

## DURVA MÉSZKÖVEK IDŐÁLLÓSÁGÁNAK ÉS SZÖVETSZERKEZETÉNEK KAPCSOLATA

*Pápay Zita, Török Ákos*

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék  
zita.papay@googlemail.com; torokakos@mail.bme.hu

**Összefoglalás:** A cikk modellkísérleteken keresztül mutatja be a külső környezet hatását durva mészkövekre. Az esővíz, a fagypont alatti hőmérséklet, a kristályosodási folyamatok kőzetre gyakorolt hatását az anyagszerkezeti változásokat elemzi. A vizsgált kőzetanyag Sós-kútról származó miocén, ooidos durva mészkő volt. A változatos szövetszerkezeti tulajdonságok figyelembe vételére a kísérletekhez négy különböző szerkezetű durva mészkő típust elemeztünk: kőzetlisztes finomszemű; bioklasztos, héjtöredékes durvaszemű; két egymáshoz hasonló struktúrájú közepszemű mészkövet. Víztelítés alapján ki lehetett számolni az egyes típusok látszólagos porozitását. Egy-egy vizsgálati szakasz végén törökísérletek alapján meghatározható a nyomó-, ill. húzószilárdság, mely adatok alapján a finomszemű durva mészkő bizonyult a legérzékenyebbnek.

*Kulcs szavak:* durva mészkő, környezeti hatások, modell kísérletek, szilárdsági vizsgálatok, változási tényező

### 1. Bevezetés

Magyarországon az egyik legelterjedtebben használt építési kőanyag a durva mészkő, ezért számos hazai kutató foglalkozott a durva mészkő tulajdonságainak megismerésével (Kertész 1988, Török 1997, 2002, 2003, 2005, Rozgonyi 2002). Az elmúlt századokban könnyű megmunkálhatósága és dekoratív megjelenése miatt számos műemléki és középületben került beépítésre, szerte az országban. Durva mészkőből épült pl. az Országház, az Operaház és a Citadella. Ez a kőfajta nagy porozitásának és szövetszerkezetének köszönhetően a környezeti hatásokra, valamint az iparból és a közlekedésből származó szennyeződésekre rendkívül érzékenyen reagál. A környezeti hatások a nagyobb településeken, így pl. fővárosunkban koncentráltan jelentkeznek, amely komoly problémát okoz a műemlékvédelemnek. A műemlékek állagmegóvásához a megfelelő restauráláshoz az építőkövek, és ezen belül a durva mészkő tulajdonságainak pontos és alapos ismerete szükséges.

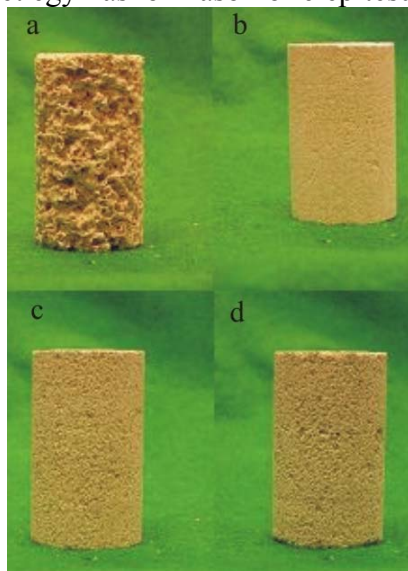
A kőzet viselkedését meghatározó tulajdonságok közül a durva mészkő szöveti bélyegei és fizikai paraméterei döntőek. A beépített kőzetanyag hosszú távú viselkedését, azaz időállóságát, laboratóriumi modellkísérletekkel lehet meghatározni. Jelen cikkben négy különböző szövetű durva mészkő típus (finomszemű, héjtöredékes durvaszemű és két közepszemű) tulajdonságainak változását vizsgáltuk az időjárás és a sókristályosodás hatásait modellezve. A légszáraz, a vízzel telített, a fagyasztás utáni és a sókristályosítás hatásának kitett próbatesteken mért húzó- és nyomószilárdsági értékekből következtünk az egyes külső tényezők durva mészkőre kifejtett hatásaira. A légszáraz próbatestek adatait összevetve a különböző vizsgálati állapotokban kapott

eredményekkel egy ún. változási tényezővel számszerűsíthető a kőzet adott hatásra való (víz, fagy, só) érzékenysége. A szöveti tulajdonságok meghatározó szerepét pedig az egyes kőzetváltozatok eltérő változási tényezőivel, számszerűsítve is megadtuk. Mindezen vizsgálatok hozzájárulnak ahhoz, hogy a durva mészkő megfelelő időtálló kőzetváltozatát lehessen kiválasztani.

## 2. Vizsgált kőzetanyag

A vizsgált kőzetanyag Sós-kútról származó miocén, ooidos durva mészkő. A sós-kúti mészkőbánya a Budai-hegység déli részénél, Sós-kút községtől 1 km-re északkeletre terül el. A sós-kúti mészkőplató nyugati szélén, a Benta-patak völgyének keleti oldalán tárják fel a produktív nyersanyagként szolgáló szarmata mészkövet. A 200 m tengerszint feletti magasságon, ma gépesítetten működő bányában kitermelt mészkövet elsősorban építési blokként, kőszobrász alapanyagként valamint talajjavító mészkőporként is hasznosítják (Klespitz 1999). Budapestről mindössze 20 km távolságra, nyugatra elhelyezkedő üzem termékei gyakran fellelhetők fővárosi műemlékek építőelemeként. A sós-kúti kőfejtők anyaga már a középkortól kezdve díszítő- és építőköként szolgált.

A durva mészkő változatos szövetszerkezeti tulajdonságainak figyelembe vételére négy különböző variáció elemzése készült el: kőzetlisztes finomszemű; bioklasztos, héjtörredékes durvaszemű; két egymáshoz hasonló felépítésű közészemű (1. ábra).



1. ábra. Különböző durva mészkő típusok: (a) durvaszemű, (b) finomszemű, (c) közészemű A és (d) közészemű B változat

### 3. Az épülethomlokzatot érő károsító hatások

Az épülethomlokzatokon különböző mállási folyamatok játszódnak le. A külső hatásokra létrejövő anyagszerkezeti változást, mállást fizikai, kémiai és biológiai okokra vezethetjük vissza (Winkler 1966). Az előbbi a kőzet fellazulását, majd szétesését okozza anélkül, hogy a kőzetanyaga megváltozna, míg utóbbiaknál a kőzetanyaga kémiaiilag megváltozik (Amoroso és Fassina 1983). A mállási folyamatot befolyásoló tényezőket Knöfel (1980) az alábbiak szerint csoportosíthatja:

- a kőzetfizikai tulajdonságok (ásványi összetétel, szövetszerkezet, szilárdság, só- és víztartalom)
- az atmoszféra jellemzői (összetétel, hőmérséklet, páratartalom, UV-sugárzás)
- hidroszféra tulajdonságai (összetétel, hőmérséklet, vízsebesség, szilárdtest-tartalom).

Különböző módon rendszerezhetjük az épülethomlokzatát alkotó kőzetek károsító hatásait. A legcélravezetőbb azonban, ha a károsító hatások okait vesszük sorba, amely jellemző a kár fajtájára, és mértékadó a terjedelmére. Weber (1994) valamint Camuffo (1995) a következő főcsoportokat állapította meg: csapadék, fagy, nagy hőingadozás, sók, civilizáció okozta légszennyeződés, építési hiba, emberi gondatlanság, egyéb.

Csapadék okozta térfogatváltozás mellett jelentősebb a lazább alkotórészekre gyakorolt hatása. Ezek a kőzetalkotók oldódnak és a kőzetanyag szilárdsága lecsökken.

A jég térfogata 1/11 résszel nagyobb, mint a vízé, így ha a pórusok vízzel telítődnek  $-22^{\circ}\text{C}$ -nál a pórusfalakon 2143 bar maximális nyomás lép fel (Weber 1994). A gyakori fagyás-olvadás ciklus károsíthatja leginkább a kőzetszövetet azzal, hogy ciklikusan fellépő nyomást fejt ki a pórusfalakra. A fagykárok többségében ennek következtében keletkeznek. A károsodás mértékét befolyásolja a fagyás-olvadás ciklus gyakorisága, kőzet pórusszerkezete, a vízfelvevő ill. vízáteresztő képessége és a szilárdsága (ld. pl. Knöfel, 1980).

A sók a legkülönbözőbb módokon kerülhetnek az építőanyagba (pl. a felszálló falnedvességgel a talajból a falba vagy csapóvízzel a téli útsózásakor a fal felszínére kerülnek, egyes anyag saját sótartalma, előállításakor). Leggyakrabban gipsz ( $\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$ ), nátriumsulfát ( $\text{NaSO}_4$ ), magnéziumsulfát ( $\text{MgSO}_4$ ), nátriumklorid ( $\text{NaCl}$ ) ill. kalciumklorid ( $\text{CaCl}$ ) formájában jelenik meg (Knöfel 1980). Ha a párolgás sebessége kicsi a víz egészen a felületig szállítja a sókat, amik ott kikristályosodnak („só kivirágzás”). Ezek a felszínen kikristályosodott sók kevésbé károsítják a kőzete, mint a kőzet felszíne alatt kiváló sók. A kőzet pórusaiban ekkor a hidratációs és a kristályosodási nyomás következtében feszültség keletkezik, aminek következtében a kőzet szövete károsodik, a pórusfalak megrepednek (Weber 1994).

#### 4. Vizsgálatok

A kiválasztott négy, különböző szövetű durva mészkő tömbből kifűrt mintákon régi ill. új magyar szabványok (MSZ 18282, MSZEN 12370:2000) által előírt vizsgálatok készültek a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének Kőzetfizikai Laboratóriumában.

A kőzetanyag minősége egy vizsgálati tömbön belül is változatos lehet (pl. hajszárlapedések (a kőzetalkotók inhomogén eloszlása következtében stb.), ezért a kísérletsorozat elvégzése előtt mintacsoportok kialakítására, a próbatestek minőségi jellemzésére volt szükség. A 40 mm átmérőjű és 70 ill. 35 mm magas próbatestek osztályozása az MSZ 18282/4-78-as szabványnak megfelelően, próbatest-csoportonként (tömbönként) a próbatesteken meghatározott minőségjelző érték ( $M_i$ ) szerint történt. Tömbönként, ill. 70 mm és 35 mm magasságú próbatest típusonként öt darab hármascsoportba lehetett besorolni a mintákat. Az egyes csoportokon, egy etalon – légszárazon vizsgált – csoporton kívül, különböző tönkremenetelt kívántuk modellezni. 35mm-es minta esetén a húzószilárdság, a 70 mm-es próbatest esetén pedig a nyomószilárdság értékét mértük, meg a különböző vizsgálati állapotokban, azaz összesen 120 darab próbatestet vizsgáltunk.

A porozitást térfogat százalékban adjuk meg, a víztelítési mérés alapján. Látszólagos porozitás meghatározásánál feltételezzük, hogy egy összefüggő pórusrendszer esetén a pórusok össztérfogata azonos a kőzet alapvíztartalmának és a kőzetbe víztelítéssel behatoló folyadék térfogatának összegével (Kertész, 1993). A kőzetanyag alapvíztartalmát kiszáritással (MSZ18289/6-78), a behatoló vízmennyiségét víztelítéssel (MSZ18284/3) állapítottuk meg.

A környezeti hatásokat a szabványnak megfelelően víztelítési vizsgálat (MSZ18284/3-79), 5-szörös, ill. 10-szeres fagyasztással (MSZ18289/2-78) és szulfátosítással (MSZ EN 12370:2000) lehet modellezni. A szulfátosítást kísérlethez az új európai/magyar szabvány szerinti 14 tömeg%-os nátrium-szulfátos ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) oldatot használtunk. A kísérletet 10 ciklusig ill. a kőzet tönkremeneteléig folyt.

A kísérletsorozat utolsó lépéseként a kőzetek tönkremenetelének jellemzését szabványos nyomó- (MSZ 18285/1-79) és közvetett húzószilárdsági vizsgálatok alapján állapítottuk meg (MSZ 18285/2-79).

A laboratóriumi időállóság jellemzésére az MSZ 18289/1-78 szerinti módszert használtuk, a szilárdsági paramétereket, mint jelző tulajdonságot alkalmazva. A változási tényező az MSZ 18289/1-78 szerint az alábbi képlettel határozható meg:

$$\lambda_i = T_i / T_0$$

ahol  $T_0$  a vizsgálati alaptulajdonság kezdőértéke  
 $T_i$  az alaptulajdonság modellfolyamat során változott értéke.

## 5. Eredmények értékelése

### 5.1. Porozitás jellemzők

A különböző tömbök porozitását a szárítási kísérlet alapján meghatározott alapvíztartalom térfogata és a víztelítés V%-ban meghatározott értékének összegeként kaptuk meg tömbönként 15 darab próbatestre. A mintákra kapott eredményekből az átlagértéket és az átlaghoz tartozó szórást is megadjuk (1. táblázat). A finomszemű típus porozitása a legnagyobb (36,24 V%), a két középszemű tömb (24,11 V% ill. 27,20 V%) közel azonos, míg a durvaszemű, nagy pórusokat tartalmazó változat porozitása a legkisebb (20,13 V%).

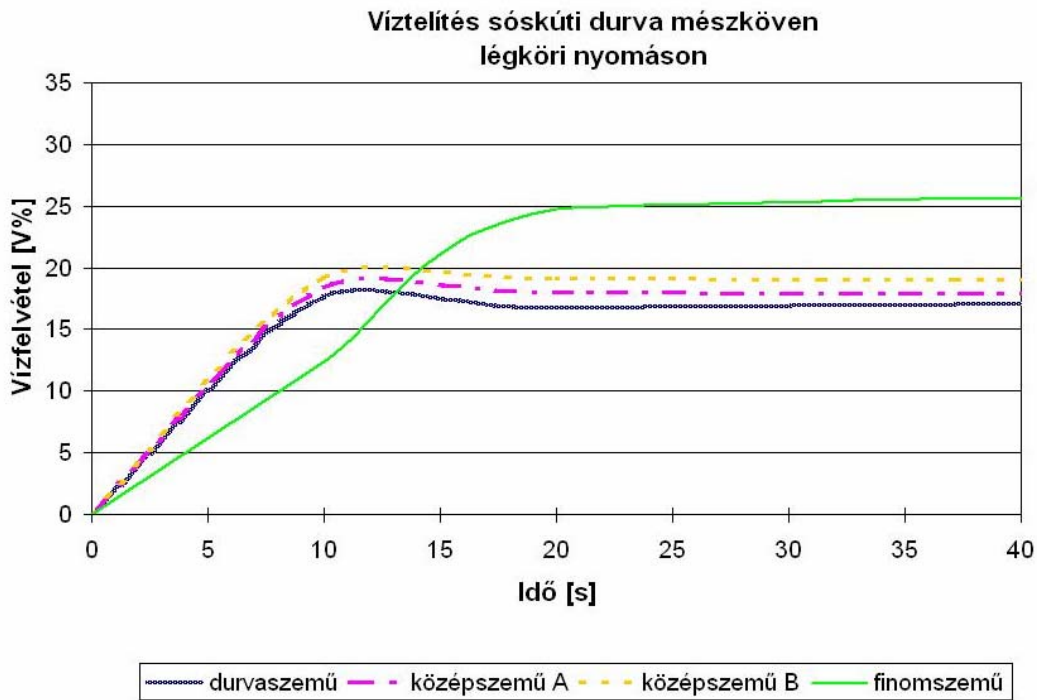
	durvaszemű	középszemű A	középszemű B	finomszemű
Összes próbatest porozitás átlaga [V%]	20,13	24,11	27,20	36,24
Összes próbatest porozitás értékeinek szórása	2,02	0,89	1,85	1,15

**1. táblázat. Sósikúti durva mészkövek átlag porozitás értékei és az értékek szórása**

### 5.2. Környezeti hatások modellezése

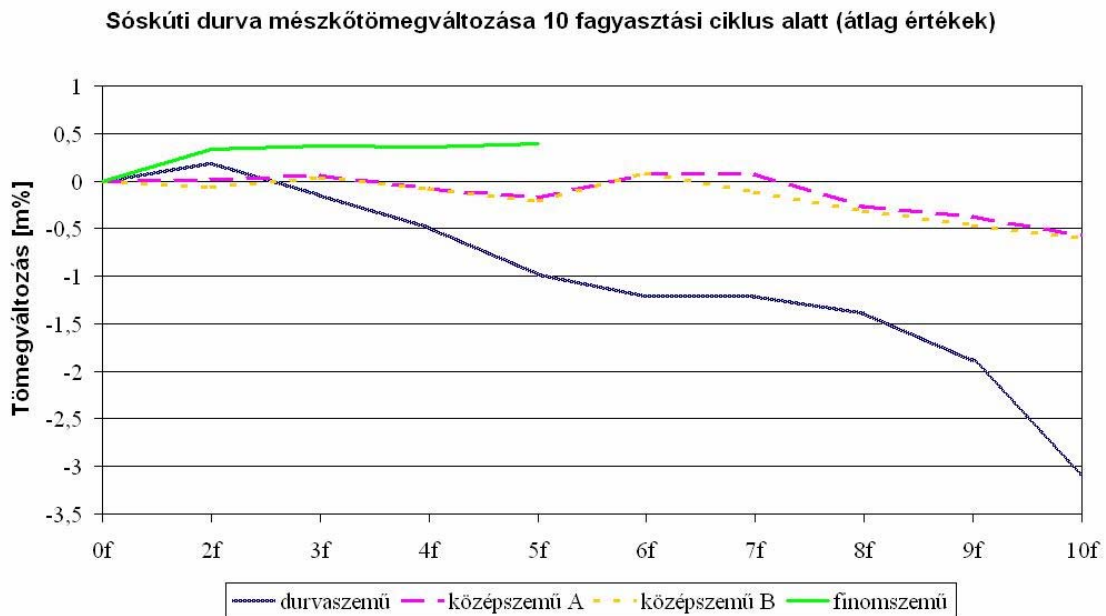
A szabványos víztelítés eredményeit a 2. ábra mutatja. A grafikonokon átlagértékeket találunk, amelyeket a víztelítési kísérletre valamint a fagyasztásra kiválogatott próbatestek adatai alapján készültek. A 2. ábrán a vízfelvétel kezdete, az egyenesek kezdeti meredeksége látható. A durvaszemű típus nagy pórusain gyorsan megindul a vízfelvétel, ezért a kezdeti meredeksége a legnagyobb. A finomszemű mészkő sok piciny pórusain ugyanez lassan, de hosszan történik a vízfelvételi görbe meredeksége a legkisebb. A vízfelvétel lassabb, de hosszabb távon ez a típus majd a durvaszeműnél is nagyobb mennyiségű vizet vesz fel. A két középszemű változat viselkedése közel azonos, amint az a porozitásuk eredményében is tükröződik.

A fagyasztás alatti tömegváltozások a két középszemű változatnál csekély mértékűek, hiszen a 10. fagyasztási ciklus után is csak maximum 0,5m%-os ill. 0,8m%-os tömegvesztést tapasztaltunk (3. ábra). A kis mértékű súlycsökkenés apró lepergések eredménye. A durvaszemű mészkő nagyobb mértékű tömegváltozása (10. fagyasztási ciklusnál több mint 3 m%) nagyobb darabok, héjtöredékek leválását tükrözi, amelyet szabad szemmel is megfigyelhető (3. ábra).



**2. ábra. Sóskúti durva mészkő vízfelvétele kezdete légtérnyomáson**

A finomszemű tömbből kifűrt próbatetek fele már az 5. fagyasztási ciklus után tönkrement (3. ábra). A jelenség nem volt meglepő a kőzet változat porozitási és vízfelvételi jellemzői ismeretében, hiszen az apró pórusokba bejutott víz fagyasztáskor jéggé alakult, és nagy nyomással szétfeszítette belülről a kőzetet. A mintákon a rétegzéssel párhuzamos repedések jelentek meg, majd ezek mentén szétváltak a próbatetek (4. ábra).

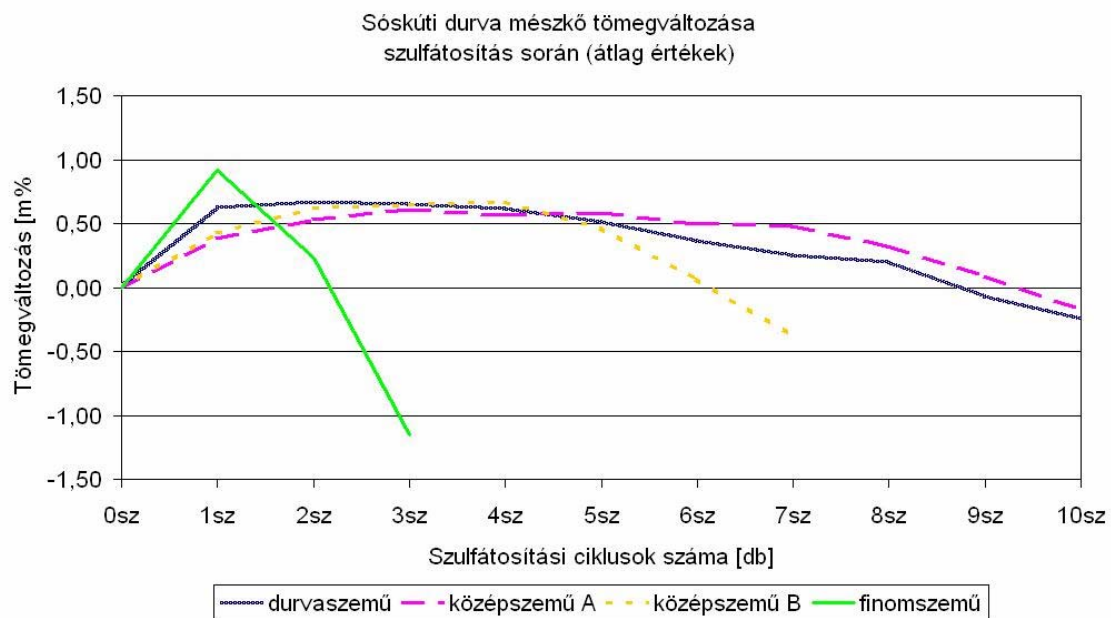


**3. ábra. Sóskúti durva mészkő tömegváltozása 10 fagyasztási ciklus alatt**



4. ábra. A finomszemű próbatetek átrepedése 5. fagyasztási ciklus után

Szulfátosítás során is – a fagyasztáshoz hasonlóan – a finomszemű változat ment tönkre leghamarabb. Az apró pórusok szinte szétrobbantak a kristályosodás során, a próbatetek felületéről pusztá kézzel ledörzsölhetők voltak a szemcsék. A durvaszemű és közepszemű 'A' típus jól ellenállt a modell kísérletben, maximálisan mindössze 0,8m%-os ill. 0,5m%-os tömegvesztésüket szenvedtek a 10. szulfátosítási ciklus után (5. ábra). A durvaszemű változat nagy pórusaiban növekvő kristályosok kevésbé károsították a kőzetet. A közepszemű 'A' változat kisebb porozitása és jobb cementáltsága révén hozott jobb eredményeket, mint a közepszemű 'B' típus, ami a 7. szulfátosítási ciklus után ment tönkre (5. ábra).



5. ábra. Sóskúti durva mészkő tömegváltozása szulfátosítás során

### 5.3. Szilárdági vizsgálatok eredményei

A nyomószilárdsági értékeket a 2. táblázat foglalja össze. Légszáraz közetfizikai állapotban a legnagyobb szilárdságot a középszemű 'A' típus mutatta (átlag 15,41 MPa), az azonos szövetszerkezetű, szintén középszemű 'B' típus szilárdság értékei ettől elmaradtak (átlag 11,63 MPa). Ez az utóbbi a 'B' típus foltokban gyengébb cementációjával magyarázható. A középszemű változat közötti nyomószilárdságbeli különbség a modellkísérletek után mért értékeknél is megfigyelhető, de egyre kisebb mértékben. A legnagyobb változást a finomszemű mészkő mutatta, tehát ez a típus áll ellen legkevésbé a környezeti hatásoknak. A durvaszemű légszáraz nyomószilárdsága (átlag 2,64 MPa) jóval alacsonyabb, mint a többi tömbé, de a környezeti hatásokra nem reagál olyan érzékenyen.

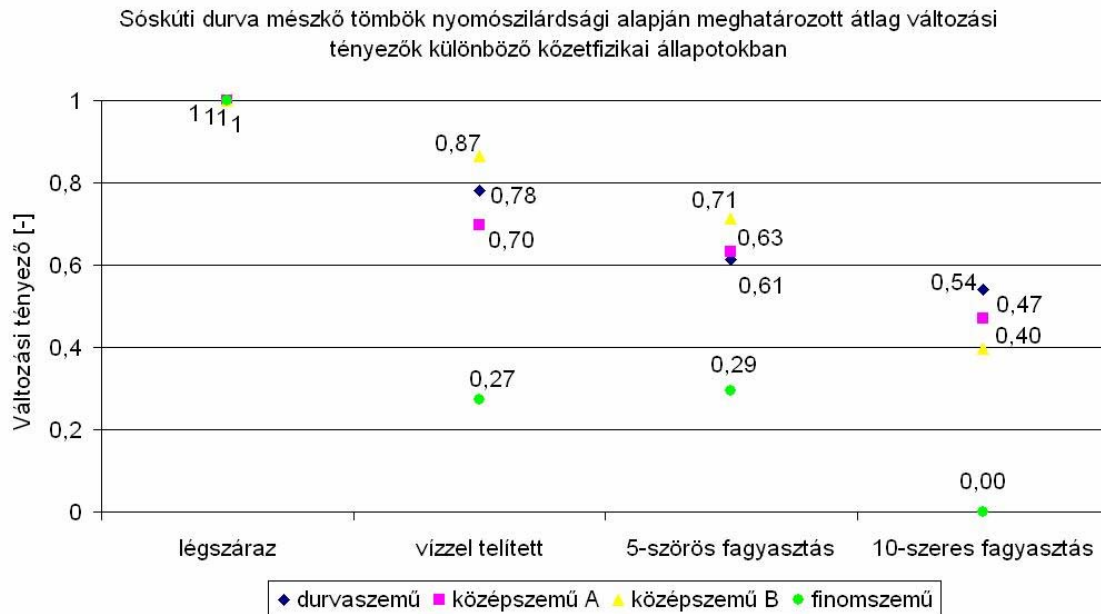
A környezeti hatásokkal szembeni időállóság számszerűsítésére alkalmaztuk a változási tényezőt, amelyet a légszáraz állapothoz viszonyítva adunk meg (6. ábra). A két középszemű és a durvaszemű közel azonos módon reagál a környezeti hatásokra, míg a finomszemű változat, mind a víztelítésre, mind a fagyhatásra mind a só kristályosításra igen érzékeny.

A különböző közetfizikai állapotokban meghatározott átlag húzószilárdsági értékeket a 3. táblázat foglalja össze.

Közetfizikai állapot	Nyomószilárdság [MPa]			
	durvaszemű	középszemű A	középszemű B	finomszemű
légszáraz	2,64	15,41	11,63	6,29
vízzel telített	2,06	10,75	10,07	1,73
5-szörös fagyasztás	1,62	9,75	8,31	1,85
10-szeres fagyasztás	1,00	7,23	6,94	0,00

**2. táblázat. Sósúti durva mészkő tömbök átlag nyomószilárdság értékei**



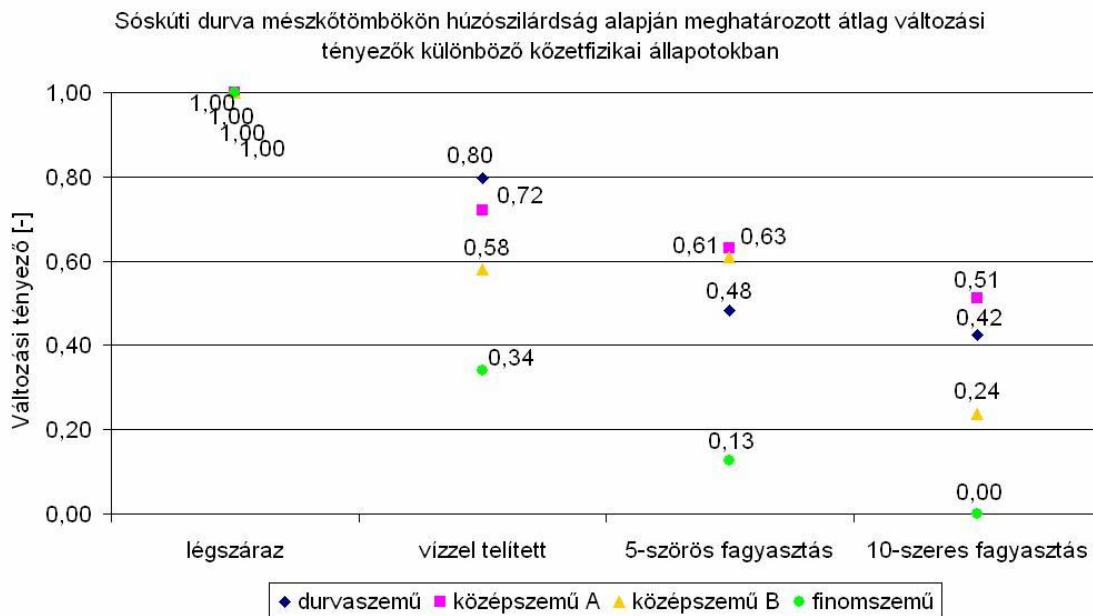


6. ábra. Sóskúti durva mészkövek időállóság vizsgálata változási tényező alapján

A húzószilárdsági eredményekben nem találunk különbséget a két középszemű közettömb eredményei (1,42 MPa és 1,48 MPa) között. Ez azzal magyarázható, hogy a középszemű 'B' típus próbatestei cementáltabbak. Légszáraz állapotban – a nyomószilárdsági értékekhez hasonlóan – szintén a durvaszemű típusnak van a legkisebb húzószilárdsága (0,62 MPa). A finomszemű típus szilárdság értékei valamivel jobbák (0,89 MPa), de a modellkísérletek során környezeti hatásokra a szilárdsága drasztikusan csökken. A húzószilárdság változási tényezője a nyomószilárdsági eredményeknél leírtakkal azonos tendenciát mutat (7. ábra). A legnagyobb változást a finomszemű típus esetében figyelhetjük meg. A két középszemű és a durvaszemű kőzetanyag pedig közel azonos mértékben károsodtak a modellkísérletek során.

Kőzetfizikai állapot	Húzószilárdság [MPa]			
	durvaszemű	középszemű A	középszemű B	finomszemű
légszáraz	0,62	1,42	1,48	0,89
vízzel telített	0,49	1,02	0,86	0,30
5-szörös fagyasztás	0,30	0,60	0,90	0,11
10-szeres fagyasztás	0,26	0,73	0,35	0,01

3. táblázat. Sóskúti durva mészkő tömbök átlag húzószilárdság értékei



7. ábra. Sóskúti durva mészkövek időállóság vizsgálata változási tényező alapján

## 6. Következtetések

A sóskúti kőbányában kiválasztott négy különböző tömb vizsgálati eredményei azt tükrözik, hogy még az egyazon fejtési magasságból származó kőzetblokkok tulajdonsága is igen eltérő lehet. Ennek oka a durva mészkő szedimentációs folyamataiban és a diagenetikai hatásokban keresendő. A négy tömbből három szabad szemmel is jól megkülönböztethető (durvaszemű, középszemű és finomszemű durva mészkő) típusnak a makroszkópos különbségei a szilárdsági eredményeikben is megmutatkoztak. A két hasonló középszemű tömb mikroszkópos elemzése igazolta, a mért szilárdsági és időállósági eltéréseket.

A finomszemű durva mészkő külső hatásokra igen érzékenyen reagál, (fagyasztás, szulfátosítás) a méréseink alapján a legkevésbé időtálló kőzet. A külsőleg nagyon impozáns durvaszemű, héjtöredékes típus eredendően alacsony légszáraz nyomószilárdsága fagy hatására tovább csökkent. Nagy pórusain keresztül gyorsan nagy mennyiségű vizet vesz fel, ami fagy hatására tönkreteszi a kőzetet. A két középszemű tömb porozitása kis mértékben eltért egymástól. A szilárdsági vizsgálatok során a nagyobb porozitású változat mutatott gyengébb eredményeket.

A középszemű durva mészkő a legellenállóbb, de műemléki beépítésnél szükséges a kőzetanyag pontosabb vizsgálata, mert cementáltságától függően eltérő szilárdsági és időállósági értékekkel jellemezhető.

A jelenlegi fejtési magasságon bányászott sóskúti durva mészkő egy része nem kellően időtálló, így az atmoszferikus hatásoknak és a légszennyezésnek is kevésbé áll ellen. Mindezek alapján beépítésre csak a laborvizsgálatokat követően gondosan kiválasztott, nagyon szívós durva mészkő típus használata javasolt. Számos hazai műemléknél találkozhatunk sóskút környékéről származó szívós durva mészkővel, amely máig is megőrizte eredendően jó tulajdonságait és évtizedeken, évszázadokon át ellenállt a környezeti hatásoknak. Ez az ún. „Vorzug” típusú durva mészkő, melyet például az

Országház és a Citadella ép falain is megtaláljuk, ma már nem bányászható, hiszen a Sós-kúti bányából ezt a típust letermelték. Részletes terepi és labor vizsgálatokkal azonban további, az időjárás és a városi környezet hatásainak jobban ellenálló durva mészkő típusok felkutatása és beazonosítása lehetséges és a műemlékvédelem szempontjából szükséges is.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk dr. Rozgonyi Nikolettának és Kárpáti Lászlónak. Hálásak vagyunk az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Kőzetfizikai Laborjában dolgozó munkatársaknak, Emszt Gyulának, Árpás Endre Lászlónak és Kovács-S. Bélánének akik a kísérletekben segítettek.

### Hivatkozások

- Amoroso, G.G. & Fassina, V. 1983. *Stone Decay and Conservation*. Elsevier, Amsterdam, 1-453.
- Camuffo, D. 1995. Physical weathering of stone. *The Science of the Total Environment*, 167, 1-14.
- Egerer F., Kertész P. 1993. Bevezetés a kőzetfizikába, Akadémiai Kiadó, Budapest, 145-150.
- Kertész P. 1988. Decay and conservation of Hungarian building stones. In: Marinos P.G. és Koukis, G.C. (szerk.) *The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites*. IEAG Conference Proceedings, Athens, Balkema, Rotterdam, II, 755-761.
- Klespitz J. 1999. Bányaföldtani tapasztalatok a sós-kúti mészkőbányában; *Építőanyag* 51. évf. 3. szám, 87-90.
- Knöfel D. 1980. Ursachen der Natursteinverwitterung – Natursteinschäden an Bauwerken / A természetes mállási folyamatok okai – A természetes kőzetek károsodása az épületeken, *Bautenschutz und Bausanierung*, 3. évf., 2.szám, 48-53.
- Rozgonyi N. 2002. Durva mészkő viselkedése légköri szennyeződés hatására. *Építőanyagok* 54, 2, 30-37
- Rozgonyi N. 2003. Durva mészkövek időállósági tulajdonságai. In: Török, Á. (szerk.), *Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 277-285.
- Török, Á. 1997. Deterioration of limestone buildings as a result of air pollution, examples from Budapest. In: Marinos, P.G., Koukis, G., Tsiambaos, G., Stournaras, G. (Eds.), *Engineering Geology and the Environment, IAEG 1997 Athens*, Balkema (Rotterdam), III., 3269-3273.
- Török, Á. 2002. Oolitic limestone in polluted atmospheric environment in Budapest: weathering phenomena and alterations in physical properties. In: S. Siegesmund, Weiss, T.S., and Vollbrecht, A (eds.) *Natural Stones, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*. Geological Society, London, Special Publications 205, 2002. 363-379.
- Török Á. 2003. Durva mészkőből épült műemlékek károsodása légszennyezés hatására. In: Török, Á. (szerk.), *Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 287-301.

- Török Á. 2005. Gypsum-induced Decay on the Limestone Buildings in the Urban Environment of Budapest. *International Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 11, 2, Freiburg, 71-78.
- Winkler, E. M. 1966. Important agents of weathering for building and monument stone. *Engineering Geology*, 1, 381-400
- Weber H. 1994. Fassadenschutz und Bausanierung / Homlokzatvédelem és épületfelújítás, Expert Verlag, Esslingen, 67-75.

### **Vizsgálati szabványok**

- MSZ 18282/4-78 Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. Próbatestek és próbahalmazok előállítása és előkészítése vizsgálatra.
- MSZ18284/3-79 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Víztartalmi jellemzők vizsgálata
- MSZ18289/2-78 Építési kőanyagok időállóságvizsgálata. Fagyasztás
- MSZ18285/1-79 Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. Egyirányú nyomóvizsgálat
- MSZ18285/2-79 Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. Közvetett húzóvizsgálat
- MSZ 18289/1-78 Építési kőanyagok időállóságvizsgálata. Értékelés
- MSZEN 12370:2000 Természetes építőkövek vizsgálata. Sókristályosodással szembeni ellenállás meghatározás