

Az üledékes genetika megjelenése a Szőreg–1 telep kőzetszöveti és kőzetfizikai karakterisztikájában — Geomatematikai alapú megközelítés

SZILÁGYINÉ SEBŐK Szilvia

SzSzilagyine@mol.hu

MOL NyRt., 1117 Budapest, Október huszonharmadika út 18.

The appearance of sedimentary genetics in the petrophysical and textural characteristics of Szőreg–1 reservoir, South Hungary — A form of geomathematical approach

Abstract

The aim of this study is to examine the effect of the sedimentary genetics of Szőreg–1 reservoir on sedimentary textures and petrophysical properties, and to summarize their relationships as revealed by geomathematical examination methods. During the data analysis, the drilling data of wells deepened into the residual gas cap were processed. A detailed genetic description of core samples and the interpretation of sedimentary facies units were followed by the definition of sedimentary facies. The information-gathering with respect to the properties of the pore space was also supported by scanning electron microscopy studies (Mol Plc.). The geostatistical methods used for exploring the data included multivariate statistical analysis (in this case, factor analysis), tests of cumulative frequency distribution, and also the partial correlation method.

The Szőreg–1 reservoir is a gas-capped oil play within the Algyő Structure, lying in the Upper Pannonian Újfalú Formation. It is a part of the largest hydrocarbon accumulation of Hungary settled on a delta plain. Accordingly, four sedimentary facies can easily be distinguished related to the delta sequence: (1) natural levee – distributary channel – channel abandonment transition, (2) prograding crevasse splay – swamp transition, (3) prograding distributary channel – crevasse splay – prograding crevasse splay transition and (4) swamp – distributary channel transition. The vertical and horizontal permeability and porosity data examined in this study were measured on cores as well as carbonate content and grain-size surveys. (Mol Plc.). The investigations concluded that the pore space of sandy sediments forming the Szőreg–1 reservoir can be regarded as a primary sedimentary pore space; however, the impacts of secondary pore space play a tributary role, and the reservoir habitat of the rock body can be regarded as a non-negligible factor. The secondary carbonate minerals in the pore space appear to occur at the level of micropores.

Keywords: Szőreg–1 reservoir, texture, permeability, porosity, sedimentary facies, petrological

Összefoglalás

Jelen tanulmány a Szőreg–1 telep üledékes genetikájának kőzetszövetre és kőzetfizikai tulajdonságokra gyakorolt hatását geomatematikai módszerekkel vizsgálja, és a közöttük feltárt kapcsolatokat foglalja össze. A vizsgálatok során a maradék gázsapka területén mélyített fúrások magmintáinak adatai kerültek feldolgozásra.

A magminták részletes genetikai szempontú leírását és az üledékszerkezeti jegyek értelmezését az üledékes fáciesek definiálása követte. A magmintákon kismag-típusú kőzetfizikai mérések (kétirányú permeabilitás és porozitás), valamint karbonáttartalom-meghatározások történtek (Mol Nyrt.). A pórustér tulajdonságainak megismerését pásztázó elektron-mikroszkópos vizsgálatok is segítették (Mol Nyrt.). A geomatematikai alapú adatfeltárás módszere a többváltozós statisztikai analízis (jelen esetben a faktor analízis) gyakorisági és kumulatív eloszlásvizsgálatok, valamint a parciális korreláció módszere voltak.

A Szőreg–1 telep a felső-pannóniai Újfalú Formációban elhelyezkedő Algyő-mező egyik gázsapkás olajtelepe, melyet a legnagyobb hazai szénhidrogén-felhalmozódást alkotó delta rétegsor delta síkon települt üledékei alkotnak. Ennek megfelelően a magminták alapján az üledékes fácieseknek négy, a deltasík környezetbe jól illeszkedő, vertikális rétegsora különíthető el: (1) természetes partgát – elosztó meder – mederfelhagyás átmenet, (2) progradáló mederáttörés – mocsár átmenet, (3) progradáló meder – mederáttörési lóba – progradáló mederáttörés átmenet és (4) mocsár – hordalékelosztó meder átmenet. Az alkalmazott vizsgálati módszerek segítségével kimutatható, hogy a Szőreg–1 telepet alkotó homokos képződmények pórustere elsődleges, szedimentációs eredetűnek tekinthető, ennek ellenére az alárendelten megjelenő másodlagos, pórusteret érintő hatások a kőzetest tárolóként való működése kapcsán nem elhanyagolható tényezők. A másodlagos karbonátásványok pórustérben való megjelenése a mikropórusok szintjén jelentkezik.

Tárgyszavak: Szőreg, kőzetszövet, permeabilitás, porozitás, üledékes fácies, kőzetfizikai

Kutatási előzmények

A Szőreg–1 telep a felső-pannóniai Újfalui Formációban elhelyezkedő algyői szerkezet gázsapkás olajtelepeinek egyike, mely delta síkság üledékképződéséből felhalmozódott összletekben alakult ki (NAGY et al. 2008). A telep elhelyezkedését, melynek csapdaképző tényezőjeként a boltozati helyzetből adódó szerkezeti záródás nevezhető meg, az 1. ábra szemlélteti. Az összlet teljes vastagsága 25–40 méter.

Az algyői felső-pannóniai képződmények többszörös delta ciklusainak felismerésével a feltöltődés történetének pontosabb megismerhetőségére először RÉVÉSZ (1980) mutatott rá. BÉRCZI & PHILLIPS (1985) először alkalmazták a delta-modellt a pannóniai üledékekre. MATTICK et al. (1985) DK-alföldi szeizmikus szelvények elemzése során két ciklusban bekövetkező delta progradációs feltöltődési modellt állítottak fel, mely szerint a feltöltődés kezdetét a turbiditásokra települő mélyvízi deltarétegsor jelöli ki. Feltöltődési modelljükben a ciklust sekélyvízi deltarétegsor, majd deltasík környezet kiépülésével zárják. A Makó–Hódmezővásárhelyi-árok területén végzett 3 fúrás szeizmikus szelvényeinek, magmintáinak, szemcseméret-eloszlási vizsgálatainak és geofizikai szelvényeinek alapján BÉRCZI (1988) 5 felhalmozódási környezetet igazolt: bazális turbiditék, mélyvízi finomszemű medenceüledékek, deltarétegsor turbiditék, selflejtő üledékek és sekély tavi – fonatos áramlás üledékei. BÉRCZI et al. (1988) kimutatták, hogy a pannóniai (s.l.) rétegsorokon belül a medence területeken a mélymedence és a medenceszéli fáciesek átmeneti fácieseken keresztül mennek át egymásba, illetve azt, hogy az alsó-pannóniai delta üledékeket a felső-pannóniai felé fokozatosan fluvio-lakusztikus üledékek váltják fel. GEIGER (1988) az alföldi

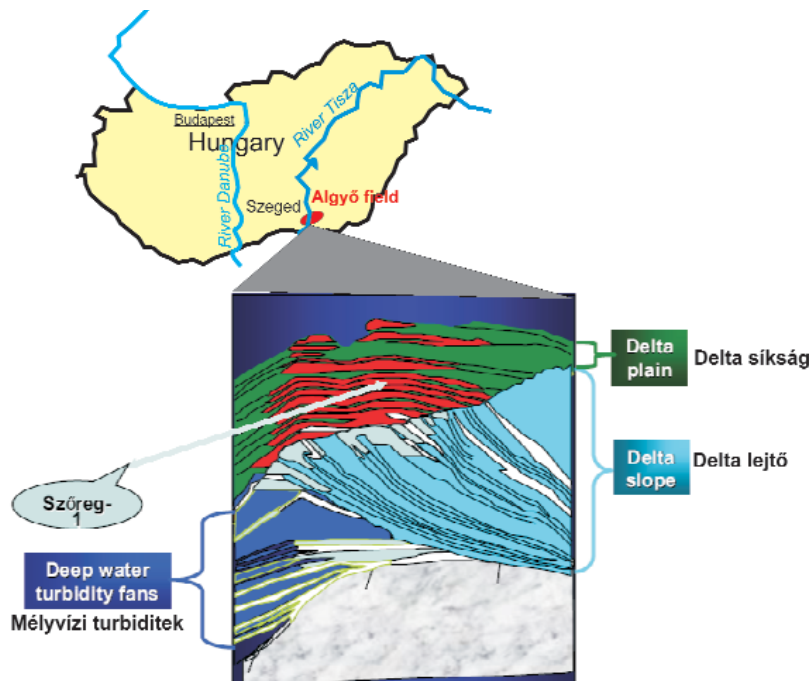
medence feltöltődésében szerepet játszó deltaprogradációs nagyciklusokat az üledékes köztest morfológiai vizsgálatának segítségével egy megaléptékű, medencefejlődési modell kvantitatív módszerek segítségével történő felállítását tűzte ki célként. Módszerében Markov analízissel három nagy deltaprogradációs ciklus létét támasztotta alá. Ezek térképezett rétegsora a feltöltődés tér és időbeli rendszerét mutatja az Alföld medencebeli képződményeiben. GEIGER & KOMLÓSI (1996) egy szedimentológiai alapú geometrikai 3D-s modellező rendszert alakított ki a törmeléken tárolókra. 1998-ban új 3D-s geológiai értékelés és szedimentológiai modell készült (GEIGER et al. 1998) Az Algyő delta alkörnyezeteinek 3D modellezésével és üledékszerkezeti jegyeinek részletes leírásával (GEIGER 2002, 2004) foglalkozó tanulmányok a Szőreg–1 telepre készült újabb művelési terv pontosítását segítették elő.

A 2006-ban a Szőreg–1 telep stratégiai gáztárolóvá történő átképzésének tervével párhuzamosan felmerült a korábbi modellek és ismeretek felülvizsgálatának, pontosításának igénye. Jelen tanulmány ennek több évet felölelő munkafolyamatába illeszkedik.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

A részletes, litológiai és genetikai szempontú magleírás során a köztérképek jellemzésén túl az üledékszerkezeti jegyek értelmezése volt hangsúlyos. A magok utólagos kiértékelését a magleírások mellé készült részletes fotódokumentáció is segítette (GEIGER & SEBŐK 2008).

A magmintákon akusztikus és ellenállásmérések történtek, melyek eredményeit a szövevi és pórusszerkezeti tulajdonságok vizsgálatához használtam fel. A kismag-



1. ábra. A Szőreg–1 telep szerkezeti helyzete (BÉRCZI 1988 nyomán)

Figure 1. Structural location of Szőreg–1 reservoir (according to BÉRCZI, 1988)

típusú kőzetfizikai mérések közül a vízszintes és függőleges irányú porozitás, folyadékos és ekvivalens permeabilitás mérések adatai kerültek feldolgozásra. A póruster tulajdonságainak nyomon követésére a magmintákon scanning elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatokat végeztek (Mol Nyrt.).

A kőzetszövet, a — legtöbbször diagenetikus eredetű — karbonáttartalom és a pórusszerkezet porozitással és permeabilitásokkal alkotott kapcsolatrendszerének vizsgálata faktoranalízis segítségével történt. Ennek alapjául az szolgál, hogy a módszer a vizsgált tulajdonságok közötti kapcsolatrendszer leíró korrelációk alapján a meghatározó tényezőket olyan faktorokkal társítja, melyek mögött az adott tulajdonságra vonatkozó, azt meghatározó folyamat áll. Az analízis során kapott faktorsúlyok a változóknak az adott faktorral való összefüggését, illetve korrelációs együtthatóhoz hasonlóan a függés mértékét és irányát mutatják meg. Ennek megfelelően a vizsgálat során az egyes változókat meghatározó faktorok eltérő faktorsúllyal szerepelnek. A cél a változókat döntően meghatározó faktorok számának csökkentése olyan okváltozók — azaz szakmai háttérváltozók — kiszűrésével, melyek a változók varianciájáért nagymértékben felelősek. A faktoranalízis algoritmus a főkomponens módszer volt, mely alkalmas több tulajdonságból álló kapcsolatmátrix vizsgálatára, a tulajdonságok változékonyságát eredményező genetikai okok magyarázatára. Az összefüggések az analízis során kapott főkomponensekkel és főkomponens súlyokkal megfelelően feltárhatók és magyarázhatók. Ezen túlmenően az adatok értékelése az egyes fázisokban kumulatív és gyakorisági eloszlásvizsgálatok, korrelációs vizsgálatok segítségével történt.

Adatkezelés, szoftverbázis

A tanulmányban közölt valamennyi diagram, geostatistikai feldolgozás, illetve térkép háttéradatai a Mol Nyrt. tulajdonát képezik, és felhasználásuk, közlésük a Mol Nyrt. hozzájárulásával történt. A feldolgozott laboratóriumi méréseket a Mol Nyrt. végezte, vagy végeztette.

A 4 fúrás magmintáin összesen 99 szemcse-összetéleri vizsgálat, valamint 75 darab mintán kalcit- és dolomit-tartalom meghatározás történt. A függőleges porozitás, vízszintes Kl ekvivalens és folyadékos vízszintes permeabilitás mérésekből 69 adatot, a vízszintes porozitás, függőleges Kl ekvivalens és folyadékos függőleges permeabilitás mérésekből 67 mérési eredmény került felhasználásra.

A statisztikai alapú adatfeltáráshoz az SPSS (IBM termék), és a StatGraphics (StatPoint Technologies termék) és az Excel (Microsoft termék) programok bizonyultak megfelelőnek. Ezek lehetővé tették a mért adatok hatékony feldolgozását, a szignifikáns kapcsolatok feltárását, és azok grafikai megjelenítését is.

Az üledékes fáciesek definiálása

A magfúrás vertikális rétegsora elemzésének célja a kőzetoszlopon belül a genetikai értelemben összetartozó egységek, alegységek azonosítása. Az üledékfácies megjelölése az üledékszerkezeti jegyek és az egyes kőzettípusok genetikai szempontú értékelésén alapszik. A definiált üledékes fáciesek és környezetek alapján a Szőreg–1 telepet harántoló négy fúrás rétegsoraihoz kapcsolódó üledékes fácieseket hasonló felhalmozódási dinamika jellemzi. A fúrásponatok mindegyike egy elosztó meder és meder-áttörési, illetve ismétlődő vagy progradáló mederáttörések által lerakott üledékeket harántolt. A maganyagok alapján elmondható, hogy a vizsgált területen a mederáttörési ciklusok — még esetleg progradáló jellegük ellenére is — fokozatosan gyengülő energiával mentek végbe. A fúrási rétegsorok és magminták segítségével azonosított üledékfáciesek, illetve vertikális rétegsorok a következők voltak:

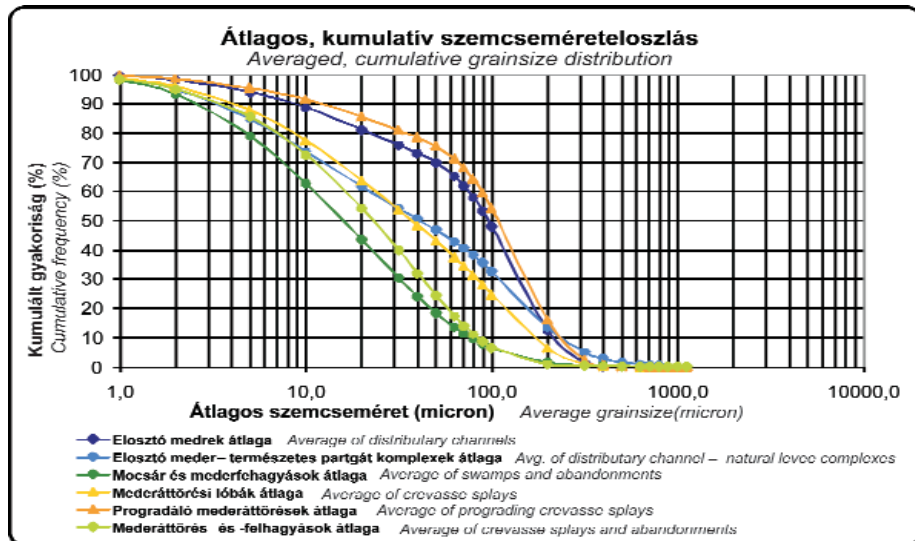
- természetes partgát – elosztó meder – mederfelhagyás – mederáttörés átmenet,
- progradáló mederáttörés – mocsár átmenet,
- progradáló meder – mederáttörési lóba – progradáló mederáttörés átmenet,
- mocsár – hordalékelosztó meder átmenet.

Az üledékes genetika megjelenése a szemcse- és pórusméret eloszlásokban

A szemcseméret eloszlás és az üledékes fáciesek közötti kapcsolat vizsgálata során a magvizsgálatok adatait genetikai alapon 5 fáciesre és 1 átmeneti fáciesre oszthatóak: (1) természetes partgát és mederegyüttesek (2) elosztó medrek (3) mederáttörési lóbák (4) progradáló mederáttörések (5) mocsár és mederfelhagyás üledékei (6) mederáttörés és -felhagyás üledékei, mint átmeneti fácies.

A hat kategóriához tartozó, átlagolt szemcseméret-eloszlások kumulatív görbéit az 2. ábra szemlélteti. A görbék értelmezéséhez elengedhetetlen az üledékes genetika ismerete is. A mocsár–mederfelhagyás fácieséhez tartozó minták szemcseméret eloszlása mutatja a legnagyobb heterogenitást. A vizsgált szemcsék több mint 50%-át a 20 mikronnál kisebb (finom aleurolit frakció és annál is apróbb szemcsék) alkotják. A 100 mikronnál nagyobb szemcsék a vizsgálati anyagban csak elenyésző mértékben voltak jelen. Ez a mocsaras területekre időszakosan betörő, a csendesvízi szuszpenzióból történő kiülepedést megzavaró áramlásokból származó finomhomok és finomhomokos aleurolit következménye.

A mederáttörési lóbák esetében az üledékek részben az elosztó medrek üledékét, részben pedig az erodált természetes partgát üledékét is tartalmazzák. Minthogy e képződmények kialakulását döntően az áramlási energia, az üledék-utánpótlás növekedése, és a kisebb-nagyobb áradási események határozzák meg, a kumulált szemcseméret-eloszlási görbén a finom és közepes szemcseméretű üledékek mellett ez a nagyon durva szemcséjű üledékek megjelenésében és a rossz osztályozottságban nyilvánul meg (2. ábra).



2. ábra. Az egyes fáciesekhez tartozó átlagolt, kumulatív szemcseméret-eloszlások görbéi

Figure 2. The averaged cumulative grainsize distribution curves of facieses

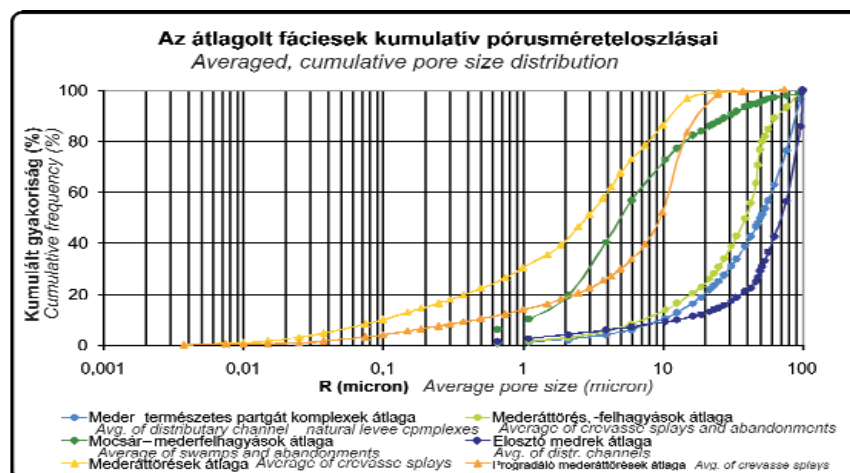
A fent leírt energiaviszonyok állandósulása, illetve a folyamatok ismétlődése következtében a mederátörési lóbák progradáló jelleget vehetnek fel. Következésképpen üledékük az elosztó medrekénél valamivel jobb osztályozottságú. A szemcséknek több, mint 50%-a a 100–300 mikronos tartományba esik, mely egyszerre tartalmazza a korábbi mederátörési lóbák átdolgozott, áthalmazott anyagát, a mederformálódás során lerakódott üledékeknek egy részét, illetve amennyiben volt ilyen, egy roncsolódott természetes partgát víz alatti üledékeit is. A nagyon nagy szállítási energia miatt itt jelenik meg a legdurvább szemcseméret. Mindennek ellenére üledékei mégis a legmeredekebb görbékkel, a legjobb osztályozottsággal jellemezhetőek, mivel a 10 mikronnál kisebb szemcsék megjelenése nem számottevő, mintegy 10% (2. ábra).

Az elosztó medrekhez tartozó görbe a progradáló mederátörésekéhez nagyon hasonló, de a legdurvább szemcseméret kisebb. Jól osztályozott. A leggyakoribb

szemcseméret-osztály 100–200 mikron közé esik, és a szemcsék 40%-át öleli fel (2. ábra).

A természetes partgát – meder komplexek átmeneti, vagy keverék fáciesként szerepelnek a vizsgálatban. A természetes partgát a folyó által, magasvízi időszakokban lerakott üledékekből áll. Az áradási időszakok között a folyó a már lerakott üledékekbe bevágódik, így egy keskeny, a folyómederhez képest emelt helyzetű gát marad vissza a partok mentén. Ezek a gátak az áramlási sebességben bekövetkezett energiacsökkenés hatására felhalmozott durva szemcsékből épülnek fel (2. ábra).

Az egyes fáciesek átlagos pórusméret-eloszlási adatait kumulatív diagramon ábrázolva, az egyes fáciesek egymástól jól elkülönülten jelennek meg (3. ábra). Leghomogénebb, legjobban osztályozott pórusrendszerrel az elosztó medrek üledékei jellemezhetőek. A pórusok 37–40%-a 75–95 mikron közötti értéket vesz fel. Nincs 0,65 mikronnál kisebb pórus. A 2 mikronnál kisebb pórusok aránya mindössze 5% körüli.



3. ábra. Az egyes fáciesek átlagolt kumulatív pórusméret-eloszlási görbéi

Figure 3. The averaged cumulative pore size distribution curves of facies

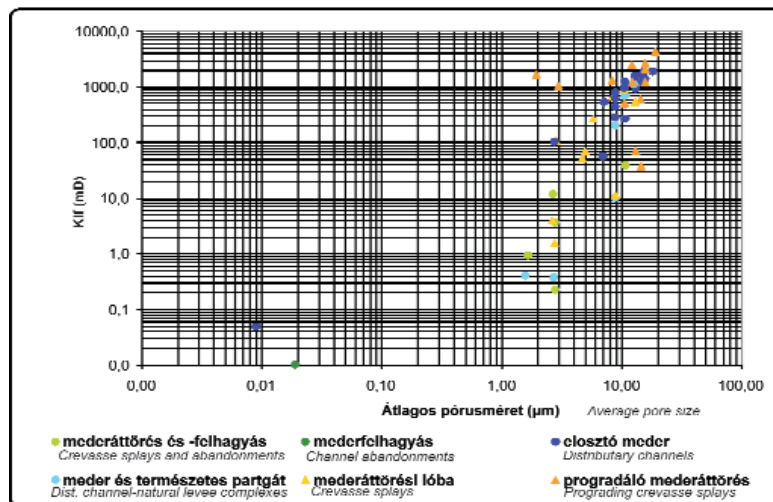
A természetes partgát – meder együttesek üledékei pórusméret eloszlásának módusa 60–80 mikron közé esik (3. ábra).

A 2 mikronnál kisebb pórusok aránya kevéssel alacsonyabb, mint a medrek esetében. A mederáttörés, -felhagyás homokos üledékeiben a pórusok mintegy 50%-a 40 mikronos pórusméret alatti pórusok formájában van jelen. Mindössze a pórusok 20%-a nagyobb, mint 50 mikron. Ennek ellenére a 2 mikronnál kisebb pórusméretek csak 3%-ban vannak jelen. A progradáló mederáttörések üledékeiben található pórusoknak körülbelül 30%-a esik 10–15 mikron közé, és 20%-a kisebb, mint 2 mikron. A vizsgált fáciesek, és átmeneti fáciesek közül itt jelennek meg a legkisebb, 0,007 mikronos pórusok. A mederáttörési lóbak pórusméreteinek kumulatív eloszlása a progradáló mederáttörésekéhez meglehetősen hasonló, azonban rosszabbul osztályozott, sőt a 2 mikronnál kisebb pórusmé-

retek aránya is kiugróan magas, mintegy 40%. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy pórusainak 40%-ában a kétfázisú folyadékáramlások nem tudnak végbemenni. Ez az üledék genetikájából következő heterogén szemcseméret-eloszlásban gyökerezik. Ehhez természetesen később egyéb, posztzedimentációs hatások is hozzáadódhattak. Az osztályozottság hiánya a szemcse- és a pórusméret eloszlást is rontja, és így a porózitásra és a permeabilitásra is negatív irányban hat.

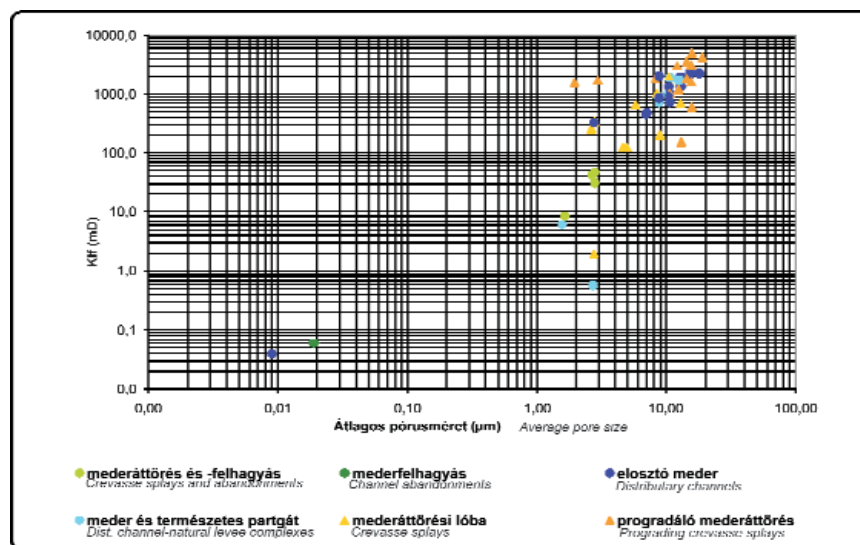
A permeabilitás és a pórusméret tartományok kapcsolata az egyes üledékes fácieseken belül

A 4. ábra és az 5. ábra szemlélteti az egyes fáciesek csoportosulását az átlagos pórusméret és a permeabilitások



4. ábra. A függőleges permeabilitás és az átlagos pórusméretek kapcsolata az egyes fáciesekben (Klf=függőleges ekvivalens folyadékos permeabilitás)

Figure 4. The relationship of vertical permeability and average poresizes in each facies (Klf= vertical equivalent liquid permeability)



5. ábra. A vízszintes permeabilitás és az átlagos pórusméretek kapcsolata az egyes fáciesekben (Klf=függőleges ekvivalens folyadékos permeabilitás)

Figure 5. The relationship of horizontal permeability and average pore sizes in each facies (Klf= vertical equivalent liquid permeability)

I. táblázat. Az üledékes genetika hatásának megnyilvánulása a permeabilitások és a pórusméret-tartományok kapcsolatában (Klv= vízszintes ekvivalens folyadékos permeabilitás)
 Table I. The effect of sedimentary genetics on the relationship of permeabilities and pore size intervals (Klv= horizontal equivalent liquid permeability)

Medér és természetes partgát/Channel and natural levee		Mederátörési lövők/Crevasse splays		Mederátörési lövők/Crevasse splays		Progradáló mederátörések/Prograding crevasse splays		Elosztó meder/Distributary channels	
KLv	KLf	KLv	KLf	KLv	KLf	KLv	KLf	KLv	KLf
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,84	1,00	0,96	1,00	0,96	1,00	0,50	1,00	0,86	1,00
0,66	0,29	0,63	0,62	0,21	0,37	0,14	0,61	0,31	0,34
0,89	0,59	0,23	0,15	0,30	0,40	0,29	0,76	0,45	0,45
0,84	0,70	0,95	0,89	0,46	0,62	0,36	0,76	0,76	0,73
0,92	0,96	1,00	0,96	0,68	0,73	0,17	-0,34	0,66	0,65
0,45	0,17	1,00	0,96	0,49	0,51	-0,31	-0,40	-0,32	-0,42
0,39	-0,01	1,00	0,95	0,18	0,18	-0,44	-0,35	-0,56	-0,53
0,54	0,20	-0,42	-0,31	-0,53	-0,58	-0,29	-0,17	-0,46	-0,44
-0,59	-0,46	1	0,97	0,61	-0,70	-0,35	-0,33	-0,20	-0,19
-0,89	-0,70	0,25	-0,76	-0,59	-0,63	-0,36	-0,36	0,25	-0,23
-0,76	-0,56	0,1	0,86	-0,54	-0,55	0,1	-0,31	0,1	-0,40
-0,75	-0,55	0,015	-0,81	-0,49	-0,47	0,015	-0,36	0,015	-0,51
-0,75	-0,56	0,00375	-0,88	-0,62	-0,62	0,00375	-0,54	0,00375	-0,43

kapcsolatában. Mindkét esetben egy erős, pozitív irányú korreláció áll fenn a két tulajdonság között, mely azt sugallja, hogy a felhalmozódásnak erőteljes hatása érvényesül a pórusrendszer kialakításában. Néhány adatpont kevésbé illeszkedik az eloszlásba. Ezek azok a minták, melyek a meghatározott fáciesről vagy mintázási hiba, vagy a fácieshatárhoz közel eső pozíciójuk miatt térnek el.

A mederbeli áramlásokhoz, áramló vízből történő kiülepedéshez valamilyen formában kapcsolódó minták a diagram jobb felső negyedében, míg az inkább szuszpenzióból történő kiülepedésből származó minták a bal alsó negyedben foglalnak helyet. Értelemszerűen a kettő közötti átmenetet a diagram középső része jelenti.

Az egyes üledékes fáciesekhez tartozó minták permeabilitás-értékeit a pórusméret-tartományok — melyeket a táblázatban mikronban tüntettünk fel — eltérő módon befolyásolják (I. táblázat). A meder és természetes partgát komplex üledékeiben a kétirányú permeabilitást a 10 mikronnál nagyobb makropórusok növelik. A vízszintes permeabilitást a 2,5 mikronnál kisebb, a függőleges permeabilitást az 1 mikronnál kisebb mikropórusok csökkentik. Mederátörések és felhagyások üledékeiben a permeabilitások a mikropórusok számának növekedésével romlanak. Mindkét permeabilitás növekedésében meghatározó szerepe van az 5–15 mikron közötti, valamint a 37,5 mikronnál nagyobb pórusméreteknek.

A mederátörési lövők esetében a permeabilitás növelésében a 37,5 mikronnál nagyobb óriáspórusok nem vesznek részt, csak a 7,5–25 mikron közé eső pórusok. A mért tulajdonságokat a 2,5 mikronnál nagyobb pórusok rontják. A progradáló mederátörések kőzetmintáiban a vízszintes és a függőleges permeabilitás közötti korrelációs együttható értéke mindössze 0,5, azaz a két irányban mért paraméter egymástól jelentősen eltérhet. A vízszintes és függőleges permeabilitást a 0,015 mikronnál kisebb pórusok rontják. A függőleges permeabilitást a 15 mikronnál nagyobb pórusok növelik). Az elosztó medrek mintáiban mindkét permeabilitást növelik a 10–25 mikron közé eső pórusok, és csökkentik az 5–7,5 mikronos pórusok, illetve vízszintes permeabilitás esetében a 0,015 mikronos pórusok.

A porozitás és a permeabilitás jellemzői az egyes üledékes fáciesekben

A porozitást és permeabilitást befolyásoló leülepedési és leülepedés utáni geológiai folyamatoknak kiemelt szerepük van egy tároló termelési-tárolási teljesítményének megértésében és előrejelzésében. A meder fácies homokkövei az elosztó medrek üledékeit mintázták (II. táblázat). Az elosztó medrek porozitási tartománya a fáciesek között a leghomogébbnak tekinthető. Szórása 0,009. A meder-homokkövek porozitási tartománya 0,28 és 0,32 közé esik. Permeabilitásuk nem mutat extrém kiugró értékeket. A Kl_v körülbelül 320 és 2351 mD közötti tartományt ölel fel, a Kl_f megközelítőleg 56 mD és 1886 mD közé eső értékeket vesz fel. A meder és természetes partgát komplex homokkövei a

II. táblázat. Az üledékes fáciesek megnyilvánulása a kőzetfizikai tulajdonságok heterogenitásában
 Table II. The manifestation of sedimentary facieses in the heterogeneity of petrophysical properties

Összes minta All samples					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	66	,04	,34	,2884	,04940
KLv	66	,04	4861,94	1085,8505	1059,03400
KLf	66	,01	4377,46	710,1923	855,20572
Valid N (listwise)	66				

Progradáló mederáttörések Prograding crevasse splays					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	14	,28	,34	,3237	,01534
KLv	14	154,89	4861,94	2151,9771	1364,13767
KLf	14	37,43	4377,46	1560,8323	1188,47760
Valid N (listwise)	14				

Mederáttörések Crevasse splays					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	14	,24	,32	,2823	,02383
KLv	14	1,94	1948,56	420,9681	530,99990
KLf	14	,22	938,64	191,5939	302,43551
Valid N (listwise)	14				

Meder és gát komplex Distr. channel-nat. levee complexes					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	8	,18	,31	,2669	,05164
KLv	8	,32	1865,83	772,3765	745,83016
KLf	8	,10	1104,22	333,7210	428,32441
Valid N (listwise)	8				

Elosztó medrek Distributary channels					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	22	,04	,32	,2957	,05738
KLv	22	,04	2351,47	1267,1374	678,62565
KLf	22	,05	1886,56	889,3265	580,52149
Valid N (listwise)	22				

Mederáttörés-és felhagyás Crevassing and abandonment					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Poroz	8	,16	,31	,2385	,05022
KLv	8	,06	1368,49	198,6080	473,68203
KLf	8	,01	48,33	12,9941	19,45751
Valid N (listwise)	8				

Valid N (listwise)=érvényes mintaszám – Valid N (listwise)=number of non-missing values.

természetes partgát víz alatti részén, a meder partközeli részén, illetve egy rövid ideig állandósult mederáramlásoktól kevésbé háborgatott részén halmozódtak fel. Ennek megfelelően porozitásuk a fáciesek között a legnagyobb heterogenitást mutatja. Értéktartománya 0,18 és 0,31 közé esik. A permeabilitási értékek között kiugró értékek nem jelennek meg. A mederáttörési lóbák homokköveinek porozitása viszonylag nagy, 0,24 és 0,32 közötti értékekkel jellemezhető. Extrém, vagy kiugró értékek nem jelennek meg az adatsorban. A progradáló mederáttörések mintái egy

mederáttörési lóba progradációjának valamely üledéktestéből származnak, így tulajdonságaikban mederáttörésre, vagy a lóbán kifejlődött és progradáló keskeny elosztó meder progradációjára jellemző kőzetfizikai jelleg keveredhet bennük.

Az egyes fácieseket összevetve a progradáló mederáttöréseknél vannak a legmagasabb porozitás-értékek (0,28–0,34), ugyanakkor permeabilitásuk szórása is a legnagyobbnak számít mind a vízszintes, mind a függőleges permeabilitás tekintetében (II. táblázat). Ennek magya-

rázata az üledékek felfelé durvuló ciklusos jellege, mely lehetővé teszi a nagy pórusok kialakulását. Ezzel együtt megjelenhet a pórustorkokat leszűkítő finomabb frakció is, mely a permeabilitásban szélsőségeket eredményezhet.

A mederáttörés és mederfelhagyás mintái egy epizodikus mederáttörést követő gyors mederfelhagyás során képződhetnek, de inkább a szakasz nyugalmi időszaka alatt felhalmozódott üledékeket mintázták meg. A statisztikai sokaság javára az egyetlen homokkőminták kiszűrésre került az aleurolitok és egy agyagmárgaminták javára. A porozitásuk az agyagmárgát, illetve finom aleuritot jellemző 0,16-tól a finomhomokos durva aleurolit 0,27-es porozitás-értékig terjed (II. táblázat). Permeabilitásaik szórása a vizsgált fációsak között a legkisebb, tehát permeabilitás szempontjából homogénnek mondható, ám — nem megfelelően — nagyon alacsony permeabilitásúak.

Az üledékes genetika hatása a porozitásnak és permeabilitásoknak a szemcseméret-eloszlással, valamint a pórusszerkezettel és a karbonáttartalommal alkotott kapcsolatára

Az analízisbe bevont tulajdonságokat, és jelölésüket a III. táblázat szemlélteti.

A IV. táblázat mutatja az összvariancia értékeket a sajátértékekkel és a főkomponensekkel. Az első oszlop tartalmazza a komponenseket. Ebben az esetben a kezdeti sajátértékek összvarianciáját 25 komponens magyarázza. Az első komponens a vizsgált változók variációját 41,033 %-ban határozza meg. A 25 komponensből az első 7 komponens a változók variációjának mintegy 90%-át magyarázza. Az első főkomponens a vizsgált változók 41%-át, míg az első hét komponens együttesen a megfigyelt változókat körülbelül 90%-ban magyarázza (IV. táblázat). A vizsgált tulajdonságok együttes változékonyságának minél pontosabb visszavezetése érdekében az 5 db 1-nél nagyobb sajátértékkel rendelkező faktoron kívül a vizsgált szakmai háttérváltozók számát további két faktorról bővítettük. Ez az utolsó két faktor valójában az együttes változékonyságnak csak csekély százalékát teszi ki, mégis fontos genetikai információk hordozója lehet.

A főkomponenssúlyok értékei -1 és $+1$ közötti értékeket vehetnek fel (V. táblázat). Az egyes főkomponenssúlyok tulajdonképpen a változók és a főkomponens-változók közötti korrelációs együtthatóként értelmezhetőek. A táblázatban látható az egyszerűbb faktorstruktúra elérését célzó rotáció nélküli faktorsúlymátrix, melyben csak a $-0,3$ -nál nagyobb faktorsúllyal rendelkező értékek szerepelnek (V. táblázat).

A mátrixban több esetben is megfigyelhető a főkomponenssúlyok csoportosulása. Ebből következik, hogy ezek a változók egymással csoportosan korrelálnak, vagyis olyan közös háttérváltozóval magyarázhatók, melyek a változókat együttesen határozzák meg, a főkomponenssúly-értékeknek megfelelő irányban.

Az *első faktor* hatására a finom szemcsefrakció (agyag, finom aleurit) gyakorisága csökken, a homokfrakció gyakorisága nő. Ezzel párhuzamosan a közetszövet durvulása és az osztályozottság javulása figyelhető meg. A szöveti durvulás a kisméretű pórusok gyakoriságának csökkenésével és a 10 mikronnál nagyobb pórusok gyakoriságának növekedésével jár. Mindez a porozitás és a permeabilitások javulásához vezet. Ezek alapján az első faktort az osztályozottság javulását és az átlagos szemcseméret növekedését elősegítő hordalékszállítással, illetve a szuszpenzióból történő osztályozó kiülepedéssel azonosíthatjuk. Ilyen folyamatot idézhet elő a fokozatosan erősödő, vagy csökkenő energiájú áramlásokból történő kiülepedés.

A *második faktor* hatására nő a nagyon kicsiny (0,02–0,00375 mikron) pórusok gyakorisága, mely a porozitás romlását eredményezi. Ezzel együtt a közepes pórusok rovására — a durva aleurit és a finomhomok frakció kismértékű csökkenésével párhuzamosan — nő a nagy pórusok gyakorisága is (25 mikronnál nagyobb pórusok), de ezek az effektív porozitás kiépítésében nem vesznek részt, valószínűleg éppen a felszaporodó szűk pórustorkok miatt. Az osztályozottságot, az átlagos szemcseméretet, a karbonáttartalmat és a permeabilitásokat nem érinti a faktor hatása. A második faktor vagy az üledékek áramló közegből történő hirtelen kiülepedésével azonosítható, mely során az osztályozódás hiánya miatt az eltérő méretű szemcsék között az extrém nagy pórusok mellett a nagyon kicsi pórusok előfordulási gyakorisága nő — azonban a pórusok egymással sok esetben nem kommunikálnak, így az effektív porozitást rontják —, vagy egy olyan átmeneti szöveti rendszert jelöl, mely rövid ideig tartó, magasabb energiaszintű folyamatok hatására alakul ki. Lokális áthalmazódások. Rövid ideig tartó folyamatok hatása, mely nem eredményez határozott szöveti, ill. pórusrendszert. Az üledékekben nő a finom frakció (agyag, finom aleurit), és csökken a finomhomok gyakorisága a *harmadik faktor* hatására. Ezzel párhuzamosan nő a 15,0–25,0 mikron közötti pórusok gyakorisága, és csökken az 5 és 10 mikron közé eső pórusok gyakorisága. Az extrém nagy pórusok előfordulása és a karbonáttartalom szintén csökken. Az üledék osztályozottsága kis mértékben romlik. Ezek együttesen a permeabilitás javulását eredményezik. A finom frakció növekedése és a homokos üledékek előfordulása nem magyarázza a javuló permeabilitást, így ez csak akkor magyarázható, ha az üledékben megjelenő finomfrakció nem póruskitöltésként jelenik meg, hanem önálló formában alkot szöveti jellegzetességet. Ez a minták között sok esetben aleurolit intraklasztok formájában meg is jelenik, mely a korábbi, konszolidálatlan aljzat áramlás általi eróziójának terméke, és a szemcseösszetételi vizsgálatok során önálló frakcióként jelenik meg. Ezek ismeretében a harmadik faktor az eróziós folyamatok által kialakított szövet pórusrendszerének heterogenitását fejezi ki. Ilyen intraklasztos homokköveket találhatunk a mederáttörési lóbák, progradáló mederáttörések és progradáló elosztómedrek eróziós folyamatok által felhalmozott üledékei között.

III. táblázat. A faktoranalízisbe bevont tulajdonságok
Table III. Features involved in analysis

Tulajdonság/Feature	Jele/Index	Tulajdonság/Feature	Jele/Index
Közepes szemcseméret/Medium grain size	Zscore: átlag	37,5 μ -nál nagyobb pórusok gyakorisága/Frequency of pores bigger than 37.5 microns	Zscore: 37.50
Osztályozottság/Sortness	Zscore: szórás	25–37,5 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 25–37.5 microns	Zscore: 25.00
Agyag frakció/ Clay fraction	Zscore: agyag	15–25 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 15–25.0 microns	Zscore: 15.00
Finom aleurit frakció/Fine silt fraction	Zscore: fin al	10–15 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 10–15 microns	Zscore: 10.00
Durva aleurit frakció/Coarse silt fraction	Zscore: du_al	7,5–10 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 7.5–10 microns	Zscore: 7.50
Finomhomok frakció/Fine sand fraction	Zscore: f_hom	5–7,5 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 5–7.5 microns	Zscore: 5.00
Apróhomok és középszemű homok frakció/Medium sand	Zscore: a_k_hom	2,5–5 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 2.5–5 microns	Zscore: 2.50
Porozitás/Porosity	Zscore: Poroz	1–2,5 μ közötti pórusok gyakorisága /Frequency of pores between 1–2.5 microns	Zscore: 1.00
Vízszintes irányú ekvivalens (korrigált)permeabilitás /Horizontal equivalent permeability	Zscore: K1.v	0,25–1 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 0.25–1 microns	Zscore: 0.25
Függőleges irányú ekvivalens (korrigált) permeabilitás /Vertical equivalent permeability	Zscore: K1.f	0,1–0,25 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 0.1–0.25 microns	Zscore: 0.10
Vízszintes irányú mért permeabilitás /Horizontal measured permeability	Zscore: Kv	0,02–0,1 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 0.02–0.1 microns	Zscore: 0.02
Függőleges irányú mért permeabilitás /Vertical measured permeability	Zscore: Kf	0,00375–0,02 μ közötti pórusok gyakorisága/Frequency of pores between 0.00375–0.02 microns	Zscore: 0.00375
Összes karbonáttartalom/Gross carbonate content	Zscore: Össz karb		

A vizsgált mintákban *negyedik faktor* hatására nő az apró- és finomhomok frakció előfordulása, ami a szállítási energia kismértékű erősödésének köszönhetően az átlagos szemcseméret-növekedésében is megnyilvánul. Ezzel együtt csökken az agyag és finom aleurit frakció gyakorisága, és csökken a 7,5–5,0 mikronos pórusméretek előfor-

dulása, valamint nő az 1 mikronnál kisebb pórusok előfordulásának gyakorisága. Ezek alapján megállapítható, hogy a negyedik faktorhoz olyan folyamat társítható, ami a szállítási energia kismértékű növekedésével jár, mely növeli az átlagos szemcseméretet, de az osztályozottságot nem befolyásolja, valamint a közepes pórusméretek

IV. táblázat. A faktoranalízis összvariancia táblázata a sajátértékekkel és a főkomponensekkel
 Table IV. Variance matrix of factor analysis with the main components and the initial eigenvalues

Komponensek Component	Kezdeti sajátértékek Initial eigenvalue			Eredménytábla Extraction sums of squared loadings		
	Összes Total	variancia % % of variance	Kumulatív % Cumulative %	Összes Total	Variancia % % of variance	Kumulatív % Cumulative %
1	10.258	41.033	41.033	10.258	41.033	41.033
2	3.471	13.882	54.916	3.471	13.882	54.916
3	3.177	12.708	67.624	3.177	12.708	67.624
4	2.246	8.985	76.609	2.246	8.985	76.609
5	1.314	5.257	81.866	1.314	5.257	81.866
6	.975	3.899	85.766	.975	3.899	85.766
7	.863	3.453	89.219	.863	3.453	89.219
8	.814	3.256	92.475			
9	.474	1.896	94.370			
10	.387	1.546	95.917			
11	.338	1.354	97.270			
12	.191	.763	98.033			
13	.155	.620	98.653			
14	.115	.459	99.112			
15	9.41E-02	.377	99.489			
16	5.95E-02	.238	99.726			
17	2.93E-02	.117	99.844			
18	2.07E-02	8.270E-02	99.926			
19	1.02E-02	4.070E-02	99.967			
20	4.55E-03	1.818E-02	99.985			
21	2.16E-03	8.630E-03	99.994			
22	9.34E-04	3.736E-03	99.998			
23	5.85E-04	2.338E-03	100.000			
24	1.05E-05	4.212E-05	100.000			
25	6.47E-06	2.589E-05	100.000			

V. táblázat. A rotáció előtti faktorsúly- mátrix
 Table V. The non-rotated factor score matrix

	Komponensek Components						
	1	2	3	4	5	6	7
Zscore: átlag	.769			.485			
Zscore: szórás	.879		-.351				
Zscore: agyag	-.692		.429	-.405			
Zscore: fin_al	-.748		.454	-.388			
Zscore: du_al	-.713	-.314			-.502		
Zscore: f_hom	.327	-.488	-.639				
Zscore: a_k_hom	.871			.337			
Zscore: Poroz	.583	-.742					
Zscore: KLv	.890		.362				
Zscore: KLf	.825		.444				
Zscore: Kv	.904		.357				
Zscore: Kf	.814		.421				
Zscore: 37.50		.630	-.402				
Zscore: 25.00	.651	.372					
Zscore: 15.00	.623		.545				.352
Zscore: 10.00	.738						-.429
Zscore: 7.50		-.354	-.439	-.547			
Zscore: 5.00		-.420	-.488	-.378			.418
Zscore: 2.50	-.357	-.431			-.563	.494	
Zscore: 1.00	-.565			.626			
Zscore: 0.25	-.638			.601			
Zscore: 0.10	-.612			.398	.474		
Zscore: 0.02	-.606	.666					
Zscore: 0.00375	-.311	.866					
Zscore: Össz_karb			-.555		.301	.576	

beszűkülését, és a kicsiny pórusok felszaporodását okozza.

A vizsgált minták összvarianciájának relatíve kis százalékát magyarázza az *ötödik és hatodik faktor*, viszont ez a két faktor az, amelyben megnyilvánul a karbonát ásványok hatása. A karbonátok a 2,5 és 5 mikron közötti pórusméret tartományt szűkítik le, valamint a 0,1–0,25 mikron közötti pórusméret tartomány gyakoriságát növelik.

Mivel a *hetedik faktor* a vizsgált tulajdonságoknak igen kis százalékát magyarázza, csak tájékoztató jelleggel szerepel az analízisben. A hetedik faktor valószínűsíthetően valamilyen diagenetikus hatással azonosítható, mely az 5 mikronos pórusméretek előfordulását a 10 mikronos pórusméretek rovására növeli. Ilyen hatású lehet többek között (itt nem karbonátos) ásványkicserélődés, vagy újrakristályosodási folyamatok.

A karbonát ásványok hatása az *ötödik és a hatodik faktor* hatásában nyilvánult meg. Az analízis eredménye alapján a karbonát ásványok a 2,5–5 mikron közötti pórusméret tartományt szűkítik, míg a 0,1–0,235 mikron közé eső tartomány gyakoriságát növelik.

Ezek alapján feltételezhető, hogy a karbonát ásványok hatása többnyire csak a mikropórusok szintjén jelentkezik. Ezt alátámasztani látszanak a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok is, melyek kimutatták, hogy a mikropórusok az átalakulóban, lebomlóban lévő, főleg karbonát ásványokban vannak jelen nagy számban. A mintákban a törmelékes részt ezek a lebomló és már helyben keletkezett

ásványok alkotják (Mol Nyrt.) Az I. tábla átalakuló karbonátokat és annak nyitott pórusait szemlélteti.

A homokkövek másodlagos porozitásának kifejlődése gyakran a karbonát ásványok (kalcit, dolomit, sziderit) mezogenetikus oldódásának (leaching) eredménye, mely a vizsgált minták egy részében is nyomon követhető. Mivel a karbonáttartalom főleg törmelékes formában van jelen (I. tábla), a porozitást, és a permeabilitást is negatív irányban befolyásolhatja.

A homokkövekben mind a kalcit-, mind a dolomit-tartalom növekedése a permeabilitásokra és a porozitásra is negatívan hat. Az aleurolitok esetében ennek ellenkezője figyelhető meg, mivel itt az autigén karbonát az aleuritnál nagyobb szemcseméretével a porozitást is növeli.

Azt, hogy a faktorok az eredeti változók varianciáját mennyire jól magyarázzák, a kommunalitás értékek mutatják meg. Mivel az analízis során kapott kommunalitás értékek minden esetben magasak, a kiválasztott komponensek a változókat jól reprezentálják (6. táblázat).

Eredmények, következtetések

A kőzettest tárolóként való működése, és a tárolóban zajló egyes folyamatok értékelésének, kockázati mérlegelésének szempontjából kulcsfontosságú a kőzetszöveti és kőzetfizikai tulajdonságok megítélése. Az e paramétereket célzó vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a vizsgált minták porozitása elsődleges, felhalmozódási eredetű, ennek megfelelően az üledékes genetika a kőzetfizikai tulajdonságokban is tükröződik. Legnagyobb porozitással a progradáló mederáttörések üledékei rendelkeznek, ugyanakkor permeabilitásuk szórása is a legnagyobb. Szintén nagyon jó, és homogén porozitással jellemezhetőek az elosztó medrek. Ezt követik a mederáttörési lóbák homokkövei, majd a meder és természetes partgát komplexek, végül a legalacsonyabb permeabilitású, mederáttöréseket követő mederfelhagyások üledékei. Az üledékes genetika a szemcseméret-eloszlásokban is nyomon követhető.

A higányos mérések eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgált minták pórussteret elsődlegesen szedimentációs hatások határozták meg melyeket elsősorban az osztályozódás vagy hirtelen kiülepedés, valamint az eróziós folyamatok alakítottak ki, és ennek megfelelően az üledékes genetika a kőzetfizikai tulajdonságokban is tükröződik. A másodlagos, pórussteret érintő hatások a vizsgált mintákban csak alárendelten vannak jelen, viszont kőzetfizikai tulajdonságokra — és ezen keresztül a tároló működésére, a tárolóban lejátszódó transzportfolyamatokra — gyakorolt hatásuk a gyakorlatban mégsem elhanyagolható. A másodlagos hatások által legkevésbé érintett a 7,5–15 mikron közé eső pórusok tartománya. A diagenézis pórussteret érintő hatásával kapcsolatos megállapításokat a SEM felvételek is alátámasztják. Azt a tényt, hogy a kőzetszövetet és a petrofizikai tulajdonságokat döntően az üledék osztályozódását elősegítő szedimentáció, a hirtelen kiülepedés és az eróziós folyamatok alakították ki, a faktor analízis

VI. táblázat. A vizsgált tulajdonságok kommunalitás értékei

Table VI. The communality values of features examined

	Közvetlen Initial	Extrahált Extraction
Zscore: átlag	1.000	.933
Zscore: szórás	1.000	.989
Zscore: agyag	1.000	.945
Zscore: fin_al	1.000	.978
Zscore: du_al	1.000	.916
Zscore: f_hom	1.000	.882
Zscore: a_k_hom	1.000	.980
Zscore: Poroz	1.000	.946
Zscore: Klv	1.000	.942
Zscore: KLf	1.000	.892
Zscore: Kv	1.000	.956
Zscore: Kf	1.000	.867
Zscore: 37.50	1.000	.759
Zscore: 25.00	1.000	.684
Zscore: 15.00	1.000	.908
Zscore: 10.00	1.000	.866
Zscore: 7.50	1.000	.809
Zscore: 5.00	1.000	.847
Zscore: 2.50	1.000	.890
Zscore: 1.00	1.000	.869
Zscore: 0.25	1.000	.928
Zscore: 0.10	1.000	.848
Zscore: 0.02	1.000	.866
Zscore: 0.00375	1.000	.933
Zscore: Össz_karb	1.000	.872

eredményei is megerősítik. A másodlagos diagenetikus eredetű hatások — mint például a karbonátásványok hatása — valóban csak kis mértékben vannak jelen, ettől függetlenül a kalcit- és a dolomittartalom a homokkövekben a porozitást és a permeabilitást is rontja. A karbonáttartalom növekedése a 2,5–5 mikron közötti pórusméret tartományt a 0,1–0,235 mikronos pórusok javára szűkíti, amit a porozitás és permeabilitás javítását célzó kútmunkálatok során javasolt figyelembe venni. Ezzel együtt diagenetikus hatások —

mint például a karbonátásványok hatása — mikropórusok szintjén jelentkeznek, így az elsődleges pórussteret a diagenézis jelenlegi állapotában döntően nem befolyásolják

Köszönetnyilvánítás

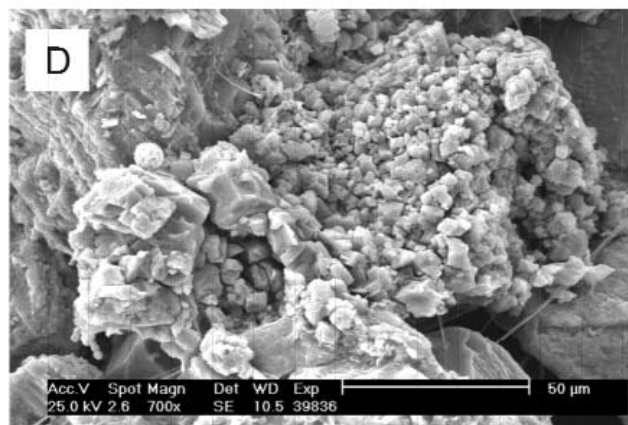
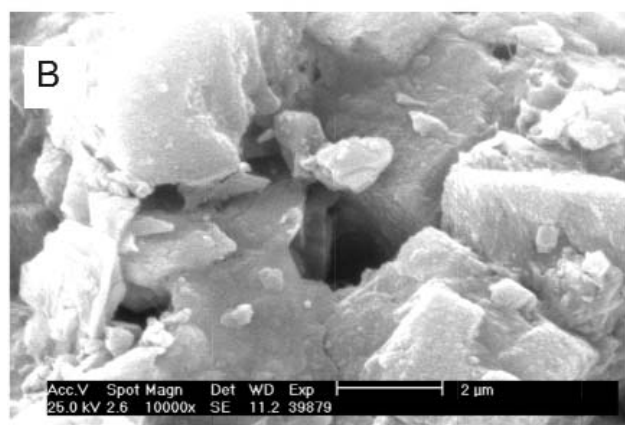
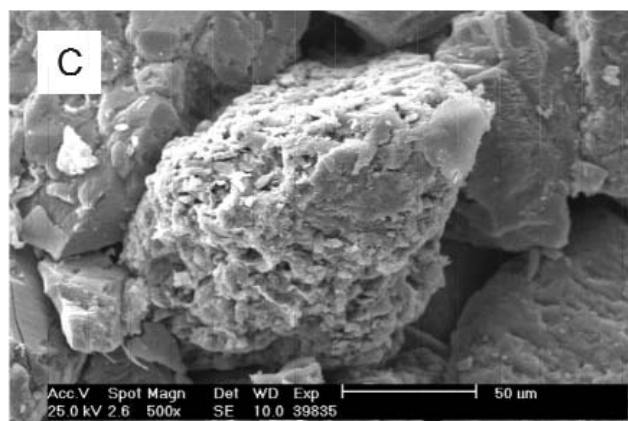
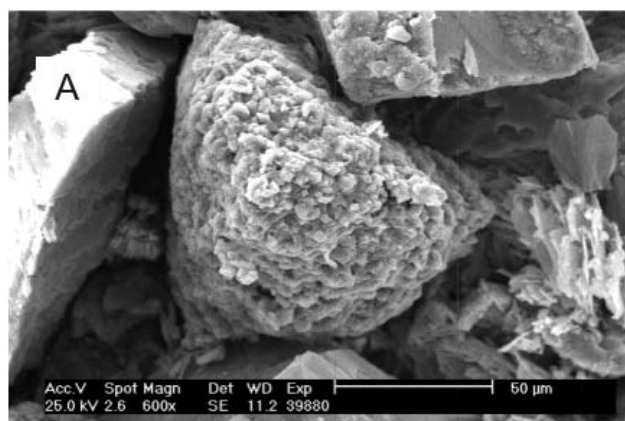
A szerző köszönetét fejezi ki a Mol Nyrt-nek az eredmények publikálásának engedélyezéséért.

Irodalom — References

- BÉRCZI, I. 1988: Preliminary sedimentological investigation of a neogene depression in the Great Hungarian Plain. — In: ROYDEN L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian Basin: A study in basin evolution. AAPG Memoir* **45**, 107–116.
- BÉRCZI, I. & PHILLIPS, R. L. 1985: Processes and depositional environments within Neogene deltaic-lacustrine sediments, Pannonian Basin, Southeastern Hungary. — *Geophysical Transactions* **31**, 71–87.
- BÉRCZI, I., HÁMOR, G., JÁMBOR, Á. & SZENTGYÖRGYI, K. 1988: Neogene sedimentation in Hungary. — In: ROYDEN L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian Basin: A study in basin evolution. AAPG Memoir* **45**, 57–68.
- GEIGER J. 1988: Delta progradációs nagyciklusok az alföldi pannóniai (s.l) medence feltöltődésében az üledékes kőzettest.morfológiai vizsgálatok alapján. — *Földtani Közöny* **118**, 219–238.
- GEIGER J. 2002: A pannóniai Újfalui (Törteli) formációban lévő Algyő delta fejlődéstörténete I.: Az Algyő-delta alkörnyezeteinek 3D modellezése. — *Földtani Közöny* **133/1**, 91–112.
- GEIGER J. 2004: A pannóniai Újfalui (Törteli) formációban lévő Algyő delta fejlődéstörténete II.: Az Algyő-delta deltasíkjának üledékszerkezeti jegyei. — *Földtani Közöny* **134/1**, 55–73.
- GEIGER J. & KOMLÓSI J. 1996: Szedimentológiai, geomatematikai 3D modellező rendszer törmelékes CH tárolókban. — *Kőolaj és Földgáz* **2**, 53–81.
- GEIGER J. & SEBŐK SZ. 2008: A Szőreg–1 gázsapkára fűrt magok komplex üledékföldtani vizsgálata. — *II. MOL Jelentés*, 34 p.
- GEIGER J., KISSNÉ VERES K. & KOMLÓSI J. 1998: A Szőreg–1 telep 3D rezervoár geológiai modellje. — *KUMMI Jelentés*, 216 p.
- MATTICK, R. E., RUMPLER, J. & PHILLIPS, R. L. 1985: Seismic stratigraphy of the Pannonian Basin in Southeastern Hungary. — *Geophysical Transactions* **31/1–3** Special edition, 13–55
- NAGY, GY., BENEDEK, L., PIPICZ, V., PAPP, I., ÓSVAY HNISZ, M., TÓTH VARGA, I. & GEIGER, J. 2008: Gas supply security or enhanced gas recovery? With adequate reservoir management — No need to choose! — *MOL Scientific Magazine Development* **2008/3**, 51–52.
- RÉVÉSZ I. 1980: Az Algyő–2 telep földtani felépítése, üledékföldtani heterogenitása és ősföldrajzi viszonyai. — *Földtani Közöny* **110/3–4**, 512–539.

Kézirat beérkezett: 2011. 08. 30.

I. tábla — Plate I



A) és B) Átalakuló dolomit és annak nyitott pórusai, C) Átalakuló, lyukacsos, porózus kalcit, D) lebomló dolomit pirittel és agyaggal (fotó: Pannon Egyetem Anyagmérnöki Intézete)

A) and B) Altering dolomite with opened pores, C) Altering, porous calcite, D) Dissolving dolomite with pyrites and clay