

Zúzott betonadalékanyagok kőzetfizikai tulajdonságai a szabályozásban

Kausay Tibor

Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, betonopu@t-online.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A zúzottkővet és a zúzottkavicsot az *alapananyag tulajdonságai* és a feldolgozás során szerzett *terméktulajdonságok* alapján kell minősíteni. A szabványok és előírások a kőanyag terméket az alapananyag tulajdonságok (kőzettani megnevezés, mechanikai és kristályosítási aprózódás) alapján *kőzetfizikai csoportokba*, a technológiai tulajdonságok (szemmagyság, szemalak, tisztaság) alapján *termékosztályokba sorolják be*. Újabban számos gyakorlati problémát is hordozó elvi kérdés, hogy a *kőzetfizikai csoportba sorolás* milyen anyagon, hol, miként, milyen módszerrel és követelmények alapján történjék. A dolgozat érvekkel alátámasztva alternatívát kínál a kőzetfizikai tulajdonságok *terméken* történő meghatározására – a betonadalékanyagkénti felhasználás során feltétlen el is várja –, nemcsak a jól bevált hagyományokhoz való ragaszkodásból és a felhasználó, beruházó vitathatatlan építéshelyi ellenőrzési jogának megóvása, hanem új építményeink minőségének, illetve tartósságának érdekében is.

Kulcsszavak: Kőzetfizika, betonadalékanyag, zúzottkő, termékminősítés

AJÁNLÁS: Dr. Kertész Pál tanár úrnak 80. születésnapja alkalmából, tisztelettel

1 BEVEZETÉS

A zúzott betonadalékanyagok kőzetfizikai tulajdonságai alatt az építési gyakorlatban általában és jelen dolgozatban a zúzottkő és zúzottkavics termékek azon aprózódási és időállósági tulajdonságait értjük, amelyeknek termékminősítő szerepük van. Az építési kőanyagok – 1978-1991 között, a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének vezetésével készült, 50 szabványból álló, MSZ 18280 – 18297 jelű – magyar nemzeti szabványrendszere azt az elvet követte, hogy – bár a kőzetfizikai tulajdonság voltaképpen az *in situ* kőanyag anyagtani sajátja – a kőzetfizikai tulajdonságok a zúzottkő és zúzottkavics termékeken is meghatározhatók, és így termékminősítésre is felhasználhatók kell legyenek. A közelmúltban az európai szabványok honosításával ennek az elvnek további alkalmazásában zavar támadt, mert az európai szabványoknak való feltétlen megfelelésre törekvéssel a felhasználó elveszítheti (az aszfaltútépítés területén el is veszítette) a kőzetfizikai tulajdonságok megvásárolt terméken való vizsgálatának lehetőségét, és ráadásul még az időállósági követelmény is lazább lett. A beton és vasbeton építés területén e két minőségrontó változtatás egyike sem engedhető meg, mert a beton és vasbeton építmények tervezési használati élettartama egyszerűbb esetben is 50 év, igényesebb esetben (pályaburkolatok, alagutak, hidak, vízépítési műtárgyak, erőművek stb.) pedig 100 év, amely nagytartósságú betonok készítését követeli meg. A jelen dolgozatban a betonadalékanyagul szolgáló, megvásárolt zúzottkő és zúzottkavics termék kőzetfizikai tulajdonságai meghatározásának termékminősítésre kidolgozott módszerét mutatjuk be, különös tekintettel az új szabályozási körülményekre.

2 TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

Az irodalomból (Láczay-Fritz, 1930) tudjuk, hogy a műegyetemi állami anyagvizsgáló Kísérleti Állomás az 1930-as évek elején terjesztette ki a tevékenységét a „Deval-dobban való koptatásra és a szivósság megállapítására a Föppl-féle kalapáccsal. Úgy a Deval-, mint a Föppl-féle gép inkább útburkolathoz alkalmazandó kőanyag vizsgálatára való.”

Az MSZ 1992:1959 (NZ jelű) és az MSZ 11300:1959 (Z jelű) zúzottkő és zúzalék szabványokban a kőzetfizikai tulajdonságok fogalma még nem szerepelt, a szilárdsági és időállósági követelményeket akkor még így írták le:

- A zúzottkő anyaga *fagyálló* kőzet legyen. A vizsgálat módszere: MSZ 1991:1960
- A zúzottkő *nyomószilárdsága* – más kikötés hiányában – nem lehet kevesebb, mint 1500 kg/cm², (azaz 150 N/mm²). A vizsgálat módszere: MSZ 1991:1960

- A zúzottkő a *Stübel*-féle mechanikai vizsgálat követelményeit elégítse ki. A vizsgálat módszere: MSZ 11300:1959

A *fagyállóság* az MSZ 1991:1960 szerint szabályos vagy szabálytalan próbatesten vizsgálták. A ciklus fázisai a következők voltak: 4 óra (-20 ± 4) °C hőmérsékleten, legalább 2 óra ($+18\pm 5$) °C hőmérsékletű vízben.

A kőanyagot akkor tekintették károsodottnak, ha 2500 kg/m^3 feletti testsűrűségű kőanyag tömegvesztése a 0,1 tömeg %-ot, a $2000 - 2500 \text{ kg/m}^3$ közötti testsűrűségűé a 0,25 tömeg %-ot, a 2000 kg/m^3 alatti testsűrűségűé a 0,4 tömeg %-t meghaladta. A kőanyagot a károsodás nélkül kiállott ciklusok száma alapján fagyállósági osztályba sorolták:

- 15 vagy kevesebb ciklus: „Fagyveszélyes”
- 16 – 24 ciklus: „Mérsékelt fagyálló”
- 25 – 49 ciklus: „Fagyálló”. A fagyálló osztályt 1967-ben két osztályra bontották:
- 25 – 34 ciklus: „Fagyálló”,
- 35 – 49 ciklus: „Fokozottan fagyálló”
- 50 vagy több ciklus: „Igen fagyálló”

A *nyomószilárdság* az MSZ 1991:1960 szerint általában ($5 \pm 0,5$) cm élhosszúságú próbakockákon, kevésbé tömör vagy igen nagy ásványi szemeket tartalmazó kőanyagok esetén ($7 \pm 0,5$) cm vagy ($10 \pm 0,5$) cm élhosszúságú próbakockákon határozták meg.

Légszáraz állapotú kőanyagokon például a következő nyomószilárdságokat mérték:

- Diszeli bazalt: $180 - 370 \text{ N/mm}^2$
- Zalahalápi bazalt: $170 - 335 \text{ N/mm}^2$
- Nógrádkövesdi andezit: $173 - 359 \text{ N/mm}^2$
- Szob, Csákhegyi dácit: $89 - 134 \text{ N/mm}^2$
- Dunabogdányi andezit: $54 - 143 \text{ N/mm}^2$

A *Stübel-féle ejtőkös ütészilárdság* vizsgálat főbb jellemzői az MSZ 11300:1959 szabvány szerint a következők voltak:

Ütőtömeg: 36,5 kg; esési magasság: 12 cm; ütési sebesség: 50/perc; ütési idő: 12 perc; összes ütés száma: 600.

Vizsgálati anyag szemnagysága: 40-60 mm

A „jósági értékszám”-ot az ütmunka után végzett szemmegoszlás vizsgálat eredményéből számították ki. A résztörek tömegét azok szemnagyságához tartozó „elértéktelenedési tényező”-vel megszorozták, és e szorzatok összegét elosztva a vizsgálati anyag tömegével és megszorozva százal az „elértéktelenedési százalék”-ot kapták. A 20 számértéket osztva az „elértéktelenedési százalék” századrészével jutottak a „jósági értékszámra”.

A „jósági értékszám” követelménye vulkanikus (mélységi és kiömlési) kőzetekre: ≥ 60 érték volt. (Például a zalahalápi bazalton: 90, a tállyai andeziten: 70, szobi andeziten: 60 értékszámot mértek)

Közbevetőleg megemlítjük, hogy 1967 előtt hazánkban az útépitési zúzottkövek és a vasúti ágyazati zúzottkövek szilárdságát nem a *Los Angeles*, hanem a *Stübel*-féle üto vizsgálat (MSZ 1991:1960, MSZ 11300:1959) határozták meg. A vasúti ágyazati zúzottkövek nyersanyagának szilárdságát még 1967 után is sokáig a *Föppl*-féle ejtőgéppel vizsgálták, de *Föppl*-féle és *Stübel*-féle berendezésekkel legutóbb már csak a MÁV Anyagvizsgáló Főnökség rendelkezett (*Reznák*, 1965). A *Stübel*- és a *Föppl*-féle üto szilárdság vizsgálati módszerek leírása együtt az MSZ 1991:1960 szabványban volt olvasható. Ez a szabvány már a *Los Angeles* vizsgálatot is ismertette, de a *Los Angeles* aprózódást akkor termékminősítésre még nem használták.

A kőzetfizikai csoport fogalma először az MSZ 1992:1970 „Zúzott kőtermékek” című szabványban jelent meg. A zúzottköveket és zúzottkavicsokat a *Los Angeles*, a *száraz és vizes Deval*, valamint a *magnézium-szulfátos és nátrium-szulfátos aprózódás* alapján A, B, C kőzetfizikai csoportba sorolták be. Az 1970 évi zúzottkő szabvány létrehozása, a kőzetfizikai csoport és a KZ termékek fogalmának megalkotása elsősorban *dr. Kertész Pál* és az őt támogató *dr. Reznák László* érdeme, akik a magyar nemzeti „épitési kőanyagok szabványrendszer”-ét kidolgozó „Kő szabványbizottság” (*dr. Kertész Pál*, *dr. Gálos Miklós*, *dr. Marek István*, *Serédi Béla*, *Somfay Ernő*, *Král Andor*, *Vajda László*, *dr. Nemeskéri Kiss Géza*, *dr. Reznák László*, *Subert István*, *dr. Kausay Tibor*) munkájában meghatározó szerepet töltek be. Meg kell jegyezni, hogy ez a kényszerűségből mára nagyrészt visszavont szabványrendszer rendkívül korszerű és részletes volt, és azt a helyébe lépő európai szabványok általában sem tartalmukban, sem igényességükben nem haladják meg.

Az MSZ 1992:1970 szabványt felváltó MSZ 18291:1978 „Zúzottkő” termékszabvány és az MSZ-07-3114:1991 „Útépítési zúzott kőanyag” közlekedési ágazati szabvány is a Los Angeles aprózódás, a száraz és a vizes Deval aprózódás, a nátriumszulfát-oldatos és a magnéziumszulfát-oldatos kristályosítási aprózódás tartozott a közetfizikai jellemzők csoportjába.

A későbbi ágazati szabályozásban (ÚT 2-3.601:1998 „Útépítési zúzott kőanyagok” ütügyi műszaki előírás) a száraz Deval aprózódás és a nátriumszulfát-oldatos kristályosítási aprózódás elvesztette termékminősítő erejét, de új jellemzőként a *vizes mikro-Deval aprózódás* belépett a közetfizikai csoportba.

A legutóbbi ütügyi műszaki előírásban (ÚT 2-3.601:2006) már a vizes Deval aprózódás sem szerepelt, és a közetfizikai csoportot a *Los Angeles aprózódás, a vizes mikro-Deval aprózódás, és a magnéziumszulfát-oldatos kristályosítási aprózódás* alkotta, az új európai kőanyagalmaz (adalékanyag) termékszabványok (MSZ EN 13043:2003 aszfaltadalékanyag, MSZ EN 12620:2006 betonadalékanyag, MSZ EN 13242:2003 kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú kőanyagalmazok) hatására.

Az ÚT 2-3.601:2006 ütügyi műszaki előírás a közetfizikai csoportok tekintetében megegyezett az MSZ 4798-1:2004 *betonszabvány* (az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentuma) közetfizikai csoportokra vonatkozó követelmény-rendszerével és a követelmények vizsgálatának módjával.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány és az az ÚT 2-3.601:2006 ütügyi műszaki előírás közös sajátága volt, hogy a zúzott kőanyagok közetfizikai tulajdonságainak vizsgálatát és a termékminősítést összhangba hozta az európai kőanyag termékszabványok (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2006, MSZ EN 13242:2003) és vizsgálati szabványok (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) módszerével úgy, hogy az időállósági tulajdonság (magnéziumszulfátos aprózódás) követelménye sem csökkent.

A 2008. március 25-én megjelent és 2008. május 15. óta alkalmazott ÚT 2-3.601-1:2008 ütügyi műszaki előírás érvénybe léptetésével az aszfaltkeverékek és az aszfalt felületi bevonatok zúzott adalékanyagaira nézve felülírták ÚT 2-3.601:2006 ütügyi műszaki előírást. Ezzel az útépítési zúzottkövek egységes szemlélete és szabályozása az ütügyi műszaki előírásokban megszűnt; sajnálatos módon megszüntették a közetfizikai csoportok fogalmát és alkalmazását; kötelezővé tették a közetfizikai (fizikainak nevezett) tulajdonságok referencia-vizsgálatát; ezzel elvették a vevőtől (kivitelező, építető, beruházó) a lehetőséget, hogy a leszállított termék közetfizikai tulajdonságait megvizsgálja és ellenőrizze; a magnézium-szulfátos kristályosítás követelményét Magyarországon meg nem engedett mértékben lazították.

Ezek a változtatások az 50, illetve 100 év tervezett használati élettartamú, nagyteljesítőképességű, zúzottkő és zúzottkavics adalékanyagú betonok esetén megengedhetetlenek, amiért hangsúlyosan előtérbe kerül az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány alkalmazása és a közetfizikai tulajdonságokra adott előírásának mélyrehatóbb kifejtése.

3 BETONADALÉKANYAGUL SZOLGÁLÓ ZÚZOTTKŐ ÉS ZÚZOTTKAVICS FRAKCIÓK KÖZETFIZIKAI CSOPORTJA

3.1. Közetfizikai osztályok besűritése

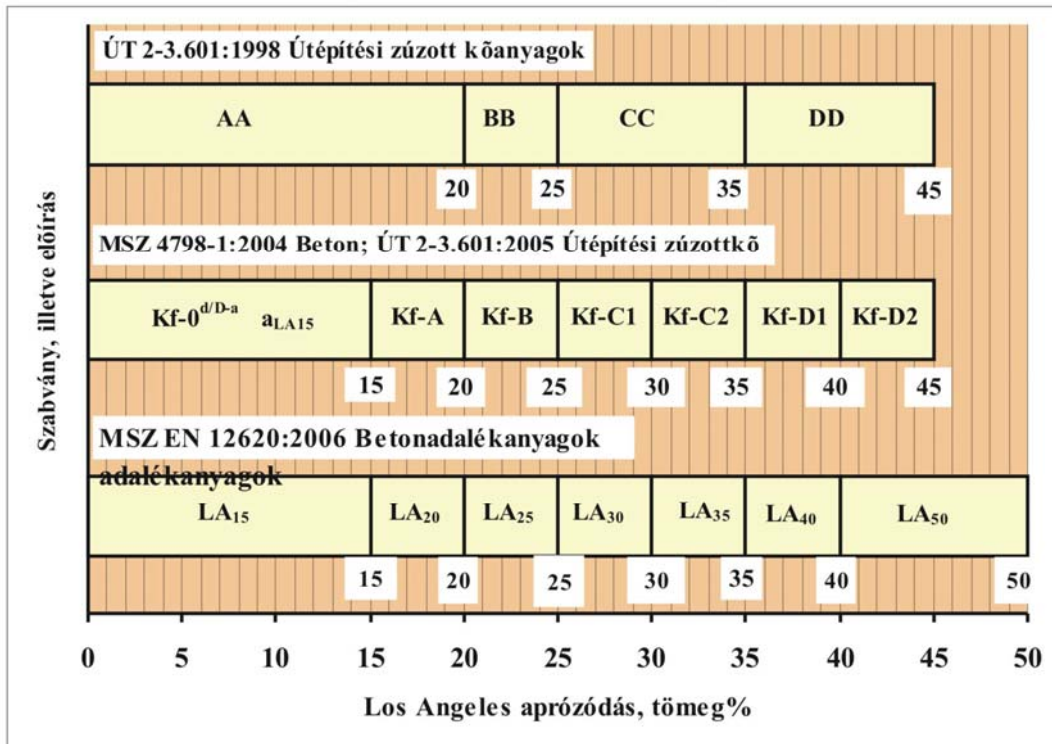
A Los Angeles aprózódási és a szulfátos kristályosítási aprózódási osztályoknak az új európai szabványokban (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2006, MSZ EN 13242:2003 stb.) szereplő határértékei sajnos nem egyeznek meg a régi magyar, az MSZ 1992:1970 szabvány szerinti (*A, B, C, D*) és a vele azonos ÚT 2-3.601:1998 ütügyi műszaki előírás szerinti (*AA, BB, CC, DD*) közetfizikai csoportok határértékeivel, és bizonyos szemnagyságoknál egymástól is eltérnek (*1. táblázat*). Különösen feltűnő a magnézium-szulfátos kristályosítás legszigorúbb követelményének magas európai határértéke (az MS₁₈ osztályban 18 tömeg %), amelynek hazai követelménye sokkal szigorúbb (a Kf-A közetfizikai csoportban 10 tömeg %) és átvétele nem indokolható.

Megjegyezzük, hogy az MSZ EN 12620:2003 szabvány a durva (2 mm feletti) adalékanyagokra közvetlen fagyállóság vizsgálati módszerként az MSZ EN 1367-1:2007 szerinti fagyállóság és fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatot írja elő. A fagyasztási és olvasztási ciklusok száma 10, a fagyasztóközeg desztillált víz, fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat esetén nátrium-klorid oldat vagy telített karbamid oldat. Gond, hogy a 10 fagyasztási és olvasztási ciklus a hazai mérsékeltövi kontinentális éghajlati körülmények közepette kevés, és a legnagyobb fagykárosodást nem az 1 %-os, hanem a 3 %-os nátrium-klorid oldat okozza.

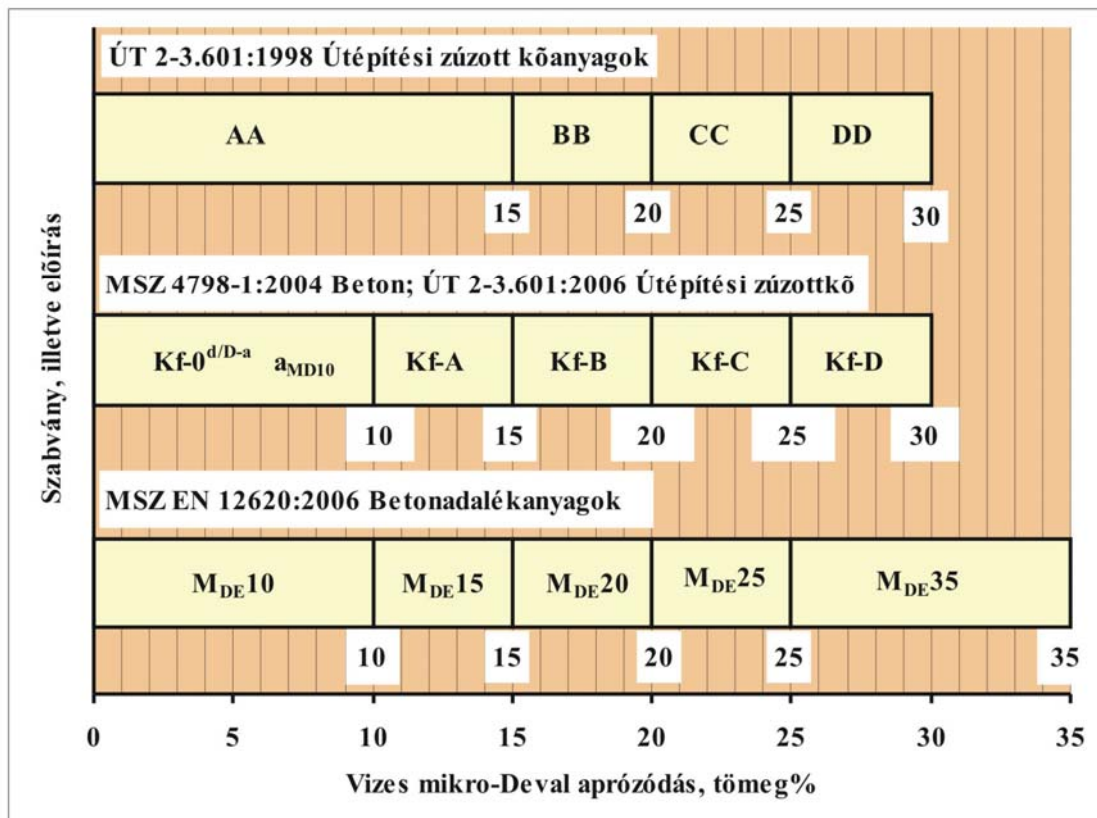
A hazai aprózódási osztályok európaiktól való eltérése miatt az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány és az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás – az európai szabványokhoz alkalmazkodva – a korábbi C, ill. CC közetfizikai csoportot C1 és C2 csoportra, a korábbi D, ill. DD közetfizikai csoportot D1 és D2 csoportra osztotta fel. Ezáltal az európai aprózódási osztályok határértékeinél az új magyar közetfizikai csoportoknak is határértéke van, a régi határértékek feladása nélkül (1. – 3. ábra). A Kf-0 jelű, az eddigieknél szigorúbb közetfizikai csoport bevezetése is az európai szabványokhoz való igazodást szolgálta.

1. táblázat. A közetfizikai csoportok aprózódási osztályainak előfordulása az európai kőanyagalmaz termék szabványokban

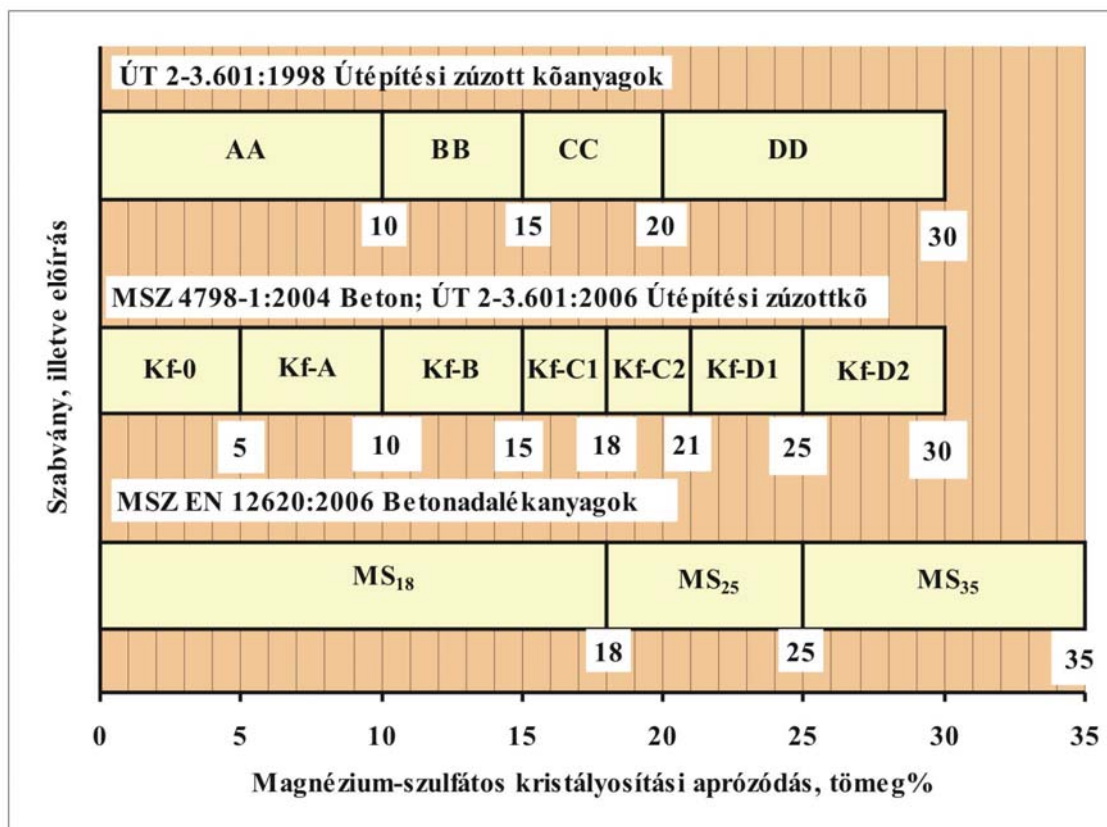
Aprózódási osztály jele	Európai kőanyagalmaz termék szabvány		
	MSZ EN 13043	MSZ EN 13242	MSZ EN 12620
Los Angeles aprózódás			
LA ₁₅	Szerepel	Nem szerepel	Szerepel
LA ₂₀	Szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₂₅	Szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₃₀	Szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₃₅	Nem szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₄₀	Szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₄₅	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
LA ₅₀	Szerepel	Szerepel	Szerepel
LA ₆₀	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
Mikro-Deval aprózódás			
M _{DE} 10	Szerepel	Nem szerepel	Szerepel
M _{DE} 15	Szerepel	Szerepel	Szerepel
M _{DE} 20	Szerepel	Szerepel	Szerepel
M _{DE} 25	Szerepel	Szerepel	Szerepel
M _{DE} 30	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
M _{DE} 35	Szerepel	Szerepel	Szerepel
M _{DE} 40	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
M _{DE} 45	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
M _{DE} 50	Nem szerepel	Szerepel	Nem szerepel
Magnézium-szulfátos kristályosítási aprózódás			
MS ₅	Nem szerepel	Nem szerepel	Nem szerepel
MS ₁₀	Nem szerepel	Nem szerepel	Nem szerepel
MS ₁₅	Nem szerepel	Nem szerepel	Nem szerepel
MS ₁₈	Szerepel	Szerepel	Szerepel
MS ₂₁	Nem szerepel	Nem szerepel	Nem szerepel
MS ₂₅	Szerepel	Szerepel	Szerepel
MS ₃₀	Nem szerepel	Nem szerepel	Nem szerepel
MS ₃₅	Szerepel	Szerepel	Szerepel



1. ábra. Kőzetfizikai csoportok a Los Angeles aprózódás alapján a különböző szabványokban és előírásokban



2. ábra. Kőzetfizikai csoportok a vizes mikro-Deval aprózódás alapján a különböző szabványokban és előírásokban



3. ábra. Kőzetfizikai csoportok a magnézium-szulfátos kristályosítási aprózódás alapján a különböző szabványokban és előírásokban

3.2 Zúzottkő és zúzottkavics betonadalékanyag frakciók kőzetfizikai csoportja

Az európai szabványok a 10-14 mm szemmagysághatárú Los Angeles, mikro-Deval, szulfátos kristályosítási vizsgálati minták *referencia-vizsgálatát* írják elő, de megengedik nemzeti előírás szerinti *alternatív-vizsgálati* szemmagysághatárok alkalmazását is. Ezt a körülményt használjuk ki az építéshelyre leszállított zúzott betonadalékanyag termékek (frakciók) vizsgálata lehetőségének megőrzésére. Az alternatív-vizsgálatokra azért van szükség, mert a referencia-vizsgálathoz szükséges 10-14 mm szemmagysághatárú vizsgálati mintát a zúzottkő termékből (a Z 0/22 és afeletti Z termékosztályú, általában alárendeltebb célra használatos frakciók kivételével) nem lehet előállítani. Ezért Magyarországon az MSZ 4798-1:2004 szabvány elve szerint, *betonadalékanyag esetén*, megegyezés alapján szabad a Los Angeles, a mikro-Deval, a szulfátos kristályosítási vizsgálatot alternatív-vizsgálatként, a vonatkozó európai szabvány (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) szerint, de a zúzott kőanyag frakciók szemmagyságához igazított vizsgálati anyagon elvégezni (MSZ 4798-1:2004).

A betonadalékanyagként alkalmazott zúzottkövet és zúzottkavicsot az önszilárdság és az időállóság jellemzésére a Los Angeles aprózódás, a mikro-Deval aprózódás és a magnézium-szulfátos kristályosítási aprózódás vizsgálat eredménye alapján a 2. táblázat szerint, az MSZ 4798-1:2004 szabványban foglaltakat követve kőzetfizikai csoportba kell sorolni. A zúzottkő *nyersanyag vizsgálata során a referencia-vizsgálatot*, de a zúzottkő és zúzottkavics *termék vizsgálata során az alternatív-vizsgálatot* kell alkalmazni. Ez a kőzetfizikai csoport rendszer egyesíti magában a hagyományos magyar kőzetfizikai csoport besorolást és a kőanyagalmazók aprózódási (szilárdsági) tulajdonságainak európai követelményeit. A 2. táblázat a zúzottkő termékek kőzetfizikai csoportján kívül bemutatja azok jelét és alkalmazhatóságát is beton készítés céljára.

A zúzottkő vagy zúzottkő termék akkor sorolható be valamely kőzetfizikai csoportba, ha az ugyanazon szemmagyságú laboratóriumi mintából (frakcióból) előállított vizsgálati anyag a kőzetfizikai csoport minden követelményét egyidejűleg kielégíti.

A kőzetfizikai csoport jelében fel kell tüntetni a laboratóriumi minta (frakció) szemmagysághatárait (d/D) és a referencia-vizsgálat (r), vagy az alternatív-vizsgálat (a) betűjelét (pl. 12/20 mm névleges szemmagysághatárú termék alternatív-vizsgálata esetén pl. $Kf-A^{12/20-a}$). Ha alternatív-vizsgálatot végeztek, akkor az alternatív-vizsgálat jelében meg kell adni a vizsgálati minta szemmagysághatárait (d_1-d_2) (pl. 12-20 mm szemmagyságú vizsgálati minta Los Angeles aprózódása esetén a_{LA}^{12-20}).

Az ÚT 2-3.601-1:2008 útgyi műszaki előírás az aszfalt-útépítőipar – mint legnagyobb zúzottkő felhasználónak – igényének megfelelően a zúzottkő és zúzottkavics frakciók szemmagyság-határaként az MSZ EN 13043, MSZ EN 13242, MSZ EN 13285 szabványokban – és MSZ EN 12620 szabványban is – szereplő, és az aszfaltútépítésben használatos ún. „alap + 1 kiegészítő szitasorozat”-ot (benne a 5,6; 11,2; 22,4; 45 mm nyílású szitákkal) használja, amely követelményhez a kőbányaipar általában alkalmazkodik, és ezt a betonépítésben is tudomásul kell venni. Ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szemmagyság-határa az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti, akkor ezt a körülményt az alternatív-vizsgálati minta szemmagyság-hatáiraival is követni kell. Az alternatív Los Angeles vizsgálat ebben az esetben alkalmazandó jellemzői a 3. táblázatban, az alternatív mikro-Deval vizsgálat jellemzői a 4. táblázatban, az alternatív magnézium-szulfátos kristályosítási vizsgálat jellemzői az 5. táblázatban találhatók.

2. táblázat. A zúzottkő betonadalékanyagok közetfizikai csoportja (MSZ 4798-1:2004 alapján)

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálati minta szemmagysága mm	Közetfizikai csoportok referencia-vizsgálatok esetén (jele felső indexben „r”)						
		Kf-0 ^{d/D-r}	Kf-A ^{d/D-r}	Kf-B ^{d/D-r}	Kf-C ^{d/D-r}		Kf-D ^{d/D-r}	
					Kf-C1 ^{d/D-r}	Kf-C2 ^{d/D-r}	Kf-D1 ^{d/D-r}	Kf-D2 ^{d/D-r}
Los Angeles aprózódás, M% MSZ EN 1097-2	10-14	$LA_{15} \leq 15$	$LA_{20} \leq 20$	$LA_{25} \leq 25$	$LA_{30} \leq 30$	$LA_{35} \leq 35$	$LA_{40} \leq 40$	$LA_{45} \leq 45$
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, M% MSZ EN 1097-1	10-14	$M_{DE10} \leq 10$	$M_{DE15} \leq 15$	$M_{DE20} \leq 20$	$M_{DE25} \leq 25$	$M_{DE25} \leq 25$	$M_{DE30} \leq 30$	$M_{DE30} \leq 30$
Kristályosítási veszteség MgSO ₄ oldatban, M% MSZ EN 1367-2	10-14	$MS_5 \leq 5$	$MS_{10} \leq 10$	$MS_{15} \leq 15$	$MS_{18} \leq 18$	$MS_{21} \leq 21$	$MS_{25} \leq 25$	$MS_{30} \leq 30$
A zúzottkőbeton* legnagyobb nyomószilárdsági osztálya, amelynek készítéséhez a zúzottkővet fel szabad használni	ha a 4 mm feletti adalékanyag 100 tömeg%-a zúzottkő							
	C80/95	C60/75	40/50	C20/25	C16/20	C12/15	C8/10	
	ha a 4 mm feletti adalékanyag 30 tömeg%-a zúzottkő és 70 tömeg%-a kavics							
C100/115	C80/95	C50/60	C30/37	C25/30	C20/25	C16/20		

(A 2. táblázat folytatódik)

(A 2. táblázat folytatása)

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálható szem nagyság tartománya ** mm	Közetfizikai csoportok alternatív-vizsgálatok esetén (jele felső indexben „a”)						
		Kf-0 ^{d/D-a}	Kf-A ^{d/D-a}	Kf-B ^{d/D-a}	Kf-C ^{d/D-a}		Kf-D ^{d/D-a}	
					Kf-C1 ^{d/D-a}	Kf-C2 ^{d/D-a}	Kf-D1 ^{d/D-a}	Kf-D2 ^{d/D-a}
Los Angeles aprózódás, M% MSZ EN 1097-2	3-80	$a_{LA15}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{LA20}^{d_1-d_2}$ ≤ 20	20 < $a_{LA25}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{LA30}^{d_1-d_2}$ ≤ 30	30 < $a_{LA35}^{d_1-d_2}$ ≤ 35	35 < $a_{LA40}^{d_1-d_2}$ ≤ 40	40 < $a_{LA45}^{d_1-d_2}$ ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vi- zes eljárás, M% MSZ EN 1097-1	3-20	$a_{MD10}^{d_1-d_2}$ ≤ 10	10 < $a_{MD15}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{MD20}^{d_1-d_2}$ ≤ 20	20 < $a_{MD25}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	20 < $a_{MD25}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{MD30}^{d_1-d_2}$ ≤ 30	25 < $a_{MD30}^{d_1-d_2}$ ≤ 30
Kristályosítási veszteség MgSO ₄ oldat- ban, M% MSZ EN 1367-2	2-80	$a_{Mg5}^{d_1-d_2}$ ≤ 5	5 < $a_{Mg10}^{d_1-d_2}$ ≤ 10	10 < $a_{Mg15}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{Mg18}^{d_1-d_2}$ ≤ 18	18 < $a_{Mg21}^{d_1-d_2}$ ≤ 21	21 < $a_{Mg25}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{Mg30}^{d_1-d_2}$ ≤ 30
A zúzottkőbeton* leg- nagyobb nyomószilárdsági osztálya, amelynek ké- szítéséhez a zúzottkővet fél szabad használni	ha a 4 mm feletti adalékanyag 100 tömeg%-a zúzottkő							
	C80/95	C60/75	40/50	C20/25	C16/20	C12/15	C8/10	
	ha a 4 mm feletti adalékanyag 30 tömeg%-a zúzottkő és 70 tömeg%-a kavics							
	C100/115	C80/95	C50/60	C30/37	C25/30	C20/25	C16/20	
* A zúzottkőbeton olyan beton, amelynek 4 mm, vagy 8 mm, vagy 12 mm feletti része zúzottkő. A 4 mm alatti rész mindenképpen homok (és esetleg hozzáadagolt finomszemű kiegészítő anyag) legyen.								
** A vizsgálható szem nagyság tartománya, amely a vizsgálati minták szem nagyságát öleli fel.								

3. táblázat. Los Angeles vizsgálat jellemzői alternatív vizsgálat esetén, ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szem nagyság-határa az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati szem nagyság mm	Vizsgálati minta tömege g	Golyók száma	Összes golyó tömege g	Összes fordulat száma
KZ 2/4	3 – 4	5000 ± 5	6	2500 ± 15	500
KZ 4/8	4 – 8	5000 ± 5	7	2920 ± 15	500
KZ 8/11	8 – 11	5000 ± 5	9	3750 ± 20	500
KZ 11/16	11 – 16	5000 ± 8	10	4165 ± 25	500
KZ 16/22	16 – 22	5000 ± 10	11	4580 ± 25	500
KZ 22/32	22 – 32	1000 0 ± 10	12	5000 ± 30	1000
NZ 0/4	3 – 4	5000 ± 5	6	2500 ± 15	500
NZ 4/11	4 – 8 8 – 11	2500 2500 ± 5	8	3330 ± 20	500
NZ 11/22	11 – 16 16 – 22	2500 2500 ± 10	11	4580 ± 25	500
NZ 22/32	22 – 32	1000 0 ± 10	12	5000 ± 30	1000
NZ 32/56	32 – 45 45 – 56	5000 5000 ± 20	12	5000 ± 30	1000

(A 3. táblázat folytatódik)

(A 3. táblázat folytatása)

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati szemmagyság mm	Vizsgálati minta tömege g	Golyók száma	Összes golyó tömege g	Összes fordulat száma
Z 0/4	3 – 4	5000 ± 5	6	2500 ± 15	500
Z 0/11	4 – 8 8 – 11	2500 ± 5 2500	8	3330 ± 20	500
Z 0/22	4 – 11 11 – 22	2500 ± 10 2500	11	4580 ± 25	500
Z 0/32	8 – 16 16 – 32	2500 ± 10 2500	12	5000 ± 30	500
Z 0/45	22 – 32 32 – 45	5000 ± 20 5000	12	5000 ± 30	1000
Z 0/80	45 – 63 63 – 80	5000 ± 25 5000	12	5000 ± 30	1000
Z 4/22	4 – 11 11 – 22	2500 ± 10 2500	11	4580 ± 25	500
Z 22/45	22 – 32 32 – 45	5000 ± 20 5000	12	5000 ± 30	1000
ZK 0/4	3 – 4	5000 ± 5	6	2500 ± 15	500
ZK 4/8	4 – 8	5000 ± 5	7	2920 ± 15	500
ZK 4/11	4 – 8 8 – 11	2500 ± 5 2500	8	3330 ± 20	500
ZK 8/11	8 – 11	5000 ± 5	9	3750 ± 20	500
ZK 8/16	8 – 11 11 – 16	2500 ± 8 2500	10	4165 ± 25	500
ZK 11/22	11 – 16 16 – 22	2500 ± 10 2500	11	4580 ± 25	500

4. táblázat. Mikro-Deval vizsgálat jellemzői alternatív vizsgálat esetén, ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szemmagyság-határa az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati szemmagyság mm	Golyók tömege dobonként g
KZ 2/4	2 – 4	500 ± 5
KZ 4/8	4 – 8	2500 ± 5
KZ 8/11	8 – 11	4500 ± 10
KZ 11/16	11 – 16	5500 ± 10
NZ 0/4	2 – 4	500 ± 5
NZ 4/11	8 – 11	4500 ± 10
NZ 11/22	11 – 22	6000 ± 10
Z 0/4	2 – 4	500 ± 5
Z 0/11	4 – 8	2500 ± 5
Z 0/22	8 – 16	5000 ± 10
Z 0/32	11 – 22	6000 ± 10
Z 0/45	11 – 22	6000 ± 10
Z 0/80	11 – 22	6000 ± 10
Z 4/22	11 – 22	6000 ± 10
ZK 0/4	2 – 4	500 ± 5
ZK 4/8	4 – 8	2500 ± 5
ZK 4/11	8 – 11	4500 ± 10
ZK 8/11	8 – 11	4500 ± 10
ZK 8/16	8 – 16	5000 ± 10
ZK 11/22	11 – 22	6000 ± 10

5. táblázat. Vizsgálati adagok tömege alternatív magnézium-szulfátos kristályosítási vizsgálat esetén

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati minta szemnagysága mm	Vizsgálati adag tömege g
KZ 2/4	2 – 4	200 – 210
KZ 4/8	4 – 8	200 – 210
KZ 8/11	8 – 11	300 – 310
KZ 11/16	11 – 16	500 – 520
KZ 16/22	16 – 22	600 – 630
KZ 22/32	22 – 32	800 – 830
NZ 0/4	2 – 4	200 – 210
NZ 4/11	4 – 11	250 – 260
NZ 11/22	11 – 22	550 - 570
NZ 22/32	22 – 32	800 – 830
NZ 32/56	32 – 45	800 – 830
Z 0/4	2 – 4	200 – 210
Z 0/11	Szét kell szitálni (2 – 4) és (4 – 11) mm szemnagyságú részmintára	
Z 0/22	Szét kell szitálni (2 – 4), (4 – 11) és (11 – 22) mm szemnagyságú részmintára	
Z 0/32	Szét kell szitálni (2 – 4), (4 – 11), (11 – 22) és (22 – 32) mm szemnagyságú részmintára	
Z 0/45	Szét kell szitálni (2 – 4), (4 – 11), (11 – 22), (22 – 32) és (32 – 45) mm szemnagyságú részmintára	
Z 0/80	Szét kell szitálni (2 – 4), (4 – 11), (11 – 22), (22 – 32) és (32 – 45) mm szemnagyságú részmintára	
Z 4/22	Szét kell szitálni (4 – 11) és (11 – 22) mm szemnagyságú részmintára	
Z 22/45	Szét kell szitálni (22 – 32) és (32 – 45) mm szemnagyságú részmintára	
1. MEGJEGYZÉS: A szétszitált mintákat egyenként kell vizsgálni, és a vizsgálati eredmények súlyozott átlagával kell a termék magnézium-szulfátos aprózódását jellemezni. A 2 mm alatti és a 45 mm feletti szemeket nem kell vizsgálni.		
2. MEGJEGYZÉS: A Z 0/22, Z 0/32, Z 0/45 és Z 0/80 frakciók esetén elegendő a két legnagyobb tömegarányú részmintát megvizsgálni.		

4 BETONADALÉKANYAG FRAKCIÓK ELŐÁLLÍTÁSA ZÚZOTTKŐ TERMÉKEKBŐL

A legfontosabb 4 mm szemnagyság feletti, MSZ 4798-1:2004 betonszabvány szerinti szemnagyságú zúzottkő betonadalékanyag frakciók az ÚT 2-3.601-1:2008 útügyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekkel a 6. táblázat szerint tekinthetők közel azonosnak, ill. a zúzottkő termékekből a 6. táblázat szerint keverhetők össze. A keverési arány a zúzottkő termék tényleges szemmegoszlásának és a betonadalékanyag frakció tervezett szemmegoszlásának függvényében kerüljön meghatározásra.

6. táblázat. Zúzottkő betonadalékanyag frakciók előállítása az ÚT 2-3.601-1:2008 útügyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekből

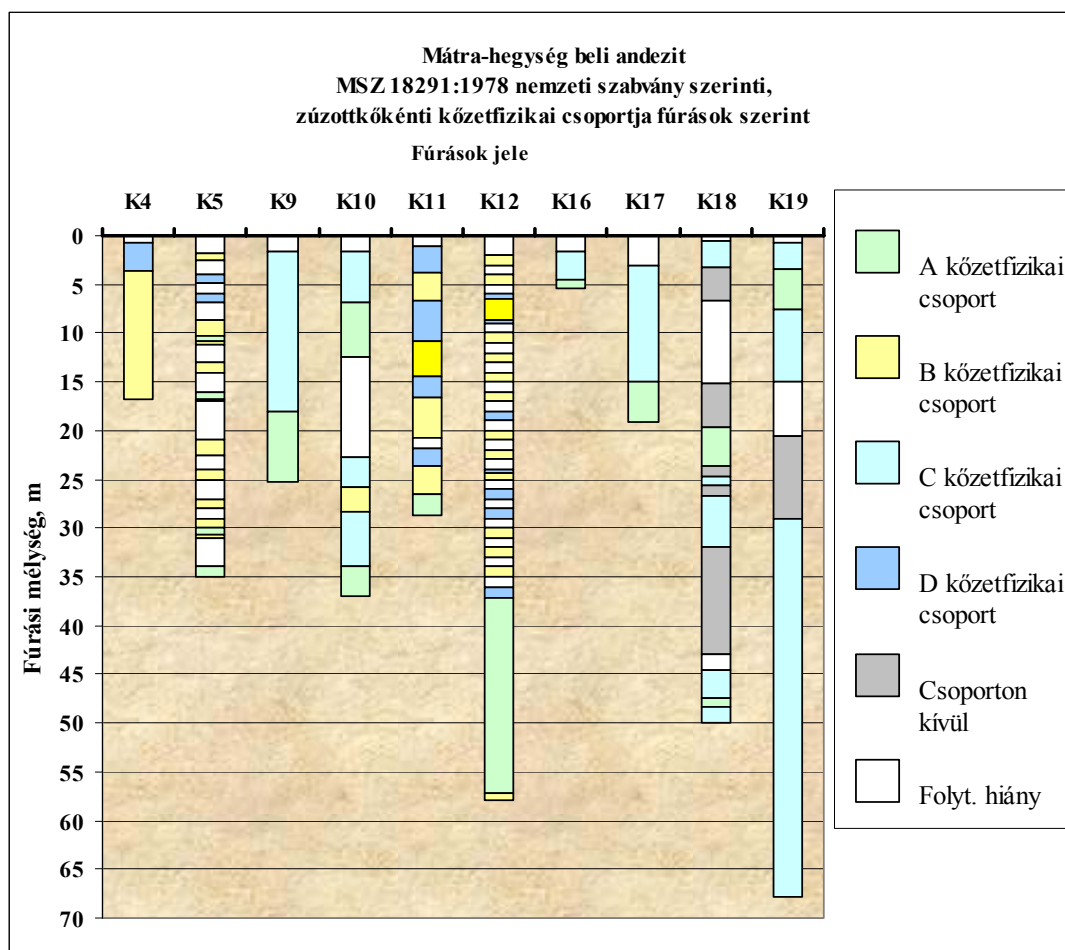
MSZ 4798-1:2004 szerinti zúzottkő betonadalékanyag frakció szemnagysága mm	Utalás az ÚT 2-3.601-2:2008 útügyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekre
4/8	azonos a KZ 4/8 jelű zúzottkő termékkel
8/12	azonosnak vehető a KZ 8/11 jelű zúzottkő termékkel
8/16	KZ 8/11 + KZ 11/16 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő
8/20	KZ 8/11 + KZ 11/16 + KZ 16/22 jelű, vagy a KZ 8/11 + NZ 11/22 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő
16/20	azonosnak vehető a KZ 16/22 jelű zúzottkő termékkel
16/24	azonosnak vehető a KZ 16/22 jelű zúzottkő termékkel
16/32	KZ 16/22 + KZ 22/32 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő

5 A KŐALAPANYAG KÖZETFIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK MEGHATÁROZÁSA

Az európai zúzott adalékanyag termékszabványok a zúzott termékeken el nem végezhető referencia-vizsgálatok szabványosítása által az aprózódási és időállósági tulajdonságoknak az alapanyagon, illetve a tört, de még osztályozatlan félkészterméken történő meghatározását sugallja.

A referencia-vizsgálatok kétségtelenül alkalmasak a kőalapanyag közetfizikai tulajdonságainak meghatározására a műrevalóság kutatása, a bányafal megnyitása, a jövesztés, esetleg a havi vagy heti termelés kijelölése során. Azzal mindenesetre egyet lehet érteni, hogy a kőalapanyag zúzottkő gyártási műrevalóságának megítélésére a kutatás során vett fúrásmagok anyaga közetfizikai csoportjának meghatározása a 10-14 mm szemmagysághatárú vizsgálati minta referencia-vizsgálatával történjék.

Az európai termékszabványok megalkotói ezzel szemben a folyótermelésből – annak mennyiségétől függetlenül – legalább féléves (Los Angeles aprózódás), illetve legalább kétéves (mikro-Deval és szulfátos kristályosítási aprózódás) gyakorisággal vett minták referencia-vizsgálatát írták elő, az ÚT 2-3.601-1:2008 útügyi műszaki előírás a minták évente legalább egy, a fagyállóság tekintetében két évente legalább egy referencia-vizsgálatáról szól, ami elgondolkoztató. A kőanyag minősége egy kőbányán, vagy annak egy részén belül is igen változatos (4. ábra).



4. ábra. Példa a kőzet előfordulás közetfizikai változatosságára

Ezért a kőalapanyag közetfizikai tulajdonságainak meghatározásához nem elegendő az átlag, hanem a terjedelem és szórás meghatározása is szükséges. El kell hagyni az átlag szerinti minősítést, és be kell vezetni a jellemző érték szerinti értékelést, értve alatta az építő- és építőanyagiparban általánosan elfogadott 5 %-os alsó küszöbértéket. A tapasztalati jellemző érték – amely a tapasztalati átlag és az elfogadási tényezővel szorzott tapasztalati szórás különbségeként (jellemző érték = átlag – alulmaradási tágasság) képezhető – egyenlő vagy nagyobb kell legyen az előírt jellemző értéknél. Az elfogadási tényező nagysága a mintaszámokon kívül attól is függ, hogy az eljárással mekkora alapsokaságot (minősítési tételt) kívánunk jellemezni, milyen a kőanyag útjának követhetősége a kitermelés, a feldolgozás, a tárolás, a szállítás folyamán. Mennél kevesebb mintával, mennél nagyobb alapsokaságot, mennél rosszabb követhetőségi feltételek mellett jellemezzük, az elfogadási tényező értéke annál nagyobb szám kell legyen. Mindez azért szükséges, mert a kőbányában, ill. feldolgozó üzemben vett mintákon végzett referencia-vizsgálattal csak ilyen rendszer működése esetén szabadna a közetfizikai tulajdonságokat az MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 13242:2003, MSZ EN 12620:2006 európai termék szabvány, és az azokat fenntartás nélkül követő műszaki előírások szerint a 10-14 mm szemmagysághatárú

vizsgálati minták referencia-vizsgálatával meghatározni. Ilyen rendszert a kőbányaipar saját minőség-irányítási rendszerében a megfelelőségi nyilatkozat háttereként akár önállóan is működtethetne, a vevő pedig mérlegelhetné, hogy annak eredményeit a termék átadás-átvételi eljárás alapjául elfogadja-e, vagy ragaszkodik a termékből vett minta – e dolgozatban ismertetett – alternatív-vizsgálatának elvégzéséhez.

Végezetül idézzük *Lácza-Fritz Oszkár* műszaki főigazgató építészt (Országház), aki 1930-ban megjelent könyvében ezt írta: „a Műegyetemen lévő állami anyagvizsgáló kísérleti állomás ...(vizsgálati eredményei)... mindenkor csak a beküldött bizonyos kődarabokra vonatkoznak és így azok alapján csakis a bányából eredő legjobb kövekre lehet következtetni, nem pedig az átlagra, de legkevésbé minden abból a bányából eredő kőre. Ha biztosak akarunk lenni abban, hogy bizonyos bányából beszerzett kő rendelkezik-e azokkal a tulajdonságokkal, melyeket a kísérleti állomás arra a kőre vonatkozóan kimutat, akkor minden egyes szállított követ hozzáértő és gyakorlott szemmel a kísérleti állomás pecsétjével ellátott mintadarabbal kell összehasonlítani.... Miután ezekkel a vizsgálatokkal nincsen az ugyanabból a kőbányából származó minden fejtési anyag jellemezve, a műegyetemi Kísérleti Állomás arra törekszik, hogy a mostani kővizsgálat helyébe a kőbányavizsgálatot vezesse be. Tudjuk, hogy egyetlen kőbányán belül mennyire eltérő lehet a kőanyag minősége.”

IRODALOMJEGYZÉK

- MSZ 1991:1960 Természetes építőkövek vizsgálati módszerei
 MSZ 1991:1967 Természetes építési kövek és közüzalékok vizsgálati módszerei
 MSZ 1992:1959 Zúzottkő és zúzalék többször tört és osztályozott (NZ jelű)
 MSZ 1992:1970 Zúzott kőtermékek
 MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon
 MSZ 11300:1959 Zúzottkő és zúzalék egyszer tört és osztályozott (Z jelű)
 MSZ 18291:1978 Zúzottkő
 MSZ EN 206-1:2002 és MSZ EN 206-1:2000/A1:2004 és MSZ EN 206-1:2000/A2:2005 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
 MSZ EN 1097-1:1998 és MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004 Kőanyaghalmozatok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)
 MSZ EN 1097-2:2000 és MSZ EN 1097-2:1998/A1:2007 Kőanyaghalmozatok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása
 MSZ EN 1367-2:1999 Kőanyaghalmozatok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás
 MSZ EN 12620:2006 Kőanyaghalmozatok (adalékanyagok) betonhoz (Az angol nyelvű változat évszáma 2003 volt)
 MSZ EN 13043:2003 Kőanyaghalmozatok (adalékanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonatokhoz
 MSZ EN 13242:2003 Kőanyaghalmozatok műtárgyakban és útépítésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz
 MSZ EN 13285:2003 Kötőanyag nélküli keverékek. Előírások
 MSZ-07-3114:1991 Útépítési zúzott kőanyag. Közlekedési ágazati szabvány
 ÚT 2-3.601:1998 Útépítési zúzott kőanyagok. Ütügyi műszaki előírás
 ÚT 2-3.601:2006 Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. Ütügyi műszaki előírás
 ÚT 2-3.601-1:2008 Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 1. rész: Kőanyaghalmozatok utak, repülőterek és más közforgalmi területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonataihoz. Ütügyi műszaki előírás
 Lácza-Fritz Oszkár: A természetes építőkövek elmállása és gyors pusztulásának megakadályozása. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda. Budapest, 1930. pp. 27. és pp. 40-41.
 Reznák László: Kő és kohósalakkő. Útlaboratóriumi kézikönyvek. Ütügyi Kutató Intézet 35. sz. kiadványa. Budapest, 1965.