melléklet)

ÉK-en is **torkolati zátony** fejlődik ki. Területe 3.4 km^2, kontúrját a 40% homokkő tartalom adja. A zátonyból 1-2 km hosszú, 0.2-0.3 km széles, 1 m vastag homokos durva aleurolit anyagú meder nyúlik ki DNy felé.

(1.3.) 12.0 m—13.0 m a permeábilis tető alatt (M98--M99.Melléklet)

ÉK-en és É-on megjelennek homokos behordások. A Ny-i oldal korábbi zátonya É felé terjeszkedik. Igy a Ny-i perem mentén mintegy 3 km szélességű sávban 50% homok tartalmú (homokos durva aleurolit) anyagú **lepel** alakul ki. A K-i és Ny-i peremek homokjai még nem egyesültek, közöttük 0.5-1.0 km^2 területű homokos durva aleurolit anyagú **izolált zátonytestek** fordulnak elő.

(1.4.) 11.0 m—11.5 m a permeábilis tető alatt (M99--M100.Melléklet)

A Ny-i oldal 50% homok tartalmú leplére 60-80% homokosságú (homokos durva aleurolit és finomhomokkő) **lepel** települ. Eközben a zátony-lepelhomok rendszer tovább mozdul ÉK felé.

(2.) 4.5 m—10.5 m a permeábilis tető alatt *(M100--M106.Melléklet)*

Az egységben a telep tengelyvonaláig **ÉK-ről és DNy-ról benyomuló zátonytestek és medrek találkoznak.** Megjelenik az ÉNy-i behordási irány is. A Ny-i peremeken nagy területű és homokosságú **lepel alakul ki,** amelyre nagyobb homok tartalmú áramlások areálisan érkeznek. A telep feltöltődése eléri maximumát. Ugyanakkor a

Ny-i perem mentén fokozatosan terjeszkedő agyagmárga—aleurolit sorozat a zóna felső részében mintegy kettévágja a korábbi összefüggő homokos rendszert.

(2.1.) 8.5 m—10.5 m a permeábilis tető alatt (M100--M102.Melléklet)
Megjelenik az ÉNy-i áramlás homokos üledéke erősen homokos durva aleurolit formájában. A telep ÉNy-i részén kialakul egy É-i áramlás is, amely 60-80% homok tartalmú homokos durva aleurolit és finom-apróhomokkő sorozatokat halmoz fel **meder** formájában. Ennek mérete: **2.5 km x 0.7 km x 2 m.**
A Ny-i perem **lepelhomokjára** 60% homokosságú (homokos durva aleurolit anyagú) **lineáris medrek vágják be** magukat. A Ny-i lepelhomok előterében már korábban meglevő **medrek, zátony-ujjak** 50% homokosságú (homokos durva aleurolit) medrekben folytatódnak ÉK felé. A korábbi 70% homok tartalmú medrek laterálisan érintkezve hasonló homokosságú lepelhomokká rendeződnek a telep Ny-i, É-i és ÉK-i pereme mentén 3-5 km szélességű sávban.

(2.2.) 7.0 m—8.0 m a permeábilis tető alatt (M103--M104.Melléklet)
A telep ÉK-i részén a finom-apróhomokos lepelbe 80-90% homoktartalmú **medrek** vágódtak be. Ezek mérete **4 km x 1 km x 1 m.**
DK-en az agyagmárga üledékképződés megszűnik. Helyét kissé homokos durva aleurolit anyagú lepel veszi át.

(2.3.) 4.5 m—6.5 m a permeábilis tető alatt (M105--M106.Melléklet)
Az ÉNy-i teleprészen a korábbi 80% homok tartalmú **medrek 14 km^2 területen lepellé szélesednek.**
A telep ÉK-i oldalának D-i részén a korábbi 60% homokosságú **lepelhomok** test finom-apróhomok borításban folytatódik mintegy 5 km^2-en. Ugyanezen oldal É-i részen 6.0-6.5 km^2 nagyságú finom-apróhomokkő lepel fejlődött ki.
A Ny-i oldalon **agyagmárga--aleurolit üledékképződés** jelentkezik. Ennek kőzetteste DNy irányban nyitott és kivezet a telep térképezett részéből. Ez az agyagmárga felfelé egyre nagyobb területeket borít.
A szakasz tetején az ÉNy-i és DK-i teleprész homokos üledékeit a fenti agyagmárga már csaknem teljesen elválasztja. Ennek az agyagmárga—aleurolit testnek területe itt 23-24 km^2. A két homokos terület között ÉK-en egy 2.5 km x 1 km x 1 m méretű kissé homokos durva aleurolit anyagú **meder** jelenti az egyetlen kapcsolatot.

(3.) 2.5 m—4.0 m a permeábilis tető alatt*(M107--M108.Melléklet)*
Ebben a térfogati részben eleinte (3.0 m—4.0 m között) az agyagmárga—aleurolit test egyre nagyobb területeken jelentkezik. Később három irányból **meder** alakulatok indítják el feltöltődését. Ekkor a DK-i teleprész ÉK partjáról ÉNy-i irányban 0.5 km.x0.2 km x 0.5 m meder indul ki. Előtte mintegy 2 km^2 méretű kisebb torkolati **zátony** fejlődött ki.

(4.) 0.0 m—2.5 m a permeábilis tető alatt*(M109--M111.Melléklet)*
A telepben megindul az agyagmárga—aleurolit térrész feltöltése homokos üledékekkel.

(4.1.) 2.0 m—2.5 m a permeábilis tető alatt (M108--M109.Melléklet)
DNy-i majd ÉK-i irányú areális feltöltődéssel az agyagmárga üledékképződés homokos durva aleurolit **lepellel** váltódik fel. A **lepelbe** kissé nagyobb homok tartalmú **medrek vágódtak be**.

Az ÉK-i **lepelhomok** területe 7 km^2, kőzetanyaga homokos durva aleurolit. Belőle ÉK-ről DNy-i irányba mutató 3km x 0.5 km x 1 m méretű erősen homokos durva aleurolit anyagú **medrek** indulnak ki.
Ugyanakkor ÉNy-ról DK-i irányban homokos durva aleurolit medrek alakultak ki, amelyek általában 2.5 km x 0.5-1km x 1 m .

(4.2.) 0.0 m—1.5 m a permeábilis tető alatt (M110--M111.Melléklet)
Az agyagmárga helyén megjelent korábbi kissé homokos durva aleurolit anyagú **lepel** D felé kiteljesedik. Felszínén ÉNy-DK-i csapású 60% homoktartalmú **meder hálózatok** alakultak ki. A medrek általában **0.6-0.7 km szélesek, 1.5 m mélyek**. Igen jellegzetes, hogy ezek a medrek ÉNy felé nagyobb homok tartalommal folytatódnak. Így ÉNy-ról DK felé egy medret követve a homok tartalom csökkenése az alábbi tendenciát mutatja:

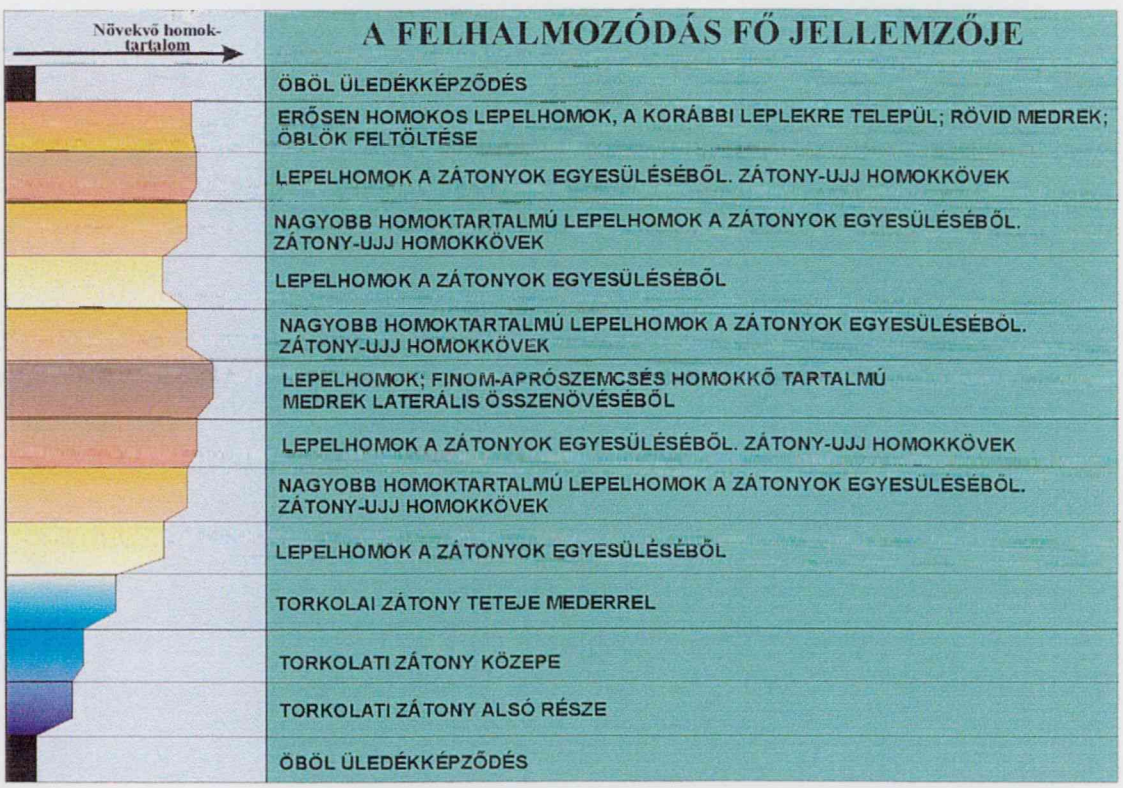
ÉNY ⟶ DK

80-90% (finom-apróhomokkő)---*70-80% (finomhomokkő)*---60-70% (homokos durva aleurolit).

3.6.6.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA:

A ***3.35.ábra*** a kőzettest geometria és az üledék fáciesek alapján megállapítható üledékképződési modellt mutatja be.

A SZEGED-3 TELEP ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI MODELLJE



3.35.ábra: **A Szeged-3 telep felhalmozódásának genetikai modellje**

A feldolgozott elektrolitológiai adatok alapján a Szeged-3 telep vizsgált kőzet térfogatának (a permeábilis tető alatti 18.0 m-ig) üledék típusok szerinti összetétele az alábbi:

	ÜLEDÉK TIPUSOK		
	Aleurolit—agyagmárga	Homokos durva aleurolit	Aleuritos homokkő—homokkő
Térfogat százalék	39.0 %	29.0 %	32.0%

Az egyes üledékes genetikai egységek csökkenő gyakoriságok szerinti jellemzése a következő.

1. Torkolati zátonyok: az (1.) és (2) genetikai egységben gyakoriak.

- Az (1) zónában **5-13 km^2** területűek, általában 40-70% homokosságúak (homokos durva aleurolitok), általában **3-4 m vastagok**. Geometriájukat a 30, felfelé 40%-os homok tartalom adja vissza a legjobban.
- A (2.) zónában **9 km^2** területűek geometriájukat az 50% homok tartalom kontúr definiálja. Belső összetételük erősen homokos durva aleurolit valamint finom-és apróhomokkő.

2. Medrek: Minden egyes genetikai egységben jelen vannak.

- Az **(1) részben** általában **1-2.5 km hosszúak, 0.2-0.5 km szélesek 1 m vastagok**. Kizárólag agyagmárga—aleurolit sorozatba vágódtak be. Kontúrjukat a 40%-os homokosság mutatja (durva aleurolitok-homokos durva aleurolitok)
- A **(2.) zónában** megismert medrek **2.5 km x 0.5-1.0 km x 2 m méretűek** Jellegzetességük, hogy részben torkolati zátonyokból kiinduló **zátony-ujjak**, részben közvetlen elvégződésükben **kisebb** méretű **1-2 km^2 nagyságú torkolati zátonyok** alakultak ki. Kőzetanyaguk durva aleurolit illetve homokos durva aleurolit.
- A **(3.) egység medrei 1-3.5 km hosszúak, 0.2-1.0 km szélességűek, 1-2 m vastagok**. Genetikailag **kettős kifejlődésűek**. Részben nagyobb homok tartalmú leplekbe vágódtak be, részben korábban létező medrek progradációs folytatásai. Mindkét esetben magas homok tartalmúak, jobbára finom-és apróhomokkövekből állnak (70-80% homokosság).
- A **(4.) és (5.) egységben** megismertek általában **2.5 km hosszúak, 0.2-0.3 km szélesek 1-1.5 m vastagok**. Finom-és apróhomokkövek építik fel.
- A **(6.) egységben 2.5-3.1 km x 0.5-0.8 km x 1 m méretűek**. Genetikailag részben **lepelhomokkőbe bevágódva**, részben korábbi medrek progradációs folytatásaiként ismertük meg őket. Kőzetanyaguk homokos durva aleurolit valamint finom-és apróhomokkő. Jellegzetes a fentiekben leirt laterális homokossági csökkenés a telep tetején

Lepelhomok testek: Általában **5-10 km^2 területűek alsóbb egységei torkolati zátonyok, a felsőbbek medrek laterális érintkezéséből alakultak ki**. A meder alakulatok jellemzőbb előfordulása miatt nem igazán egyenletes kifejlődésűek. Felszínüket a mederhálózatok erősen megszabdalták. Kőzetanyaguk alul homokos durva aleurolit felül finom-és apróhomokkő.

Mint az eddigi telepek esetében kivétel nélkül, úgy a Szeged-3 telep kőzettestének **felhalmozódási irány**aként ismét a **DNY-ÉK**, illetve az **ÉK-DNY** irányt jelölhetjük meg a ***3.36.ábra*** térképe alapján.

3.36.ábra: A Szeged-3 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei

3.6.7.. SZŐREG-1 TELEP

3.6.7.1. GENETIKAI JELLEGZETESSÉGEK

A telep kőzettestének elemzését a permeábilis tető alatti 45.0 m-ig végeztük el. Ebben a térfogatban a homokkő tartalmak területi arányainak vertikális változása alapján **nyolc genetikai zónát** véltünk kijelölhetőnek.

- A permeábilis tető alatti **39.5—45.0 m közötti** fejlődésmenetet agyagmárga--aleurolit sorozat jellemzi, amely változó mértékben válik kissé durva aleurolitosabbá a peremek felöl érkező feltöltő rendszerek mindenkori közelségétől függően. Általában egy **Ny-i peremen kialakult torkolati zátony fejlődése tartozik ebbe a vastagságba.**
- A második egységet a permeábilis tető alatti **35.0—39.0 m-ben** láttuk meghatározhatónak. A telepben megjelennek a homokos durva aleurolitok. A feltöltődésbe bekapcsolódnak a korábbi DNy-i ág mellett az É-, ÉK-, ÉNy- és Ny-i irányokból érkező áramlási rendszerek is.
- A harmadik egységet a permeábilis tető alatti **29.0—34.5 m között** véltük megtalálni. Ebben a zónában a finom-és apróhomokkő térnyerése jellemző. A telep területének teljes homokos üledékképződése folyik. Megjelennek a 90%-os homokosságú kőzettestek is.
- A permeábilis tető alatti **20.0—28.5 m között** húzódik a negyedik egység. Ebbe a zónába esik a 80-90%-os homok tartalmú kőzettestek első komoly térnyerése majd kisebb visszahúzódása. Kialakul egy **DNy-ÉK-i irányú áramlási tengely**. A

DK-i terület homokos feltöltődése erősebb, ÉNy-on agyagmárga leülepedése folyik. A szakasz felső 2 m vastagságában a homokos test felszakadozik.

- Az ötödik zónát a tető alatti **10.0-20.0 m-es vastagságban** határoztuk meg. Ebben a szakaszban a 80-100% homok tartalmú finom és apróhomokkövek második térnyerési fázisa zajlik. Ugyanakkor a DNy-i területen agyagmárga jelenik meg.
- A hatodik egység a tető alatti **7.0—10.0 m** között helyezkedik el. A 70-100% homok tartalmú kőzettestek területi aránya csökken. Helyüket homokos durva aleurolitok foglalják el. A korábbi agyagmárga területek helyén is ez a kőzettípus található.
- A hetedik egység a tető alatti **3.0--7.0 m között** regionális agyagmárga képződési időszak. A teret nyerő agyagmárga—aleurolit sorozat a telep homoktestét középen kettévágja.
- A nyolcadik egység (**0.0—2.0 m** a permeábilis tető alatt) a telep ismételten teljes homokos üledékképződésének időszaka.

(1.) 35.0—40.0 m a permeábilis tető alatt *(M112--M114.Melléklet)*

A DNy-i teleprészben **torkolati zátony** fejlődése kezdődik el. Ez a kőzettest képződésének végén **12.5 km^2 területen 4.5 m vastagságban** jelentkezik. Geometriáját az 50% homok tartalom kontúr határozza meg. Belső homok tartalma 60-80% (azaz homokos durva aleurolit) valamint finom—és apróhomokkő. A **zátonyon medrek** alakultak ki a DNy-i behordás erősödésével. Ezek 1.5 km hosszúak, 0.2 km szélesek 2-3 m vastagok. Homok tartalmuk 60% (homokos durva aleurolit). A telep nagy részét borító agyagmárga lepelbe kisebb 1 km^2 területű durva aleurolit vagy homokos durva aleurolit anyagú izolált zátonytestek fordulnak elő.

(2.) 30.0 m—35.0 m a permeábilis tető alatt *(M114--M117.Melléklet)*

A korábbi DNy-ról ÉK felé illetve ÉK-ről DNy felé mutató hordalék szállítási irányok mellett megjelenik az ÉNy-i, majd az É-i ág is. A korábbi torkolati zátonyból a laterális növekedés folytán **lepelhomok** lett (33.50—34.5 m között). Ennek területe 14 km^2 összetétele homokos durva aleurolit. Jellegzetes egy **elágazó meder** a telepben, amelynek hossza 1.5 km szélessége 0.2 km, vastagsága 2-3 m. Kőzetanyaga homokos durva aleurolit (60% homok tartalom). A szakasz felsőbb részében É-ról induló majd DK felé forduló , igen hosszú – 9.0 km -- kanyargós meder látszik. Szélessége 0.2 km, vastagsága 1.5 m.

(3.) 20.0 m—29.0 m a permeábilis tető alatt *(M117--M122.Melléklet)*

A genetikai zónát a telep ÉNy-i részéből kiinduló homokos üledékképződés térnyerése jellemzi. A **torkolati zátonyok** gyorsan **lepelhomokká** rendeződnek, amelyekbe medrek vágódnak be. A homokos rendszer fokozatosan teret nyer ÉNy-i és ÉK-i irányokban is, majd megindul a DK-i és D-i teleprészek homokborítása is. A változások logikája alapján négy további egységre bontható.

(3.1.) 27.0 m—29.0 m a permeábilis tető alatt (M117--M118.Melléklet)

A korábbi torkolati zátonyokból mintegy 30 km2-en homokos durva aleurolit anyagú **lepel** kialakulása látszik. Ezen az újabb areális homok szállítások eredményeképpen 3-4 km^2 területű finom- és apróhomokkő anyagú leplek alakultak. Az azonosítható **medrek** 3-4 km hosszúak, 400 m szélesek és általában 1-2 m vastagok. Kőzetanyaguk homokos durva aleurolit.

A lepelhomok testből a környező anyagmárga területekbe medrek nyomulnak, melyek mérete 1.5-2 km x 0.3 km x 2 m. Anyaguk homokos durva aleurolit.
DK-en egy 3 km hosszú 300 m széles és 2 m vastag meder nyomult be az agyagmárgába.
Az egység felsőbb részeiben a korábbi DNy-ról ÉK felé és É-ról D felé mutató felhalmozódási irányok mellett megjelenik az **ÉNy-ról DK felé és az ÉK-ről DNy felé mutató áramlási** irány is. Az üledékképződés súlypontja a telep ÉNy-i részén van.

(3.2.) 24.0 m—27.0 m a permeábilis tető alatt (M118--M120.Melléklet)
A korábbi homokos durva aleurolit anyagú **mederbe medrek vágódnak** be:
- D-ről É felé mutató irányban 5 km hosszú, 1 km széles, 3 m vastag. Kőzetanyaga finom- és apróhomokkő (80% homok tartalom).
- Ny-ról K-i irányban 3 km x 1 km x 2 m. Kőzetanyaga szintén finom- és apróhomokkő.
- É-ról D-i irányban homokos durva aleurolit anyagú, 5 km hosszú, 2-2.5 km széles és 2 m vastag meder.
- Különösen jellegzetes a DK-i teleprészben 25.5 m-ben megjelenő, a telep teljes szélességén átmenő 5 km hosszú, 2-2.5 km széles 2 m vastag meder, amelyben homokos durva aleurolit halmozódott fel.

A telep homokos borítása ha nem is folytonos, de nagy területeken – főleg ÉNy-on – teljes.

(3.3.) 21.0 m—24.0 m a permeábilis tető alatt (M120--M121.Melléklet)
A telep ÉNy-i részének közepén a korábbi 70-80% homok tartalmú finom- és apróhomokkő anyagú **medrek laterális találkozása** finom- és apróhomok anyagú 12 km^2 területű 2.5-3 m vastag **lepelhomok testet** hozott létre. Az ÉNy-i csücsökben – különösen a felsőbb szintekben – néhol szaggatott, néhol összefüggőbb 2.3 km^2 területű agyagmárga borítás alakul ki, amelyben ÉNy-DK-i csapású rövid, 0.2-0.4 km széles 1-2 m vastag finom- és apróhomokkő vagy homokos durva aleurolit anyagú medrek jelennek meg. A nagy homokosságú lepelhomok is kezd felszakadozni az egység teteje felé.

(3.4.) 20.0 m—21.0 m a permeábilis tető alatt (M121--M122.Melléklet)
Az ÉNy-i teleprészen 3-4 km^2 területű nem teljesen összefüggő **agyagmárga** jelenik meg. A **bevágódó meder** 2 km hosszú, 0.5 km széles, 1 m vastag. Üledéke kissé homokos durva aleurolit.
A telep D-i részét csaknem teljes egészében elérte a kissé homokos durva aleurolit anyagú lepel.

(4.) 11.0 m—20.0 m a permeábilis tető alatt *(M122--M126.Melléklet)*
A telep a DNy-i részen szórványosan meglevő anyagmárga foltok fokozatos térnyerése miatt **diszkrét homokos területek**re szakad, amelyeket széles agyagmárga egységek választanak el. A továbbiakban ezek homokkal való feltöltődése folyik, amelynek során a telep homokos térrészei jelentős mértékben DK felé helyeződnek. Az ÉNy-i csücsökbe egyre szélesedő agyagmárga betelepülés jelentkezik. Az egység ennek feltöltődésével zárul.
A fejlődésmenet szakaszai alapján négy további részre bontható ez a térfogat.

(4.1.) 18.0 m—20.0 m a permeábilis tető alatt (M122--M123.Melléklet)

Az ÉNy-i és DNy-i teleprészből kiinduló agyagmárga—aleurolit térnyerés miatt a telep három részre szakadt.

- 1.rész: ÉNy-i nem összefüggő homoktest agyagmárga peremmel: ÉK és DNy felöl az agyagmárgába homokos durva aleurolit anyagú rövid, de széles (1 km) **mederhálózatok** alakulnak ki. Az ÉK-i agyagmárga folt területe 2 km^2, a DNy-i félé 5 km^2.
- 2.rész: a telep középső harmadának homokos teste. Összefüggő, jobbára finom- és apróhomokkő anyagú 30 km^2-es **lepelhomok** jellemzi.
- 3.rész a telep DK-i harmada. Közepén D felé nyitottan agyagmárga—aleurolit kőzettest, amelyet félkörívben homokos durva aleurolit vesz körül.

(4.2.) 15.0 m—17.0 m a permeábilis tető alatt (M123--M124.Melléklet)

A fenti egységek közül a 3.rész – DK-i harmad agyagmárgájának helyén jelenik meg homokos üledék DNy és ÉK irányokból.

- Jellegzetes egy DNy-ról ÉK felé mutató **meder**, amely 4.5 km hosszú, 1.2 km széles, 2 m vastag. Kőzetanyaga finom- és apróhomokkő. A meder a teleptető alatti 15.0 m-ben eléri az ÉK-ről érkező hasonló mederágat. Mögötte 80-100% homokosságú lepelhomok alakul ki.
- Az ÉK-ről DNy felé mutató meder 4.5 km hosszú, 1 km széles, 2 m mély. Finom- és apróhomokkőből áll. A meder szintén finom- és apróhomokkő felépítésű lepelhomokba vágta be magát.

(4.3.) 13.0 m—15.0 m a permeábilis tető alatt (M124--M125.Melléklet)

A telep DK-i részének homokos feltöltődése befejeződött. A korábbi finom- és apróhomok tartalmú **medrek laterális összeépülése** ugyanilyen kőzetanyagú lepelhomokot hozott létre. **Ebbe** a környezetbe 80-90% homokosságú szintén finom- és apróhomok anyagú **medrek vágódtak be**, melyek 3-4 km hosszúak, 1 km szélesek és 1.5 m vastagok. A medrek mederhálózatokat alakítottak ki.

A telep ÉNy-i részén egy K-ről Ny felé nyomuló **meder** jellegzetes. Ez a kőzettest a mögöttes finom- és apróhomokkő anyagú lepelhomokból tör ki. A lepelhomok előtt É-D csapású 6.5 km^2 területű 2.5 m vastag **torkolati zátony** alakult ki. Geometriáját a 60%-80%-os homok tartalom kontúr határozza meg. Az ÉNy-i agyagmárgába nyomult be.

(4.4.) 11.0 m.—13.0 m a permeábilis tető alatt (M125--M126.Melléklet)

Az ÉNy-i torkolati zátony kiszélesedik és az agyagmárga területének nagy részét elfoglalja.

(5.) 8.0 m—10.0 m a permeábilis tető alatt *(M127--M128.Melléklet)*

A telep térképezett területén a **homokos üledékek általános visszahúzódása** jellemző. Csak ÉNy-on marad meg egy 6 km^2-es finom- és apróhomokkő anyagú **zátony**, amelyből szintén finom- és apróhomokkő anyagú 3 km hosszú, 0.8-1.0 km széles 2.5 m vastag **meder** ágazik ki előbb D-re majd K-felé elkanyarodva.

A lepelhomok felszakadozik, a 0.5-0.7 km^2-es agyagmárga foltok között homokos durva aleurolit anyagú **mederhálózatok** alakulnak ki.

(6.) 4.0 m—7.0 m a permeábilis tető alatt *(M128--M130.Melléklet)*

Az előző szakasz agyagmárgás területeinek homokos üledékekkel való kitöltése jellemzi ezt az egységet. Az üledékképződés súlypontja fokozatosan ÉNy-ra tevődik át. A szakasz két további egységre bontható.

(6.1.) 5.0 m—7.0 m a permeábilis tető alatt (M128--M129.Melléklet)
A mederhálózatok a telep DK-i két-harmad részében homokos durva aleurolit anyagú **lepelhomok**ká rendeződnek, amelyre finom- és apróhomokkő progradál. Ennek formája helyenként lepel, helyenként 4-5 km hosszú, 0.8 km széles 3 m vastag meder. Az üledékszállítási irányok ÉK-ről DNy felé, K-ről Ny-ra valamint D-ről É-ra mutatnak.
A telep É-i egy-harmadában 2-3 km^2 területű agyagmárga foltok jelentkeznek.

(6.2.) 4.0 m—5.0 m a permeábilis tető alatt (M129--M130.Melléklet)
A telep DK-i két-harmad részében nagy területeken finom- és apróhomokkő anyagú **lepelhomok** képződik. Az É-i egy-harmadban ÉNy-i és É-i eredetű lepelhomok nyomul be.

(7.) 2.0 m—3.0 m a permeábilis tető alatt *(M130--M131.Melléklet)*
A telep kőzettestének É-i fele finom- és apróhomokkő anyagú **lepelhomok**, amely előtt keskeny sávban homokos durva aleurolit anyagú lepel jelenik meg. Ez előtt pedig inkább durva aleurolit anyagú lepel üledékképződése folyik. A homokos durva aleurolit anyagú **lepelbe** ÉNy-DK-i csapású 1.2 km x 0.5 km x 0.5 m vastag **medrek vágódtak be**. Üledékük 60% homok tartalmú homokos durva aleurolit. Ettől D-re 16-17 km^2 területen összefüggő agyagmárga képződése folyik. Csak K-en látható 9 km^2-en homokos üledék főleg homokos durva aleurolit formájában.

(8.) 0.0 m—2.0 m a permeábilis tető alatt *(M131--M132.Melléklet)*
A DK-i agyagmárga foltot ÉNy-ról homokos durva aleurolit anyagú medrek töltik fel, amelyek a telep tetejéig lepelhomokká rendeződtek.

3.6.7.2. A GENETIKAI JELLEMZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA:

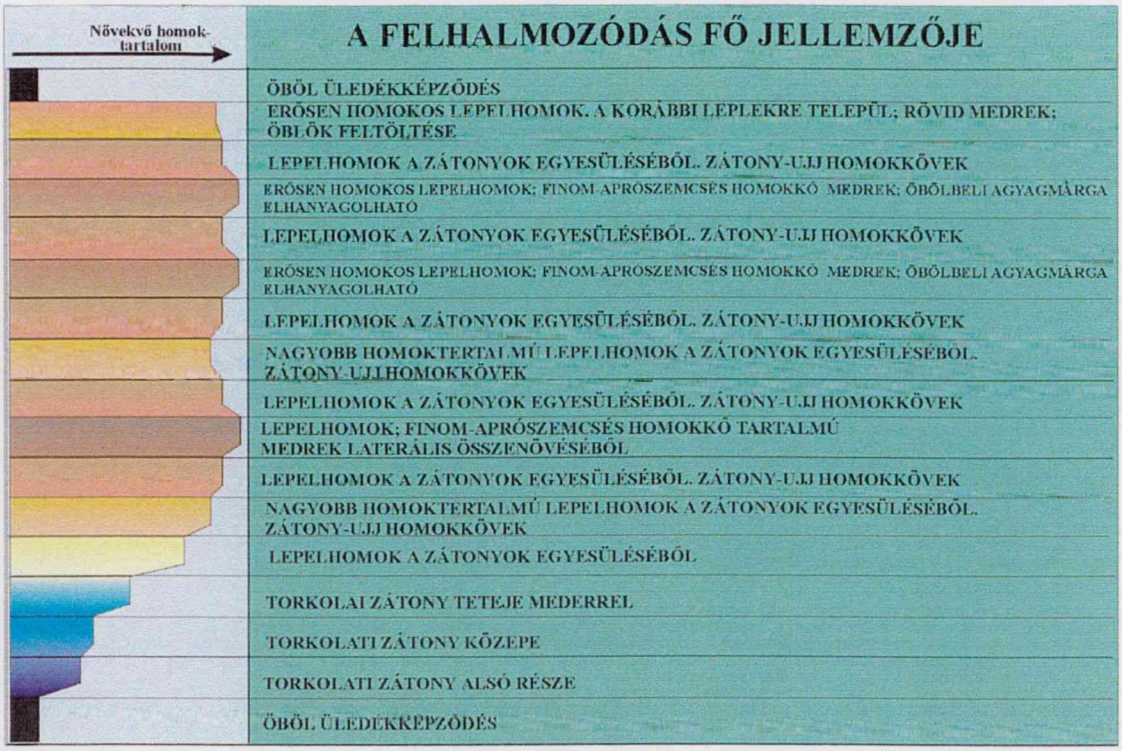
A ***3.37.ábra*** a fejlődésmenetet összefoglaló modell rétegsort mutatja.
A feldolgozott elektrolitológiai adatok alapján a Szőreg-1 telep vizsgált kőzet térfogatának (a permeábilis tető alatti 45.0 m-ig) üledék típusok szerinti összetétele az alábbi:

	ÜLEDÉK TIPUSOK		
	Aleurolit—agyagmárga	Homokos durva aleurolit	Aleuritos homokkő—homokkő
Térfogat százalék	39.0 %	28.0 %	33.0%

Az egyes genetikai típusok gyakorlatilag megegyeznek a korábban áttekintett telepek esetében tárgyaltakkal. A Szőreg-1 telep általában nem mutat lényeges különbséget ezektől. Ugyanakkor **egyedi sajátossága** a telep kőzettestének, hogy az üledékképződés kezdetétől viszonylag **rövid idő eltelte után** olyan **komoly homokosságú testek jelennek meg**, amelyek a többi telepben csak lényegesebb idő eltelte után alakultak ki. Különösen vonatkozik ez a medrek gyors felhomokosodására.

SZTE Egyetemi Könyvtár SZEGED 13.

A SZŐREG-1 TELEP ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI MODELLJE

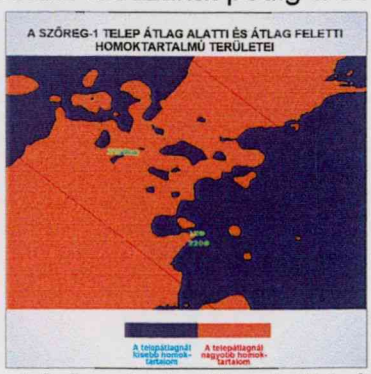


3.37.ábra: **A Szőreg-1 telep felhalmozódásának genetikai modellje**

A genetikai típusok gyakorisági sorát felállítani igen körülményes és korántsem olyan nyilvánvaló, mint ez eddig tárgyalt telepek esetében. Vállalva a tévedés lehetőségét ezt a sorrendet

1. meder
2. lepel
3. torkolati zátony

formájában adhatjuk meg. Tény az, hogy a meder üledékek képződése a teljes térfogatban elterjedt. A lepelhomokok a 28.0—34.0 m, 15.0—25.5 m, 11.5—13.0 m, valamint a tető és 7.5 m közötti mélységekben gyakoriak. A zátonyképződés legfontosabb időszakát pedig a 33.5—45.0 m vastagság jelöli ki.



3.38.ábra**: A Szőreg-1 telep átlag alatti és átlag feletti homoktartalmú területei**

Noha ez a telep genetikailag élesen különbözik az eddigiektől, **felhalmozódásának iránya**(i) változatlan(ok): **DNY-ÉK** (illetve ÉK-DNY) a ***3.38.ábra*** térképe szerint.

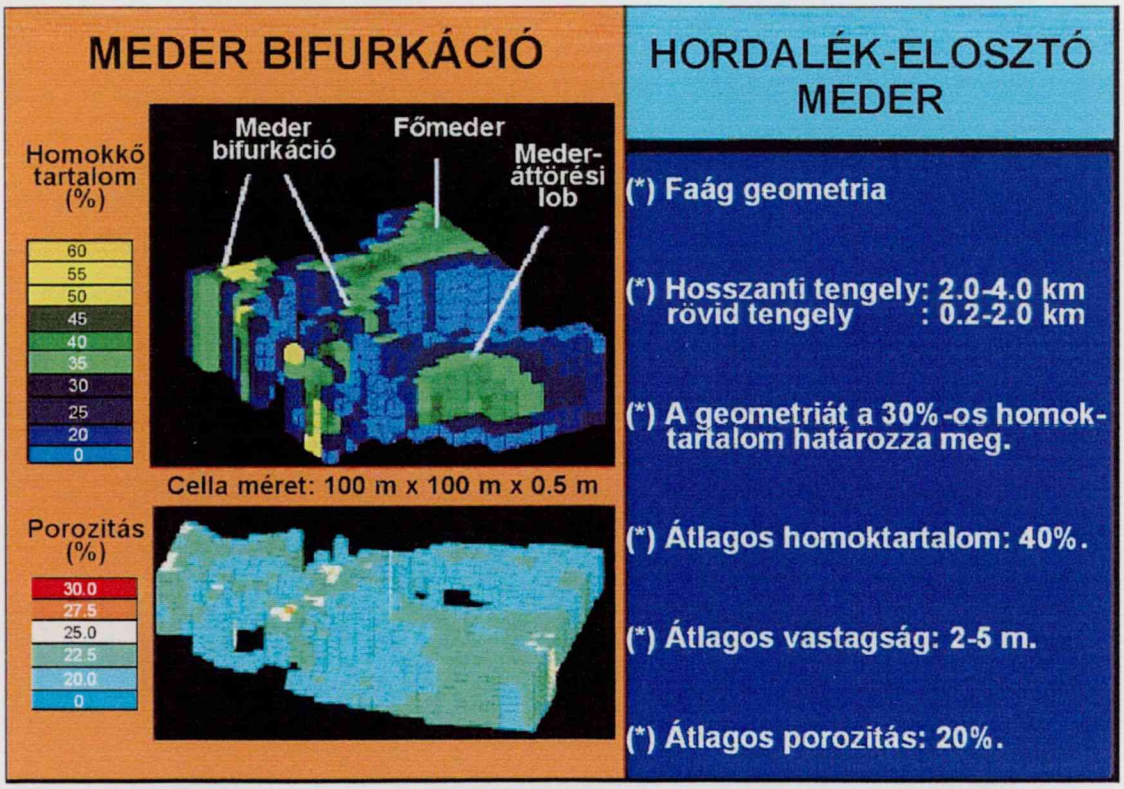
3.7. AZ AZONOSÍTOTT FELHALMOZÓDÁSI KÖRNYEZETEK 3-D MODELLJEI

Az üledékfácies, felhalmozódási mód és kőzettest geometriai párhuzamos elemzése során az alábbi felhalmozódási környezet típusokat lehetett azonosítani:

- **Hordalékelosztó medrek**
- **Mederáttörési lobok**
- **Víz alatti természetes partgátak**
- **Torkolati zátonyok**

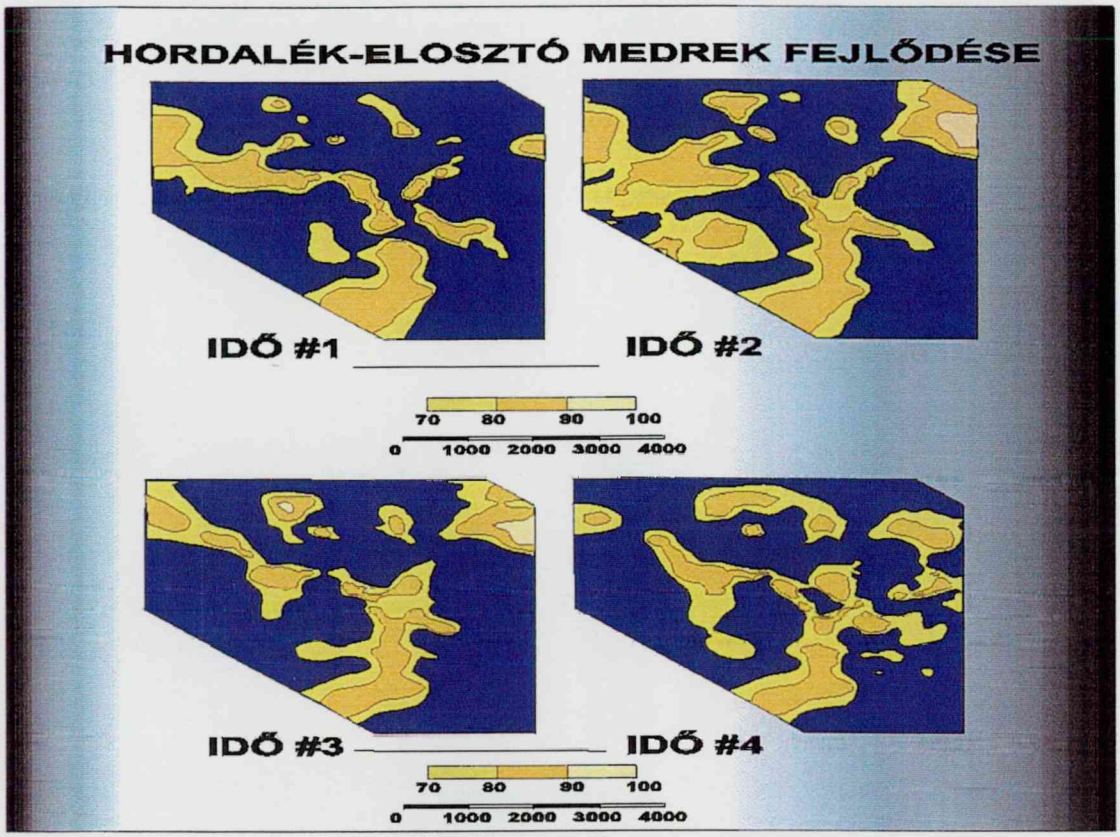
3.7.1. HORDALÉKELOSZTÓ MEDREK

3-D általánosítható **modellje** a ***3.39.ábrán*** látható. Általában finomszemcsés üledékek halmozódnak fel benne, amelyek a meder élettartamán belül gyakran erodálódhatnak is (v.ö. összeolvadási felszínek). A metszet térképek elemzése alapján állítható: gyakori volt a mederváltás (***3.40.ábra***) és a bifurkáció (***3.41.ábra***). Ez utóbbi faág-szerű geometriával jelentkezik.

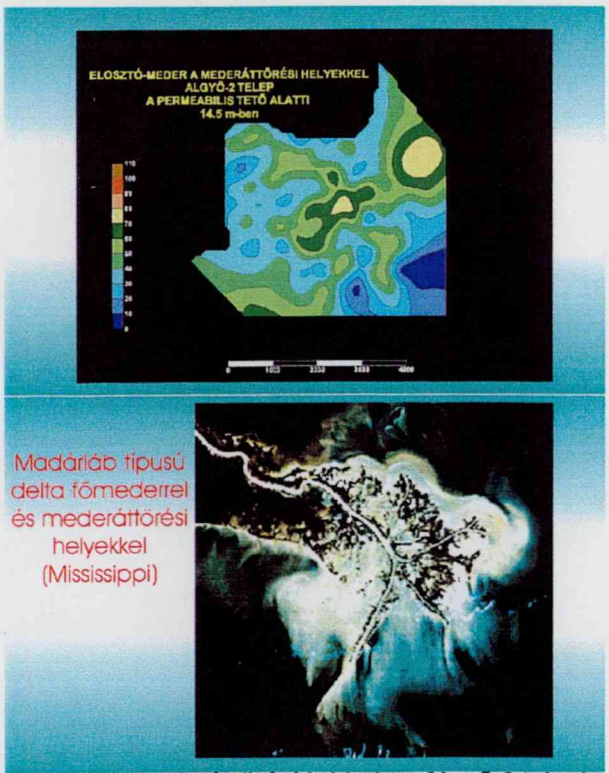


***3.39.ábra*: A meder felhalmozódási környezet 3-D modellje és térképen felismerhető tulajdonságai (Geiger és Komlósi 1992 nyomán).**

A megismert medrek általában **2-4 km hosszúak** a kőzettesten belül. **Szélességük** általában **2-300 méter**, ritkán elérheti a 2 km-t is. **Mélységük 2-5 m** (***3.39.ábra***). Gyakori környezeti kísérőik a mederáttörési lobok (***3.41.ábra***). Ez utóbbiak jellegzetes **madárláb** alakú képződményeket hoznak létre.



3.40.ábra: **Hordalékelosztó medrek avulziója (Szőreg-1 telep)**



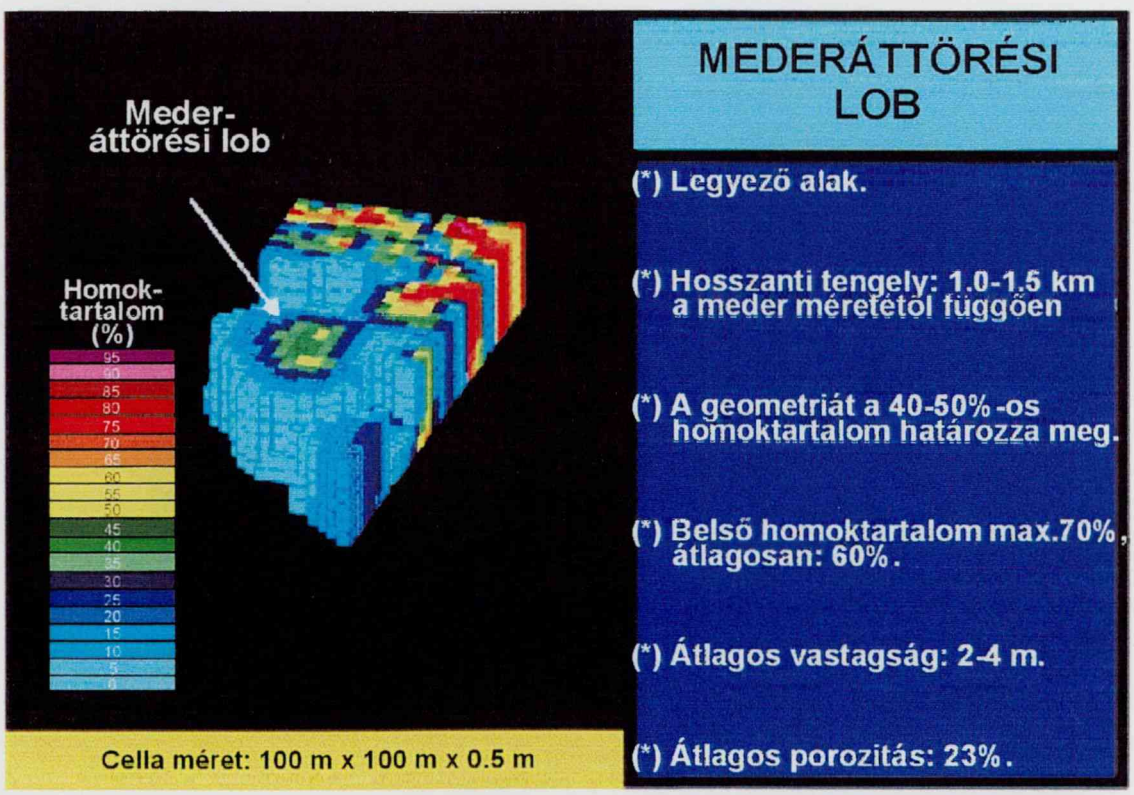
3.41.ábra: **Hordalékelosztó meder mederáttörési lobbal az Algyő-2 telepben és a Mississippi deltában**

3.7.2. MEDERÁTTÖRÉSI LOBOK

Amint már arról az üledékes fáciesek elemzésekor szó volt, a mederáttörési lobok akkor keletkeznek, amikor a **hordalékos víz áttöri a meder partgátját** és annak előterében, az **öböl alján legyező alakban rakja le üledékét** (***3.42.ábra***).

3.42.ábra: **Mederáttörési lob (Macquarie Rivulet az Illawarra tóban. MACQUARIE UNIVERSITY, SIDNEY internetes gyűjteménye)**

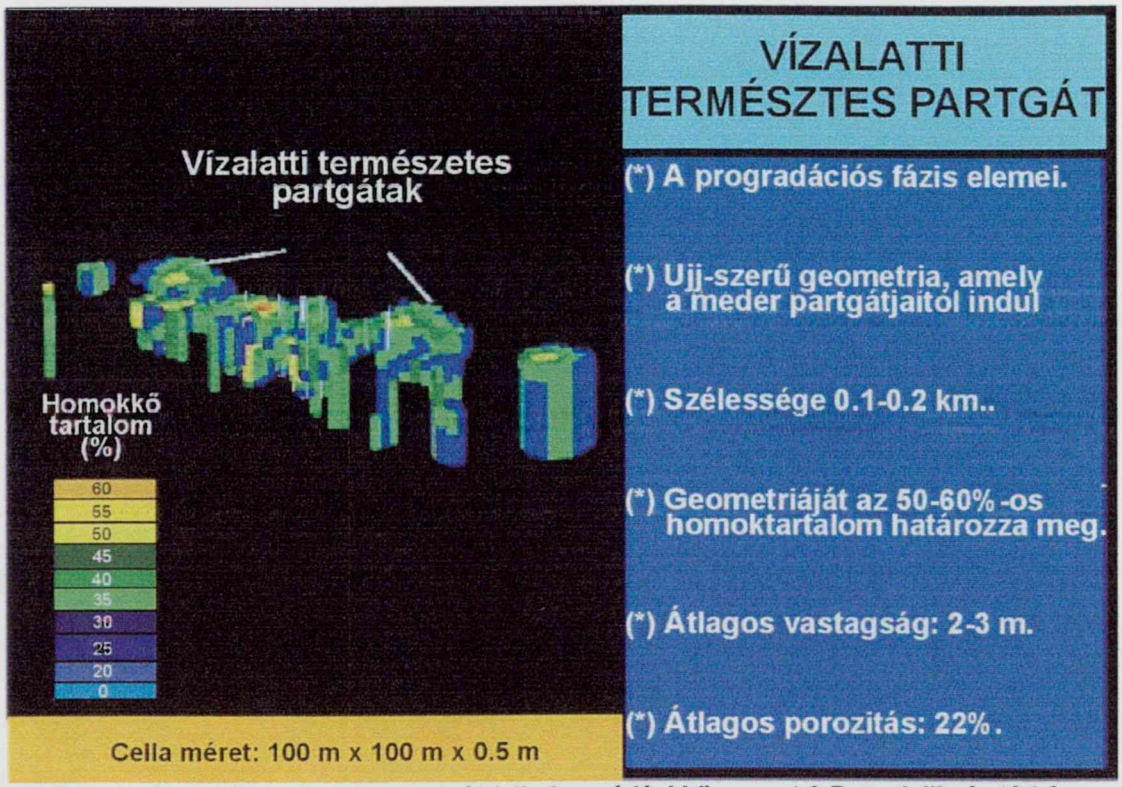
A vizsgált kőzettestekben megismerhető mederáttörési lobok – a mögöttes meder méretének megfelelően -- **nem túl nagy kiterjedésű kőzettestek**, ám jelentős szerepet játszanak az elosztóközi területek feltöltésében (***3.43.ábra***).



3.43.ábra: **A mederáttörési lob felhalmozódási környezet 3-D modellje és térképen felismerhető tulajdonságai (Geiger és Komlósi 1992 nyomán).**

3.7.3. VÍZ ALATTI TERMÉSZETES PARTGÁTAK

Ennek a környezet típusnak 3-D általánosítható modelljét a ***3.44.ábra*** mutatja.



3.44.ábra: **A víz alatti természetes partgát felhalmozódási környezet 3-D modellje és térképen felismerhető tulajdonságai (Geiger és Komlósi 1992 nyomán).**

Ezek általában **vékony homok alapú kőzettestek**, amelyek a **mederüledékek elvégződésében, annak pereme mentén kivékonyodva nyomulnak be a fogadó víztest aleurolit-agyagmárga tömegébe**. Közrefoghatják a meder előtt kialakult kis torkolati zátonyt is (***3.41.ábra***). Jellegzetes ujj-szerű **képződménypáros**, amelynek **vastagsága max. 2-3 méter lehet**. **Páros kifejlődése miatt geometriailag sem téveszthető össze a „zátony-ujj homokkövekkel"**.
Csak a meder progradációk időszakában képződik. Emiatt a kőzettestek felső harmadában csak ritkán fordul elő. **Összetétele a medertől távolodva finomodik**. Ugyanakkor **előfordulhat**, hogy a meder elvonszolódásának hatására **olyan felfelé durvuló sorozattal jelentkezik, amelyben a homokköves egységek vastagsága felfelé nő.**

3.7.4. TORKOLATI ZÁTONY

Félhold vagy ellipszis alakú kőzettest (***3.45.ábra***). "Szárnyai" mentén hosszanti **víz alatti természetes partgátak kapcsolódnak hozzá**. Külső zátony (outer bar) egységük, a teljes kőzettestnek kb. 1/3-a. A jól kifejlett zátonytestek hosszanti tengelye 2.5-2.0 km, az erre merőleges kistengely ennek kb. fele. A homok isopach kontúrok a kőzettest morfológiai határával párhuzamosak. A **legnagyobb**

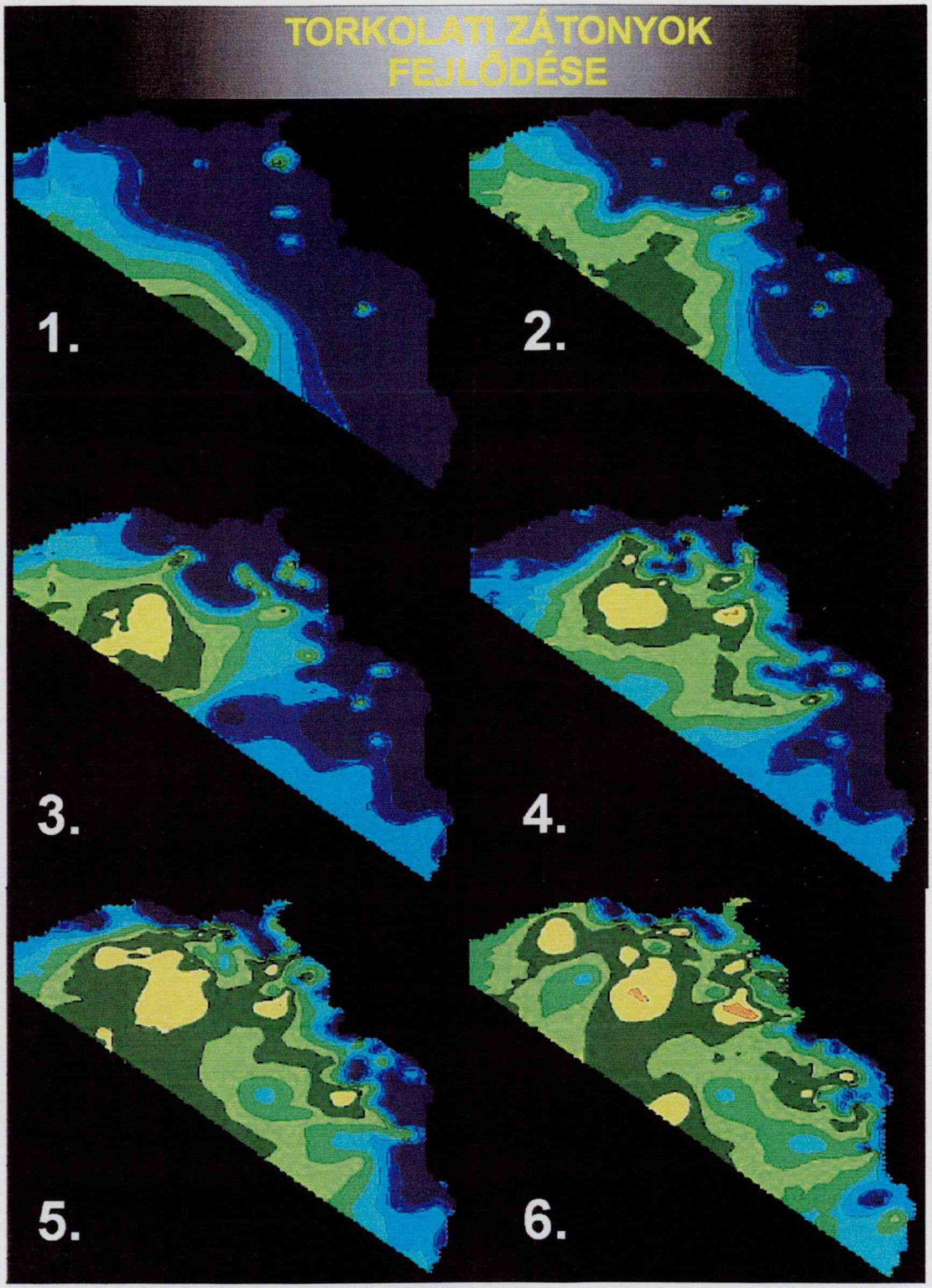
homoktartalom a zátony középső részén jelentkezik. E kőzettestek átlagos homoktartalma 60-80% között változik. A morfológiai határt a 40% homok isopach definiálja. A magok alapján a zátonytestek **folytonos homokköves vastagsága 3-5 m, míg teljes vastagságuk kb. 15m.**

3.45.ábra: **A torkolati zátony felhalmozódási környezet 3-D modellje és térképen felismerhető tulajdonságai (Geiger és Komlósi 1992 nyomán).**

Keletkezésüket a **fogadó víztest és a beömlő vízsugár sűrűségének viszonyából** származó hidraulikus tulajdonságok (BATES, 1953) a kőzettest geometriát a fogadó és beömlő víztest méretétől függetlenül egyértelműen meghatározzák (***3.46.ábra***).

3.46.ábra: **A kis torkolati zátony a Mississippi deltában (balra fent) és a Szeged-1 telepben (jobbra lent).**

A kőzettesteken belüli általánosítható **fejlődésmenetük** a következő:



3.46.ábra: **A torkolati zátonyok fejlődéstörténete.**

- A **külső zátony (outer bar) progradációja** (***3.46.ábra, 1. és 2. kép***)

- A zátony gerinccel együtt a **teljes zátonytest megjelenése** (***3.46.ábra, 3. és 4. kép***)
- A zátonytestbe a **mögöttes meder progradációval bevágja magát** (***3.46.ábra, 5. kép***)
- A további progradáció a **mederáttörések kiszélesedésével vagy meder avulzióval** történik (***3.46.ábra, 5. és 6. kép***).

Ennek eredményekét időben a zátony **jellegzetes progradációs sorozatot** alakít ki (***3.47.ábra***).

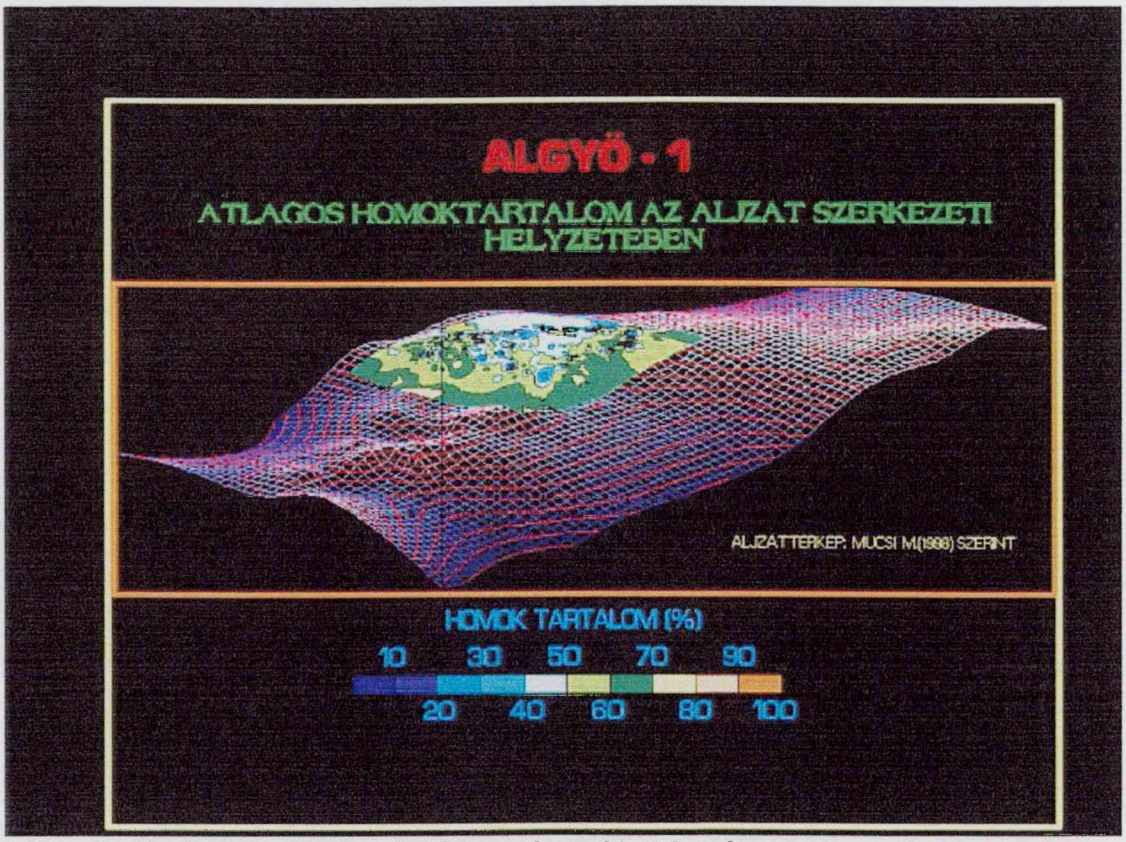
3.47.ábra: **A progradáló torkolati zátony jellegzetes 3-D modellje.**

SZTE Egyetemi Könyvtár SZEGED 13

4.KITERJESZTETT ÁTLAGOS HOMOKTARTALMAK

Az eddigi elemzések a kőzettestek fúrásokkal megismert részére vonatkoztak. A 3.5. fejezet kőzettest geometriai megállapításainak egyik lényeges megállapítása az volt, hogy **az egyes telepek feltöltődése a „peremek felöl indult el"**. A következőkben ennek a „peremi" jelzőnek elemzése történik.

Mivel a fúrásokkal nem megismert területre a térképi kiterjesztés komoly hibalehetőséget rejt, az **extrapolálás** nem metszetsíkonként, hanem **az egyes telepek metszetsíkok alapján átlagolt homoktartalmára történt**. Ez azt jelenti, hogy a telepek **egymás alatti** homoktartalmat kifejező **grid-celláira** egyszerű **számtani átlagot** számoltunk, majd az így kapott gridet terjesztettük ki a fúrásokkal feltártnál lényegesen nagyobb területre. A kiterjesztés eszköze az **indikátor krigelés** volt, amelynek **várható értéket megadó opcióját** alkalmaztuk (JOURNEL és DEUTSCH, 1998). A kapott grid rendszert az **algyői medencealjzat szerkezeti térképére** (MUCSI 1998) helyeztük fel, hogy az aljzat tektonika hatását elemezni lehessen. Az eredményeket a ***4.1.—4.6.ábrák*** mutatják.

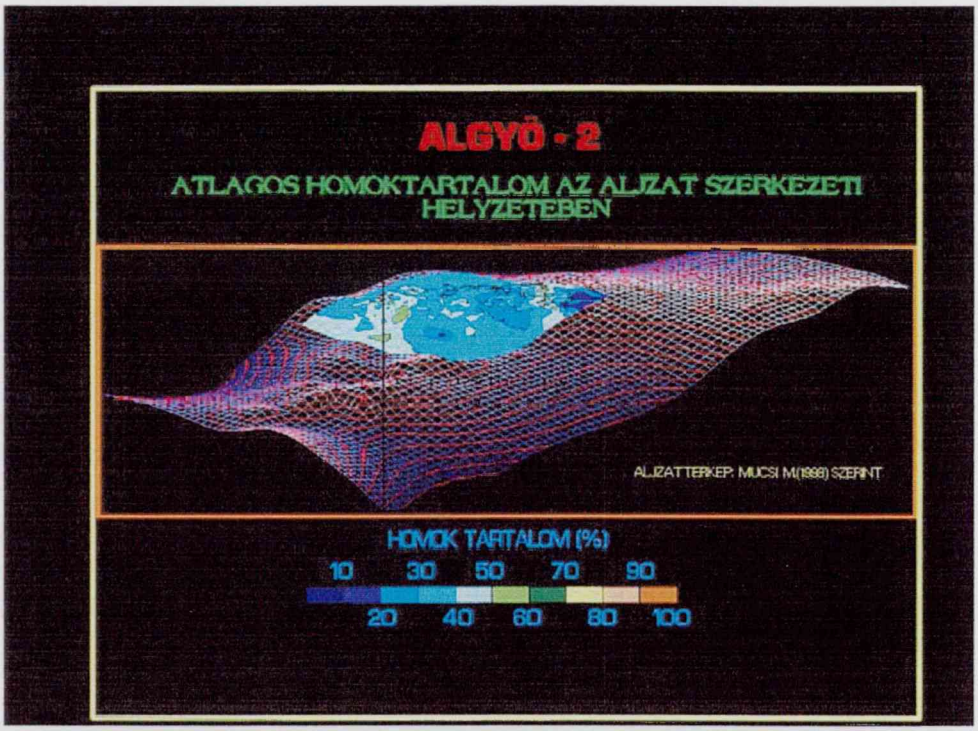


***4.1.ábra*: Az Algyő-1 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata**

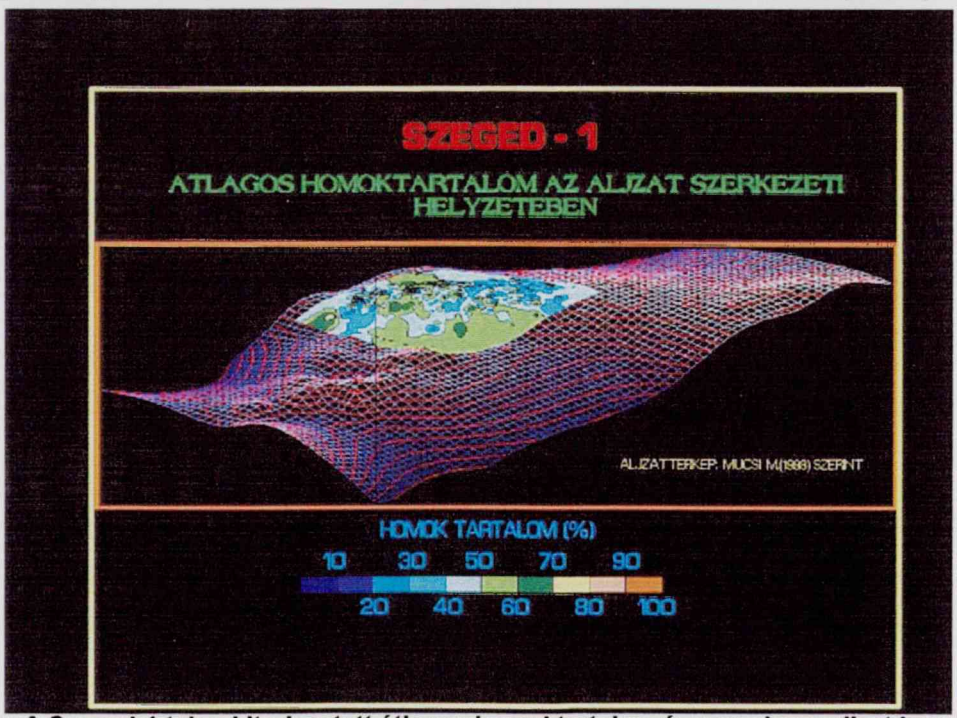
A hivatkozott ábrák alapján a következő **megállapítások** tehetők:

1. A **medencealjzat jelenkori morfológiája a kőzettestek homoktartalmára semmilyen hatással sem volt.** A **legnagyobb homoktartalmak** ugyanis az **„algyői gerinc" szárnyain** találhatók. Lecsúszásról pedig a 3.fejezet üledék fáciesei szerint szó sem lehetett. Ennek következtében **az aljzatban előforduló tektonikai elemek a kőzettestek keletkezését megelőzően, részben pedig azt követően alakultak ki.**

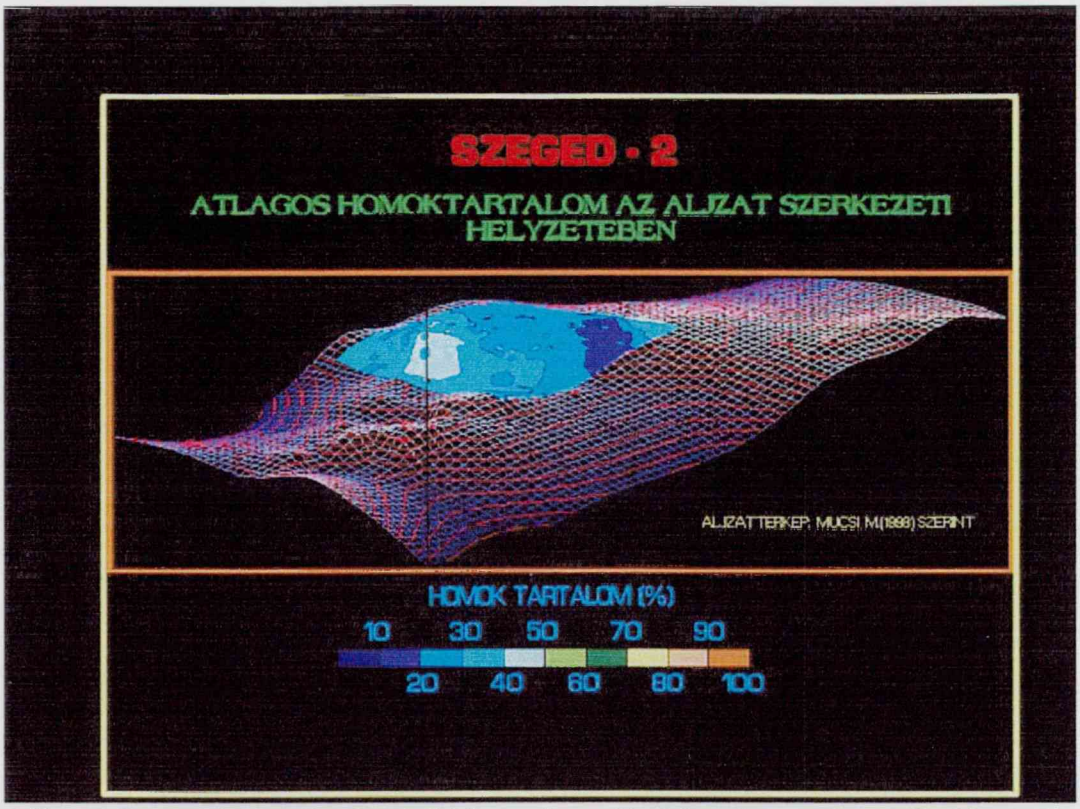
2. Az összes telepre igaz, hogy **a nagy átlagos homoktartalmú területek súlypontjai a területtől NY-DNY irányba valószínűsíthetők**. Ez az állítás jól igazolható a ***3.28., 3.30., 3.32., 3.34., 3.36. és 3.38. ábrák*** térképein, ahol minden egyes telep esetében az adott telep átlagánál nagyobb illetve kisebb homoktartalmakat jelöltük meg. A 4.1.—4.6.ábrák a tényleges cellaoszloponkénti átlagot mutatják be.



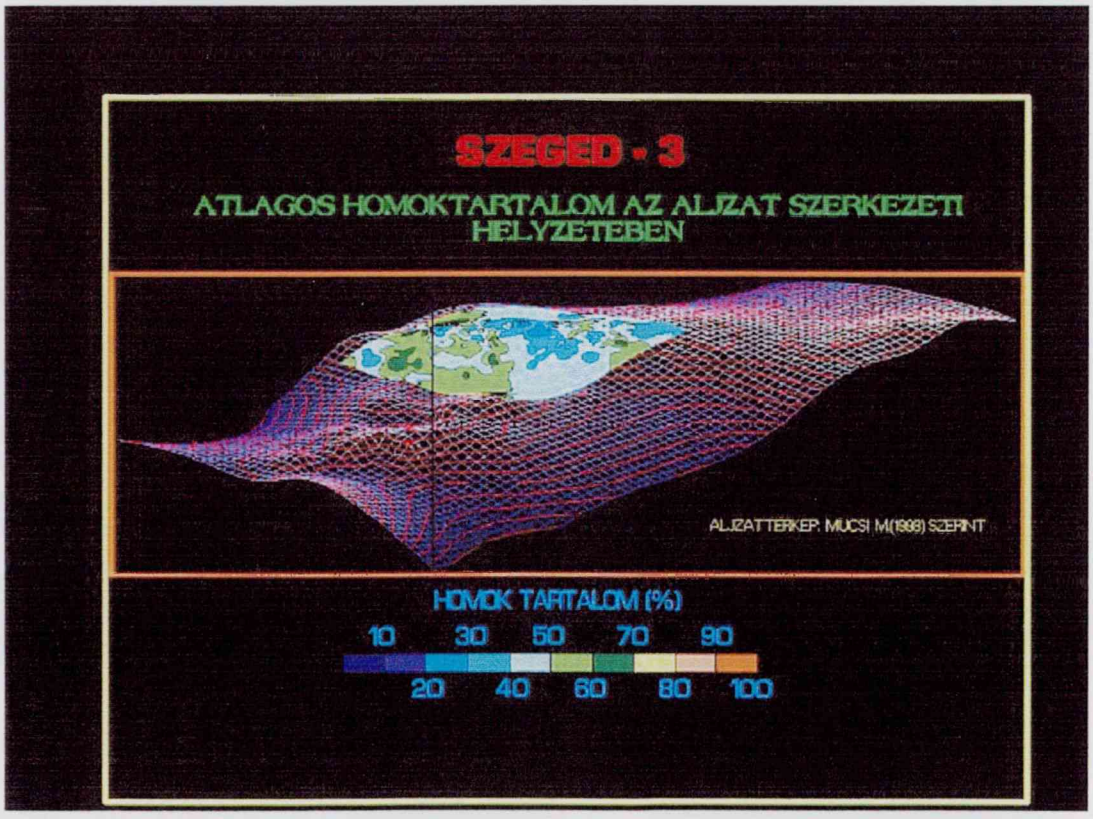
4.2.ábra: **Az Algyő-2 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata**



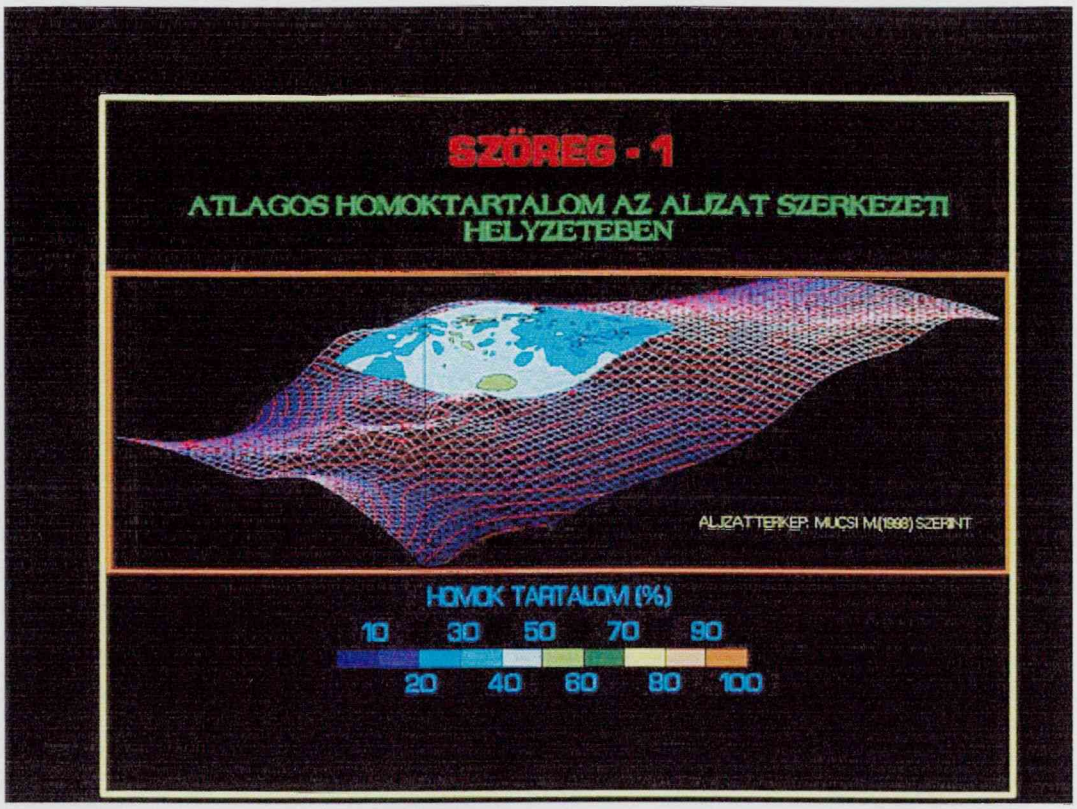
4.3.ábra: **A Szeged-1 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata**



4.4.ábra: A Szeged-2 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata



4.5.ábra: A Szeged-3 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata



***4.6.ábra*: A Szőreg-1 telep kiterjesztett átlagos homoktartalma és a medencealjzat kapcsolata**

5.KÖVETKEZTETÉSEK

A 3.5.11. fejezet záró megállapítása szerint „Az Algyő-deltában **látott üledék fáciesek alkalmasak** voltak egy **recens modell**, nevezetesen a ***folyóvíz uralta delta deltasíkján kialakuló nagy elosztóközi öböl feltöltődését*** **jelző folyamatok adoptációjára**. Az analógia alkalmazásakor megjelölt feltöltődési folyamatsor azonban már 3-D fejlődésmenet. Ennek egyenes folyománya, hogy **az üledék fáciesek alapján hipotézisként kialakított modellt** (folyóvíz uralta delta deltasíkján kialakuló nagy elosztóközi öböl feltöltődését) **akkor lehet bizonyítani, ha a vizsgált kőzettestek metszetsíkjaira alapozott fejlődéstörténet a recens analógia szerinti folyamatokat tükrözi**."

Megítélésünk szerint a modell bizonyítása sikerült. A 3.6. fejezet kőzettest geometriai elemzései alapvetően a **következő tényeket bizonyították:**

1. A vizsgált **hat kőzettest fejlődéstörténete igen hasonló**, sőt **képződésük első fázisa teljesen megegyezik**. Nevezetesen ekkor a terület csendes vizű agyagmárga sorozatára minden egyes kőzettest felhalmozódásának első időszakában a peremi területek felől a középső részek felé mutatva, rendszerint **DK, majd D, DNY, ÉK és ÉNY irányokból torkolati zátonyok** kezdik meg a terület feltöltését (***Mellékletek, 5.1.ábra***). Még ugyanebben a fázisban a **szomszédos zátonytestek egyesüléséből lepelhomok testek** alakulnak ki (***Mellékletek, 5.1.ábra***).

2. Az **Algyő-1 és Szeged-1 telep** kőzettestét ezt követően a **torkolati zátonyokból kitörő rövid medrek és ezek mederáttörési lobjai alakítják**. E két kőzettest fejlődésmenetének fő vonásai igen hasonlóak (***5.1.ábra***). Ebben a fázisban a rövid szakaszú medrek előterében **kis torkolati zátonyok** is kialakulhatnak.

3. Az **Algyő-2, Szeged-2, Szeged-3 és Szőreg-1 telep** esetében az 1.pont fejlődési fázisát **zátony-ujj homoktestek, rövid medrek majd újabb progradációval** az 1.pont **zátonyaihoz hasonló** kőzettestek követik.
   A zátony-ujj homoktestek kialakulása BATES (1953) elmélete és FISK (1961) vizsgálatai alapján akkor keletkezik, amikor a fogadó víztest és a beömlési sugár sűrűségi kontrasztja az utóbbi javára számottevő (**hiperpiknikus áramlási sugár**, BATES, 1953). Ennek oka lehet a megváltozott klíma, vagy a fogadó víztest kiédesedése egyaránt.
   A **Szeged-2 telep fejlődésmenete ezzel a szakasszal zárul is** (***5.1.ábra***).

4. Az **Algyő-2 és Szeged-3 kőzettestek** esetében a 3.pont fejlődésmenetét **ismételt progradációval rövid szakaszú medrek, mederáttörési helyek üledékképződése** folytatja és egyben zárja. Ezek a kőzettestek részben a 3.pont üledéksorába vágták be magukat, részben azokon túlnyúlva a még meglevő öbölrészeket töltötték fel (***5.1.ábra***).

5. A **Szőreg-1 telep** kőzettestének története minden más telepétől különbözően már **jellegzetes folyóvízi sorozattal** folytatódik a 2.pont sorozatára következően (***5.1.ábra***).

***5.1.ábra*: A vizsgált kőzettestek fejlődéstörténeti összefoglaló modelljei**

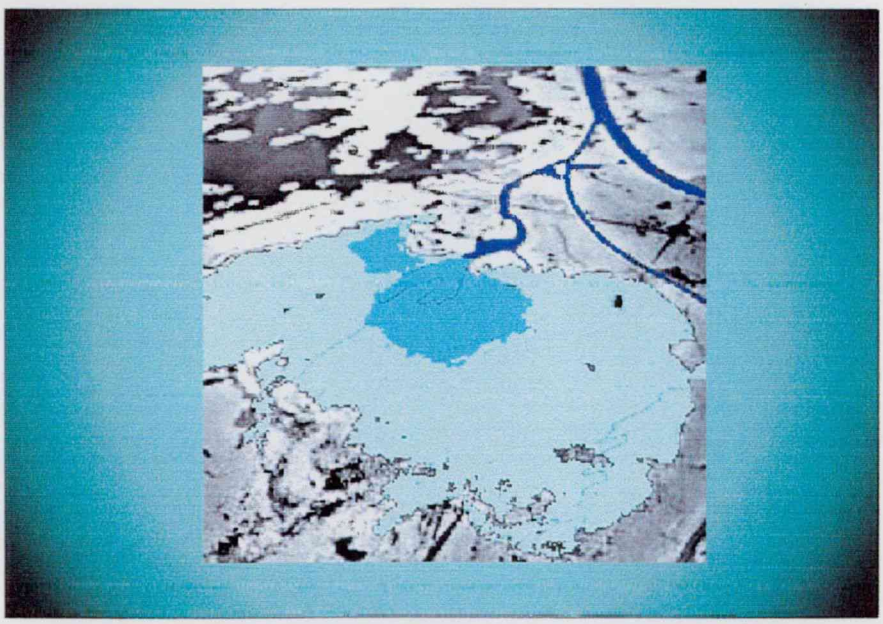
A fenti gondolatmenet következményeként az Algyő delta vizsgált kőzettesteinek **deltán belüli felhalmozódási helyeként olyan morfológiai helyzet jöhet** számításba, ahol

- **a fogadó víztestbe a peremek felöl** – mintegy háromnegyed körívben érkeznek **a hordalékelosztó medrek**;
- **a medrek rövid szakaszúak**, gyakori a **mederváltás** és **a bifurkáció**;
- a rövid szakaszú medrek előterében **kis méretű torkolati zátonyok sorozata** alakul ki;
- **gyakoriak a mederáttörések** illetve ezeknek is **lob**-kifejlődése;
- mind a **mederáttörési lobok**, mind a **kis méretű torkolati zátonyok** viszonylag közel helyezkednek el egymáshoz, aminek eredményeként **laterális növekedésükkor lepelhomok testek** alakulhatnak ki;
- a peremi területek felöl a mederváltások **meder progradációval** társulnak, amely a kis méretű torkolati zátonyok progradációját is eredményezi akár több fázisban is egy-egy kőzettesten belül;
- a csendes vizű területek feltöltése egy-egy kőzettesten belül soha nem tökéletes, **mindig maradnak kisebb-nagyobb összefüggő vízfelületek** (Mellékletek);
- a már feltöltött területeken a meder váltások eredményeként olyan **lepelhomok testek** alakulnak, amelyek a **medrek laterális találkozásából fejlődtek ki**.

A ***5.2.ábra*** egy olyan **jelenkori térszínt** mutat, amely a fentiekben összefoglalt jelenség **mindegyikét folyamat szinten tartalmazza**. A kép a Mississippi delta egyik ***elosztóközi öblét*** mutatja a fő medertől Keletre.

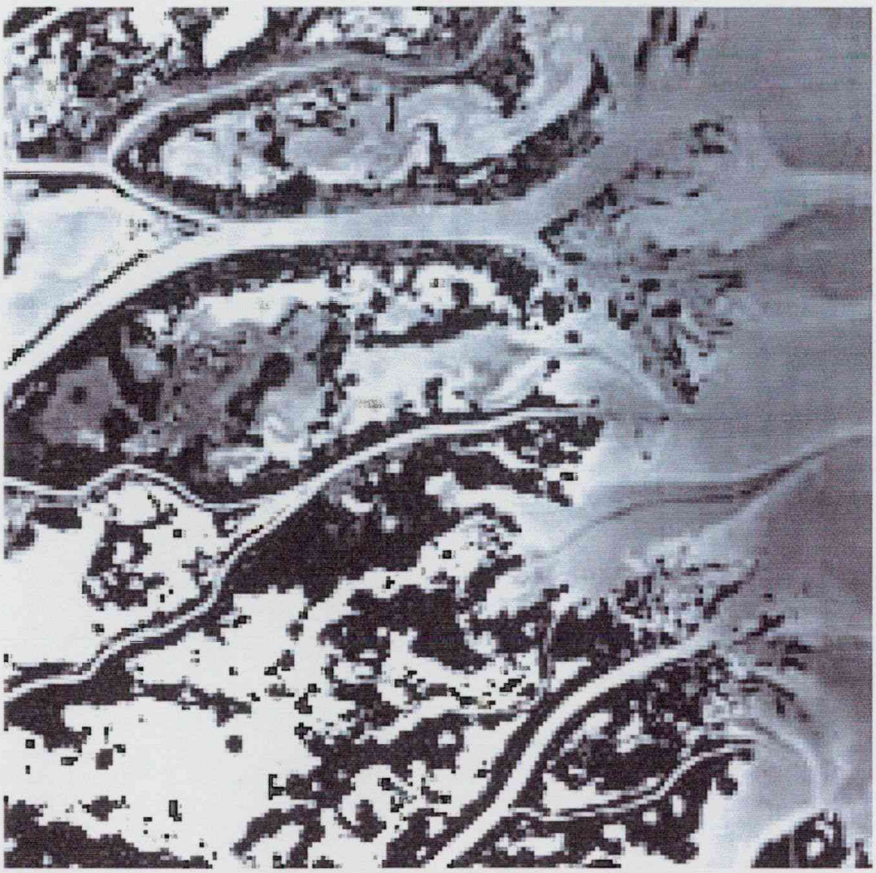
5.2.ábra: **A fejlődésmenet recens analógiája: hordalékelosztó-közi öböl (Mississippi delta, MACQUARIE UNIVERSITY, SIDNEY internetes gyűjteménye)**

Az ilyen elosztóközi öblökben a feltöltés eredményeként **szub-delták** alakulhatnak ki (***5.3.ábra***).



5.3.ábra: **A mederáttörési helyek környezetében szub-delták alakulnak ki a az elosztóközi öblökben (Mississippi delta, MACQUARIE UNIVERSITY, SIDNEY internetes gyűjteménye)**

Az egymás közeli **mederáttörési helyek és az előterükben kifejlődött torkolati zátonyok laterális növekedése valóban lepelhomok testeket** képes kialakítani (***5.4.ábra***).



5.4.ábra: **Szorosan egymás mellett kialakult szub-delták elosztóközi öbölben (Mississippi delta, MACQUARIE UNIVERSITY, SIDNEY internetes gyűjteménye)**

A jelenkori ***hordalékelosztó-közi öblöket*** **extrém sekély** (általában néhány méter) vízmélység jellemzi. Az áradásmentes időszakokban **brakk vagy normál sótartalmú** víz, míg az áradási periódusokban **édesvíz borítja** területüket. Ilyenképpen **létrejöhet a zátony-ujj homokkövek kialakulásához szükséges sűrűségi kontraszt.** Az **üledékképződési ütem csak a torkolatok környezetében nagy. Az öböl belseje csak periodikusan kap hordalékot**.

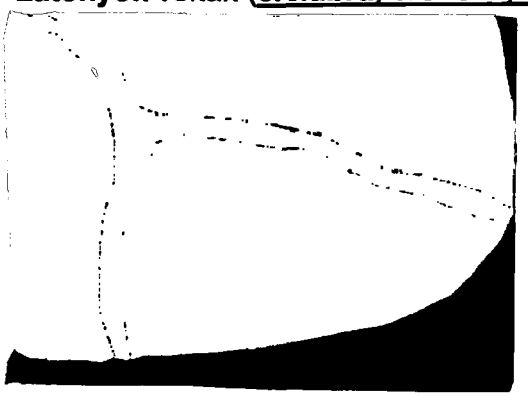
A telepek **általánosított fejlődésmenete** az alábbiak szerint modellezhető:

1. A **feltöltődés kezdetén** a vizsgált területen nagyobb kiterjedésű **elosztóközi öböl** volt. „a" **delta fő medrei** részben a vizsgált területtől **DNY-NY-i**, részben attól **É-ÉK-i** irányban helyezkedhettek el[1] (***5.5.ábra***).

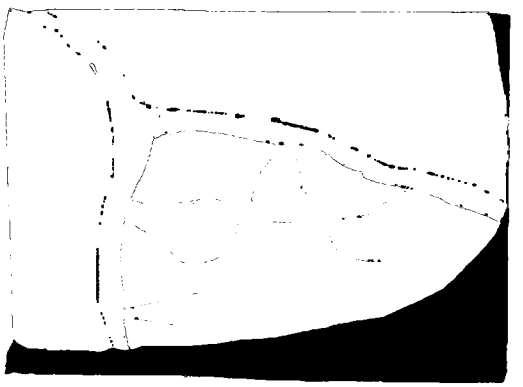
---

[1] ***A legutóbbi szeizmikus elemzések kimutatták a területtől DNy-i irányban elhelyezkedő nagy medret*** (RÉVÉSZ I. szóbeli közlése).

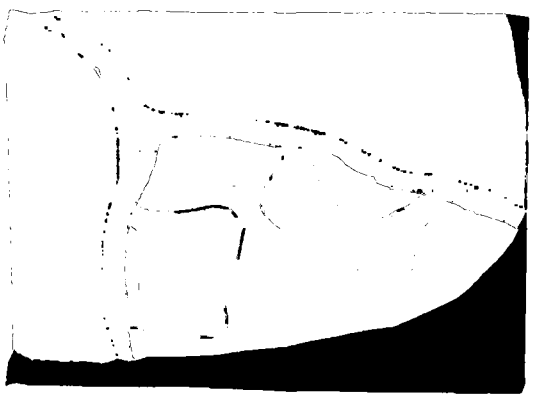
2. A kőzettestek kialakulásának legelső lépcsőjében megjelenő **torkolati zátonyok**, e főmedrekről leváló nagy **mederáttörések előterében kialakult torkolati zátonyok** voltak (*5.6.ábra, v.ö. 5.1., 5.3. és 5.4.ábra*).



5.5.ábra: **A fejlődésmenet első fázisa**



5.6.ábra: **A fejlődésmenet második fázisa**



5.7.ábra: **A fejlődésmenet harmadik fázisa**

5.8.ábra: **A fejlődésmenet negyedik fázisa**

5.9.ábra: **A fejlődésmenet ötödik fázisa**

3. Ezeknek a **zátonyok**nak **laterális találkozásából lepelhomok testek** alakultak ki (*5.7.ábra, v.ö. 5.1., 5.3. és 5.4.ábra*).
4. A **lepelhomok testeken peremi főmedrek progradációja miatt,** megújuló energiával **előrenyomultak a kezdeti mederáttörések medrei** (*5.8.ábra*). Ennek során **részben bevágódtak** a peremi lepelhomokba, **részben** annak **előterében újabb zátonysort** alakítottak ki (*5.8.ábra*).

lepelhomokba, **részben** annak **előterében újabb zátonysort** alakítottak ki (***5.8.ábra***).

5. **E zátonysorok egyesüléséből ismét lepelhomok képződött** nagy területeken. A **peremi „háttereken" pedig faágszerű medrek**, mederáttörések üledékképződése folyt (***5.9.ábra***).
6. A **főmedrek laterális elvonszolódása vagy elgátolódása miatt az öböl feltöltése megszakadt, és ismét az agyagmárga üledékképződés vált általánossá**. Így felhalmozódott a homokos **kőzettesteket elválasztó agyagmárga-aleurolit sorozat.**
7. Ezután a 1.pont szerint ismétlődött a folyamat.

A vázolt felhalmozódási modell egyik sarkalatos **következménye**, hogy **a mocsári képződménysor a telep ÉNY-i részén (a két peremi főmeder elágazásának közelében) alakulhatott ki** (***v.ö. 5.2. és 5.4.ábra***). A szenes agyag fás barnakőszén betelepülések helyei a 2.fejezetben tárgyaltak szerint valóban itt találhatók.

ÖSSZEFOGLALÁS

1. **A modellezési folyamat alapgondolata a következő:**
   1.1. Az adott kőzettestben a **kőzettípusok** valamint az **üledékszerkezeti jegyek** alapján határozzuk meg a rendelkezésre álló fúrások vertikális szelvényében az **üledékes fácieseket** (***2.6.ábra***, "Kőzettípusok, üledékszerkezet").
   1.2. A szórvány **szemcseösszetételi vizsgálatok**nak végezzük el a sokváltozós genetikai feldolgozását, amelynek segítségével **a minták felhalmozódási módjára** tudunk megállapításokat tenni.
   1.3. Ahol lehetőség van, **korreláljuk a felhalmozódási módokat és az üledékes fácieseket**. Ha az értelmezés korrekt, akkor ez a kapcsolat nyilvánvaló. Ilyen módon lehetőség van az **üledékes fácies kiterjesztésére** a kőzettest olyan területeire is, ahonnan részletes kőzetanyag információ nem -- vagy már nem -- áll rendelkezésre.
   1.4. Végezzük el a **geofizikai lyukszelvények és a kőzetanyag kalibrálását**. Erre a célra RÉVÉSZ (1980) a sekély behatolású **mikrolog** szelvényt használta és területileg kiterjeszthető **elektrolitológiai kategóriák**at állított fel (***2.1.táblázat***). A mikrolog szelvények pontatlansága (elsősorban nem-mélységhelyes tulajdonsága) az **SP és Gamma** szelvény alapján korrigálhatók. Ezzel a megoldással az **üledékes kőzettípusok kiterjeszthetők** a tároló azon részére is, ahonnan kőzetanyag nem áll rendelkezésünkre. Az úgynevezett "1 m-re eső összhomokkő vastagság" olyan **fél-kvantitatív tulajdonság**, amely az egykori **paleoáramlások létét és intenzitását** is kifejezi.
   1.5. **Térképezzük** a fenti tulajdonságot a kőzettestben (***2.8.ábra***). Azoknak a fúráspontoknak környékén, ahonnan a vertikális üledékfácies sorokat azonosítani lehetett, vizsgáljuk meg a **térképi kontúrokat**. Mivel a homoktartalom amellett, hogy a kőzettípusok kiterjesztésére alkalmas, visszatükrözi a paleoáramlások erősségét és létét is, így **a térképi kontúr az üledékfácies környezetében az üledékfácies által képviselt genetika geometriáját adja vissza (*2.8.ábra*). Ez pedig a 2.2. fejezetben adott definíció szerint nem más, mint a felhalmozódási környezet. A kontúr geometriája és az üledékfácies tehát alkalmasnak tűnik a felhalmozódási környezet azonosítására a "kulcs-fúrás" környezetében**. Más területeken pedig a kontúr által adott geometria "legkülsőbb" kontúrvonalának értéke (pl. 40%-os homoktartalom stb.) alkalmas az adott környezet felismerésére.
   1.6. Ha az 5.pont lépéseit a kőzettesten belül sűrű mélységközönként elvégezzük, majd a "térképeket" egymás alá tesszük, akkor a fentiek alapján részben a kőzettestet kialakító folyamatok időbeli változását, részben az azonosított felhalmozódási környezetek 3D-alakjait kapjuk meg.
2. Az áttekintett jellegzetes üledékszerkezeti jegyek az alábbi **felhalmozódási dinamikát** mutatják:

2.1. A vályús ferderétegződés váltakozóan **erős szállítási energiával bíró**, nagy szuszpenzió tartalmú áramlásokat, **eróziós, de durvatörmelék nélküli medreket mutat**. Képződésük nagy mennyiségű hordalékot kíván.

2.2. A táblás ferderétegződés mennyisége elenyésző az előzőhöz képest. Ebből az következik, hogy meglehetősen **ritka a kőzetmag átmérőjénél (kb. 20 cm) nagyobb mederforma. Az áramlási medrek, tehát nem voltak "túl" mélyek**.

2.3. A sík párhuzamos rétegződésű homokkövek jelenléte **időnként erős lineáris áramlást** mutat. Mivel ezek jelenléte igen ritka, ez a jellegzetesség nem meghatározó a sorozatban.

2.4. A fláseres rétegződés azt bizonyítja, hogy **bizonyos kisebb energiájú áramlási időszakokban a homok leülepedésének és megőrződésének feltételei sokkal kedvezőbbek, mint az agyagénak**. Ekkor a homokot ülepítő áramlások és az agyagot ülepítő csendes vízi időszakok váltakoznak.

2.5. A tömött szerkezet nélküli homokkövek delta környezetekben **a mederáttörési lobok** sorozatában gyakoriak. Az imbrikált intraklasztok már konszolidált üledék erózióját mutatják, amelyek szintén a mederáttörési helyek és **torkolati zátonyok** jellemzői. A kis méretű víz alatti suvadások **lokális lejtős üledékes térszíneket** bizonyítanak, amelyek úgyszintén megerősítik mind a mederáttörési lob, mind a torkolati zátony jelenlétét. Az összeolvadási felszínek alapján, a **rétegen belüli erózió helyenként, de csak lokálisan történhetett**.

2.6. Az áramlásmentes időszakokban a **vízborítás legfeljebb néhány méteres lehetett** a függőleges gyökérmaradványok tanúsága szerint (RÉVÉSZ, 1982).

2.7. Az üledékszerkezeti jegyek alapján rekonstruálható **mederformák** közül döntően a **hullámfodrok** és **legfeljebb a dűne alakulatok** (táblás ferderétegződés) jöhetnek számításba. Ezek vagy nagyon mély (akár több tízszáz méter) vagy sekély (néhány méter) vízborítást bizonyítanak. Az előbbi a bioglifák és fauna alapján teljességgel kizárható. Végül is **az üledékszerkezeti jegyek a deltasík hordalék-elosztó közti öbleinek** (interdistributary bays) **üledékképződését mutatják az összes vizsgált kőzettestben (Algyő-1-,2, Szeged-1-,2-,3, Szőreg-1), ahol a mederáttörési lobok szubdeltává fejlődve végzik a csendes és sekély vízfelületek feltöltését. A medrek szerepe alárendeltebb**.

3. A magok alapján azonosított lényegesebb üledék fáciesek illetve vertikális sorozatok a következők voltak:

3.1. **MEDER → MEDERÁTTÖRÉSI LOB átmenet**: A mederüledéknek mind a vastagsága, mind laterális geometriája **rövid szakaszú lineáris vízfolyást** bizonyít. A meder változó (homokkő és durva aleurolit) kőzettartalma **erősen fluktuáló hordalékszállítás**ról számol be.

3.2. **MEDER → TORKOLATI ZÁTONY átmenet**: A vizsgált sorozat kőzettesteiben a meder üledékképződést a mederáttörési lob kőzetsorán kívül jellemzően meder-torkolati zátony sorozat is felválthatja (***3.16.ábra***). Ilyen fejlődésmenet tapasztalható minden olyan alkalommal, amikor a fogadó víztest először találkozik a belétorkolló lineáris hordalékszállító mederrel. Ekkor az adott ponton **a fokozatosan progradáló meder durvuló hordaléka eleinte durva aleuritként, majd feldurvulva**

finomhomokkőként jelentkezik. Ezt követően a **meder előterében torkolati zátony épül ki** a vízfolyás és a fogadó víztest kölcsönhatásának eredményeként, **miközben a feltöltés előbbre „lép"** (***3.16.ábra alulról 3. és 4. térkép***). A ***3.16. ábra 3.térképén*** jól látható a zátony üledék fácies jellegzetes vese-alakú geometriája, illetve a zátony gerincvonalának magas homoktartalmú kontúrja. A fejlődés következő ütemében a **zátonyba bevágja magát a hordalékszállító meder, miközben az üledékképződési súlypont tovább helyeződik a fogadó víztest belseje felé.**

3.3. **MEDERÁTTÖRÉSI LOB/TORKOLATI ZÁTONY → MEDER átmenet**: A meder előtt a fogadó víztestben kialakuló **torkolati zátony továbbfejlődése történhet periodikusan is.** Ebben az esetben a zátonyból a **mederág időszakos kitörését mederáttörési lobok** fejezik ki. Ezekre a **lobokra** (esetleg vízalatti természetes partgátakra) a torkolati **zátony viszonylag gyorsan rátelepül és rajta meder jelenhet meg.** Maga a folyamat **a fluktuáló hordalékutánpótlás** miatt többszörösen ismétlődhet egy adott helyen (***3.17.ábra***).

3.4. **MEDERÁTTÖRÉSI LOB → TORKOLATI ZÁTONY átmenet**: Ilyen helyzet akkor történhet, amikor **a feltöltés kezdetben lassú ütemű és fluktuáló, majd hirtelen felgyorsul.** A ***3.18.ábra*** arról is beszámol, hogy a **mederáttörési lob és a torkolati zátony megjelenése között, viszonylag hosszabb csendes vízi időszak is eltelhet.**

3.5. **MEDERÁTTÖRÉSI LOB visszatérő megjelenése**: A 870.sz fúrás magja **két ütemben megjelenő mederáttörési lob**ot mutat (***3.20.ábra***). A mederáttörési lob üledéksora **először kisebb, a második alkalommal nagyobb energiával** jelent meg. Mindez ismételten megerősíti, hogy a hordalékszállító **medrek szállítási energiaszintje meglehetősen változó volt.** Ennek a ***3.20.ábra*** rétegsorában egészen biztosan nem évszakos változás volt, hiszen a bemutatott sorozatban kódolt geológiai időkeret több ezer év (vagy több). Más lehetőség nem lévén: **a fluktuáció egyedüli okaként csak a mederáttörés „anya-medrének" változóan aktív és passzív hordalékszállító jellege** marad. Ez egyben azt is bizonyítja, hogy a vizsgált kőzettestrész (a 870.sz fúrás környezete) **nem az Algyő-delta fő-ága volt**, hanem valamely mellékág tágabb környezetében levő ún. **elosztóközi öböl** (interdistributary bay).

3.6. **TORKOLATI ZÁTONY üledékfáciese**: **Torkolati zátony** üledékfácies rétegsorát mutatja a ***3.22.ábrán*** a 329.sz. fúrás vizsgált rétegsora. A **progradációs sorozat** mellett a **geometria** is kifejezi, hogy a **zátonyelőtéri helyzetet hogyan váltja fel a zátony-gerinc kitettség.** Ez utóbbi sorozatot jól osztályozott homokkő jellemzi.

3.7. **ELOSZTÓKÖZI ÖBÖLKITÖLTÉS üledék fáciese**: A ***3.23.ábra*** a **medrek természetes partgátai** felett **areálisan átfolyó hordalékos víz által lerakott jellegzetes rétegsort** mutatja be. A deltasík e részei általában **zárt, sekélyvízi környezetek.** A csendes vízi időszakokat gyakran zavarják meg **áramlási periódusok**, amelyek során **a természetes partgátakon áttörő víz kilép a hordalékelosztókból** (***3.23.ábrán*** a rétegsor közepén megjelenő vékony homokkő egység). **Ez a folyamat az elsődleges hordalékszállító**, amely partgátakat, mederáttörési lobokat (***3.23.ábra*** homokegysége), mederáttörési csatornákat alakít ki (ELLIOT, 1974).

4. **A litológiai modell rétegsor (modális sorozat) előállításának eszköze a Markov analízis volt**. Az eljárás strukturálási szakaszában a lépések száma fokozatosan változtatható (lényegében az egységskála - 20 cm - nagyságát növeljük vagy csökkentjük) annak érdekében, hogy részben szedimentológiailag értelmezhető, részben az egylépéses Markov folyamat khi-négyzet próbáját (BILLINGSLEY 1961) kielégítő átmenet gyakorisági mátrixot kapjunk. Ilyen szempontok alapján végül is **két értelmezhető, statisztikailag is szignifikáns modell** alakult ki: egy négy- és egy ötlitológiájú Markov modell. Mindkét esetben megtörtént annak a stabil átmenetvalószínűségi vektornak meghatározása, amely megadja, hogy a modell alapján a kőzettestnek milyen százalékos összetétele várható a modell litológiai típusainak fogalmában. A **négy-litológiájú modellben** a tárolót jellemzően felépítő kőzettípusok az agyagmárga, finom és durva aleurolit, valamint homokkő voltak. Az eredményként kapott, a teljes kőzettest kialakulásának lényegét mutató modell rétegsor egy torkolati zátony sorozat (***3.24.ábra***). Azaz a **fejlődésmenet váza:** *elosztó torkolati zátonyok kialakulása, majd delta lob elvonszolódás*. Az **ötlitológiájú modell** (agyagmárga, finom aleurolit, durva aleurolit, finomhomokkő, középszemű-és durvább homokkő) már részletesebb megközelítést mutat be. Ebben a modellben már *három egymásra települő torkolati zátony(rendszer)* látható, amelyben a középső egység a legdurvább (***3.25.ábra***).

5. Az üledék fáciesekben összegzett **szállító-ülepítő rendszer laterális változékonysága** a szemcse-eloszlás adatok genetikai osztályozásával vehető figyelembe - legalábbis a diagenezis litifikációs állapotában. Egy **r-hierarchikus, Q-tipusú cluster analízist**, amely a mintákat a szemcseméret frakciók súlyszázalékainak együttes figyelembevételével osztályozta, **400 db minta vizsgálatára** használtuk. Az alkalmazott hasonlósági mutató a mintákat képviselő helyvektorok közötti szög koszinusza, míg a redukciós eljárás a centroid módszer volt. Az osztályok és alosztályok tartalmi meghatározása részben az egyes osztályokhoz tartozó minták paramétereinek **R-tipusú faktor analízisével**, részben a minták **üledékszerkezeti jegyeinek elemzésével** történt. Eredményként a mintákat két főcsoportba lehetett sorolni (***3.26.ábra***):
   5.1. **Homokos durva aleurolitok**, amelyek a kőzettestben egymás felett megjelenve felfelé durvuló tendenciát mutatnak és homok:aleurit arányuk 1. A csoporton belül *aktív medrek, öblök és a mederáttörési helyek finomabb üledékei mellett az elosztómedrek anyagát is fel lehetett ismerni.*
   5.2. A másik főcsoport **finomhomokos apróhomokkövekből** állt, amelyekben gyakoriak az *intraklasztok* (agyagmárga, aleurolit), és az **eróziós felszínek**. Ez a csoport az elemzési eredmények alapján *az aktív hordalékszállító ágak üledékének* tekinthető. A csoportot *a mederaljzatok és elosztó-torkolati zátonyok durva szemcsés üledékei* jellemzik.

   Ezek a 'fáciesek' többé-kevésbé különálló kőzettípusokat is adnak, de természetesen hasonlóságok is előfordulnak. Ez a lépés egyértelműen **igazolta az üledékszerkezeti jegyek és rétegsorok üledékes fácieseinek és a Markov modellek tartalmának helyességét.**

6. **A kőzettesteket felépítő lényegesebb felhalmozódási környezetek az üledékes fáciesek geometriai (térképi) kiterjesztésével határozhatók meg. Ezek a következők:**

6.1. **Elosztó torkolati zátony:** ***Félhold*** *vagy* ***ellipszis*** alakú kőzettest. "Szárnyai" mentén hosszanti víz alatti természetes partgátak kapcsolódnak hozzá. ***Külső zátony*** (outer bar) egységük, a teljes kőzettestnek kb. 1/3-a. A jól kifejlett zátonytestek ***hosszanti tengelye 2.5-2.0 km,*** az erre merőleges kistengely ennek kb. fele. A homok isopach kontúrok a kőzettest morfológiai határával párhuzamosak. A ***legnagyobb homoktartalom a zátony középső részén*** jelentkezik. E kőzettestek átlagos ***homoktartalma 40-80%*** között változik. A morfológiai határt a 40% homok isopach definiálja. A magok alapján a zátonytestek ***folytonos homokköves vastagsága 3-5 m,*** míg ***teljes vastagságuk kb. 15 m.*** Keletkezésüket a fogadó víztest és a beömlő vízsugár sűrűségének viszonyából származó hidraulikus tulajdonságok (BATES, 1953) a kőzettest geometriát a fogadó és beömlő víztest méretétől függetlenül egyértelműen meghatározzák (***3.46.ábra***). A kőzettesteken belüli általánosítható fejlődésmenetük a következő:

- A zátony gerinccel együtt a teljes zátonytest megjelenése (***3.46.ábra, 3. és 4. kép***)
- A zátonytestbe a mögöttes meder progradációval bevágja magát (***3.46.ábra, 5. kép***)
- A további progradáció a mederáttörések kiszélesedésével vagy meder avulzióval történik (***3.46.ábra, 5. és 6. kép***).

Ennek eredményekét időben a zátony jellegzetes progradációs sorozatot alakít ki

6.2. **Hordalékelosztó medrek:** ***Megnyúlt*** geometriájúak. ***Hossztengelyük 2.0-4.0 km, szélességük 0.2-1.0 km*** az erózióbázistól (nyílt vízborítás) vett távolságuk függvényében. Határaikat általában a 30%-os homok isopach definiálja, ***homoktartalmuk általában 40%. Leghomokosabb részeik*** 30-50 m sugarú, kör alakú, ***diszkrét foltok*** formájában láthatók, amelyek ***homoktartalma 50-60%***, extrém esetben 70%. **3-D** általánosítható **modelljük** a ***3.39.ábrán*** látható. Általában finomszemcsés üledékek halmozódnak fel benne, amelyek a meder élettartamán belül gyakran erodálódhatnak is (v.ö. összeolvadási felszínek). A metszet térképek elemzése alapján állítható: gyakori volt a mederváltás (***3.40.ábra***) és a bifurkáció (***3.41.ábra***). Ez utóbbi faág-szerű geometriával jelentkezik.

6.3. **Víz alatti természetes partgát:** Ez a környezettípus területileg jobbára a delta(lob) előrenyomulás szakaszában ismerhető meg (magban sokkal gyakrabban és biztosabban). ***Ujjszerű*** geometriájú. A kőzettest az elosztó torkolati zátony szárnyaiból indul ki. Kb. ***0.1-0.2 km szélesek***, határaikat az 50-60%-os isopach határozza meg. A belső homoktartalom isopachjai a morfológiai körvonallal párhuzamosak. A ***leghomokosabb kifejlődés a 'gerinc-vonalon'*** található. Csak a meder progradációk időszakában képződik. Emiatt a kőzettestek felső harmadában csak ritkán fordul elő. Összetétele a medertől távolodva finomodik. Ugyanakkor előfordulhat, hogy a meder elvonszolódásának hatására olyan felfelé durvuló sorozattal jelentkezik, amelyben a homokköves egységek vastagsága felfelé nő.

6.4. **Mederáttörések:** Ezek ***legyező alakú*** kőzettestek, amelyek szűkebb 'torka' az elosztó mederből indul ki. ***Hosszanti tengelyük 1.0-1.5 km*** a szomszédos elosztómeder méretétől függően. Belső ***homok*** tartalmuk ***foltokban halmozódva*** néhol extrém értékeket mutat a legyező közepén. Ettől eltekintve a homok isopachok párhuzamosak egymással. A

102
SZEGED

morfológiai határt a 40-50%-os homok isopach adja, a belső részek ***homoktartalma*** elérheti a 70%-ot, de ***átlagosan kb. 60%*** . Akkor keletkeznek, amikor a hordalékos víz áttöri a meder partgátját és annak előterében, az öböl alján legyező alakban rakja le üledékét (***3.42.ábra***). A vizsgált kőzettestekben megismerhető mederáttörési lobok – a mögöttes meder méretének megfelelően – nem túl nagy kiterjedésű kőzettestek, ám jelentős szerepet játszanak az elosztóközi területek feltöltésében (***3.43.ábra***).

7. **A kőzettest geometriai elemzései alapvetően a következő tényeket bizonyították:**
   7.1. A vizsgált hat **kőzettest fejlődéstörténete igen hasonló**, sőt **képződésük első fázisa teljesen megegyezik**. Nevezetesen ekkor a terület csendes vizű agyagmárga sorozatára minden egyes kőzettest felhalmozódásának **első időszakában** a peremi területek felől a középső részek felé mutatva, rendszerint **DK, majd D, DNY, ÉK és ÉNY irányokból torkolati zátonyok** kezdik meg a terület feltöltését (***Mellékletek, 4.1.ábra***). Még ugyanebben a fázisban a szomszédos zátonytestek egyesüléséből lepelhomok testek alakulnak ki (***Mellékletek, 4.1.ábra***).
   7.2. Az **Algyő-1 és Szeged-1 telep** kőzettestét ezt követően a torkolati **zátonyokból kitörő rövid medrek és ezek mederáttörési lobjai** alakítják. E két kőzettest fejlődésmenetének fő vonásai igen hasonlóak (***4.1.ábra***). Ebben a fázisban a rövid szakaszú medrek előterében kis torkolati zátonyok is kialakulhatnak.
   7.3. Az **Algyő-2, Szeged-2, Szeged-3 és Szőreg-1 telep** esetében az 1.pont fejlődési fázisát **zátony-ujj homoktestek, rövid medrek** majd újabb progradációval az 1.pont zátonyaihoz hasonló kőzettestek követik. A **Szeged-2 telep fejlődésmenete ezzel** a szakasszal **zárul** is (***4.1.ábra***).
   7.4. Az **Algyő-2 és Szeged-3** kőzettestek esetében a 3.pont fejlődésmenetét **ismételt progradációval** rövid **szakaszú medrek, mederáttörési helyek** üledékképződése folytatja és egyben zárja. Ezek a kőzettestek részben a 3.pont üledéksorába vágták be magukat, részben azokon túlnyúlva a még meglevő öbölrészeket töltötték fel (***4.1.ábra***).
   7.5. A **Szőreg-1 telep** kőzettestének története minden más telepétől különbözően már **jellegzetes folyóvízi sorozattal** folytatódik a 2.pont sorozatára következően (***4.1.ábra***).

8. **A kőzettestek grid-oszloponként átlagolt homoktartalmainak kiterjesztett térképe alapján a következők voltak megállapíthatóak:**
   8.1. A **medencealjzat jelenkori morfológiája a kőzettestek homoktartalmára semmilyen hatással sem volt**. A legnagyobb homoktartalmak ugyanis az „algyői gerinc" szárnyain találhatók. Lecsúszásról pedig a 3.fejezet üledékfáciesei szerint szó sem lehetett. Ennek következtében az aljzatban előforduló tektonikai elemek a kőzettestek keletkezését megelőzően, részben pedig azt követően alakultak ki.
   8.2. Az összes telepre igaz, hogy **a nagy átlagos homoktartalmú területek súlypontjai a területtől NY-DNY irányba valószínűsíthetők**

9. „Az Algyő-deltában **látott üledék fáciesek alkalmasak** voltak egy **recens modell**, nevezetesen a ***folyóvíz uralta delta deltasíkján kialakuló nagy elosztóközi öböl feltöltődését*** jelző folyamatok adoptációjára a következő **meggondolások szerint:**
   - a **fogadó víztestbe a peremek felöl** – mintegy· háromnegyed **körívben érkeznek a hordalékelosztó medrek;**
   - a· **medrek rövid szakaszúak**, gyakori a **mederváltás** és a **bifurkáció**;
   - a rövid szakaszú **medrek előterében kis méretű torkolati zátonyok sorozata** alakul ki;
   - gyakoriak a **mederáttörések illetve ezeknek is lob-kifejlődése**;
   - mind a **mederáttörési lobok**, mind a **kis méretű torkolati zátonyok** viszonylag **közel helyezkednek el egymáshoz**, aminek eredményeként **laterális növekedésükkor lepelhomok testek** alakulhatnak ki;
   - a peremi területek felöl **a mederváltások meder progradációval társulnak**, amely a **kis méretű torkolati zátonyok progradációját** is eredményezi **akár több fázisban is egy-egy kőzettesten belül;**
   - a **csendes vizű területek feltöltése egy-egy kőzettesten belül soha nem tökéletes**, mindig maradnak kisebb-nagyobb összefüggő vízfelületek (Mellékletek);
   - a már feltöltött területeken a **meder váltások eredményeként** olyan **lepelhomok testek** alakulnak, amelyek a medrek laterális találkozásából fejlődtek ki.

   Az ilyen elosztóközi öblökben a feltöltést eredményeként **szub-delták** alakulhatnak ki. Az egymás közeli mederáttörési helyek és az előterükben kifejlődött torkolati zátonyok laterális növekedése valóban lepelhomok testeket képes kialakítani (***5.4.ábra***). A jelenkori hordalékelosztó-közi öblöket extrém sekély (általában néhány méter) vízmélység jellemzi. Az áradásmentes időszakokban brakk vagy normál sótartalmú víz, míg az áradási periódusokban édesvíz borítja területüket. Ilyenképpen létrejöhet a zátony-ujj homokkövek kialakulásához szükséges sűrűségi kontraszt. Az üledékképződési ütem csak a torkolatok környezetében nagy. Az öböl belseje csak periodikusan kap hordalékot.

10. A **telepek általánosított fejlődésmenete az alábbiak szerint modellezhető**:
   10.1. A feltöltődés kezdetén a vizsgált területen **nagyobb kiterjedésű elosztóközi öböl volt**. „a" **delta fő medrei** részben a vizsgált területtől **DNY-NY-i, részben attól É-ÉK-i irányban helyezkedhettek** el[1] (***5.5.ábra***).
   10.2. A kőzettestek kialakulásának **legelső** lépcsőjében megjelenő **torkolati zátonyok, e főmedrekről leváló nagy mederáttörések előterében kialakult torkolati zátonyok voltak** (***5.6.ábra, v.ö. 5.1., 5.3. és 5.4.ábra***).
   10.3. Ezeknek a **zátonyoknak laterális találkozásából lepelhomok testek** alakultak ki (***5.7.ábra, v.ö. 5.1., 5.3. és 5.4.ábra***).

---

[1] **A legutóbbi szeizmikus elemzések *kimutatták a területtől DNy-i irányban elhelyezkedő nagy medret* (RÉVÉSZ I. szóbeli közlése).**

10.4. A **lepelhomok testeken a** peremi főmedrek progradációja miatt megújuló energiával **előrenyomultak a kezdeti mederáttörések medrei (*5.8.ábra*)**. Ennek során **részben bevágódtak a peremi lepelhomokba, részben annak előterében újabb zátonysort alakítottak ki (*5.8.ábra*)**.

10.5. E **zátonysorok egyesüléséből ismét lepelhomok képződött** nagy területeken. A **peremi „háttereken"** pedig **faágszerű medrek**, mederáttörések üledékképződése folyt (*5.9.ábra*).

10.6. A **főmedrek laterális elvonszolódása vagy elgátolódása miatt az öböl feltöltése megszakadt**, és ismét az agyagmárga üledékképződés vált általánossá. Így felhalmozódott a homokos kőzettesteket elválasztó agyagmárga-aleurolit sorozat.

10.7. Ezután a 1.pont szerint ismétlődött a folyamat.

A vázolt felhalmozódási modell egyik sarkalatos **következménye**, hogy a **mocsári képződménysor a telep ÉNy-i részén (a két peremi főmeder elágazásának közelében) alakulhatott ki (*v.ö. 5.2. és 5.4.ábra*)**. A szenes agyag fás barnakőszén betelepülések helyei a 2.fejezetben tárgyaltak szerint valóban itt találhatók.

IRODALOM

ALLEN, J.R.L. (1968): Current ripples.– Elsevier Publ.Co. p433. Amsterdam

BALOGH K. – MOLNÁR B. (1972): ÜLEDÉKTANI GYAKORLAT. Bevezetés a laza törmelékes kőzetek vizsgálatába . – József Attila Tudományegyetem, Szeged. Pp. 1-49. Egyetemi Jegyzet. Szeged.

BALOGH K. (1973): A dél-alföldi neogén transzgressziós rétegsorok üledékjegyei – Földt. Közl. 103. pp. 251-269. Budapest

BATES, C.C. (1953): Rational theory of delta formation. – Bulletin of the Amer.Assoc. of Petroleum Geol. vol.37. no.9. pp.2119-2162.

BERKES Z. et al. (1983): Seismic stratigraphic interpretation of the Neogene sediments in the Derecske depression of Eastern Hungary – Proceedings of the 28th Int. Geophys. Symp. Pp. 158-172. Balatonszemes.

BÉRCZI I. (1969): Az algyői felsőpannóniai homokkő összlet üledékföldtani vizsgálata (Sedimentological researches of the Upper Pannonian sandstones of Algyő (SE Hungary). – Földt. Közl. 99. 4. pp. 337-350. Budapest.

BÉRCZI, I. (1988): Preliminary Sedimentological Investigation of a Neogene Depression in the Great Hungarian Plain. In: ROYDEN, L.H. and HORVÁTH, F.(ed): The Pannonian Basin - a Study in Basin Evolution. AAPG Memoir. 45. pp. 107-116. Tulsa.

BÉRCZI I. - RÉVÉSZ I. - GEIGER J. (1973): Dél-alföldi alsópannóniai kőzetek üledékföldtani heterogenitása és ősföldrajzi viszonyai. II. - SZKFI Jelentés 119-71, 25-135.

BÉRCZI, I.–GEIGER, J.–GAJDOS, P.–PAPP, S.–POGÁCSÁS, GY.–RUMPLER, J. (1984): Sedimentological investigation of the Neogene sequence of some regional geological profiles through the Hungarian part of the Pannonian Basin – 27th Int. Geol. Congress. Moscow. Abstracts. II. pp. 19-20.

BÉRCZI I.–PHILLIPS, R.L. (1985): Processes and depositional environmets within Neogene deltaic-lacustrine sedimenets, Pannonian Basin, southeast Hungary – Eötvös Lóránd Geophys. Inst. Geophysical Transactions. 31. no.1-3. pp 55-74. Budapest.

BILLINGLEY, P. (1961): Statistical methods in Markov chains.- Annals Math.Statistics. 32, 12-40.

BLATT, H. et al. (1980): Original of sedimentary rocks, 2nd ed . – Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 782 p.

BOGGS, S. Jr. (1987): Principles of sedimentology and stratigraphy. – Macmillan Publishing Co. Pp.135-186.

BOTVINKINA, L.N. (1965): Metodicseszkoje rukovodsztvo po izicsenuji szloisztoszti. -- Nauka. P. 259. Moszkva.

CAMPBELL, C.V. (1967): Lamina, laminaset, bed, bedset. -- Sedimentology. 8. pp.7-26

CLIFTON, H.,E. (1969): Beach laminations: Nature and origin . – Marine Geology. V.7. pp. 553-559

COLEMAN J.M. -- CAGLIANO S.M. (1964): Cyclic sedimentation in the Mississippi river deltaic plain. – Trans. Gulf-Cst. Ass. Geol. Socs. 14. Pp.67-80.

COLEMAN J.M. --CAGLIANO S.M. – WEB, J.E. (1964): Minor sedimentary structures in a prograding distributary. – Marine Geology. 1. Pp.240-258.

CSIKY G. (1963): A Duna-Tisza köze mélyszerkezeti és ősföldrajzi viszonyai a szénhidrogénkutatások tükrében -- Földr. Közl. I.sz. Budapest

DANK V. (1963): A dél-alföldi neogén medencék rétegtani viszonyai és kapcsolatuk a dél-baranyai és jugoszláv területekkel -- Földt. Közl. 93. pp. 304-324.

DANK V. (1965): A dél-alföldi neogén medencerészek mélyszerkezeti viszonyai és kapcsolatuk a dél-baranyai és jugoszláv területekkel -- Földt. Közl. 95. pp. 123-139.

ELLIOT, T. (1974): Interdistributary bay sequences and their genesis. – Sedimentology. 21. Pp. 611-622.

FISHER, W.L. et al. (1971): Depositional systems in the Jackson Group of Texas. – Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans. 20. Pp.234-261.

FISK, H.N. (1961): Bar-finger sands of Mississippi delta. – in. Geometry of sand bodies. AAPG Symposium Volume. Pp. 29-52.

GAÁL I. (1912): Az Erdélyi medence neogén képződményeinek rétegtani és nagyszerkezeti viszonyairól -- Koch Emlékkönyv. Pp. 7-33.

GAÁL I. (1938): Mi a "pannon" és mi a "pontusi" ? -- Bányászati és Kohászati Lapok. Pp. 1-9.

GAJDOS I. et al. (1983): Az alföldi pannóniai (s.l.) képződmények litosztratigráfiai rendszere -- MÁFI Kiadvány. 70 p. Budapest.

GEIGER J. (1981): Diagenizált törmelékes üledékek szemcseeloszlásának ősföldrajzi értékelése: a Szeged-2 telep vizsgálata -- A Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézet Műszaki-Tudományos Közleményei. I. pp. 5-11. Budapest

GEIGER, J. (1984): Morphogenetic system of the Pannonian (s.l.) sedimentation in the Great Hungarian Plain -- Proceedings of the XIIIth Congr. Of KBGA. Pp. 181-196. Cracow.

GEIGER J. (1986): Üledékes homokkőtestek szöveti és morfogenetikai vizsgálata (Textural and morphogenetic study of sedimentary sandstone bodies) -- Földt. Közl. 116. 3. pp. 249-266. Budapest.

GEIGER, J.-- KISS, B. (1987). Computer modelling of some aspects of the Post-Sarmatian sedimentary basin evolution of the Great Hungarian Plain on the scale of micro-, macro-,and mega-sedimentological investigations. COGEODATA Workshop on computerized basin analyses. 10-13 September 1987 Szeged (Hungary). Pp. 25-53.

GEIGER J. (1988a): Delta progradációs nagyciklusok az alföldi pannóniai (s.l.) medence feltöltődésében az üledékes kőzettest-morfológiai vizsgálatok alapján (Megacycles of delta progradation in the Pannonian (s.l.) of the Great Hungarian Plain in the light of morphological studies of sedimentary rock bodies) -- Földt. Közl. 118. 3. pp. 219-238. Budapest.

GEIGER, J. (1988b). Geomathematical interpretation system and its entropy set for the reconstruction of sedimentary basin accumulation on the Great Hungarian Plain. COGEODATA-IAMG Symposium on "Computer applications in resource exploration" 21-23 July 1988, Espoo (Helsinki). Abstracts. pp. 13-18.

GEIGER, J.--RÉVÉSZ, I. (1987): Genetic modell of the Post-Sarmatian sedimentation in the Great Hungarian Plain -- Proceedings of the VIIIth RCMNS Congress. MÁFI Évkönyv. LXX. Pp. 245-253. Budapest.

GEIGER J. (1990): A geostatisztikai elvei. - OKGT Mérnöktovábbképzés. Jegyzet. p110.

GEIGER J.-SZENTGYÖRGYI K.-RÉVÉSZ I. (1990): Rezervoár szedimentológia .- OKGT Mérnöktovábbképzés. Jegyzet. p215.

GEIGER J.--KOMLOSI J. (1991): Az Algyő-2 telep DK-i részének rezervoár geológiája.- OGIL Jelentés p. 110. Tsz. 115-30

GEIGER J.--RÉVÉSZ I. (1992a).: Az Algyő-1 telep DK-i részének szedimentológiai vizsgálata. - SZKFI Jelentés p. 130 Tsz.143-21

GEIGER J.--RÉVÉSZ I. (1992b): A Tisza-1 telep üledékföldtani viszonyai .- SZKFI Jelentés. p.110 T.sz. 143-22.

GEIGER, J. - WEROWSZKY, P.V. (1992): Geomathematical modelling of a turbiditic reservoir in SE. Hungary. In: Amilcar Soares ed.: Geostatistics Troia'92 vol.1, 311-323, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.

GEIGER J.-KOMLÓSI J (1993): 3-D szedimentológiai rezervoár geológiai modellalkotás törmelékes tárolókban (3D geological modelling strategy for clastic

reservoirs). - OMBKE XII. Vándorgyűlés és Kiállítás. Proceedings .B2. pp.1-11. Montan Press. Budapest.

GEIGER J.--KOMLÓSI J. (1995a): Első lépések egy integrált szedimentológiai-geomatematikai 3-D modellező rendszer felé törmelékes tárolókban.- A IV: Geomatematikai Ankét előadásai. Pp. 31-47. MFT. Szeged.

GEIGER, J.-KOMLÓSI, J. (1995b): 3-D geological simulation of a deltaic reservoir in Hungary. - AAPG Congress. 1995. Nice.- Proceedings. pp. 65-87. Nice.

GEIGER J.--KISS B.-NÉ (1995): Az Algyő-1 telep gázfázisának 3-D rezervoár geológiai modellje a Szeged-1 analógiájának felhasználásával. - KUMMI Jelentés. p.105. Tsz.102-323

GEIGER J.-KOMLÓSI J (1996) Szedimentológiai, geomatematikai 3-D modellező rendszer törmelékes CH-tárolókban. - Kőolaj és Földgáz. No.2. Március. Pp.53-81. Budapest.

GÓCZÁN FERENC--BENKŐ JENŐ (szerk.1971): A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai -- Akadémiai Kiadó 428p. Budapest

GOWER, J.C. (1967): A comparison of some methods of cluster analysis.- Biometrics 23, 623-637.

HALAVÁTS GY. (1911): A balatonmelléki pontusi korú rétegek faunája. -- A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei. Pal. Függ. -- IV. 2.

HORVÁTH, F.—POGÁCSÁS, GY. (1988): Contribution of Seismic Reflection Data to Chronostratigraphy of the Pannonian Basin -- Am. Ass. Petrol. Geol. 45. pp. 97-106.

HOULDING, S.W. (1994): 3D geoscience modeling. – Computer techniques for geological characterization. – Springer Verlag. P.304. New York

HUNTER, R.E. (1977): Basic types of stratification in small eolian dunes. – Sedimentology. V.24. pp. 361-387.

JÁMBOR Á. (1980): A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei -- Földt. Int. Évkönyve. 62. 243p. Budapest.

JÁMBOR Á. (1985): Magyarázó Magyarország pannóniai (s.l.) képződményeinek földtani térképeihez (General explanation for the geological maps of the Pannonian s.l. formations in Hungary) -- Földt. Int. Kiadványa. 42p. Budapest.

JÁMBOR, Á. (1989): Review of the geology of the Pannonian s.l. formations of Hungary – Acta Geol. Hung. 32. no.3-4. pp.269-325. Budapest

JÁMBOR Á.-KORPÁSNÉ HÓDI M. (1969): A pannóniai képződmények szintezési lehetőségei a Dunántúli-középhegység DK-i előterében -- M. Áll. Földt. Int. Évi Jel. 1969-ről. Pp. 155-192. Budapest.

JÁMBOR, Á. et al. (1987): General characteristic of Pannonian s.l. deposits in Hungary -- Ann. Inst. Geol. Publ. Hung. 70. pp. 155-167. Budapest

JORESKOG,K.G.–KLOVAN, J.E.–REYMENT,R.A. (1976): Geological factor analysis.- Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam

JUHÁSZ E. et al. (1996): High resolution sedimentological and subsidence analysis of the Late Neogene Pannonian Basin, Hungary -- Acta Geologica Hungarica. Vol. 39/2. pp. 129-152. Budapest.

JUHÁSZ GY. (1991): Sedimentological and lithostratigraphical framework of the Pannonian (s.l.) sequence in the Great Hungarian Plain, Eastern Hungary -- Acta Geologica Hungarica. 34. 53-72. Budapest.

JUHÁSZ GY. (1992): A pannóniai (s.l.) formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet (Pannonian (s.l.) lithostratigraphic units in the Great Hungarian Plain: distribition, facies and sedimentary environment). -- Földt. Közl. 122. no,.2-4. pp. 133-165. Budapest.

JUHÁSZ GY.—MAGYAR I. (1992): Pannóniai litofáciesek és molluszka biofáciesek korrelációja (Review and correlation of the Late Neogene Pannonian (s.l.) lithofacies and mollusc biofacies in the Great Hungarian Plain. Eastern Hungary). -- Földt. Közl. 122. no.2-4. pp.167-194. Budapest.

KERTAI GY. (1957): A magyarosrszági medencék és kőolajtelepek szerkezete a kőolajkutatás eredményei alapján -- Földt. Közl. 87. 4. Budapest

KÉSMÁRKY, I. et al. (1981): Seismic stratigraphic interpretation in Neogene-Quaternary depressions of Eastern Hungary -- Proceedings 26th Geophys. Symp. Pp. 130-140. Leipzig.

KISS B., 1988: Törmelékes kőzetek kompaktáltságának numerikus vizsgálata: MHFT Sp. I. Geomat. Ankét, Szeged

KLEIN, G. deVRIES (1985): Sandstone Depositonal Models for Exploration for Fossil Fuels. – International Human Resoursec Development Corp. Pp 1-25. Boston

KORPÁSNÉ H. M. (1983): A Dunántúli-középhegység északi előtere pannóniai mollusca faunájának paleoökológiai és biosztratigráfiai vizsgálata -- Földt. Int. Évkönyve. 66. 163 p. Budapest

KORPÁSNÉ H.M. (1985): Die Molluskenfaunen an den Gebirgsrandern im Pannonien von Ungarn. In PAPP,A., JÁMBOR, Á. & STEININGER, F.F. (eds.): Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys 7. Pannonien. 161-162. Akedémiai Kiadó. Budapest.

KORPÁSNÉ H. M. (1987): Magyarországi hegységperemi kunsági (pannóniai s.str.) emeletbeli Mollusca fauna -- Föld. Int. Évkönyve. 69. pp. 375-382.

KORPÁSNÉ, H. M. (1990): Ecostratigraphy of Late Miocene molluscs of the Pannonian basin -- Paléobiologie continentale 17. pp. 393-400. Montpellier.

KŐRÖSSY L. (1965): Nyugat-magyarországi medencék rétegtani és szerkezeti felépítése -- Földt. Közl. 95. pp. 22-36.

KŐRÖSSY L. (1968): Entwicklungsgeschishtliche und paläogeographische Grundzüge des ungarischen Unterpannons -- Acta Geol. Acad. Scient. Hungar. 12. pp. 199-217.

KRUMBEIN, W.C. - DACEY, M.F. (1969): Markov chains and embedded Markov chains in geology.- Mathematical Geology 58. 1246-1266.

KUHN T.-KOMLÓSI ZS.-GEIGER J.-KOMLÓSI J (1991): A kezdeti földtani készlet és a kitermelhető ipari vagyon becslési megbizhatóságának vizsgálata 1.r. Elmélet.- Kőolaj és Földgáz, 24.(124.) évf. 10.szám pp.289-303.

KUHN T.-KOMLÓSI ZS.-GEIGER J.-KOMLÓSI J (1991a): A kezdeti földtani készlet és a kitermelhető ipari vagyon becslési megbizhatóságának vizsgálata 2.r. - Kőolaj és Földgáz, 24.(124.) évf. 12.szám pp.359-366.

LÓCZY L. sen. (1913): A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. -- A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei. 1.1.1. Budapest

LŐRENTHEY, I. (1902): Die pannonische Fauna von Budapest. -- Paläontographica. 48.

LŐRENTHEY I. (1906): Budapest pannóniai és levantei korú rétegei és ezek faunája. -- Math. Term. Tud. Ért. 24.

LŐRENTHEY I. (1911): Adatok a Balaton melléki pannóniai korú rétegek faunájához és sztratigráfiai helyzetéhez. -- A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei. -- I. Pal. Függ. IV. 3.

MAGYAR, I. et al. (1999): Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and cronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits -- Acte Geol. Hung. Vol 42/1. pp. 5-31. Budapest.

MAGYAR L.—RÉVÉSZ I. (1976): Data on the classification of Pannonian sediments of the Algyő area -- Acta Mineralogica-Petrographica. 22. 267-283. Szeged.

MAIL, A. D. (1984): Principles of sedimentary basin analysis -- Springer Verlag 490p. New York

MATTICK, R.E. et al. (1985): Seismic stratigraphy of the Pannonian Basin in southeastern Hungary -- Eötvös Lóránd Geophysical Institute. Geophysical Transactions. 31. no. 1-3. pp. 13-54. Budapest.

MATTIC, R. E. et al. (1988): Seismic stratigraphy and depositional framework of sedimentary rocks in the Pannonian Basin, SE Hungary – AAPG Memoir 45. pp.117-146. Tulsa.

McKEE, E.D. és WEIR, G.W. (1953): Terminology for stratification and cross-stratification in sedimentary rocks. – Geol. Soc. America Bulletin. v. 82. pp. 359-378.

McBRIDGE, E.F. et al. (1975): Origin of paralell near-horizontal laminae by migration of bed forms in a small flume. – Jour. Sed. Petrology. V.45. pp. 132-139.

MUCSI M. (1973): A Dél-Alföld földtani fejlődéstörténete a neogénben. (Geological history of the southern Great Hungarian Plain in late Tertiary time). – Földt. Közl. 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.

MÜLLER P.—MAGYAR I. (1992): Continuous record of the evolution of lacustrine cardii bivalves in the late Miocene Pannonian Lake – Acta Paleont. Pol. 36. no.4. pp. 353-372.

NEWTON, R.S. (1968): Internal structure of wave-formed ripple marks in nearshore zone. – Sedimentology. v. 11. pp.275-292.

OTTO, G.H. (1938): The sedimentation unit and its use in fields sampling. – Journ. Geology. v. 46. pp. 569-582.

PARK, R.A. (1974): A multivariate analytical strategy for classifying peleoenvironments.- Mathematical Geology 6, 333-351.

PETTIJOHN, F.J. – POTTER, P.E. (1964): Atlas and glossary of primary sedimentary structures. – Berlin-Heidelberg-New York. p.370.

PHILLIPS, R.L.–BÉRCZI, I. (1985): Processes and depositional environments of Neogene deltaic-lacustrine sediments, Pannonian Basin, southeast Hungary: Core investigation summary – US Geological Survey. Open File Report. Pp. 85-360. Washington.

POGÁCSÁS GY. (1982): A kelet-magyarországi miocén képződmények szeizmikus kutatása – Földt. Kut. XXV. 1. pp. 53-60. Budapest.

POGÁCSÁS GY. (1984): Seismic stratigraphic features of Neogene sediments in the Pannonian Basin – Eötvös Lóránd Geophysical Institute. Geophysical Transactions. 30. no. 4. pp. 373-410. Budapest

POGÁCSÁS GY. (1987): Seismic stratigraphy as a tool for chronostratigraphy: Pannonian Basin – Proc. 8th Congr. Regional Commite on Mediterr. Neogene Stratigraphy. Budapest. 15-22. September. 1985. Ann. Inst. Geol. Hung. 70. pp. 55-63, Budapest.

POGÁCSÁS, GY.--VÖLGYI, L.(1982): Correlation of East-Hungarian Pannonian sedimentary facies on the basis of CH-prospecting seismic and well-log sections -- Proceedings 27th Geophys. Symp. Pp. 322-336. Bratislava.

POGÁCSÁS, GY.--RÉVÉSZ, I. (1985): Seismic stratigraphic and sedimentological analysis of Neogene delta features in the Pannonian basin -- Földt. Int. Évkönyve. 70. pp. 267-274. Budapest.

POGÁCSÁS GY.--SZABÓ A.--SZALAY J. (1992): Az alföldi progradációs delta sorozatok kronosztratigráfiai viszonyai -- Magyar Geofizika 33. no.1. pp. 1-13. Budapest.

POGÁCSÁS, GY. et al. (1994): Correlation of seismo- and magnetostratigraphy in SE Hungary -- in: Teleki, P.--Mattick, R.E.--Kókai, J.(ed.1944): Basin analysis in petroleum exploration -- Kluwier Academic Publishers. Pp. 143-160. Dordrecht.

POTTER, P.E. - BLAKELY, R.F. (1968): Random process and lithological transitions.- Journal of Geology 76, 154-170.

POTTER, P.E. -- PETTIJOHN, F.J. (1977): Paleocurrents and basin analysis. -- Springer-Verlag. New York. p. 460.

REINECK, H.E. -- SINGH, I.B. (1973): Depositional sedimentary environments. -- Springer Verlag. New York. Pp. 103-142.

REINECK, H.E.-- WUNDERLICH, F.(1968): Classification and origin of flaser and lenticular bedding. -- Sedimentology. 11. pp. 99-104.

RÉVÉSZ I. (1980): Az Algyő-2 telep földtani felépítése, üledékföldtani heterogenitása és ősföldrajzi viszonyai (Hydrocarbon deposits Algyő-2: geological structure, sedimentological heterogeneity and paleogeographic features). -- Földt. Közl. 110. 512-539. Budapest (in Hungarian with English abstract).

RÉVÉSZ, I. (1984): Post-Miocene delta formations in the Southeastern part of the Great Hungarian Plain -- 27th Int. Geol. Congress. Moscow. Abstracts. VII. pp 213.

SCHRÉTER Z. (1912): A magyarországi szarmata rétegek rétegtani helyzete -- Koch Emlékkönyv.

SCHWARZACHER, W. (1975): Sedimentation modells and quantitative stratigraphy. Elsevier Publ. Co., Amsterdam

SELLER, ZS. - FÖLDES, T. (1992): 3-D lithostratigraphic modelling .- EAEG 54rd Meeting and Technical Exhibition, France.

SELLY, R. C.(1976): Subsurface environmental analysis of North Sea sediments. -- AAPG Bulletin. 60. Pp. 184-195. Tulsa.

SELLY, R. C.(1988): Applied sedimentology. -- Academic Press. Pp.159-250. London

SHEPARD, F.P. (1964): Criteria in modern sediments useful in recognising ancient sedimentary environments. Developments in Sedimentology. Vol.1. Deltaic and shallow marine deposits. – New York. Pp.1-23.

SÜMEGHY J. (1939): A győri medence, a Dunántúl és az Alföld pannóniai üledékeinek összefoglaló ismertetése. -- M. Kir. Földt. Int. Évkönyve. 32.

SÜMEGHY J. (1953): Medencéink pliocén és pleisztocén rétegtani kérdései -- M. Áll. Földt. Int. Évi Jelentése 1951-ről.

STRAUSZ L. (1941): A dunántúli pannon szintezése -- Földt. Közl. 71. Budapest.

STRAUSZ L. (1942): A magyarországi pannonikum párhuzamosítása délkelet-európai üledékekkel -- Földt. Közl. 72.

SZALAY Á.--SZENTGYÖRGYI K. (1979): Adatok a szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolásának ismeretéhez, trendelemzés alapján -- Geonómia és Bányászat. 12. 4. pp. 401-425. Budapest.

SZÉLES M. (1966): Őslénytani adatok az alsó és felsőpannon alemeletek elhatárolásához -- Földt. Int. Évi Jel. 1964-ről. pp. 559-568.

SZÉLES M. (1968): Az Alföld déli részének pliocén képződményei -- Földt. Közl. 98. pp. 55-66.

SZÉLES M. (1969): Über die paläogeographischen und ökologischen Verhältnisse der pannonischen Beckenfazies -- Colloquium on neogene stratigraphy. Proceedings of the plenary and sectional meetings. Pp. 129-139.

SZUROVY G. (1948): A Nagy Magyar Alföld fejlődéstörténete -- Földt. Közl. 78. Budapest

TARI, G. et al. 1992: Tertiary sequence stratigraphy of the Pannonian Basin -- Sequence Stratigraphy of the European Basins. Abstracts. 90. Dijon.

TAYLOR, J.C.M.(1977) : Sandstones as reservoir rocks. In: HOBSON, G.S.(ed): Developments in petroleum geology, I. Applied Science Publ. Pp.147-196. London

TELEGDI RÓTH K. (1929): Magyarország geológiája. I. -- Tud. Gyüjt. 104. Pécs. 170p.

URBANCSEK J. (1963): Pliocén és pleisztocén üledékek földtani szintezésének újabb lehetőségei a vízföldtani kutatásban -- Hidr. Közl. 43. pp. 392-400.

VAKARCS, G. et al. (1994): Third-order Middle Miocene -- Pliocene depositional sequences in the prograding delta complex of the Pannonian Basin -- Tectonophysics. 240. no. 1-4. pp. 81-106.

VAKARCS, G (1997): Sequence stratigraphy of the Cenozoic Pannonian Basin, Hungary. -- PhD Thesis. 230p. Houston, Texas.

VITÁLIS I. (1951): Sopron környékének szarmáciai és pannóniai-pontusi üledékei és kövületei -- M. Áll. Földt. Int. Évkönyve 40. 1. füz.

VÖLGYI L.(1965): A Nagy-Alföld középső részének mélyföldtani vizsgálata -- Földt. Közl. 42. Budapest.

WALKER, R.G. (1976): Facies Models 1: General introduction. -- Geoscience Canada. 3. Pp.21-24.

WEBER, K.J. -- VAN GEUNS, L.C. (1989): Framework for constructing clastic reservoir simulation modells.- presented at the 64th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers, San Antonio, Texas, October 8-11.

WRIGHT, L.D. -- COLEMAN, J.M. (1975): Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean wave and river discharge regimes. -- AAPG Bull. 57. 2. Pp. 370-398.

3D MODELLING OF A PANNONIAN DELTA SYSTEM CALLED ALGYŐ DELTA WITH SPECIAL EMPHASISE ON THE ROCK BODIES OF THE DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS

SUMMARY

The Algyő field is the largest Hungarian hydrocarbon accumulation consisting of several oil and gas bearing reservoirs. The upper members of these reservoirs have developed in a Pannonian delta system due to the complex lateral shifting and prograding phases. The lower reservoirs are regarded as turbidity rock bodies of partly prodelta fans and partly deep basin origin.

The objects of this research were six sandstone bodies. From the bottom to the top they are: Algyő-1, Algyő-2, Szeged-1, Szeged-2, Szeged-3 and Szőreg-1.

The aims of this work were the followings: (1) Development of a 3D sedimentological modelling system which - in case of "tectonically not too disturbed clastic rock bodies -- makes possible the recognition of 3D rock bodies of the different depositional environments as well as the 3D interpretation of the depositional processes; and (2) by using this 3D modelling strategy outlining the evolution of the delta plains from initial appearance to the deposition of the upper delta plain.

1. Data Management

Full-scale sedimentological data set of fluvial dominated progradational delta system has been available including:

- core analyses
- horizontal layering
- facies identification
- well log interpretation

A relational database has been set up to serve the developing of the 3D model of the six distinct sandstone bodies.

2. The basic steps of the modelling approach were as follows:

2.1. Detailed core description studies focussed on the genetic interpretations of the sedimentary structures and textures. It was expected to outline both the main depositional processes and the sedimentary facieses along some vertical core profiles.

2.2. Multivariate statistical analyses (including Q-mode cluster and R-mode factor analysis) of the sporadic grain-size distributions. In this step the way of deposition could be identified in parts of rock body with not any core to describe the sedimentary facies at all.

2.3. Genetic correlations are the result of first two steps, which are quite important in extending the sedimentary facieses around the key-wells, to uncored regions of the rock body.

2.4. Calibration of the well log responses to the cores with total core recovery. In this phase the Microlog, SP and Gamma logs were used for calibration, and the resulting "electolithological units" were the tools of the extension of the rock types to the uncored regions. Beside this feature, a new semi-quantitative measure -- the so-

called sand-content (of 1m thick units) -- could be derived from the types of electrolithologies. This is the sandstone content in percent of the rock body with unity cross-sectional area and a height of 1m. So 80% sand content expresses that the 80% of the total rock volume can be expected to be sandstone but it is not necessarily continuous sandstone layer. However, this parameter can express both the existence and the intensity of the paleo-currents.

2.5. Contouring the sand content in the sandstone body. By examining the contour geometry nearby the key-well (from which the identification of the sedimentary facieses were possible) it can be stated that the contour geometry reflects the geometry of the depositional genetics expressed by the sedimentary facies identified. This is the sedimentary environment according to PETTIJOHN and POTTER. So the vertical genetic series that is the sedimentary facies and the sand contour geometry are able to identify the lateral extension of the depositional environment around the key-wells. In the other parts of the rock body the value and geometry of the outermost sand-content contour-line of the identified depositional environment are the tools of the identification.

2.6. The rock body is sectioned by surfaces being parallel to the top-surface, and the processes described in point 2.5 are repeated for each sectioning surface. If the resulting maps are placed below each other according to the depth the temporal and lateral changes of the sand content will describe both the lateral and temporal changes of the processes accumulating the rock body and the 3D geometries of the depositional environments identified.
In the studied Algyő delta the argillaceous marl layers appearing as laterally continuous strata and separating the different delta cycles from each other are regarded to be quasi time-horizons. So, for each delta cycle the bottom surface of upper argillaceous marl layer is the time horizon from which the surface sectioning process starts. The distance between the cutting surfaces – which are parallel to each other and the bottom of the closing argillaceous marl layer -- is 0.5 m. Moreover, the top argillaceous marl can be interpreted as quasi-horizontal surface at the time of deposition. It is because this layer with 2-3 m of thickness deposited on a delta plain during a general delta abandonment or lateral shifting period. So at the time of deposition its average dip must have been about 4-6 degrees according to the recent world average.
The sedimentological content of the sand-isopach maps made for every surface is given by filling them with the interpretations of core descriptions and the core data (grain size distributions) of samples belonging to every particular depth. In other words, this is the step where soft data enter into the model. What has happened here is not else but searching for harmony between core information and geometry. That is why the maps of sand content distribution on every sectioning surface can be regarded as facies distribution maps.
The cutting (sectioning) surfaces below each other subdivide the irregularly shaped rock body into congruent blocks. In the vertexes of each block the latitude, longitude and the elevation (or the distance from the bottom surface of the top argillaceous marl) are given and beside them the sand content value in this vertex is also known. So there is everything at hand to build up a geo-cellural 3D model of the rock body.

3. Interpretations of the sedimentary structures

3.1. The **trough cross bedding** suggests alternating strong currents with relatively high suspension and erosive channels. Their development needs relatively high sediment concentration.

3.2. The **tabular cross bedding** is definitely less characteristic in the sequences than the previous structure. Consequentl, the bed forms, which are bigger than the core diameter, must be quite rare in the rock series. Another consequence is that channels were not too deep.

3.3. The horizontal planar laminations in sandstones indicate intermittently strong streams. They are not too characteristic in the sedimentary facieses.

3.4. In some stream periods the condition of accumulation and preservation of sandy deposits was definitely better than that of silty deposits. At least it is suggested by the **falser beddings**. At that time the sand laden currents and quiet water periods alternated.

3.5. The **massive (structuless) sandstones** are very characteristic in crevasse splay sequences. The imbricated intraclasts demonstrate the erosion of the deposits having already been consolidated. They are also very characteristic in cressave splays and minor mouth bars, as well. According to the amalgamated surfaces appearing mainly in sandstones the erosive processes within a bed came about only within local areas.
The interpretations and lateral distributions of the sedimentary structures identified suggest the existence of interdistributary bays where the crevasse splays becoming subdeltas at later stage controlled the filling up mechanisms. The role of channel processes must have been less characteristic.

4. The main sedimentary facieses and vertical transitions were as follows

- Channel--Crevasse splay transition;
- Channel--Minor mouth bar transition;
- Crevassesplay/minor mouth bar--Channel transition
- Crevasse splay--Minor mouth bar transition
- Minor mouth bar
- Overbank deposits

5. The model sequences obtained by using Markov analysis of the lithological transitions.

The sedimentological model sequence for the reservoir was determined by Markov chain analysis of the vertical lithological successions.
In the four-lithology model the significant rock-types in building up the reservoir are argillaceous marls, fine siltstones, coarse siltstones and sandstones. As a result, a distributary mouth bar sequence could be identified and this could be generalized as a model sequence for the whole reservoir. So, in general, the sedimentological evolution has started in the development of distributary mouth bars and terminated in

the delta shifting processes. The relative frequencies suggest that the 47% of the total rock volume is sandstone, 38% coarse siltstone, 10% fine siltstone and 9% argillaceous marl.
The five-lithology model containing argillaceous marl, fine siltstone, coarse siltstone, fine, and coarse sandstone represents a more detailed approach. In this interpretation the model sequence obtained showed a mouth bar sequence with three prograding phases.

6. Genetic classification of the grain-size measures

The lateral variation of the depositional system, which was generalised in the conceptual model(s), can be taken into account by the genetic classification of the grain size data - at least in the lithification stage of sandstone diagenezis. An R-hierarchal Q-mode cluster analysis performed for the weight percentage of the grain size fractions was extended to about 400 grain size distribution data. The similarity coefficient applied was the cosine of the angles between any two multidimensional vectors. For the reduction the centroid method was used.
The determination of the groups and subgroups was derived partly from the R-mode factor analysis performed for the grain size classes of the samples belonging to every particular cluster and partly from the corresponding sedimentary structures of the available hand specimens. As a result, the samples could be subdivided into two main groups. The first one contains sandy coarse siltstones showing coarsening upward tendency. Their average sand:silt ratio is about 1.0 . The next main group contains sandstones with intraclasts and internal erosion surfaces. This group can be regarded as the deposits of active channels. Within the first group the end clusters were interpreted as active channels, quiet water bay, finer member of the crevasse splay, silty laden current and distributary channel deposits. In the case of the second main group the sandy deposits of along shore bars, channel lags, sand laden active channels and distributary mouth bars could be identified. These classification schemes prove the significance of the lithotypes and genetic units obtained by Markov model.

7. The scales of the main depostional environments in 3D

From the maps and the 3D models the following measures can be given about the scales and shapes of the different depositional environments (morphogenetic units):

7.1. Subaqueous natural levees:

- They are recognisable mainly in prograding phases.
- 'Finger'-like geometry starting from the 'wings' of the corresponding distributary mouth bar.
- They are 0.1-0.2 km wide and defined by 50-60% sand-isopach.
- The internal sand-isopachs are parallel to the boundary and the largest sand content can be found around the long axes.

7.2. Crevasse splays:

- Fan shape geometry.

- Their long axes are about 1.0-1.5 km long depending on the size of the corresponding distributary channel.
- The internal sand content can accumulate in highly sandy patches which are located mainly around the central parts but generally the sand isopaches are parallel to each other.
- The geometry is given by the 40-50% sand-isopach, and the inner sand content can reach the 70%, but in average it is about 60%.

7.3. Distributary channels:

- Elongated geometry;
- The long axes vary between 2.0-4.0 km , the short axes are 0.2-2.0 km long.
- Their boundaries are defined by the 30% sand-isopach, and the inner sand content is mainly 40%.
- The 30-40% sand-isopachs are parallel with each other.

7.4. Distributary mouth bars:

- Lunar or elliptical shaped geometry and in the "wing" position elongated subaqueous natural levees are characteristic;
- Their outer bar parts are about one-third of the total width.
- In their full development their long axes vary between 2.5-5.0 km, the short axes are about one-half of the corresponding long axes
- Within this kind of morphogenetic units the sand isopachs are parallel to the morphological boundaries and the largest sand content can be found in the central part;
- According to the maps the sand content varies between 40-80%, but the 40% sand isopach more or less clearly defines their boundaries.
- The average continuous sandy thickness is between 3-5 m, while total thickness is about 8-15m.

8. The results of the analysis of rock body geometry

8.1. The depositional history of the six sandstone bodies examined are quite similar and the first stage of their evolution is the same. At that time several distributary mouth bars came from the SE, S, SW NE and NW. During this stage the mouth bars abutting each other tended to develop local sheet sandstone.

8.2. After this initial phase, in the case of Algyő-1 and Szeged-1, some short channels and their crevasse splays shooting ahead from the bars formed the rock body morphology.

8.3. In the Algyő-2, Szeged-2, Szeged-3 and Szőreg-1 sandstone bodies the initial phase was followed by the evolution of bar-finger sands or short channels and later rock bodies being similar to (7.1.) were developed by new progradational processes.

8.4. The fourth phase in the Algyő-2 and Szeged-3 series can be characterised by the repetition of (7.3.). The sandstone series of this stage partly eroded into the previous surface and partly – like regressive rock bodies – filled up the foreground areas in the interdistributary bay.

8.5. The depositional history of Szőreg-1 is definitely different from every other serie. Here, the (7.2.) was followed by characteristic fluviatile sequences.

9. Consequences coming from the extended average sand-content maps of the rock bodies

The indicator kriging method of geostatistics was used for creating extended sand content maps. These maps cover one-and-half as large region as that of every individual rock body. By comparing the geometry of their sand content contours and the basin floor depth contours it can be stated that the recent morphology of the pre-Pannonian basin floor did not affect the lateral distribution of sand contents. As a consequence, the tectonic phases must have happened partly before the delta evolution and partly after the deltaic phases.

10. The general evolution of the six sandstone bodies examined can be modelled in the following way:

10.1. In the case of every sandstone body, during the initial phases, the depositonal processes of a quite large interdistributary bay were characteristic. The main channels of the background delta must have been situated partly to SW-W and partly to N-NE direction from this region. (The most recent seismic survey has indicated a large channel situating SW from this location.)

10.2. During the next stage – in each sandstone body – mouth bar evolution coming from the edges started. They developed at the foreground area of the crevasse splays coming apart from the main distributary channels.

10.3. The third phase can be characterised by sheet sand developed by merging of the nearby bars.

10.4. During the next phase new short crevasse channels cut into this sheet forming new bars in the foreground.

10.5. By another merging of these bars a new sheet sand region was being formed while in the background the deposits of dendroid channels and crevasse splays were accumulating.

10.6. Probably background channel abandonment caused the evolution of the laterally extending argillaceous marl series, which cover every sandstone body in the sequence. This evolution was repeated six times in the rock bodies examined.