

## A SZEMCSEALAK JELLEMZÉSE SZIVÁRGÁSI VIZSGÁLATOKBAN

### 1. A vizsgálat célja

Csak szabályos geometriai alakok esetében jellemezhetünk egy szemcsét egy vagy több geometriai adattal úgy, hogy azokból az összes többi méret (felület, köbtartalom) számítható. A természetben a különböző kőzet-, és ásványszemcsék azonban távol állnak ezektől a szabályos alakoktól, különösen pedig az egyetlen mérettel — az átmérővel — jellemezhető gömbtől, amellyel a szemcséket általában helyettesíteni szoktuk. Ezért a szemcse méretének közlésén kívül jellemeznünk kell gömbtől való eltérését is, lehetőleg úgy, hogy az alakot leíró tényező a vizsgálatban számszerűen is felhasználható legyen.

A szemcsék alakjának jellemzése sokféle mérettel történhet, és a választás ezek közül minden esetben annak a fizikai folyamatnak elemzésével, szem előtt tartásával kell, hogy megtörténjen, amelynek leírásában az alaki tényezőt használni kívánjuk.

Az általános leírásokban legtöbbször a három főtengely méretét és az azokból különböző csoportosításban képezhető dimenziós vagy dimenziótlan viszonyszámokat használják [19, 20, 21, 22]. Különleges célok érdekében ezek közül választhatunk, mint pl. a Hagerman-féle diagram esetében, amikor a szélesség és a hosszúság viszonyát ábrázoljuk az egyik tengelyen, a másikon pedig a szemcse hosszúságát. A mérési pontok szóródási zónájának alakja, függőleges vagy vízszintes irányú elnyúlása a rétegek azonosítására, szerzője szerint a homok eredetének (tengeri, folyóvízi üledék) meghatározására alkalmas [7, 8, 11, 13]. A réteg anyagának szállítási útját és így közvetve ugyancsak annak eredetét a szemcse legömbölyödését mérő geometriai adatok segítségével [16, 18] is jellemezhetjük.

Az alaki jellemzők másik csoportját az ülepedés vizsgálatára bevezetett tényezők alkotják. Ezek célja annak az eltérésnek számításba vétele, amely az álló vízben ülepedő gömb és az ettől eltérő alakú szemcse ülepedési sebessége között mutatkozik. Így a jellemezni kívánt fizikai folyamat hasonló a most tárgyalásra kerülő szivárgáshoz, hiszen mindkét vizsgálati kör a szemcse és a folyadék egymáshoz viszonyított elmozdulását tanulmányozza. Az alak jellemzésére vagy a szemcse térfogatának és egy — az egyik főmérettel, vagy a főméretek kombinációjával leírt — szabályos test térfogatának viszonyát használják [4, 9, 10], vagy a tengelyméretekkel az előzőekhez hasonlóan alakítják ki a javasolt tényezőt [2]. Megjelenik ezekben a vizsgálatokban mint alaki tényező a szemcsével azonos térfogatú gömb felületének és a szemcse felületének viszonyaránya is [15].

\* A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány-, és Földtani Tanszékén a nagyszámú szemcse alakot mérését Kleb Béla és Török Endre végezte.

A műszaki tudományok egyéb területein alkalmazott szemcsealak jellemzők közül kiemeljük *Stelczer* tanulmányát, aki a hordalék kopását vizsgálva a kavics méretét a nyugalmi helyzetben fekvő szemcse két főméretének átlagával adja meg, így közvetetten a szemcse köré írható gömb átmérőjének és egy, az egységénél kisebb alaki tényezőnek a szorzataként jellemzi azt [17]. Az alaki tényező különleges felhasználásaként megemlíthető még, hogy alkalmazásra kerül pl. a beton adalékanyagának jellemzésére is [3].

Az előzőkhöz hasonlóan a szemcsealak hatásának a figyelembevételére a szivárgási vizsgálatokban is szükséges. Közvetlenül belátható, hogy a szemcsék közötti pórusok által alkotott járatok másképpen alakulnak gömbökből vagy lemezekből alkotott szemcsehalmazokban. A szivárgási tényező — ami az említett járatok ellenállásának mérőszáma — szoros kapcsolatot kell tehát, hogy mutasson a szemcséket jellemző alaki tényezővel.

Tanulmányunk célja elsősorban az, hogy a szivárgás fizikai folyamatának figyelembevételével megkeressük azt az alaki tényezőt, amely a szivárgás jellemzésére a legalkalmasabb. Ezt követően nagyszámú minta mérésével és adataik statisztikai feldolgozásával arra törekszünk, hogy különböző paraméterek (szemcseméret, ásványtani jelleg, a réteg eredete) függvényében megadjuk az így választott alaki tényező legvalószínűbb értékét. Ez a vizsgálat azért szükséges, hogy ne kelljen minden szivárgási tényező meghatározásakor a kérdéses anyag részletes, nagy munkát igénylő alaktani elemzését elvégezni. A szivárgási tényező értékében elérhető, más hatások által befolyásolt pontosság ugyanis megengedhetővé teszi, hogy a méréssel meghatározható szabatos alaki jellemzőt statisztikai vizsgálattal előre megállapított átlagértékkel helyettesítsük. Ennek megfelelően a gyakorlati számításokban felhasználni javasolt alaki tényezők ismertetésével zárjuk tanulmányunkat.

## 2. A szivárgás szempontjából jellemző alaki tényező értelmezése

A szivárgás dinamikai elemzése rámutat arra, hogy a mozgást befolyásoló két legfontosabb erő az aktív gravitáció és a passzív belső súrlódás. Az előbbi a víz tömegével — így tehát a szemcsék közötti pórusok térfogatával, a hézagterfogatközvetítésével pedig a szemcsék térfogatával — hozható kapcsolatba. A súrlódás felületi erő és így függvénye a vizet vezető járatok falfelületének, ami — ha feltételezzük, hogy a szemcsék pontszerűen érintkeznek — a szemcsék felületének összegeként számítható. Ugyancsak a szemcsévelülettel, illetőleg a víz-, vagy szemcseterfogattal hozható kapcsolatba azok az erők is (tapadóerő, tehetetlenség), amelyek az említett két főerőn kívül befolyásolhatják még a szivárgást. Ez a megfontolás vezette *Koženyt* annak megállapítására, hogy két szivárgási folyamat akkor hasonló, ha a réteget alkotó szemcsék felületének és térfogatának összege állandó [12]. Ennek alapján javasolta a heterodiszperz halmazok jellemzésére a hatékony szemátmérő használatát, amely annak a homodiszperz gömbhalmaznak a szemcseátmérője, amelynek felületösszege osztva a szemcsék térfogatösszegével azonos a vegyesszemű gömbhalmaz azonosan számított értékével:

$$D_h = \frac{1}{\sum_1^n \frac{A S_i}{D_i}}, \quad (1)$$



ahol  $\Delta S_i$  a szemeloszlási görbe  $i$ -dik intervallumába jutó szemcsék súlya a minta teljes súlyához viszonyítva,  $D_i$  pedig ennek az intervallumnak a közepes átmérője.

Ugyanezt a gondolatot használhatjuk a szivárgás folyamatának fizikáját helyesen követő alaki tényező meghatározására. A szemcséfelület és a térfogat hányadosának dimenziója  $m^{-1}$ , tehát azonossá tehető egy dimenzió nélküli alaki tényező és egy jellemző átmérő hányadosával:

$$\frac{F}{V} = \frac{\alpha_d}{d} = \frac{\alpha_D}{D}. \quad (2)$$

Az  $\alpha$  alaki tényező, amint az összefüggés is mutatja, függ attól, hogy milyen átmérőt választunk a szemese jellemzésére. A szemcsével egyenértékű gömb talajmechanikai meghatározási módjának megfelelően a szemese köré írható gömb átmérőjéhez ( $D$ ) tartozó érték ( $\alpha_D$ ) alkalmazása javasolható. Ez néhány szabályos testre számítva a következő:

gömb $\alpha_D = 6$ ;	oktaéder $\alpha_D = 10,4$ ;
kocka $\alpha_D = 10,4$ ;	tetraéder $\alpha_D = 18$ .

Más szabályos idomra — amelyekre vonatkozóan azonban a három főtengelyből számított hányados nem állandó, mint az előbb felsoroltak esetében, hanem csak egyik síkmetszetük geometriai méreteinek aránya határozott, erre merőleges tengelyük azonban szabadon változhat és így a test a lemezformától a tús kristályig minden alakot felvehet (négyzetes hasáb, körhenger, szabályos hatszögalapú hasáb, négyzetes gúla, forgási ellipszoid) — is számíthatjuk ezt a jellemzőt és ábrázolhatjuk azt az alak főtetszetét jellemző síki köré írható kör átmérőjéből ( $d_i$ ), valamint az erre merőleges tengely hosszából ( $l$ ) képzett viszonzszám függvényeként (1. ábra). A szaggatott vonallal rajzolt görbék az  $\alpha_{d1}$  értékeknek, tehát az alapkör sugarával, mint jellemző átmérővel számított alaki tényezőnek a változását mutatják, jelezve, milyen lényeges különbség adódhat az alapul választott átmérőtől függően a tús kristályok tartományában, míg a lemezes szemcsék esetében ez az eltérés elhanyagolható.

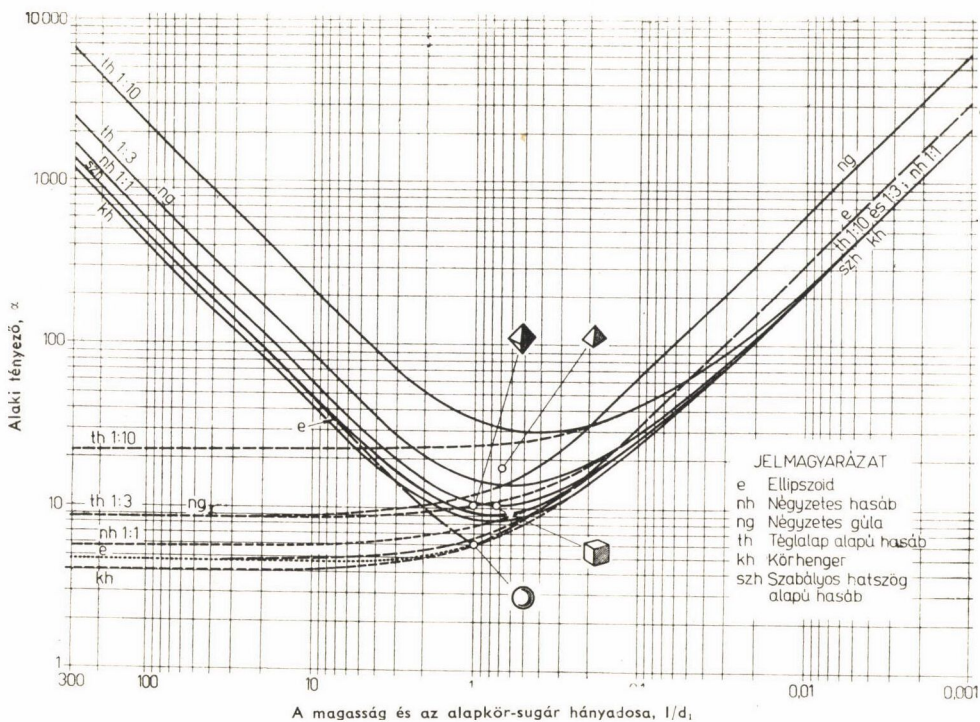
Az ábrán két különböző oldalarányú (1 : 3 és 1 : 10) téglalap alapú hasáb alaki tényezőjét jellemző görbe is látható. Megállapítható ezek helyzetéből, hogy olyan testek esetében, amikor egyik főtengelypár aránya sem kötött, csak egészen szélsőséges esetben — pl. amikor az alapul választott síkmetszet oldalainak aránya 1 : 10 — és csak a tús kristályok tartományában tér el az ilyen idomok alaki tényezője az előzőekben vizsgált szabályos alaprajzú oszlopos testekétől.

Az alaki tényező ismeretében teljes egészében megvalósíthatjuk *Koženy*-nek azt a törekvését, hogy a vegyes eloszlású és különböző alakú szemcsék halmazára is olyan jellemzőt határozzunk meg, amely a szemcsék összfelületének és a köbtartalom összegének az arányát méri. Ennek megfelelően módosítva *Koženy* egyenletét:

$$\frac{D_h}{\alpha} = \frac{1}{\sum_1^n \Delta S_i \frac{\alpha_i}{D_i}}, \quad (3)$$

ahol az előző jelöléseken kívül szereplő  $\alpha_i$  érték az  $i$ -edik intervallumba tartozó szemcsék átlagos alakú tényezőjét jelzi.

Megjegyezzük, hogy azonos eredményre jutott *Carman* [4, 5], aki a szemátmérő helyett a felület-térfogat hányadost vezette be, ami — a 2. egyen-



1. ábra. A szemcsét jellemző alakú tényező a hossz tengelyből és az alapkör sugarából képzett hányados függvényében

let szerint — teljesen egyezik az alakú tényező és a szemátmérő hányadosával az utóbbi előnye mindössze az, hogy a szemeloszlási görbéből és a szemcsék valószínűen várható alakú tényezőjéből közvetlenül számítható. Ehhez azonban az szükséges, hogy előbb nagyszámú mérés statisztikai értékelésével meghatározzuk a különböző méretű, eredetű és ásványi jellegű szemcsék alakú tényezőjének valószínű értékét.

### 3. Kavics- és homokszemcsék főméreteinek statisztikai elemzése

Az előzőekben említett valószínű alakú tényező meghatározásához szükséges statisztikai elemzéshez *Kleb* és *Török* több ezer szemcse alaktani mérését végezte el a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány-, és Földtani Tanszékén. A kavicszemcséknek mindhárom főmérete meghatározható volt, míg a homokszemcsék esetében — azok stabil elhelyezkedése után — csak a két vízszintes



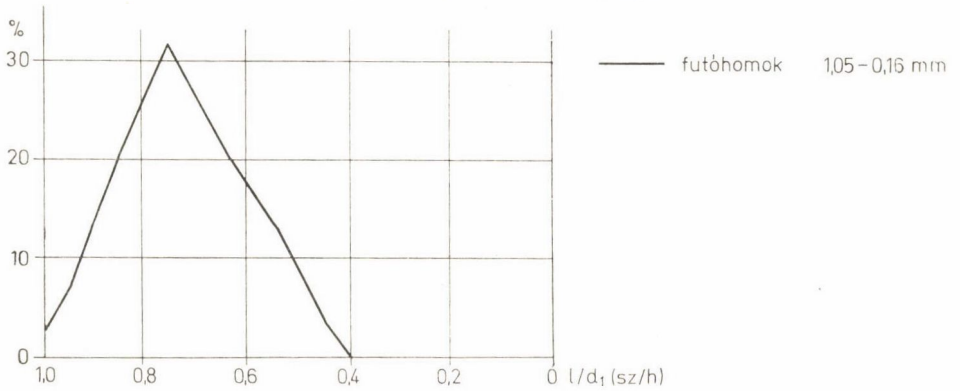
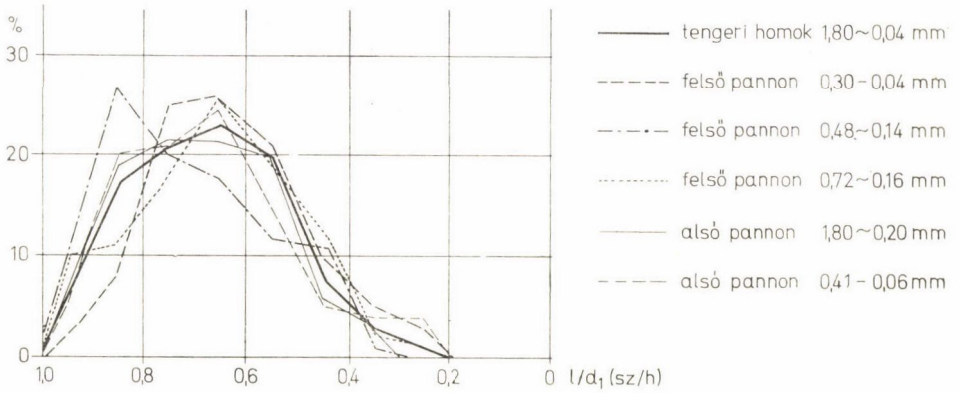
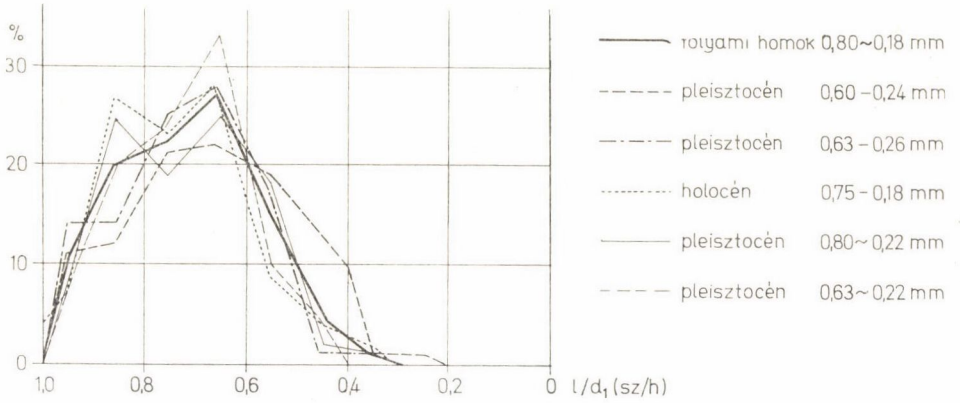
tengely hossza volt mérhető mikroszkóppal. A kavicsok jellemzéséhez tehát az 1. ábrán alkalmazott  $l/d_1$  hányados egyértelműen számítható volt, míg a homokszemek két mért főtengelyének hányadosával kellett ezt az értéket helyettesítenünk. Minthogy az alaki tényező meghatározását a lemezes szemcsék tartományában végeztük ( $l/d_1 < 1$ ), ezt a helyettesítést is úgy hajtottuk végre, hogy a kisebb mért tengely értékét osztottuk a nagyobb hosszal ( $sz/h$ ). Ennek a közelítésnek igazolásául megemlíthetjük, hogy *Stelczer* már idézett vizsgálataiban [17] ellenőrző méréseket végzett a harmadik tengelyirányú méret elhanyagolhatóságának bizonyítására. Ezek eredménye szerint néhány lapos szemcse esetében a vízszintes méretek egyedüli figyelembevételével szélsőségesen nagy hibát adhat. Nagytömegű minta vizsgálata során azonban olyan sok a forgási ellipszoidhoz közelálló alakú szemcse, hogy ezek súlyja elnyomja a szabálytalan kavicsok említett módon történő számításba vételével elkövethető hiba hatását.

A kavicsok háromirányú méretéből statisztikailag is értékeltük a lehetséges eltérés értékét és — egyezően más irodalmi közlésekkel [6] — arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a közelítés kavicsok esetében — természetesen csak nagyszámú minta átlagában — sem tenné indokolttá kisebb korrekciós faktor alkalmazását, mint 0,8. A homokokat zömmel alkotó kvare szabályosabb, nem lemezes formái miatt a kis szemcsék tartományában ez az érték még jobban megközelíti az egységet. További érvként megemlíthetjük, hogy a homokszemeket jellemző két hossz méret hányadosa minden esetben abban a tartományban helyezkedik el, ahol az 1. ábra  $\alpha$  görbéje közel vízszintes, és így az említett kismértékű szabályos hiba az  $\alpha$  értékben gyakorlatilag nem is jelentkezik.

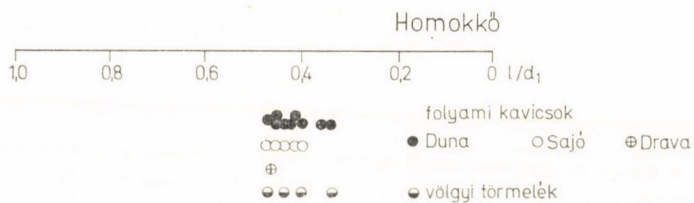
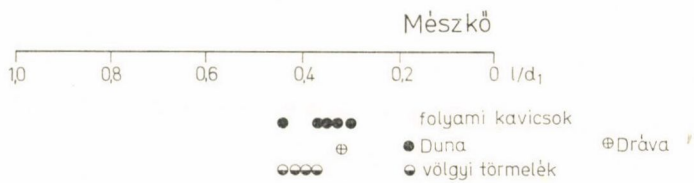
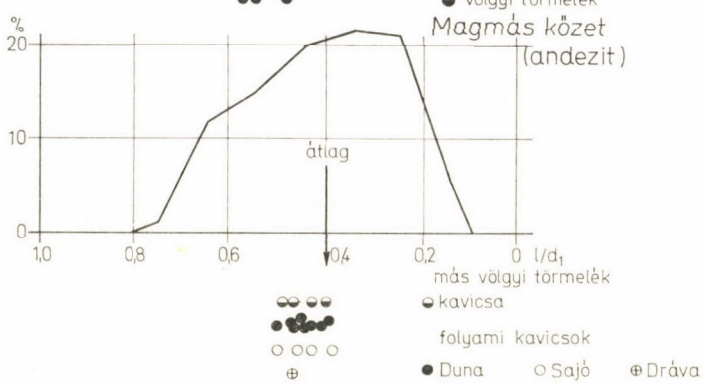
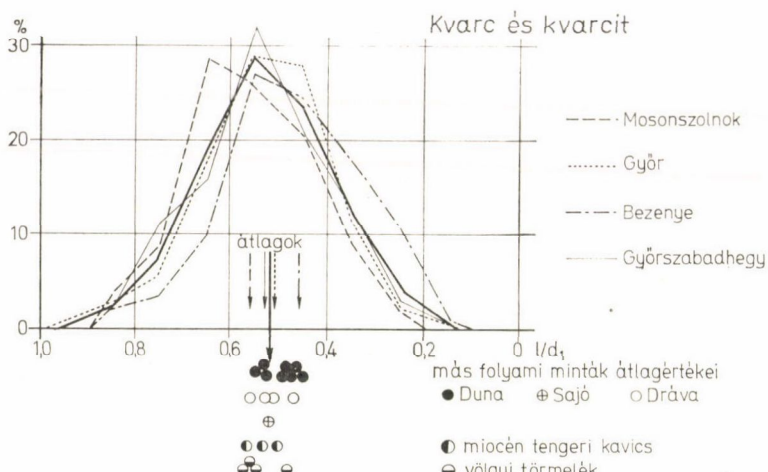
A mérések ismertetéseként megemlítjük még, hogy a homokszemeket a vizsgálat során három kategóriába sorolták: szilánkos, félig legömbölyödött, legömbölyödött. A szilánkos szemcsék százalékos arányát 0,1-es súlyozó tényezővel, a félig legömbölyödötteket 0,5-tel, a legömbölyödötteket pedig 1-gyel szoroztuk. Ezek a súlyozó szorzók csak az arányosítás célját szolgálják. A három szorzatösszegét 100-zal osztva olyan 0,1-től 1-ig terjedő mutatót kaptunk, aminek alsó határa szögletes szemekből, a felső gömbökből álló halmazt jellemez. Az így számított érték tehát arról tájékoztat, hogy a kiválasztott  $l/d_1$  érték függőlegesen melyik szabályos idom jellemzésére meghatározott görbe vízszintes magasságában olvassuk le a keresett  $\alpha$  tényezőt. Ha a vizsgált minta legömbölyödöttségét mérő átlagos mutató 0,1, a négyzetes hasáb görbéje adja a keresett mutatót, ha 1,0, az ellipszoidé.

Az alaki tényező függvénye lehet a szemcse méretének, ásványtani jellegének és a réteg keletkezési viszonyainak, amely a szemcsék szállítási módját, a szállítás hosszát és így közvetve a koptatottságot juttatja kifejezésre.

A nagyszámú szemcse mért adatai alapján először azt vizsgáltuk, hogy a különböző helyről gyűjtött minták azonos anyagú szemcséi, ha azok ülededési körülményei közel azonosak voltak, a főméretek arányában mutatnak-e lényeges különbséget. A homokmintákat ezért három csoportra bontottuk: folyami, tengeri (tavi) és szélhordta üledékekre (2. ábra). Öt folyami és öt tengeri eredetű homokot hasonlítottunk össze. A folyamiak között dunai és drávai, ártérről származó és teraszanyagból gyűjtött holocén és pleisztocén minták szerepeltek. A vizsgált állóvízi üledékek alsó és felső pannon koriak voltak, részben felszíni, részben fúrásból, különböző mélységből vett minták a Balaton és Pécs környékéről.



2. ábra. A hossz tengelyből és az alapkör sugarából képzett hányados valószínűségi eloszlása nagyszámú homokszem adatainak statisztikai értékelése alapján



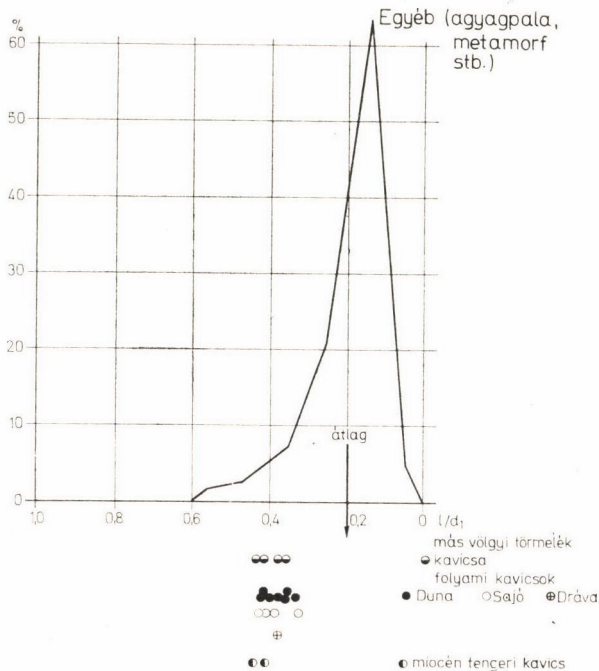
3. ábra. A hossz tengelyből és az alapkör sugarából képzett hányados valószínűségi eloszlása nagyszámú kavicszsem adatainak statisztikai értékelése alapján



Megállapítható az ábráról — amelynek vízszintes tengelyén a két főméret hányadosát, a függőlegesen pedig a vizsgált intervallumba tartozó szemcsék darabszámának az összes szemese számához viszonyított százalékos arányát ábrázoltuk, tehát az ábra a jellemző hányados eloszlási valószínűségét mutatja —, hogy nemcsak egymásközt jeleznek jó egyezést a folyami, illetőleg tengeri eredetű minták szemcséi, hanem a két említett csoport között sincs eltérés. Nem mutatkozott különbség a szemcsék koptatottságában sem. Mindkét halmazban közelítően a szemcsék fele szilánkos, másik fele félig legömbölyített volt, legömbölyített szemese gyakorlatilag nincs köztük (az előzőekben elmondottak szerint számított mutató 0,28—0,34).

A futóhomokok adatai a fentiekől eltérőek. Az eloszlási valószínűséget jellemző görbe csúcsa az egység felé tolódik el, jelezve, hogy ezek a szemek közelebb állnak a három azonos tengellyel rendelkező szabályos testekhez. Lényegesen koptatottabbak is, mint a folyami és tengeri üledékek szemcséi. Mintegy 60%-uk félig legömbölyödött, a többi között általában több a legömbölyödött, mint a szilánkos szemese (2/3—1/3). Így a jellemző mutató 0,7 körüli érték.

Hasonló képet mutatnak a különböző lelőhelyekről származó kavicsminták is, amire példát a 3. ábrán a dunai, drávai és Sajó menti kavicsok kvarc és kvarcit szemcséinek összehasonlítása ad. Ennek az ábrának a célja egyébként a különböző anyagú és különböző körülmények között ülepedett szemcsék főméreteiből számított arány összehasonlítása.

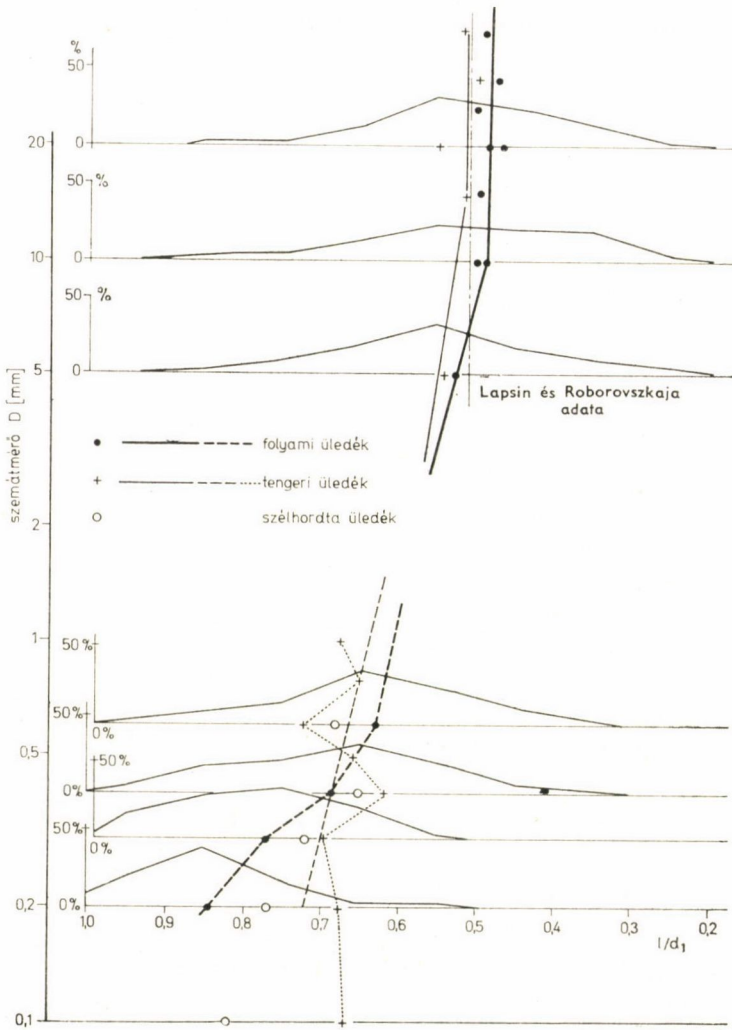


A 3. ábra folytatása



A vizsgált mintákat a meghatározott  $l/d_1$  értékek átlagával jellemeztük, csak példaként mutatunk be néhány, az eloszlási valószínűséget megadó görbét.

Az ábrázolt adatok alapján elsősorban azt állapíthatjuk meg, hogy az azonos anyagú szemcsék főméreteiből számított hányados gyakorlatilag azonos



4. ábra. A legvalószínűbb  $l/d_1$  érték változása a szemátmérő függvényében

a folyami és tengeri eredetű, valamint a völgyi törmeléket alkotó kavicsok esetében. Az alaki tényező csak azért különbözik, mert a lejtőtörmelések kavicsa többnyire szögletes (a koptatottság mutatója 0,1–0,2), míg a folyami és tengeri üledékek kavicsa a homokokhoz hasonlóan zömmel félig legömbölyödött szemcse, a homokokkal ellentétben azonban több a legömbölyödött, mint a szilánkos kavics, így a mutató 0,5.

A szemcsék anyaga, ásványtani jellege szerint már a nagyszámú minta átlagát jellemző középértékek alapján is kimutatható kismérvű, azonban határozott eltérés a különböző szemcsék között. Az  $l/d_1$  hányados legvalószínűbb értéke kvarc és kvarcit esetében 0,52, magmás kőzetszemcséket vizsgálva 0,45, a mészkőszemek jellemzője 0,37, a homokköveké 0,43, a metamorf kőzetekből származó szemcsék méreteiből számítva 0,38. Az utóbbi érték szóródása nagy, pl. agyagpalák esetében 0,2-re csökkenhet.

Végezetül — különválasztva a legnagyobb számban előforduló kvarc és kvarcit szemcsék mért jellemzőit — vizsgáltuk, hogy ezek  $l/d_1$  értéke hogyan változik a szemcseméret függvényében (4. ábra). Az ábra külön mutatja a folyami és a tengeri eredetű szemcsék jellemzőit, és néhány szemcseméret-hez tartozóan feltüntettük a folyami eredetű szemcsék eloszlását leíró görbéket is.

#### 4. Az átlagosan jellemző alaki tényező meghatározása

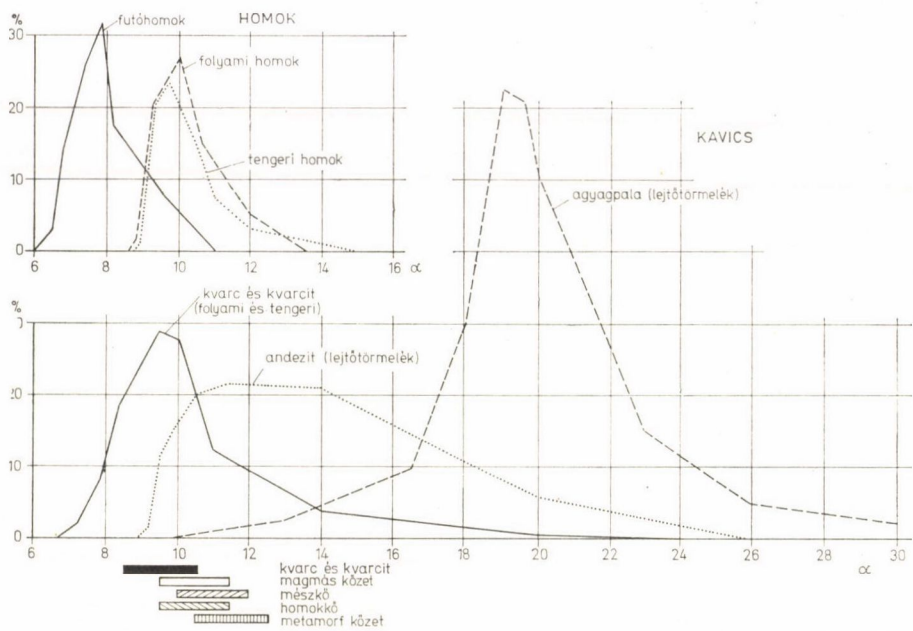
Feladatunk teljes megoldásához a szemcséknek az előzőekben ismertetett kapcsolatokkal jellemzett főméreteiből meg kell határoznunk a különböző típusú ásvány-, és kőzetszemek legvalószínűbb alaki tényezőjét. Ennek érdekében először a 2. és a 3. ábrán közölt eloszlási görbéket az 1. ábra segítségével olyan módon transzformáltuk, hogy a vízszintes tengelyen a 2. egyenlet szerint definiált alaki tényező szerepeljen (5. ábra). A feltüntetett adatok azt mutatják, hogy a kvarc és kvarcit anyagú folyami vagy tengeri üledékben található szemcsék alaki tényezője a szemcsemérettől csaknem függetlenül  $\alpha = 9-11$ , kavics esetében az alsó határ  $\alpha = 8$ -ra tehető. Hasonlóan kisebb a fokozottabb legömbölyödöttségnek megfelelően a futóhomokot jellemző alaki tényező is ( $\alpha = 7-9$ ).

Ugyanezt az eredményt mutatja a 6. ábra, amely a kvarcsemmesék főméreteiből alkotott hányados változását szemlélteti a szemátmérő függvényében, összevonva a vízi és szélhordta üledékek, valamint a lejtőtörmelékek mintáit jellemző adatokat, szemléltetve továbbá *Lapsin* és *Roborovszkaja* kavicschordalékra vonatkozó, nagyszámú mérésből megállapított adatát, amely szerint ez a hányados az 5—75 mm közötti tartományban állandó és értéke 0,51 [6]. Ennek kiegészítéseként jelzi az ábra a koptatottsági mutató csökkenését a kisebb szemcsék tartományában, és feltünteti a vizsgált szemcsék legvalószínűbb alaki tényezőjét.

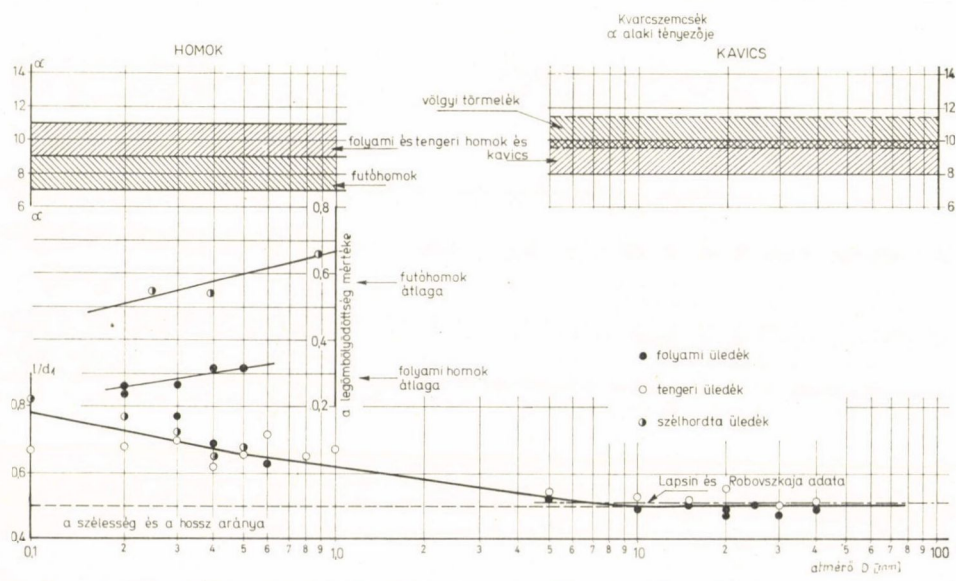
Ha a kavicszemese anyaga nem kvarc, általában nagyobb alaki tényezővel kell számolnunk (mágnás kőzet és homokkő 9,5—11,5; mészkő 10—12; metamorf kőzetszemese 11—15). Hasonlóan nagyobb (mintegy 10—15%-kal növelt) alaki tényezővel kell számolnunk akkor, ha a kavics völgyi törmelékéből származik és így szilánkosabb, kevésbé legömbölyített. Szélső esetben (kavicsméretű agyagpala szemcsék völgyi törmelékben) a nagyszámú szemcsék átlagos alaki jellemzője  $\alpha = 20$  értékig is növekedhet.

Rá kell mutatni azonban arra, hogy ezek a nagyobb alaki tényezők nem egy minta átlagára vonatkoznak, hanem a mintából kiválasztott azonos típusú szemcsékre. A minták átlagában a szóródás már lényegesen kisebb. Vegyünk példaként egy szélsőségesen nagy alaki tényezővel jellemezhető mintát és határozzuk meg annak átlagos alaki tényezőjét. A példa Markaz környékéről származó völgyi törmelék, viszonylag sok agyagpala szemcsével (*Török* mérés-





5. ábra. Különböző méretű és eredetű szemcsék alaki jellemzőinek statisztikai feldolgozásával meghatározott eloszlási görbék



6. ábra. Az  $l/d_1$  érték, a legöblyödöttség mértékének jellemzője és az alaki tényező a szemátmérő függvényében kvarcszemcsék esetében

sei). A különböző anyagú szemcsék aránya, azok közepes alakú tényezője, majd a kettő szorzataként számított átlagos jellemző a következő:

A szemcse anyaga	%	$\alpha$	$\alpha \%$
Kvarc, kvarcít	16	11	176
Andezit, diabáz	56	12	672
Agyagpala	24	19	456
Mésző, homokkő és egyéb	4	13	52

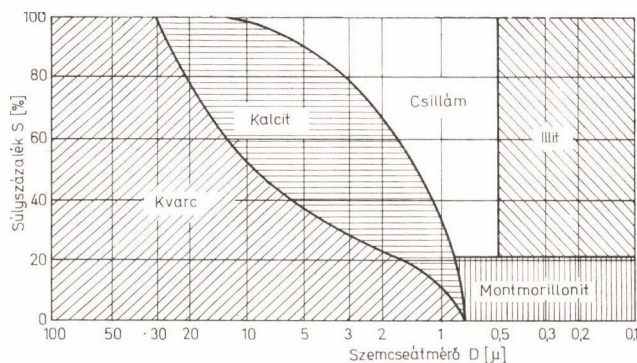
$$1356 \bar{\alpha} = 13,5$$

A példa szemléltetően mutatja, hogy még szélsőséges esetben is a minták zömét általában kitevő kvarc vagy ahhoz alakilag közelálló magmás kőzet-szemcsék alapvetően megszabják az átlagos alakú tényező értékét.

Az ismertetett mérések kiegészítéseként irodalmi közlések alapján összefoglaltuk a finom szemcsék tartományában feldúsuló különleges ásványok (csillámok és agyagásványok) jellemzőit is [1, 14]. Ezek főméreteit, az azokból alkotott hányadost és az így számítható alakú tényezőt a következő táblázat mutatja:

	$l(\mu)$	$\bar{d}_1(\mu)$	$1/d_1$	$\alpha_D$
Muszkovit				20—50
Kaolinit	0,15—0,04	1,4—0,4	0,1—0,03	30—70
Illit	0,04—0,03	0,5—0,15	0,2—0,05	20—60
Montmorillonit	—0,01	0,7—0,3	0,03—0,015	70—100
Ua. ha a kristályrácsok önálló lemezekké válnak szét (Na. m.)	—0,001		0,003—0,0015	700—1000
Tűs kristályú nagy csöves agyagásványok (halloysit, attapulgit)	2,0—0,5	0,25—0,04	10—30	40—100

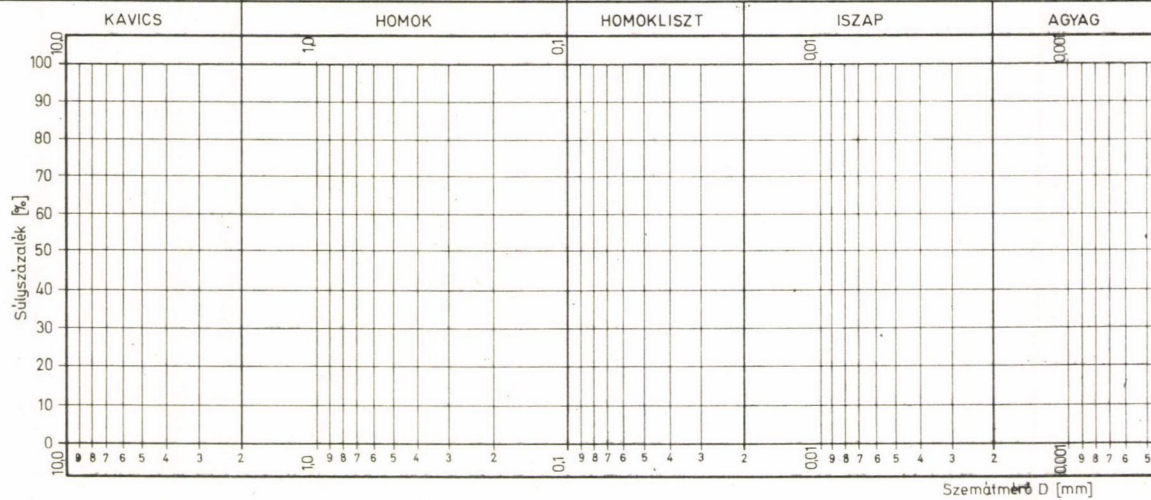
Mint a markazi példa bemutatásakor már említettük, figyelembe kell vennünk, hogy egy-egy szemcsefrakción belül is többféle anyagú szemcsét találunk. Ez a tény — különösen a csaknem minden frakcióban jelenlevő, sőt legtöbbször domináló kvarc szerepe — a szélsőségesen nagy alakú tényezőjű szemcsék súlyát csökkenti, a különböző frakciójú halmazok jellemzőit kiegyen-



7. ábra. Egy vizsgált minta ásványos eloszlása a szeméátmérő függvényében



Víz üledékek átl. jellemzője		8 — 11	9 — 12	10 — 15	12 — 17	15 — 50
Agyagásvány	montm.	—	—	—	—	70 — 100
	Na m.	—	—	—	—	200 — 1000
	illit	—	—	—	—	20 — 60
	kaolinit	—	—	—	—	30 — 70
	tűs kr.	—	—	—	—	40 — 100
Csillám		20 — 50	20 — 50	20 — 50	20 — 50	20 — 50
Metamorf kőzet	víz	11 — 15				
	lejtő	12 — 20				
Magmás kőzet	víz	95 — 11,5				
	lejtő	11 — 13				
Homokkő	víz	95 — 11,5				
	lejtő	11 — 13				
Mészkö	víz	10 — 12	10 — 12	10 — 12	10 — 12	10 — 12
	lejtő	11,5 — 13,5	12 — 14			
Kvarc és kvarcit	víz	8 — 10	9 — 11	9 — 11	9 — 11	9 — 11
	szél		7 — 9	7 — 9	7 — 9	
	lejtő	9,5 — 11,5	10 — 12			



8. ábra. Az alaki tényező átlagos értékének jellemzése a szemeloszlási görbe fejezatában

líteni törekszik. Példaként a 7. ábrán egy minta különböző átmérőjű szemcséinek az ásványi jelleg szerinti százalékos megoszlását mutatjuk be.

Vizsgálataink összefoglalásaként a 8. ábrán közöljük azt a táblázatot, amellyel a szemeloszlási görbék fejezetét kiegészíteni javasoljuk, és ami megadja a különböző szemátmérőjű, különböző anyagú és különböző körülmények között lerakodott rétegből származó szemcsék legvalószínűbb alakú tényezőjét. Ennek legfelső sora, az egyes frakciók várható ásványi összetételét is figyelembe véve, a víz által szállított és vízben lerakodott szemcsék (folyami, tavi és tengeri üledékek) átlagos jellemzőjét adja meg. Alkalmazva ezt a táblázatot a szemeloszlási görbék szerkesztésére szolgáló nyomtatványon, arról közvetlenül leolvasható az egyes frakciók becsült alakú tényezője ( $\alpha_i$ ), amit — a szemeloszlási görbe megszerkesztése után már adott  $\Delta S_i$  és  $D_i$  értékekkel együtt — helyettesítve a (3) egyenletbe, egyetlen számértékkel, a hatékony átmérő és az átlagos alakú tényező hányadosával ( $D_h/\bar{\alpha}$ ), egyszerűen és a folyamat fizikai jellegének megfelelő módon jellemezhetjük a vegyes eloszlású és különböző alakú szemcsékből felépített mintát szivárgási számításainkban.

#### IRODALOM

- [1] Albert J.: Téglaagyagok és felhasználásuk a durvakeraániában. Budapest, 1967.
- [2] Albertson, M. L.: Effect of Shape on the Fall Velocity of Gravel Particles. *Proceedings of the 5th Hydraulic Conference, Iowa*, 1952.
- [3] Bidló G.—Kleb B.—Török E.: Vízépítési beton adalékanyagainak vizsgálata. *Építőanyag*, 1967. 11.
- [4] Carman, P. C.: Flow of Gases through Porous Media. London, 1956.
- [5] Engelhardt, W.: Der Porenraum der Sedimente. Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1960.
- [6] Gonszarov, V. N.: Osznovi dinamiki ruszlovih potokov. *Leningrad*, 1954.
- [7] Hagerman, T. H.: Granulometric Studies in Northern Argentine. *Geografiska Annalen*, 1936. 4.
- [8] Hagerman, T. H.: About the Relation between the Distribution Field of the Relative Width of the Particles and the Genesis of the Sediment. *Geologiska Föreningens Förhandl.* 1938. 3.
- [9] Heywood, H.: Measurement of the fineness of Powdered Materials. *Proceedings of Institute of Mechanical Engineers*. 1938.
- [10] Ivicsics L.: Ülepitőmedencék hidraulikai méretezése és az ülepedési sebesség meghatározása. *Vízügyi Közlemények*, 1957. 3.
- [11] Kleb B.: A Mecsek-hegység déli előtere pannoniai képződményeinek üledékföldtani vizsgálata. *Földtani Közöny*, 1968. 2.
- [12] Koženy, J.: Hydraulik. Wien, 1953.
- [13] Kriván P.: Hagerman szemesealaktani módszerének üledékföldtani értékelése. *Földtani Közöny*, 1957. 3.
- [14] Kuhn, A.: Kolloidkémiai zsebkönyv. Budapest, 1963.
- [15] Mc. Nown, J. S., Malaika, J.: Effects of Particle Shape on Settling Velocity at Low Reynolds-numbers. *TAGU* 1950. V. 31. N. 1.
- [16] Miháltz, I. — Ungár T.: Folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetése. *Földtani Közöny*, 1954. 1—2.
- [17] Stelczer K.: A folyami hordalék kopása. *Vízügyi Közlemények*, 1967. 2.
- [18] Szádeczky Kardoss E.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. *Centralblatt für Mineralogie*, 1933. B.
- [19] Wadell, H.: Volumen, Shape and Roundness of Rock Particles. *Journal of Geology*, 1932.
- [20] Wentworth, Ch.: A Scale of Grade and Class Terms for Plastic Sediments. *Journal of Geology*, 1922.
- [21] Williams, E. M.: A Method of Indicating Pebble Shape with one Parameter. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1965. 4.
- [22] Zingg, Th.: Die Charakterisierung der plastischen Sedimente nach der Kornzusammensetzung. Beitrag zur Schotteranalyse. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*. 1935/36.