

# A hagyományos és a pásztázó elektronmikroszkópos szemcsealak-vizsgálati módszerek eredményeinek összehasonlítása\*

Molnár B.\*\*—Fényes J.\*\*—Kuti L.\*\*\*—Novoszáth L.\*\*

(4 ábrával, 6 táblával)

**Összefoglalás:** A nyírségi földtani szelvény homokmintáin végzett hagyományos és pásztázó elektronmikroszkópos szemcsealak-vizsgálati módszerek alapján megállapítható volt, hogy a homokrétegek eredetileg vízi szállításon estek át, majd eolikus áthalmazódást szenvedtek. Az utóbbi hatása azonban a vízi szállítási jegyeket még nem tüntette el teljesen. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálattal az anyagokzetből származó, a diagenetikus hatást mutató, a vízi és az eolikus szállítású, a kémiai hatást tükröző, valamint az inszolúciós poligonális repedéseket mutató szemcsetípusokat lehetett elkülöníteni. A hatások a diagenetikus hatással kezdődtek, a vízi és az eolikus szállítással folytatódtak. A kémiai hatás valószínűleg már a szállítás alatt is, de főleg azt követően játszódott le. Az üledékes környezet meghatározására a legmegbízhatóbb eredményeket a hagyományos és a pásztázó elektronmikroszkópos módszer együttes alkalmazása adja.

## Bevezetés

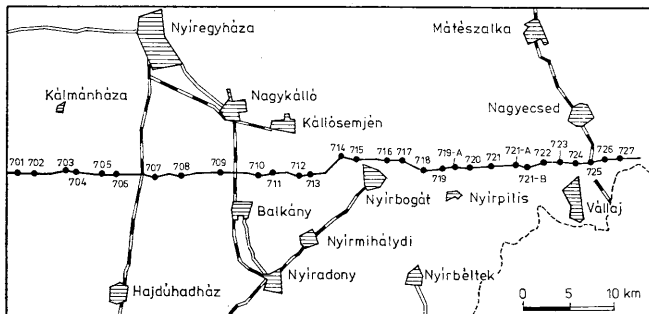
A Magyar Állami Földtani Intézet Síkvidéki Osztálya — a Nagyalföld földtani térképezése során — a Nyírség területét 30 m mélységű fúrások alapján, Ny—K-i irányú szelvények mentén tárta fel (1—2. ábra). A szelvényekben az uralkodó üledék *homok* volt. Homok frakciót azonban a homok mellett előforduló durva kőzetliszt is tartalmazott, így ideális lehetőség adódott arra, hogy ezeket a rétegeket szemcsealak-vizsgálatra felhasználjuk és összehasonlítást tegyünk a különböző szemcsealak-vizsgálati módszerek eredményei között.

Vizsgálatunk célja az volt, hogy a homoküledék fáciesét meghatározzuk és a hagyományos szemcsealak-vizsgálati módszerek eredményeit a modernebb *pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal* összehasonlítsuk. A jövőben, amikor a múlt üledékképződési környezetét kívánjuk meghatározni, a szedimentológiai vizsgálatokban nálunk is egyre gyakrabban az utóbbi használatára kerül sor. Fontos tehát e módszer lehetőségeinek felderítése, hogy vizsgálati eredményeit érdemben tudjuk értékelni. Lényeges cél a régi és az új vizsgálati módszer lehetőségeinek és különbségeinek bemutatása is. Az eredmények azonos vagy eltérő tendenciáinak a kiderítése. Mindezekkel a korábbi hagyományos módszerekkel kapott eredmények újraértékelését is elősegíthetjük.

\* Előadták az Alföldi Területi Szervezet előadójánál, 1987. XI. 17-én.

\*\* JATE Földtani és Őslénytani Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2—6.

\*\*\* Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest XIV., Népszabadság út 14.



1. ábra. A Nyírség földtani képződményeit feltáró földtani szelvény helye és fúrásainak helyszínrajza  
 Fig. 1. Location of the geological profile and boreholes in the Nyírség area, NE Hungary

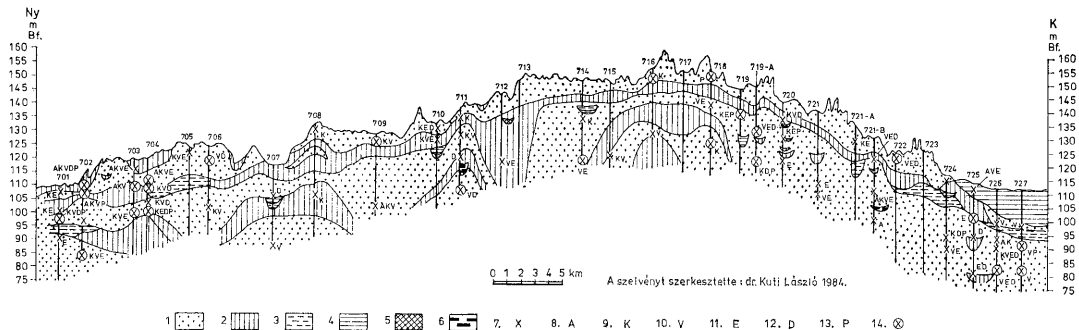
### A minták vizsgálatra történő kiválasztása és előkészítése

A kiválasztott földtani szelvény anyagát Szolnokon a Földtani Intézet magraktárában átnéztük, majd a helyszínen 321, homokot is tartalmazó mintát emeltünk ki. Ezekből 82 olyan mintát választottunk ki, amelyek szemcseösszetételükönél fogva vizsgálatra a legalkalmasabbak voltak és a földtani szelvényben jelentkező 2–3 homokréteget is felölelték (2. ábra). A 82 mintának elvégeztük a makroszkópos leírását, hogy az értékelésnél a vizsgált frakción kívül az eredeti szemcseösszetételt is figyelembe lehessen venni. A 82 mintát desztillált vízzel átmostuk, majd a 0,064 mm  $\varnothing$ -nél finomabb részt eltávolítottuk belőle. A megmaradó anyagot szitálással további két részre, a 0,1–0,2 mm-es és a 0,2-nél durvább frakcióra bontottuk. A szemcsealakra, ahol lehetett, a 0,2 mm-nél durvább homokot (a 0,2–0,5 mm közöttit) vizsgáltuk, 5 minta esetében azonban ilyen durva frakció nem volt. Itt és több helyen összehasonlítással még a 0,1–0,2 mm-es részt is megelemeztük. Összesen 99 mintát tanulmányoztunk. A hagyományos szemcsealak-vizsgálatok közül a nálunk gyakran használt MIHÁLTZ–UNGÁR–DÁVID és a CALLEUX-féle módszert alkalmaztuk (MIHÁLTZ I.–UNGÁR T. 1954, DÁVID P. 1955, MOLNÁR B. 1961, CALLEUX 1952, 1961). A szemcséket jénai gyártmányú, Q–100129-es típusú binokuláris sztereomikroszkóppal, 80–100-szoros nagyítás mellett elemeztük. A szemcséket fekete alapú, fehér rácsos lapra helyeztük és mintánként 150 szemcsét határoztunk meg, majd az egyes szemcsetípusokat százalékban fejeztük ki.

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatnál 5–10 g-nyi anyagot a CARVER-és a KRINSLEY–DOORNKAMP-féle vegyszeres kezelésnek vetettük alá (CARVER, R. E. ed. 1971, KRINSLEY, D. H.–DOORNKAMP, J. C. 1973). Ez a következő volt.

1. Az anyagot koncentrált sósavban 30 percig főztük. A szemcsék így a karbonátos felületi szennyeződéstől szabadultak meg.

2. A mintákat 10 percig  $\text{SnCl}_2$ -ban főztük. Ezzel az eljárással a minták vasas bekéregzése oldódott fel.



2. ábra. A Nyírség feltáró szelvény földtani képződményei és a vizsgált minták helye és felszíne. J e l m a g y a r á z a t : 1. Homok, 2. Durva kőzetliszt, 3. Finom kőzetliszt, 4. Agyag, 5. Karbonátiszap, 6. Tőzeg, 7. A pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgált minták helye, 8. A — Az anyakőzetből származó, 9. K — A kémiai hatásnak kitétt, 10. V — A vízi szállítási, 11. E — Az eolikus szállítási, 12. D — A diagenetikus hatású, 13. P — A poligonális repedéshálózattal rendelkező szemecsketípus előfordulása, 14. A dolgozatban fényképfelvétellel szemléltetve

Fig. 2. Geological column of a profile from the Nyírség area, NE Hungary with the sampling points and the samples studied. E x p l a n a t i o n : 1. Sand, 2. Coarse silt, 3. Fine silt, 4. Clay, 5. Carbonate mud, 6. Peat, 7. Points of sampling for scanning electron microscopic analyses, 8. A — Grain type of host rock origin, 9. K — Grain type affected by chemical process, 10. V — Grain type of water transport, 11. E — Grain type of eolian transport, 12. D — Grain type of diagenetic effects, 13. P — Grain type with a polygonal network of cracks, 14. Samples illustrated by photographs in the paper

3. Az anyagot  $H_2O_2$ -vel kezeltük, amely a szemcsefelületről a szerves anyagot távolította el. Mindhárom vegyszeres kezelés után desztillált vizes öblítést alkalmaztunk.

Ezt követően a homokmintákból binokuláris sztereomikroszkóp alatt jellegzetes kvarc-szemcséket válogattunk ki. Ezekből mintánként 15–25 szemcsét mintatartóra, adhezív celluloid ragasztóval felragasztottunk. Több szemcse felragasztásakor a szemcsék zavaróan fedték egymást. Az üledékképződési környezet meghatározásához KRINSLEY, D. H.—DOORNKAMP, J. C. (1973) szerint is ennyi szemcse elegendő.

A felragasztott szemcséket a jobb kontraszt érdekében evaporálás útján grafit, majd arany bevonattal láttuk el.

A grafitozáskor fellépő hőmérséklet a ragasztópapírt zsugorította. Ezért ezüst oldatos ragasztással is próbálkoztunk. Ez azonban a szemcsék jelentős részét is betakarta és így a vizsgálat elől is eltakarta.

A minta (szemcsék) és a mintatartó közötti elektromos vezetést — az elektromos feltöltődés elkerülése végett — oldalirányban ecsettel húzott összekötő ezüst oldattal oldottuk meg.

A vizsgálat közben, ha szükség volt rá, a mintatartókat megdöntöttük, így a szemcséknek a másik, esetleg érdekesebb oldalát (felületét) is vizsgálni tudtuk. A legjellemzőbb szemcsékről fényképfelvételek készültek. A 82 mélységek közül mintánként általában 5–10 közötti, összesen 510 db fényképfelvétel állt rendelkezésünkre. Értékelésünket is ilyen számú vizsgálat alapján adjuk meg.

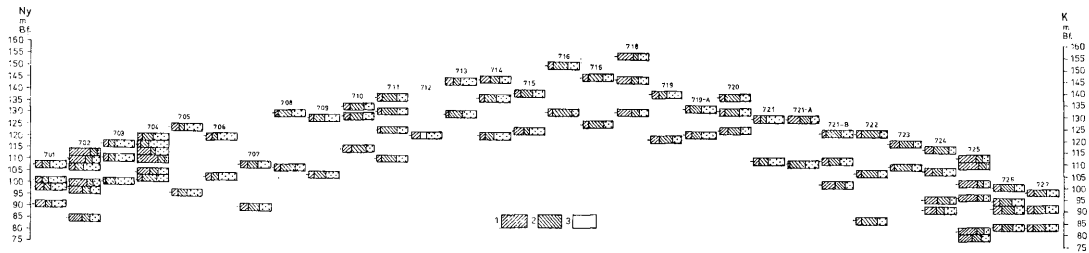
### A hagyományos szemcsealak-vizsgálati módszerrel kapott eredmények értékelése

A MIHÁLTZ—UNGÁR—DÁVID-féle módszer a szemcsék koptatottsága alapján négy szemcsetípust különít el. E módszer szerint a folyóvízi lerakódás jellemzője az 1-es és a 2-es típusú szemcsék, ezen belül is a 2-es típus uralkodó volta. A 3-as és 4-es szemcsetípus a futóhomok meghatározója, a kettő közül a futóhomokban a 3-as típus az uralkodó. A módszer igen közel áll a PETTJOHN, P. J. (1957) és a RUSSEL, R. D.—TAYLOR, R. E. (1973) féle módszerekhez is. E módszerek ellenzői legnagyobb hibájuknak a vizuális jellegük miatti szubjektív hibalehetőségüket tartják.

A nyírségi fúrások homokmintáinak szemcséi a MIHÁLTZ—UNGÁR—DÁVID-féle módszerrel vizsgálva uralkodólag a 2-es és 3-as típusba tartoznak. Ezek közül hol az egyik, hogy a másik van nagyobb százalékbán jelen. A 3-as típus több mintában uralkodik, mint a 2-es (3. ábra).

A szemcsealak-vizsgálati eredményeket bemutató szelvény szerkesztésénél, a fúrások eredményeit egymás utáni sorrendben, az eredeti morfológiai magasságnak és a fúráson belül a mintavétel mélységének megfelelően raktuk fel. A fúrások rajztechnikai okokból tehát nem az eredeti távolságok arányában, hanem azonos távolságokra vannak feltüntetve. A morfológiai helyzet és a szemcsealak összefüggését azonban, mint látni fogjuk, így is jól szemléltetik. Ugyancsak rajztechnikai okokból a 4%-nál kisebb mennyiségben előforduló szemcsetípusok a 3. és a 4. ábrán nincsenek feltüntetve.

A két uralkodó szemcsetípus mellett a 704. sz. fúrásban 10,0–11,0 m-ben és a 724. sz. fúrásban 22,0–23,0 m-ben az 1-es típus fordult uralkodólag elő.



3. ábra. A MIHÁLTZ-UNGÁR-DÁVID-féle szemecské-vizsgáló eredmények a nyírségi (Hajdúdorog-tiborszállási) szelvényben. Jelmagyarázat: 1. Éles szilánkos, 2. Kis-sé tompított élű, 3. Koptatott, 4. Erősen koptatott szemcsetípusok

Fig. 3. Results of grain shape analysis by the MIHÁLTZ-UNGÁR-DÁVID method for the profile of Hajdúdorog-Tiborszállás in the Nyírség. Explanation: 1. Sharp-edged, splintery, 2. With slightly blunt edge, 3. Rounded, 4. Heavily rounded grain types

A két fúrás a szelvény NY-i, hajdúsági, és a K-i, szatmári síksághoz közeli részén található. A két minta a hajdúsági részen a felszínhez közeli, felső homokréteg aljáról, a szatmári részen pedig a mélyebben található második homokrétegből származik. Az 1-es szemcsetípus mennyisége egy-egy fúráson belül általában a mélység felé növekszik.

A 4-es szemcsetípus mindössze a 703-as fúrás felszínközeli, 3,6–4,0 méteréből származó mintájában uralkodott. A 4-es típus a mélység felé általában csökken, tehát éppen fordítottan változott, mint az 1-es típus.

A minták vízszintes irányban és a szelvény K-i, morfológiailag mélyebb szatmári részén valamivel kisebb koptatottságot mutattak, mint a nyírségi magasabb részen.

A szelvényben közzettanilag tehát olyan vízi származású homokrétegek vannak, amelyek kisebb eolikus áthalmazódáson is átesetek.

BORSY Z. már korábban rámutatott arra, hogy a nyírségi homok kisebb koptatottságú, mint a Duna–Tisza közli. E vizsgálatok is ezt igazolják (MOLNÁR B. 1961, BORSY Z. 1965, 1977, BORSY Z. et al. 1982).

A CAILLEUX-féle szemcsealak-vizsgálati módszer három alapvető szemcsetípust különít el. Az éles szilánkos, a folyóvízi szállítású gömbölyített, fényes és a szél-szállítású (eolikus) matt felületű, gömbölyű szemcséket.

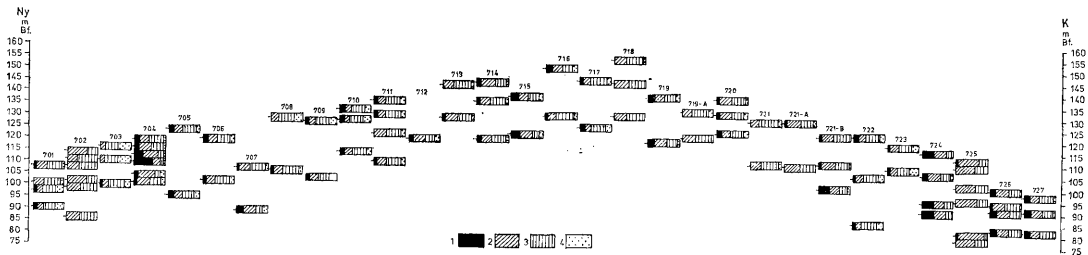
A CAILLEUX-féle vizsgálati eredmények alapján a nyírségi szelvény mintái közül 19-ben az éles szilánkos, sarkos szemcsék uralkodtak. Ezek az eredeti anyagokból származó alakjukat még megőrizték, tehát olyan intenzív szállítási folyamaton, amely ezt megváltoztatta volna, még nem mentek át (4. ábra). Ilyen minták elsősorban a hajdúsági oldalon jelentek meg.

A fényes felületű, vízi szállítású, „gömbölyített” szemcse 26 mintában volt a legtöbb. A koptatottság azonban nem a szemcsék teljes felületére, hanem azoknak csak egy-egy oldalára volt jellemző. A szemcsék alakja soha nem volt igazán gömbölyű, amelynek az az oka, hogy lerakódásuk előtt csak relatíve rövidebb vízi szállításon mentek át (CAILLEUX, A. 1952, 1961). Bármelyik folyó szállította is ide az anyagot, valóban csak rövid utat tehetett meg. A „gömbölyű”, fényes szemcsék vízszintes irányú előfordulásában törvényszerűséget nem lehetett kimutatni.

A „gömbölyített”, matt felületű szemcsék 42 mintában uralkodtak. Ezek tehát már szél-szállításban is részt vettek. Ezek sem érték el az igazi CAILLEUX-féle gömbölyű koptatottságot. A szél mechanikai hatása azonban egyértelmű volt. Ezeket a szemcséket ezért soroltuk ebbe a típusba.

Megállapítható tehát, hogy e módszer alkalmazásával a szelvény anyagában mind a folyóvíz, mind pedig a szél szállító hatása kimutatható. A hatás azonban mindkét esetben mérsékelte, sőt a szemcsék sok esetben (az 1-es típusnál) a szállítási igénybevételt még nem is mutatják.

Mint látható mindkét módszer vegyes szállítású, kevert származású és fációs kifejlődést bizonyít. A vízi és a szél-szállítás között sok átmeneti szemcsetípus fordul elő. A MIHÁLTZ—UNGÁR—DÁVID-féle módszernél ugyanazon minta finomabb frakciója általában kevésbé volt koptatott, mint a durvább. A CAILLEUX-féle módszernél ilyen különbséget nem lehetett megfigyelni.



4. ábra. A CALLEUX-féle szemcsealak-vizsgálati eredmények a nyírségi (Hajdúdorog-tiborszállási) szelvényben. J e l m a g y a r á z a t : 1. Éles szilánkos, 2. „Gömbölyű”, fényes, 3. „Gömbölyű”, matt felületű szemcsetípus

Fig. 4. Results of grain shape analysis by the CALLEUX method on samples from the profile of Hajdúdorog-Tiborszállás in the Nyírség. E x p l a n a t i o n : 1. Sharp-edged, splintery, 2. „Globular”, with a bright surface, 3. „Globular”, with an opaque surface

## Pásztázó elektronmikroszkópos szemcsealak-vizsgálat

Az elektronmikroszkópnál a fénysugár helyett a szemcsék vizsgálata elektronsugárral történik. Ez lényegesen nagyobb felbontóképességével a szemcséken lévő finom morfológiai formák tanulmányozását is lehetővé teszi. A szemcsékről visszaverődő másodlagos elektronsugarakat felfogva, majd szinkronizálva, három dimenziós képet kapunk. A szemcsék nagyításánál 10–10 000 közötti nagyítást alkalmaztunk. Az utóbbira azonban csak ritkán került sor. Elemzéskor a MÁFI Jeol J SM–35-ös típusú készülékét használtuk. (Ezúton is köszönetet mondunk GÓCZÁN Ferencnek, aki a műszer használatát lehetővé tette, TAKÁCS B.-nének és OBERRECHT L.-nak, akik a vizsgálatok technikai kivitelezésénél segítettek.)

A pásztázó elektronmikroszkóp *szemcsealak-vizsgálatra* történő felhasználásában KRINSLEY, D. H.—TAKAHASHI, T. (1962), KRINSLEY, D. H.—DONAHUE, J. (1968), KRINSLEY, D. H.—MARGOLIS, S. V. (1969), KRINSLEY, D. H.—DOORNKAMP, J. C. (1973), MARGOLIS, S. V. (1968), MARGOLIS, S. V.—KENNETT, J. P. (1971) végzett úttörő munkát.

A szemcsefelület mikroszerkezetének *fáciesselismerésre* történő felhasználását csak az utóbbi időben dolgozták ki [BLACKWELLDER, P. L.—PILKEY, O. H. (1972), KRINSLEY, D. H. et al. (1973), INGERSOLL, R. V. (1974), WHALLEY, W. B.—KRINSLEY, D. H. (1974), BAKER, H. W. (1976), FRIEDMAN, G. M. et al. (1976), MANKER, J. P.—PONDER, R. D. (1978), HIGGS, R. (1979), BULL, P. A. (1981), CULVER, S. J. et al. (1983)]. Tisztázták az *erózió*, a *szállítás* és a *lerakódás* közötti szemcsefelületen kialakuló mechanikai és kémiai felületi jegyeket. Megállapították, hogy a 0,025 mm Ø-nél finomabb szemcséken relatíve ugyanazon környezetben is több a kémiai, míg az ennél durvább szemcséken a mechanikai jegy.

A *kvarcselemcsék* pásztázó elektronmikroszkópos *felületi vizsgálata* abból az *alapelvből indul ki, hogy a szemcsék morfológiája jellemző a szemcsét tartalmazó üledék környezetének történetére*. A szemcséken található sajátosságok gyakran ugyan több üledékképződési környezet együttes hatását is tükrözik. Fontos azonban, hogy a sajátosságok melyike milyen intenzitással fejlődött ki és az a szemcséken milyen mértékben van jelen. *A környezeti felismerés első tulajdonságát a kvarcselemcsék alakja adja meg*. Ez természetesen abban az esetben érvényes, ha a szemcsealak és a keletkezés között kapcsolat van, pl. a szemcsék legömbölyítettségénél.

A különböző környezetből származó homokszemcsék felületi jegyeit KRINSLEY, D. H.—MARGOLIS, S. V. (1971) és KRINSLEY, D. H.—DOORNKAMP, J. C. (1973) röviden a következőkben adják meg.

Az *anyagokozetből származó szemcsék* általában élesek, sarkosak. Felületük ritkán mállott, gyakoriak a kagylós törési felületek.

A *diagenetikus környezet* leggyakoribb velejárója a felszínen levő oldási és kovakicsapódási jegyek megjelenése.

A *víz alatti szállítási jegyeknél* jelenleg a tengeri, a tavi és a folyóvízi környezeti hatások között még nem tudunk különbséget tenni. Ezért ezek hatásait együttesen értékeljük. A pontosabb üledékképződési környezet meghatározásában azonban az egyéb geológiai tényezők ismerete ilyenkor is segíthet. A vízi környezet legfontosabb jegyei a következők:

1. A V-alakú bemélyedések, amelyek a szemcsék víz alatti mechanikai összeütközése során keletkeznek.

2. Egyenes vagy görbe karcok és vajatok, amelyeket az összeütköző szemcsék éles végei húznak meg.



3. Vibrációs jegyek, amelyek közel párhuzamos mélyedések sorozatából állanak és a szemcsék egymáson át történő szűküllése közben jönnek létre.

4. Tömbös, kagylós mechanikai törési felületek, amelyek a hasonló glaciális formáktól kisebb méretükkel és egyöntetűbb formájukkal, a szél hatása által kialakítottól pedig szabályosabb és nem annyira görbült formájukkal különböznek el.

Az *eolikus származási környezetet* a következők a jellemzők.

1. A meanderező gerincek, amelyek az egyes szemcsék eolikus környezetben történő összeütközése során alakulnak ki.

2. A „felhajló” lapvécék, amelyek a szemcséknek a szélabrázációs viszonyok közötti összeütközésére vezethetők vissza és amelyek a törések mentén „felhajló” (felperdülő) lapvégeket hoznak létre.

3. Lépcsős ívek, amelyek a középpont felé haladva egyre kisebb sugarúak lesznek, és valószínűleg a lökési törések hatására alakulnak ki.

A *glaciális környezetű kvarcsepscék* általában a mechanikai formák változatos gazdagsága, a rendkívüli szögletesség, az igen változatos alakú és méretű kagylós törési szerkezetek, gleccserörlés hatására pedig az élek letompulása a jellemző.

Erősebb *kémiai hatás*ra kitett környezetben a szemcsék a folyamatos oldódás és kovakicsapódás miatt gyakran sima felületűek. A kova a szabálytalan felületeken és vájatokban válik ki és igyekszik azt elsimítani. A szemcse felületéhez kisebb részecskék tapadnak. A kémiai mállás a felszínen oldási gödröket és mélyedéseket mar ki. Szélső esetben a szemcse gömbhéjasan mállik. V-alakú mélyedések itt is megjelenhetnek, elhelyezkedésük azonban a belső szerkezetre vezethető vissza, így — a vízi környezet szabálytalan elhelyezkedésétől eltérően — sűrűn egymás melletti szabályos sorokban rendeződnek.

A fent vázolt környezeti hatások közül, mint látható, nehézség adódhat az anyaközetből és a glaciális környezetből, a diagenetikus és az erősebb kémiai hatásnak kitett környezetből származó szemcsék biztos és pontos elhatárolásában. A két utóbbinál a kémiai hatások ugyanis gyakran azonos eredményre vezetnek. A kémiai hatásokat kiváltó okot pedig nehéz rögzíteni. A vízi és az eolikus környezeti hatások azonban jól elkülöníthetők egymástól.

### *A nyírségi szelvény homokmintáinak vizsgálata*

A nyírségi szelvényben a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat alapján a következő alapvető szemcsetípusokat lehetett felismerni.

1. Az anyaközetből származó szemcsékre jellemző, hogy rajtuk a szállítás és a kémiai hatás alárendelt. Ha ennél a szemcsetípusnál kémiai oldódás van, az a szemcsének csak kisebb felületét érinti. A szemcsék élesek, sarkosak, sokszor szilánkosak. Igen gyakoriak a kagylós törési felületek, amelyeknek a nagysága igen különböző (I. tábla 1—6. kép).

2. A diagenetikus környezet szemcséi az előzőektől lényegesen eltérőek. Nagyon jellemző rájuk a felületi erős oldódás és a „sapkaszerű” kovakiválás (II. tábla 1—2. kép). Ez a megjelenési forma mással össze nem téveszthető mikroszerkezeti felületi jegy. Kialakulása nyomási oldódásra vezethető vissza. Jelen települési helyzetében a kis mélység miatt valószínűleg nem *in situ* kialakulású, hanem az eredeti lefordási területen létrejött forma.

A szemcse felszínén a diagenetikus hatás többször a lapszékell fellazulásában is megmutatkozik (II. tábla 3. kép). A II. tábla 4. képen lépcsős törési formák közötti kovakiválást mutat. A kova a mélyedések fenekén rakódik le. A kovakiválás általában az egyenletlen felszínt igyekszik kitölteni. A felvételen látható szemcse alsó és felső részén az oldódás jelei figyelhetők meg. Az oldódás általában a sima felszín kialakítását segíti elő. A II. tábla 5. képen ráncszerű oldódásos forma van. A szemcse közepén eredetileg valószínűleg karcolási nyomok is voltak. A II. tábla 6. képen diagenetikus kristály-továbbnövekedési forma és

kovakiválás jelenik meg. A diagenetikus hatás, mint látható, változatos felületi mikroszerkezetet eredményez.

3. A vízi szállítású szemcsetípusok nagy formájára általában a gömbölyített alak jellemző (III. tábla 1. kép). Gyakoriak a mechanikai összeütközésre és későbbi oldódásra visszavezethető gödrök (III. tábla, 2. kép). A Nílus és a Maros mai homoküledékeiben is előfordulnak ilyen formák (MOLNÁR B. 1980, FISHAWI, N. M.—MOLNÁR B. 1984). A vízi szállításra nagyon jellemző V-alakú formák a nyírségi homokban előfordulnak ugyan, de nem túl gyakoriak (III. tábla 3. kép). Gyakoriak viszont a karcolt felületek (III. tábla, 4. kép). Ezek az alak, a nagyság és a karcolás szélessége szerint igen változatos formákat mutatnak. Vannak egyenes és görbe karcolási nyomok. Az egyenes karcolási jegyek több esetben egymással párhuzamosan jelentkeznek (III. tábla, 6. kép). Sajátos a vibrációs formák megjelenése (III. tábla, 5. kép).

4. A szél szállító hatása a szemcsék nagy formáját végső kifejlődésben ugyancsak legömbölyíti (IV. tábla, 1. kép). A nagyobb szélviharok alkalmával az erősen összeütköző szemcsék kicsempülhetnek, és így a szemcsén homorú mélyedések jönnek létre (IV. tábla, 2. kép). Ezek részben a mechanikai összeütközésre, másrészt az éjszakai, lúgos pH-jú harmat oldási hatására, majd a reggeli felszáradásakor a lapvégeken bekövetkező kovakiválásra vezethetők vissza (KUENEN, Ph. H.—PERDOK, W. G. 1962).

5. A nyírségi szelvényben a szemcséken az erős kémiai hatás gyakran oldási gödröket hoz létre (V. tábla 1—4. kép). A gödrökben sokszor kovakiválás van. A kémiai hatás másik igen jellemző jegye a kovatapaszkok megjelenése. Ezek alakja, mérete igen különböző lehet (V. tábla 5—6. kép).

6. A nyírségi szelvényben gyakran jelentek meg olyan szemcsék, amelyeken repedések vannak. Ezek sokszor poligonális repedési formát mutatnak (VI. tábla 1—6. kép). A repedések mentén kovatapaszkok és egyéb kémiai hatások is jelentkeztek.

Poligonális repedéseket mutató szemcséket LUCCI, F. R. (1971) a Líbiai-sivatagból írt le. A repedések okaként az erős inszolációs hatást adta meg. Azonos formákat a Nílus-delta parti dűne homokszemcséin FISHAWI, N. M.—MOLNÁR B. (1984) szintén észlelt. A szemcsék mindkét esetben közismerten sivatagi környezetben rakódtak le. A nyírségi homoknál a sivatagi környezet ugyan kizárt. A pleisztocén végén az erős nappali felmelegedés és az éjszakai lehülés közötti különbség azonban adott volt. A sivatagi környezethez hasonló hőmérséklet-különbség pedig az ottanival azonos eredményre vezetett, vagyis a kvarcsemmcséken repedéseket hozott létre.

Kérdés a továbbiakban az, hogy a nyírségi szelvényben a felsorolt szemcsetípusok közül melyek az uralkodók és az előforduló típusok területi elterjedésében vannak-e különbségek.

Az 2. ábrán a földtani szelvényben a vizsgált minták helyét és a mintában talált szemcsetípusokat is feltüntettük. Egy mintából természetesen több szemcsét is megvizsgáltunk, így egy-egy szemcsetípusból több is előfordulhatott. Ezeket azonban mindig csak egyszer, egy betűjellel jelöltük. Gyakori volt azonban, hogy ugyanazon szemcsén két, esetleg három üledékes környezeti hatás is kimutatható volt, ilyenkor az adott mélység mellé mindkét vagy esetleg három betűjelet is kitéttük. Az így kapott betűjelek száma 146. Ebből 10 az anyaközetből való származást, 20 a diagenézist, 38 a vízi, 31 az eolikus szállítást, 37 az erős kémiai hatást és 10 az inszoláció okozta poligonális repedést bizonyította. A fentiek alapján megállapítható, hogy a szemcsék felületén

a legfontosabb hatása a vízi és az eolikus szállításnak volt. Ezeket csak a kémiai oldás és a kicsapódás haladta meg. Fontos volt még a diagenetikus hatás is. Az anyaközetből való származást és az inszolációs poligonális repedést azonos mennyiségben, de az előzőeknél kisebb számban észleltük.

A szelvény homokmintáit vízszintes irányú kiterjedés és a mélység függvényében értékelve lényeges különbségek nem adódtak.

#### *A különböző hatások időbeni sorrendjének megállapítása*

Nyilván minden szemcse kiindulási anyaga eredetileg az anyaközetből származó szemcsetípus volt. A nyírségi szelvényben idősebb közetből történt áthalmozódást a diagenetikus nyomási oldódás és a diagenetikus továbbnövekedési jegyek bizonyítják.

A következő folyamat a vízi szállítás volt. Ezt számos esetben a vízi és a szél-szállítás hatásának együttes megjelenése bizonyítja, mégpedig úgy, hogy az eolikus jegyek a vízi jegyeken szuperponálódnak.

Az előzőkből következik, hogy az eolikus áthalmozódás a vízi szállítás után játszódott le. Ez a hatás azonban csak olyan mértékű volt, hogy a vízi szállítási jegyet nem tudta teljesen eltüntetni.

Esetleg már szállítás közben is, vagy azt követően a szemcséket erős kémiai hatás érte. Ez olyan mértékű volt, hogy ilyen intenzív, tömeges előfordulással a nemzetközi irodalomban sem találkoztunk.

### A hagyományos szemcsealak és a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálati eredmények összehasonlítása

A használt módszerek közös vonása, hogy a nyírségi szelvényben egyes vízi és szél-szállítás együttes hatását mutatták ki. Mélységi és területi különbségeket a hagyományos módszerekkel inkább meg lehetett figyelni, mint pásztázó elektronmikroszkópos felvételekkel. A finomabb frakciókban mindegyik módszer nagyobb mennyiségben mutatott ki éles, sarkos, szilánkos szemcséket, mint a durvábban.

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat a hagyományos módszereknél lényegesen finomabb különbségek felismerését tette lehetővé. Teljesen új tényező: a diagenézis, a kémiai hatás és az inszolációs hatásra visszavezethető poligonális repedések felismerését eredményezte. A módszer szubjektív hibalehetősége elhanyagolható és fényképes felvételek esetén az eredmények mások által is ellenőrizhetők, illetve a későbbiekben fejlődés esetén újraértékelhetők.

Megállapítható tehát, hogy szemcsealak-vizsgálat fációs meghatározásra történő felhasználásánál a nagyobb áttekintés érdekében érdemes *először a hagyományos módszerek* valamelyikét alkalmazni, majd *ezt követően a finomabb különbségek kimutatására a pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket* értékelni. A legmegbízhatóbb eredményeket az együtt alkalmazott vizsgálatoktól várhatjuk.

## Irodalom — References

- BAKER, H. W. (1976): Environmental sensitivity of submicroscopic surface textures on quartz sand grains: a statistical evaluation — *Jour. Sed. Petr.* 46, pp. 871—880.
- BLACKWELDER, P. L.—PILKEY, O. H. (1972): Electron microscopy of quartz grain surface textures: The U. S. Eastern Atlantic continental margin — *Jour. Sed. Petr.* 42, pp. 520—526.
- BORSY Z. (1965): Görgetésségi vizsgálatok a magyarországi futóhomokon — *Földr. Ért.* 14. 1. pp. 1—16.
- BORSY Z. (1977): A magyarországi futóhomokterületek felszínfejlődése — *Földr. Közl.* 25. (51) 1—3. pp. 13—16.
- BORSY Z.—FÉLZSERFALVI J.—LÓKI J. (1982): A jánosalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkopos vizsgálata — *Acta Geogr. Debr. T. XX. No. 143.* pp. 35—50.
- BULL, P. A. (1981): Environmental reconstruction by electron microscopy — *Prog. Phys. Geog.* 5, pp. 368—397.
- CAILLEUX, A. (1952): Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie — *Geol. Rundschau* 40. Stuttgart pp. 11—19.
- CAILLEUX, A. (1961): Application à la géographie des méthodes d'étude des sables et galets — *Curso de Altos Estudos Geograficos 2. Rio de Janeiro — Brasil.* pp. 15—149.
- CARVER, R. E. ed. (1971): Procedures in sedimentary petrology Wiley — Interscience, New York, pp. 151—180.
- CULVER, S. J.—BULL, P. A.—CAMPBELL, S.—SHAKESBY, R.—WHALLEY, W. B. (1953): Environmental discrimination based on quartz grain surface textures: a statistical investigation — *Sedimentology* 30, pp. 129—136.
- DÁVID P. (1955): A Duna—Tisza közti futóhomok kopotottsága — *Pályamunka, Szeged, Földt. Int. (Kézirat)* pp. 1—61.
- FISHAWI, N. M.—MOLNÁR B. (1984): Distiction of the Nile Delta coastal environments by scanning electron microscopy: A statistical evaluation — *Acta Miner. Petr.* 26/2, pp. 247—259.
- FRIEDMAN, G. M.—ALI, S. A.—KRINSLEY, D. H. (1976): Dissolution of quartz accompanying carbonate precipitation and cementation in reefs: example from the Red Sea — *Jour. Sed. Petr.* 46, pp. 970—973.
- HIGGS, R. (1979): Quartz grain surface features of Mesozoic-Cenozoic sands from the Labrador and western Greenland Continental margins — *Jour. Sed. Petr.* 49, pp. 599—610.
- INGRESSOLL, R. V. (1974): Surface textures of first cycle quartz sand grains — *Jour. Sed. Petr.* 44, pp. 151—157.
- KRINSLEY, D. H. (1980): Scanning Electron Microscope Examination of Quartz Sandgrain Microtextures — *Kwartalnik Geologiczny, t. 24. nr. 2. Warszawa.* pp. 217—232.
- KRINSLEY, D. H.—TAKAHASHI, T. (1962): The surface textures of sand grains, an application of electron microscopy — *Science* 138, pp. 923—925.
- KRINSLEY, D. H.—DONAHUE, J. (1968): Environmental interpretation sand grain surface textures by electron microscopy — *Geol. Soc. Am. Bull.* 79, pp. 743—748.
- KRINSLEY, D. H.—MARGOLIS, S. (1969): A study of quartz sand grain surface textures with the scanning electron microscope — *New York Acad. Sci. Trans.* 31, pp. 457—477.
- KRINSLEY, D. H.—MARGOLIS, S. (1971): Grain surface texture. In: CARVER, R. E. ed., *Procedures in sedimentary petrology.* Wiley—Interscience, New York, pp. 151—180.
- KRINSLEY, D. H.—DOORNKAMP, J. C. (1978): Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge Univ. Press. London
- KRINSLEY, D. H.—BISCAYE, P. E.—JUREKIAN, K. (1973): Argentine basin sediment sources as indicated by quartz surface textures — *Jour. Sed. Petr.* 43, pp. 251—257.
- KUENEN, Ph. H.—PERDOK, W. G. (1962): Experimental abrasion 5. Frosting and defrosting of quartz grains—*Jour. of Geol.* 70, pp. 648—658.
- LUCCI, F. R. (1971): Shrinkage cracks on frosted surface of desert sand grains — *Geol. News*, 9, pp. 18—20.
- MANKEE, J. P.—PONDER, R. D. (1978): Quartz grain surface features from fluvial environments of northern Georgia — *Jour. Sed. Petr.* 48, pp. 1227—1232.
- MARGOLIS, S. V. (1968): Electron microscopy of chemical solution and mechanical abrasion features on quartz sand grains — *Sed. Geol.* 7, pp. 243—256.
- MARGOLIS, S. V.—KENNETT, J. P. (1971): Cenozoic paleoglacial history of Antarctica recorded in Subantarctic deep sea cores — *Am. Jour. Sci.* 221, pp. 1—36.
- MIHÁLYZ I.—UNGÁR T. (1954): Folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetése — *Földt. Közl.* LXXXIV. 1—2. pp. 8—17.
- MOLNÁR B. (1961): A Duna—Tisza közti eolikus rétegek felszíni és felszín alatti kiterjedése — *Földt. Közl.* XCI. 3. pp. 303—315.
- MOLNÁR B. (1980): Üledékkepződési környezet meghatározása pásztázó elektronmikroszkopos vizsgálattal. Kézirat.
- NAGY É. (1982): Faciológiai vizsgálatok pásztázó elektronmikroszkóppal. Szakdolgozat, Szeged, 34. p. Kézirat.
- PETTLJOHN, F. J. (1957): Sedimentary rocks. Harper Brothers, New York, p. 27.
- RUSSELL, R. D.—TAYLOR, R. E. (1937): Roundness and shape of Mississippi river sands—*Journ. Geol.* 45. 1. pp. 225—237.
- SCHNEIDER, H. E. (1970): Problems of quartz grain morphology — *Sedimentology* 14, pp. 325—335.
- WHALLEY, W. B.—KRINSLEY, D. H. (1974): A scanning electron microscope study of quartz grains from glacial environments — *Sedimentology*, 21, pp. 87—105.

A kézirat beérkezett: 1986. IX. 29.

## Grain shape studies: conventional versus scanning electron microscopic results

B. Molnár\*—J. Fényes\*—L. Kuti\*\*—L. Novosáth\*

The geological sections in the Nyírség area, NE Hungary, abound with sand, having provided a fair opportunity for comparing the results of grain shape analyses obtainable by conventional and Scanning Electron Microscopic techniques. Studies by the method of MIHÁLTZ—UNGÁR—DÁVID, a conventional technique close to that proposed by P. J. PETTIJOHN (1957) and by R. D. RUSSEL & R. E. TAYLOR (1973), showed the presence of originally water-deposited sands that had undergone some eolian redeposition (Fig. 3).

The CALLEUX method also showed the presence of combined effects of hydraulic and eolian transport (Fig. 4). Both methods led to identification of a very great number of transitional types of grains exhibiting the effects of transport by water and winds.

The samples for SEM grain shape analysis were primarily prepared by using the KRINSLEY—DOORNKAMP- and the CARVER techniques. The grain types thus distinguished were as follows: type of source rock origin (Table I), diagenetic (Table II), water-transported (Table III), wind-transported (Table IV), type reflecting strong chemical effects (Table V) and type with a polygonal insolation crack system (Table VI.).

The sands exposed in the profile was originally dominated by quartz grains of source rock origin. Redeposition from older rocks is proved by diagenetic compressional dissolution and continued growth features. The next process was transportation by water which was followed by eolian redeposition. The latter process, however, was restricted to the extent that it could not completely remove the water transport marks.

Possibly already during transportation, but chiefly afterwards, the grains were attacked by strong chemical weathering. Polygonal fissure networks have so far been described from desert environments (F. R. LUCCI 1971, N. M. FISHAWI & B. MOLNÁR 1984). This could absolutely not have been the case with the latest Quaternary sands of Nyírség. The difference in temperature between the marked diurnal warming up and the nocturnal cooling in latest Pleistocene time, however, led to similar result, having produced polygonal cracks.

The use of scanning electron microscopic techniques in grain shape analysis permitted to make substantially finer distinctions as compared to the conventional methods. Anyway, with a view to achieve a more ample overview in using grain shape studies for determination of sedimentary environments, it is worthwhile to resort to one of the conventional methods too as a kind of check-up to rely on in the subsequent use of SEM techniques. The fact is that the most reliable results can be expected from the combined use of different methods.

Manuscript received: 29th September, 1986.

## Сопоставление результатов определения формы зерен классическим и сканирующим методами в электронной микроскопии

Б. Мольнар, Й. Феньеш, Л. Кути, Л. Новосат

Геологические разрезы в Ньирском районе (северо-восток Венгрии) богаты песками, чем и обеспечена идеальная возможность для сопоставления результатов определения формы зерен классическим и сканирующим методами в электронной микроскопии. По данным классического метода в модификации Михальца, Унгара и Давида, близкой к модификации Петиджона (Петтджон, 1957) и Рассела—Тэйлора (RUSSEL and TAYLOR, 1973), выяснено, что в разрезе имеются песчаные прослои, отложенные в воде, но материал которых испытывал незначительное перетолжение ветром (рис. 3).

Методом Кайо (CALLEUX) также удалось обнаружить признаки переноса как водой, так и ветром (рис. 4). В случае обоих методов было обнаружено много зерен переходного типа, испытавших влияние как ветрового, так и водного переноса.

\* Attila József University, Dept. of Geology and Paleontology, H-6722 Szeged, Egyetem u. 2.—6.

\*\* Hungarian Geological Institute, H-1443 Budapest XIV., Népstadion út 14.

Для определения формы зерен методом сканирующей электронной микроскопии пробы подготавливались способами Кринсли—Дорнкэмп (Krinzley and Doornkamp) и Карвера (Carver). Можно было выделить следующие типы зерен: зерна материнских пород (фото-табл. I), зерна диагенетические (табл. II), зерна со следами водного (табл. III) и ветрового (табл. IV) переноса, зерна со следами интенсивных химических воздействий (табл. V) и зерна а полигональной сетью трещин инсоляционного типа (табл. VI).

В песках разреза первоначально преобладали зерна кварца из материнских пород. Переотложение из более древних пород доказывается следами растворения под нагрузкой при диагенезе и дальнейшего роста. Следующим процессом был водный перенос, за которым следовал ветровой перенос. Последний, однако, был ограничен в своем воздействии, так что признаки водного переноса отчасти сохранились.

Возможно, еще в процессе переноса, но в основном впоследствии, зерна были подвержены интенсивному химическому воздействию. Полигональная система трещин ранее была описана из пустынных обстановок (Lucas, 1971, Fishawi and Molnar, 1984). В случае позднететертичных песков Ньирского района такой генезис полностью исключается. Разница в температурах в конце плейстоцена между прогреванием днем и остыванием ночью привела к результату, подобному таковому в пустынях, то-есть вызвала возникновение полигональных трещин.

Изучение формы зерен сканирующим методом электронной микроскопии обеспечило возможность обнаружения значительно более тонких различий, нежели в случае применения классического метода. При использовании результатов изучения формы зерен в выяснении обстановок осадконакопления, однако, с целью получения общей картины уже на первом этапе представляется целесообразным использование сначала одного из классических методов, и лишь затем — метода сканирования, ибо наиболее надежные результаты обеспечиваются при совместном использовании обоих методов.

## Táblamagyarázat — Explanation of plates

### I. tábla — Plate I

Az anyagokétekből származó szemcsetípusok.

Grain types of host rock origin.

702. sz. fúrás, 4,0—4,8 m, 0,1—0,2 mm Ø, 360×. Éles, sarkos szemcse, amelynek élein kisebb mértékű mechanikai kopptatás és kémiai oldódás van.  
Borehole 702, 4.0—4.8 m, 0.1—0.2 mm Ø, 360×, Sharp-edged, angular grain with minor mechanical wear on its edges and with some chemical dissolution marks.
704. sz. fúrás, 8,0—9,0 m, 0,1—0,2 mm Ø, 440×. Éles, sarkos szemcse.  
Borehole 704, 8.0—9.0 m, 0.1—0.2 mm Ø, Sharp-edged, angular grain.
702. sz. fúrás, 6,0—7,0 m, 0,1—0,2 mm Ø, 750×. Éles, kagylós törési felületű szemcse.  
Borehole 702, 6.0—7.0 m, 0.1—0.2 mm Ø, 750×. Sharp-edged grains of conchoidal fracture.
702. sz. fúrás, 29,5—30,0 m, 0,2 mm Ø, 330×. Éles, kagylós törési felületű szemcse.  
Borehole 702, 29.5—30.0 m, 0.2 mm Ø, 330×. Sharp-edged grain of conchoidal fracture.
702. sz. fúrás, 6,0—7,0 m, 0,2 mm Ø, 270×. Éles, kagylós törési felületet mutató szemcse.  
Borehole 702, 6.0—7.0 m, 0.2 mm Ø, 270×. Sharp-edged grain of conchoidal fracture.
727. sz. fúrás, 29,0—30,0 m, 0,2 mm Ø, 400×. Kagykós törési felületű szemcse, a kagylós törési felületen rátapadó kovakiválással.  
Borehole 727, 29.0—30.0 m, 0.2 mm Ø, 400×. Grain of conchoidal fracture with segregation of silica adhered to the conchoidal fracture surface.

### II. tábla — Plate II

A diaagenetikus környezet szemcséi.

Grains of the diagenetic environment.

- 719/a. sz. fúrás, 27,0—28,0 m, 0,1—0,2 mm Ø, 2600×. Erős diaagenetikus oldódásnak kitett szemcsefelszín, „sapkaszerű” kovakiválással.  
Borehole 719/a, 27.0—28.0 m, 0.1—0.2 mm Ø, 2600×. Grain surface affected by diagenetic dissolution, „capped” by segregated silica.
- 719/a. sz. fúrás, 16,0—16,5 m, 0,2 mm Ø, 2600×. Erős diaagenetikus oldódásnak kitett szemcsefelszín, „sapkaszerű” kovakiválással.

- Borehole 719/a, 16,0–16,5 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2600 $\times$ . Grain surface affected by heavy diagenetic dissolution, „capped” by segregated silica.
3. 711. sz. fúrás, 29,5–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 780 $\times$ . Diagenetikus oldódási és kovakiválási hatásokat mutató szemcse.
- Borehole 711, 29,5–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 780 $\times$ . Grain showing effects of diagenetic dissolution and silica segregation.
4. 706. sz. fúrás, 5,0–6,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1100 $\times$ . Lépcsős törési formák. A lépcsők élei részben már feloldódtak, mélyedéseiben pedig kovakiválás jelenik meg. A szemcse felső részén az oldódás a felhajló lapvégeken jelentkezik.
- Borehole 706, 5,0–6,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1100 $\times$ . Stepped faulting forms. The edges of the steps are partly lost to dissolution, their concavities containing silica segregations. The dissolution in the upper part of the grain appears on the upturned plates.
5. 702. sz. fúrás, 4,0–4,8 m, 0,1–0,2 mm  $\varnothing$ , 1200 $\times$ . Ráncszerű oldódásos forma, karcolási nyomokkal.
- Borehole 702, 4,0–4,8 m, 0,1–0,2 mm  $\varnothing$ , 1200 $\times$ . Wrinkle-shaped dissolution form with scratching marks.
6. 704. sz. fúrás, 19,0–20,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2400 $\times$ . Diagenetikus kristálynövekedési forma és kovakiválás.
- Borehole 704, 19,0–20,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2400 $\times$ . Diagenetic crystal growth form and silica segregation.

## III. tábla – Plate III

Vízi szállítású szemcsetípusok.

Water-transported grain types.

1. 709. sz. fúrás, 2,5–3,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 54 $\times$ . Jól koptatott, legömbölyített, sima felületű szemcse.
- Borehole 709, 2,5–3,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 54 $\times$ . Well-rounded grain of smooth surface.
2. 704. sz. fúrás, 10,0–11,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1500 $\times$ . Mechanikai összeütkezésére visszavezethető, de oldódási hatásoknak is kitett gödrök.
- Borehole 704, 10,0–11,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1500 $\times$ . Pits due to mechanical collision, affected, in addition, by dissolution processes.
3. 719/a. sz. fúrás, 16,0–16,5 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2000 $\times$ . V-alakú formák és gödrök, a felületen oldási és felül kovakiválási nyomokkal.
- Borehole 719/a, 16,0–16,5 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2000 $\times$ . V-shaped forms and pits with traces of dissolution on their surface, overlain by segregated silica.
4. 726. sz. fúrás, 29,0–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 720 $\times$ . Görbe karcolási nyom, gödrök és vágatok.
- Borehole 726, 29,0–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 720 $\times$ . Curved scratches, pits and grooves.
5. 703. sz. fúrás, 9,3–10,2 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 4000 $\times$ . Párhuzamos vibrációs jegyek.
- Borehole 703, 9,3–10,2 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 4000 $\times$ . Parallel chatter marks.
6. 714. sz. fúrás, 29,5–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2400 $\times$ . Párhuzamos egyenes karcolási nyomok.
- Borehole 714, 29,5–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2400 $\times$ . Parallel, straight scratches.

## IV. tábla – Plate IV

Eolikus szállítású szemcsetípusok.

Grain types due to eolian transport.

1. 722. sz. fúrás, 2,0–3,0 m, 0,1–0,2 mm  $\varnothing$ , 860 $\times$ . „Felhajló” lapvégekkel rendelkező koptatott szemcse.
- Borehole 722, 2,0–3,0 m, 0,1–0,2 mm  $\varnothing$ , 860 $\times$ . Rounded grain with upturned plates.
2. 719. sz. fúrás, 9,0–10,0 m, 0,02 mm  $\varnothing$ , 540 $\times$ . „Felhajló” lapvégekkel rendelkező szemcse, közepén mechanikai mély gödör, amelyben oldódási és kovakiválási nyomok vannak.
- Borehole 719, 9,0–10,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 540 $\times$ . Grain with upturned plates. Note the deep pit due to mechanical effect at the centre with traces of dissolution and silica segregation therein.
3. 726. sz. fúrás, 29,0–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2200 $\times$ . Meanderező gerincek sorozata.
- Borehole 726, 29,0–30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2200 $\times$ . A set of meandering ridges.
4. 726. sz. fúrás, 29,0–30,3 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 220 $\times$ . Mechanikai gödrök és vágatok, a gödrök fenekén kovakiválással.
- Borehole 726, 29,0–30,3 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 220 $\times$ . Pits and grooves due to mechanical effects with silica segregated at the bottom of the pits.

5. 702. sz. fúrás, 29,5—30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 480  $\times$ . Meanderező gerincek sorozata.  
Borehole 702, 29.5—30.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 480  $\times$ . A set of meandering ridges.
6. 725. sz. fúrás, 12,0—13,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 220  $\times$ . Meanderező gerincek sorozata, jobbra karcolási nyommal és több gödörrel.  
Borehole 725, 12.0—13.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 220  $\times$ . A set of meandering ridges with a scratch and a number of pits to the right.

## V. tábla — Plate V

Kémiai mállásnak kitett szemcsetípusok.

Grain types subject to chemical weathering.

1. 726. sz. fúrás, 29,0—30,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 220  $\times$ . Erős kémiai oldásnak kitett szemcse, oldási mélyedésekkel és kovatapasszal.  
Borehole 726, 29.0—30.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 220  $\times$ . Grain subject to heavy chemical dissolution, with concavities due to dissolution and silica adhered to grain surface.
2. 719/a. sz. fúrás, 27,0—28,0 m, 0,1—0,2 mm  $\varnothing$ , 2600  $\times$ . Eredetileg vízi szállítású, V-alakú gödröket mutató szemcse, amelynek a felülete a kovaoldódás miatt sima felzínűvé vált. A gödrökben kovarészecskék vannak.  
Borehole 719/a, 27.0—28.0 m, 0.1—0.2 mm  $\varnothing$ , 2600  $\times$ . Originally water-transported grain with V-shaped pits filled by segregated silica resulting in a completely smooth grain surface. The pits contain silica particles.
3. 719/a sz. fúrás, 27,0—28,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 860  $\times$ . Oldási gödör és kovatapasz, valamint inszoláció hatására létrejövő repedések.  
Borehole 719/a, 27.0—28.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 860  $\times$ . Dissolution pit with silica adhered to its surface. Note the fissures resulting from insolation.
4. 716. sz. fúrás, 3,0—3,5 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1800  $\times$ . Mély oldási gödör, belsejében kovakiválással.  
Borehole 716, 3.0—3.5 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 1800  $\times$ . Deep dissolution pit with segregation of silica therein.
5. 718. sz. fúrás, 26,0—27,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 480  $\times$ . Felső részén sima oldási nyomokat mutató szemcse. Főleg az alsó részén kovatapaszokkal.  
Borehole 718, 26.0—27.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 480  $\times$ . Grain showing smooth dissolution marks at its top with silica adhered to the surface, mainly in the lower part.
6. 703. sz. fúrás, 19,0—20,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 940  $\times$ . Kovatapasz-kiválás mélyedésben.  
Borehole 703, 19.0—20.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 940  $\times$ . Segregated silica adhered to the surface of a concavity on a grain.

## VI. tábla — Plate VI

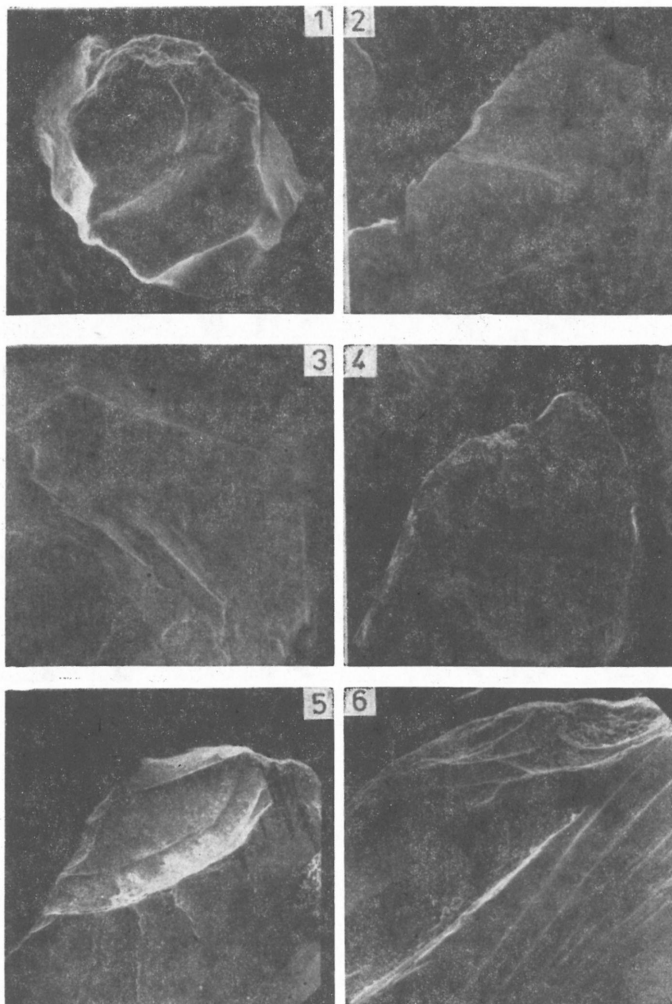
Inszolációs polygonális repedést mutató szemcsék.

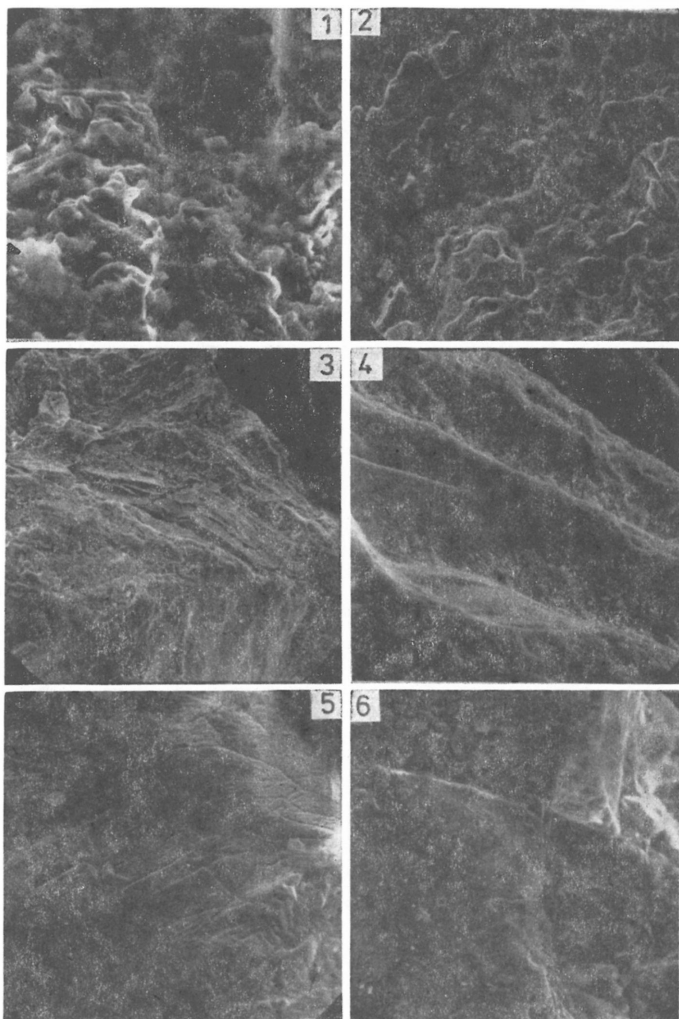
Grains with polygonal cracks due to insolation.

1. 719. sz. fúrás, 9,0—10,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 400  $\times$ . Erősen repedezett szemcse, oldódási nyomokkal és kovatapasszal.  
Borehole 719, 9.0—10.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 400  $\times$ . Heavily fractured grain with dissolution marks and silica adhered to grain surface.
2. 727. sz. fúrás, 20,0—21,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1200  $\times$ . Repedés és a szemcse alsó részén oldódási nyom.  
Borehole 727, 20.0—21.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 1200  $\times$ . A crack and, in the lower part of the grain, a dissolution mark.
3. 718. sz. fúrás, 2,0—2,5 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 2200  $\times$ . A polygonális repedés mellett oldási és kovakicsapódási nyomokat mutató szemcse.  
Borehole 718, 2.0—2.5 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 2200  $\times$ . Grain exhibiting, along with polygonal cracks, the traces of dissolution and silica precipitation.
4. 719/a sz. fúrás, 27,0—28,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 4000  $\times$ . Erősen felnagyított, polygonális repedés kovatapaszokkal.  
Borehole 719/a, 27.0—28.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 4000  $\times$ . A polygonal network of crack, largely enlarged, with silica adhered to grain surface.
5. 701. sz. fúrás, 11,0—12,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 3000  $\times$ . A polygonális repedés mentén oldást és kovakicsapódást mutató szemcse.  
Borehole 701, 11.0—12.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 3000  $\times$ . Grain showing dissolution and silica precipitation along polygonal cracks.
6. 702. sz. fúrás, 6,0—7,0 m, 0,2 mm  $\varnothing$ , 1200  $\times$ . A repedés mentén kovakicsapódás.  
Borehole 702, 6.0—7.0 m, 0.2 mm  $\varnothing$ , 1200  $\times$ . Silica segregation along cracks.

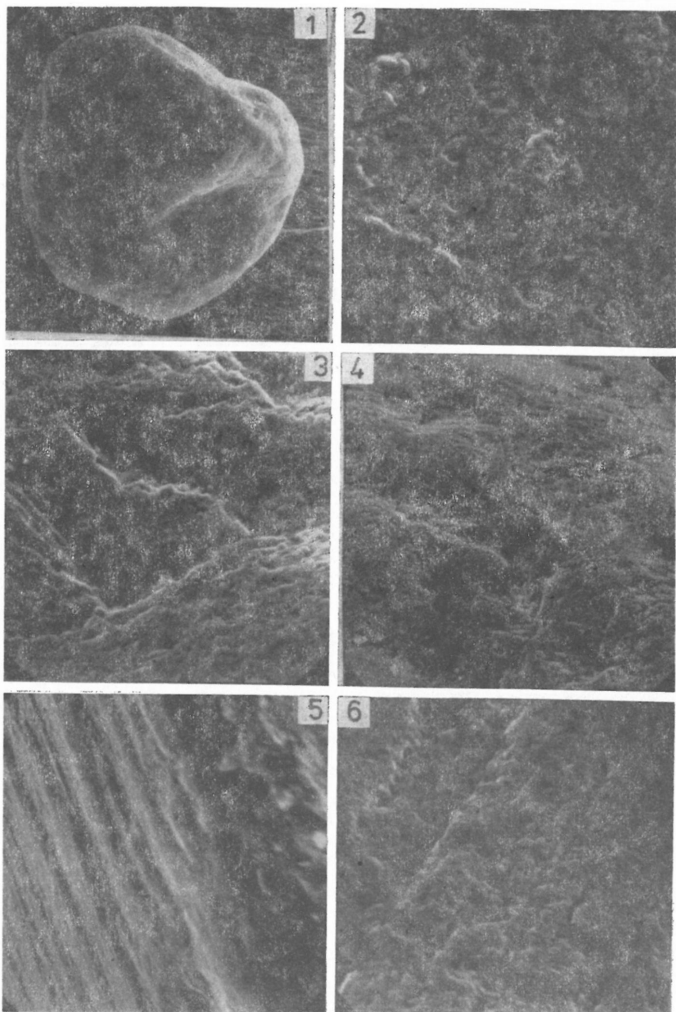


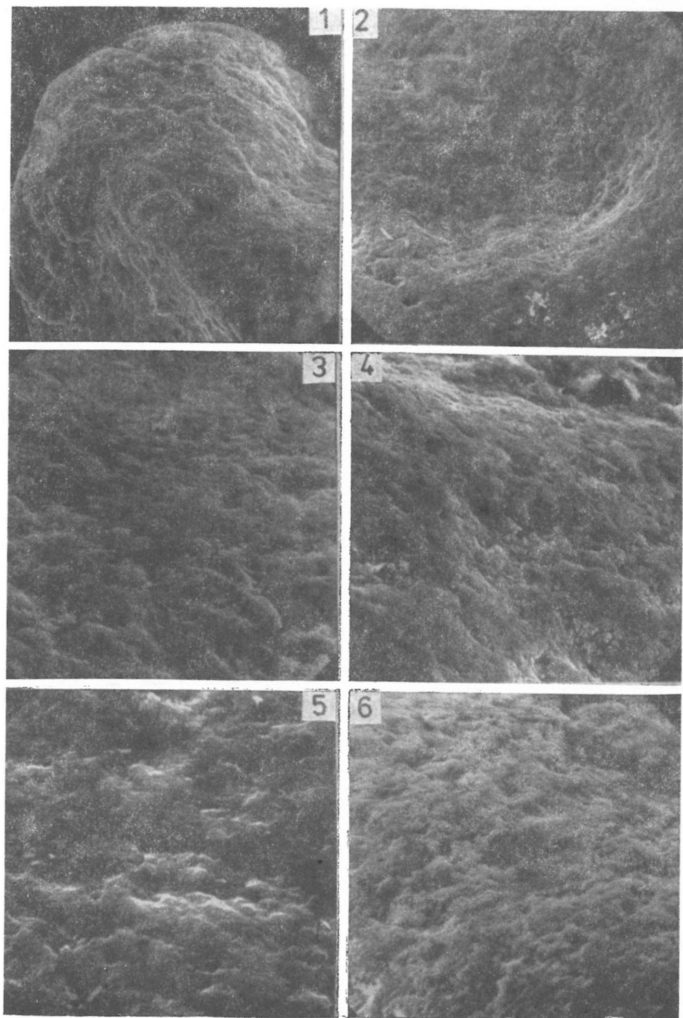
I. Tábla — Plate I.





III. tábla — Plate III.





V. Tábla — Plate V.

