

# VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*



9 771419 644000 20161



Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. László M. Palotás

## A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

2

Dr. Kausay Tibor Palotás László-díjas

## VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS

4

Simon József – Dr. Vigh László Gergely

## A FÖLDRENGÉSI TEHER SZÁMÍTÁSA MAGYARORSZÁGON: HELYI SPEKTRUMOK ALKALMAZÁSA

18

## SZEMÉLYI HÍREK

### Dr. Orosz Árpád 90. születésnapjára

23

Dr. Orosz Árpád

## GONDOLATOK A MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉGRŐL ÉS A MÉRNÖKI OKTATÁSRÓL

23

# 2016/1

XVIII. évfolyam, 1. szám



ÉMI-TÜV

Válassza a biztonságot  
Teremtsen értéket

## Az ÉMI-TÜV SÜD csapata

műszaki szolgáltatásaival sikerré  
kovácsolja munkáját a minőségügy  
és a biztonságtechnika területén



### Vizsgálat, ellenőrzés, tanúsítás, megfelelőség- értékelés és szakértői tevékenység az alábbi területeken:

- Felvonók, mozgólépcsők, színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és anyagmozgatógépek
- Nyomástartó berendezések, kazánok, gázpalackok
- Hegesztési technológiák, hegesztők, hegesztőüzemek
- Magas- és mélyépítési létesítmények tartószerkezetei, épület- és szakipari szerkezetek
- Építési célú termékek
- Szórakoztatóipari és mutatónyos berendezések
- Játszóterei eszközök
- Fogyasztási termékek (vegyi anyagok, ruházati cikkek, kozmetikumok, élelmiszerek, építési termékek)
- Irányítási rendszerek, munkabiztonság

### Szolgáltatásaink az építőipar területén:

- Meglévő építmények műszaki felülvizsgálata
- Épületdiagnosztika
- Meglévő tartószerkezetek átalakításának tervezése
- Szerkezetmegerősítések tervezése
- Új épületek tervezése a koncepciótervtől a gyártmánytervekig
- Tartószerkezeti, épületszerkezeti szakértés
- Kiegészítő laboratóriumi vizsgálatok
- MSZ EN szabványok szerinti felülvizsgálat
- Üzemi gyártásellenőrzés, termék tanúsítás

## Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

## Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert

## Szerkesztőbizottság:

Dr. Bódi István

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kopecskó Katalin

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Dr. Lublós Éva

Madaras Botond

Mátyássy László

Polgár László

Dr. Salem G. Nehme

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

## Lektorai testület:

Dr. Dulácska Endre

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Orosz Árpád

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

(Kéziratok lektorálására más  
kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

**Szerkesztőség:** BME Építőanyagok és  
Magasépítés Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@eik.bme.hu

WEB <http://www.fib.bme.hu>

Az internet verzió

technikai szerkesztője: Czoboly Olivér

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba

Nyomdai kivitelezés: Navigar Kft.

Egy példány ára: 1275 Ft

Előfizetési díj egy évre: 5100 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441 online ISSN: 1586-0361

## Hirdetések:

Külső borító: 220 000 Ft+áfa

belső borító: 180 000 Ft+áfa

A hirdetések felvétele:

Tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

## Címlapfotó:

Csurgai Ferenc: Benned az ég,  
2012. beton

Fotó: Csurgai Ferenc

## TARTALOMJEGYZÉK

- 2** Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. László M. Palotás  
**A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA**
- 4** Dr. Kausay Tibor Palotás László-díjas  
**VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS**
- 18** Simon József – Dr. Vigh László Gergely  
**A FÖLDRENGÉSI TEHER SZÁMÍTÁSA  
MAGYARORSZÁGON: HELYI SPEKTRUMOK  
ALKALMAZÁSA**
- 23** **SZEMÉLYI HÍREK**  
**Dr. Orosz Árpád 90. születésnapjára**
- 23** Dr. Orosz Árpád  
**GONDOLATOK A MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉGRŐL  
ÉS A MÉRNÖKI OKTATÁSRÓL**

## A folyóirat támogatói:

Vasúti Hidak Alapítvány, Duna-Dráva Cement Kft., ÉMI Nonprofit Kft.,  
A-Híd Zrt., MÁV Zrt., MSC Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft.,  
Lábatlani Vasbetonipari Zrt., Pont-Terv Zrt., Swietelsky Építő Kft., Uvaterv Zrt.,  
Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hídtechnika Kft.,  
Betonmix Mérnökiroda Kft., CAEC Kft., SW Umwelttechnik Magyarország Kft.,  
Union Plan Kft., DCB Mérnöki Iroda Kft.,  
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék,  
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

# A 2015. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

Mélyen Tisztelt Elnök Úr! Tisztelt Hölgyeim és Uraim,  
Kedves Ünneplő Vendégek!

Köszönetemet fejezem ki a **fib** Magyar Tagozatának, a Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozata elnökének, Balázs L. György professzornak és a Palotás László-díj Kuratórium elnökének, Zsömböly Sándornak, hogy részese lehetek a díjátadás immár 16. ünnepségének.

Szeretettel köszöntöm díjazottunkat, **Dr. Kausay Tibor** mérnököt, szakmérnököt, a műszaki tudományok kandidátusát, c. egyetemi tanárt, akinek az Édesapám születésének 100. évfordulója alkalmából szervezett tudományos ülészenak elhangzott „Palotás László a betontudós” c. érdekesítő előadása máig elevenen él az emlékezetemben.

Engedjék meg, hogy ebben az évben is bevezetőként egy személyes „betonos élményemről” számoljak be.

Több éve foglalkozom a mesterképzésben a nanotechnológiával valamint a napenergia felhasználásával, tárolásával és átalakításával.

Az *elektroniknet.de*, az *INGENIEUR.de*, a *photon.info*, a *bau-spezial.de* (és később még legalább 25 internetes) honlapon talákoztam először 2015 januárjában, az előadás jegyzetének összeállításánál a következők meglepően tűnő cíkcikkcikkkel: „Beton liefert Sonnenstrom“, „Fruchtsaft und Beton – Eine neue Einheit?“ (Beton elektromos áramot szolgáltat, Gyümölcslé és beton – egy új egység?)!

Hamarosan kiderült, hogy itt egy speciális betonról, az un. *Grätzel-napelem* elvén alapuló új *építőanyagról* – egyidejűleg mint megújuló *energiaforrásról* van szó.

Hála Istennek, végre találtam egy területet, ahol mint szerény villamosmérnök kapcsolatot találtam az elektronika a betonkutatás, az építés, a fizika, a kémia és a művészet között!

Az ismert, szilícium félvezetőn alapuló napelemeket, melyek az elektromágneses sugárzást közvetlenül villamos energiává alakítják át 1954-ben mutatták be a Bell Laboratories szakemberei, habár a fotovoltaiikus hatást Becquerel francia fizikus már 1839-ben, 19 éves korában sikeresen demonstrálta. Mellékesen a fotoelektromos hatás elméletét egy nem teljesen ismeretlen fizikus, a *württembergi, svájci, osztrák-magyar, német majd amerikai állampolgár*, Albert Einstein magyarázta meg 1905-ben, amiért bár megkésve, 1921-ben *Fizikai Nobel-díjat* kapott.

Hosszú ideig irigykedve figyeltük meg a zöld növényeket, amik évmilliók óta a fotoszintézis segítségével sikeresen alakítják át a napfény energiáját kémiai energiává. Az első, nem szilícium félvezetőn alapuló, fotoszintézist utánozó un. *festékérzékenyített napelemet* az 1990-es évek elején, a svájci Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne vegyész kutatója, *Michael Grätzel* fejlesztette ki. Grätzel kutatómunkáját egyébként 2010-ben a Finn Akadémia



„Milleneum Technology Prize” (mintegy 1 millió dolláros) díjával honorálta.

Az *1. ábra* a nanopórusos titán-dioxidot tartalmazó, szerves festékanyaggal érzékenyített napelem cellát mutatja be. A kb. 10-20 mikrométer vastagságú struktúra jellemző tulajdonsága, hogy az elektrolit és a nanopórusos TiO<sub>2</sub> határfelülete a beeső fény 80%-át abszorbeálja.

Festékérzékenyített napelemeknél (Grätzel-cella) a fény festékanyagban abszorbeálódik. A festékmolekulák kémiaiilag a nagy belső felületű *nanokristályos*, porózus TiO<sub>2</sub> rétegben helyezkednek el. Fotonok abszorpciója következtében a festékmolekulák elektronjai egy magasabb energiaszintre kerülnek és onnan a TiO<sub>2</sub> rétegbe injektálódnak. A TiO<sub>2</sub>-mátrix elektrolittal (jodid/trijodid oldat) töltött pórusai legalább egy redoxaktív ionpárt tartalmaznak. A jodid (az elektrontranszferálás útján) az oxidált festékmolekulát az alapállapotba redukálja, míg önmaga trijodiddá oxidálódik. Míg a trijodid a hátsó elektrodához diffundálódik, az elektronok szintén diffúzió segítségével a TiO<sub>2</sub>-rétegen keresztül az első elektrodához tartanak, miközben a fogyasztón keresztül ismét belépnek a cella hátsó elektrodájához. Itt résztvesznek a redoxreakcióban, ahol a trijodid jodiddá redukálódik, azaz ismét regenerálódik (*2. ábra*).

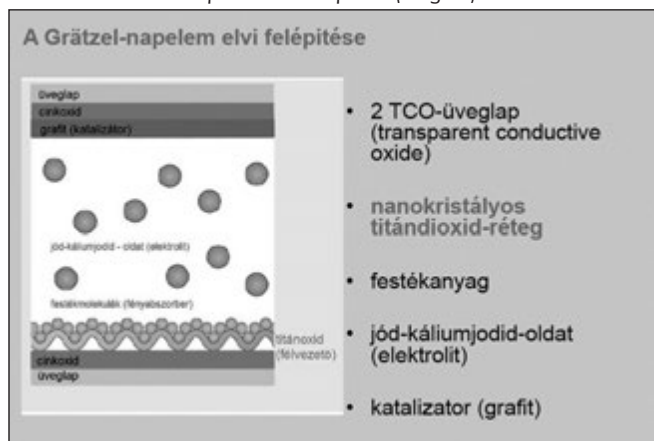
A flexibilis festékérzékenyített napelemek tömeggyártása 2009-ben indult meg a G24 Innovation cégnél.

A svájci Glass2Energy cég 2013 áprilisában mutatta be az első Grätzel-cella modulokat. A *3. ábra* a napelem milánói EXPO2015 alkalmazását mutatja be.

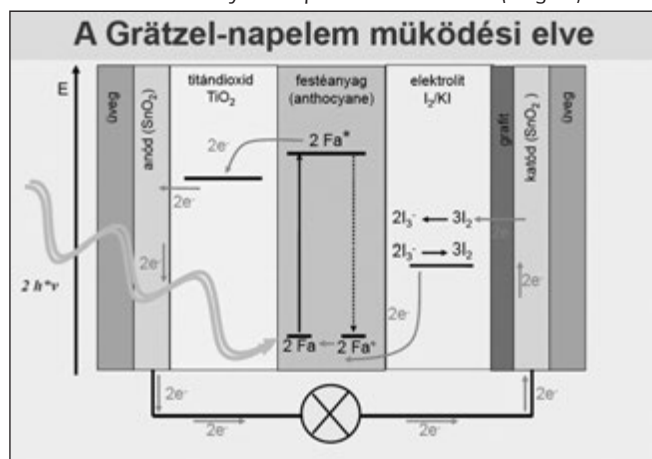
Most nézzük meg, mi rejtőzik a „gyümölcslé és beton” című cikkke mögött!

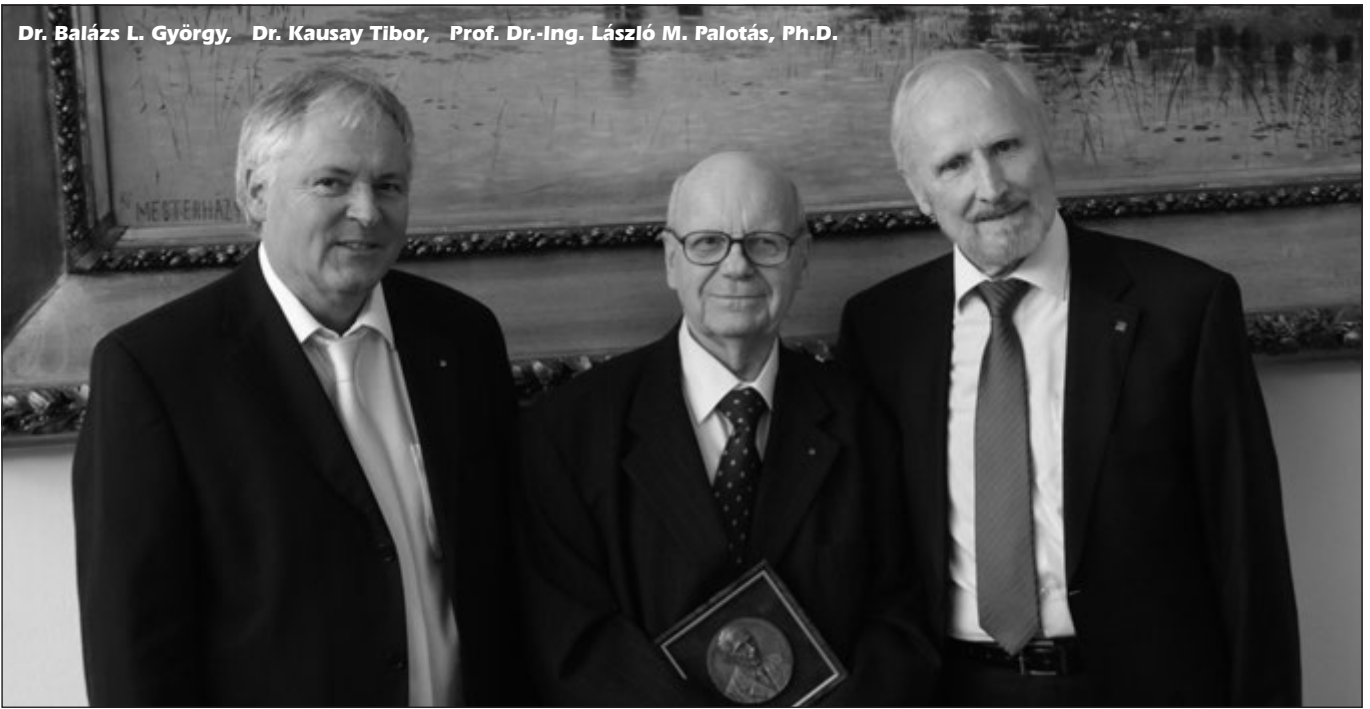
A Kassai Egyetem „*Bau Kunst Erfinden*” (Építés Művészet Feltalálás) platformján egyesített kutatók egy új „DysCrete™”-nek nevezett építőanyag kifejlesztésén dolgoznak. A szó első felének névadója az angol DYSC, a „*Dye Sensitized Solar*

**1. ábra:** A Grätzel-napelem elvi felépítése (Wagner)



**2. ábra:** A festékérzékenyített napelem működési elve (Wagner)





Cell”, (festék-érzékenyített napelem, DSSC), míg a „Crete” rövidítés a beton építőanyagra utal. „DysCrete“ egy speciális vezetőképés beton, amit titán-dioxid, organikus festékanyag szuszpenzió, elektrolit, grafit és transzparens felületi rétegekkel vonnak be. Az eredmény – mint az előzőekben már láttuk – egy festékérzékenyített napelem, ahol a beton egyben az egyik elektróda szerepét is átveszi. A napenergia elektromos árammá való átalakítása tehát itt is a (műszaki) fotoszintézisen alapul. A DysCrete-cella felületi funkcionális rétegeit egy kombinált szóró-szinter eljárással állítják elő, ami nagyon jól illeszkedik az előre gyártott beton elemek gyártási technológiájához. A festékérzékenyített beton egyik előnye a viszonylag kis gyártási költség. A másik előny, hogy egyesíti a beton pozitív tulajdonságait az energiaszolgáltatással, amely járulékos, mérgező (toxikus) emisszió nélkül, szabadon kapható komponensekből állítható elő (TiO<sub>2</sub>-t találunk például a fogpasztában is). Építéstechnikai szempontból alig vannak korlátozások, ellentétben a hagyományos fotovoltaiikus rendszerekkel, ami új lehetőségeket nyit az integrált napelem rendszerek megvalósításában.

A DysCrete új építőanyag első megvalósított mintáit a müncheni Bau2015-ön mutatták be. A 4. ábra a DysCrete-modell prototípusát mutatja.

Nagy örömmel és sok szeretettel gratulálok **Dr. Kausay Tibornak** a Palotás László-díj odaítéléséhez, ami ebben az évben ismét méltó gazdára talált. A laudációt tulajdonképpen már Édesapám 1979-ben megjelent „Általános anyagismeret” c. könyvének ajánlásában olvashatjuk: „*Dr. Kausay Tibornak, kedves tanítványomnak, aki azt a tudományát, amelyet éveken át magam is műveltem, nemcsak sikeresen folytatta,*

*hanem azt korszerű módon elismerten tovább is fejlesztette, baráti köszöntéssel – Palotás László, 1979.10.18”*

Ehhez szerintem már nem kell semmit hozzátenni!

Befejezésül szeretném idézni (Dr. Kausay Tibor utólagos engedelmével) édesapám 1987 decemberében, a díjazottnak írt – de tulajdonképpen mindannyiunknak szóló karácsonyi üzenetét:

“...békés, reményt el nem vesztő, egészséget megőrző, nyugodt újesztendőt kíván...”

majd kiegészítésül:

“Mert: emberi törvény, mindent elviselni s csak menni tovább, még ha úgy tűnik is, nincs több remény. Menni, együtt lenni s szeretni, ez a jó”.

Tisztelt **Dr. Kausay Tibor**, engedje meg, hogy a mérnöki, a tudományos és a műszaki problémák megoldásához, a tudományos szervezetekben történő munkájához a jövőben is sok sikert, alkotóerőt és mindenek előtt jó egészséget kívánjak.

Köszönöm figyelmüket!

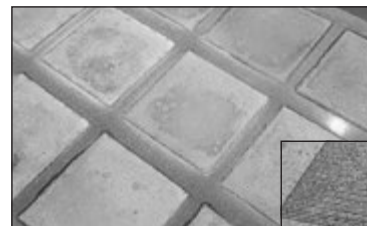
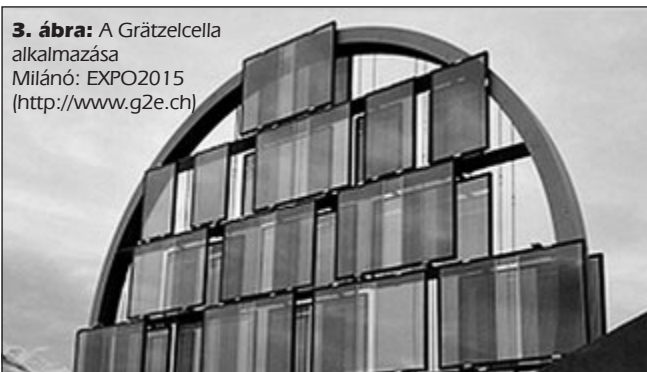
Budapest, 2015. december 7.

Prof. Dr.-Ing. László M. Palotás, Ph.D.

#### HIVATKOZÁSOK

<http://www.baukunststerfinden.org/de/> – [forschung/projekte/dyscrete](http://www.bau-special.de/) – [Fruchtsaft und Beton – eine neue Einheit?](http://www.g2e.ch/) – <http://www.g2e.ch/> – <http://gcell.com/> – <http://www.baukunststerfinden.org/de/> – [mappe/publikationen/](http://www.nanotruck.de/) – <http://www.nanotruck.de/> Solarenergie: – Nano-Photovoltaik nach Pflanzenart – Klooster, Th., Klussmann, H., „Sonnenstrom aus Beton“, Beton Bauteile Bauverlag, 2015, ISBN 978-3-7625-3665-9, – Wagner, W.: Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth – Wörner, N., „Beton liefert Sonnenstrom“ – <http://www.elektroniknet.de/power/> – [www.baunetz.de/](http://www.baunetz.de/) Forschungsinitiative – Zukunft Bau / BMUB, „DysCrete – – Sonnenstrom aus Beton“ – [www.betonopus.hu/notesz/palotas/](http://www.betonopus.hu/notesz/palotas/) – [palotas-laszlo.pdf](http://www.betonopus.hu/notesz/palotas-laszlo.pdf) – [www.fmf.uni-freiburg.de/projekte/](http://www.fmf.uni-freiburg.de/projekte/) – [pg\\_energie/ solar/farbstoffsolarzellen](http://www.fmf.uni-freiburg.de/projekte/)

**3. ábra:** A Grätzelcella alkalmazása  
Milánó: EXPO2015  
(<http://www.g2e.ch>)



DysCrete-Napelem prototípusa

A DysCrete-napelem vezetőképés beton elektródája



**4. ábra:** Dyscrete-napelem  
© BAU KUNST ERFINDEN/  
Klussmann/Klooster  
(Klooster, Klussmann, 2015)

# DR. KAUSAY TIBOR ELŐADÁSA „VISSZAPILLANTÁS ÉS SZÁMADÁS...”

CÍMMEL A *fib* MAGAR TAGOZATÁNAK PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÓ ÜNNEPI RENDEZVÉNYÉN, A BME DÍSZTERMÉBEN, 2015. DECEMBER 7-ÉN

## 1. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Megilletődötten állok a *Műegyetem Dísztermében*, és nehezen találok a szavakat. Az első szó a köszöneté. A Palotás László-díj különösen értékes számomra. Nem csak azért, mert *dr. Palotás László* professzor úrnak, a kiváló mérnöknek és pedagógusnak, - akinek nagyon sokat köszönhetek – a nevét viseli, hanem azért is, mert magas fokú szakmai munkával lehet kiérdemelni. Olyan szakmai munkával, amelyet a jobbítás szándékával végeznek, és a szándék a társadalom számára hasznos megvalósuláshoz vezet. Szeretném hinni, hogy a *fib Magyar Tagozatának* Palotás László-díj Kuratóriuma esetében is ilyen megfontolás alapján döntött.

Hálásan köszönöm a Palotás László-díjat a tisztelt Kuratóriumnak és mindenkinek, aki szép szóval, fáradozással, anyagi támogatással hozzájárult hozzá ahhoz, hogy Palotás László-díjban részesüljek; az ünnepi rendezvény résztvevőinek pedig köszönöm, hogy megtiszteltek, meghallgattak, eljöttek velem ünnepelni.

## 2. EMLÉKEIM DR. PALOTÁS LÁSZLÓ PROFESSZOR ÚRRÓL

Több mint tíz éven át a szó szoros értelmében *dr. Palotás László* professzor úr tanítványa voltam. Szerény ismereteimről első ízben 1958 júniusában, másodéves egyetemi hallgató koromban építőanyagok tantárgyból, azután többször vasbetonépítéstanból és 1961 májusában vasbetonszerkezetekből is, majd vasbetonépítési szakmérnök hallgatóként 1966 májusában és 1967 januárjában vasbeton szilárdságtanából és törélelméletéből, végül 1969 májusában, az egyetemi doktori értekezésem – amelynek bírálója volt – védésén adtam előtte számot.

*Dr. Palotás László* professzor úr 1965-ben hívtott óraadó gyakorlatvezetőnek a műegyetemi (akkor ÉKME) Építőanyagok Tanszékre, és ezt a megtisztelő feladatot több-kevesebb megszakítással a BME Építőanyagok, majd Építőanyagok és Mérnökgeológia, illetve Építőanyagok és Magasépítés Tanszékén ma is örömmel ellátom (*1. ábra*).

50 év távlatából is jól emlékszem arra, hogy *dr. Palotás László* professzor úr szívesen vette betontervezési képleteinek (1952) grafikus feldolgozását, és *dr. Kilián József* és *dr. Balázs György* tanár urakkal írt könyvében (1968) azokat le is közölte (*2. ábra*). Nagyon nagy szó volt ez a fiatal mérnök számára, sőt mondhatom, hogy az időközben megöregedett mérnök ma is büszke rá.

Félteve őrzöm a „Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret” című könyvet (*Palotás*, 1979) is, amelynek belső címlapját (*3. ábra*) *dr. Palotás László* professzor úr 1979. október 18-án zavarba ejtő, nem mindennapi kedvességgel dedikálta, és azt a szeretetteljes karácsonyi üdvözlő lapot, amelyet tőle a posta 1987. december 23-án hozott (*4. ábra*).

*Dr. Palotás László* professzor úr 1905. január 26-án Érsekújvárott született és 1993. szeptember 13-án Budapesten hunyt el. Tiszteletére, 2005. január 26-27-én, születésének 100. évfordulója alkalmából a BME Építőanyagok és Mér-



nökgeológia Tanszék, a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék és a Közlekedéstudományi Egyesület Mérnöki Szerkezetek Szakosztálya a BME dísztermében tudományos ülészakot rendezett. Olyan szerencsés voltam, hogy tanítómesterem tudományos tevékenységét és elévülhetetlen kutatási eredményeit, mint az SZTE Betonszakosztályának elnöke „Palotás László a betontudós” címmel a plenáris ülésen méltathattam, majd szekció ülésen „A Palotás-féle betontervezés grafikus feldolgozása” címmel tarthattam előadást *dr. Palotás László* professzor úr nap, mint nap, ma is alkalmazott és oktatott betontervezési összefüggéseiről.

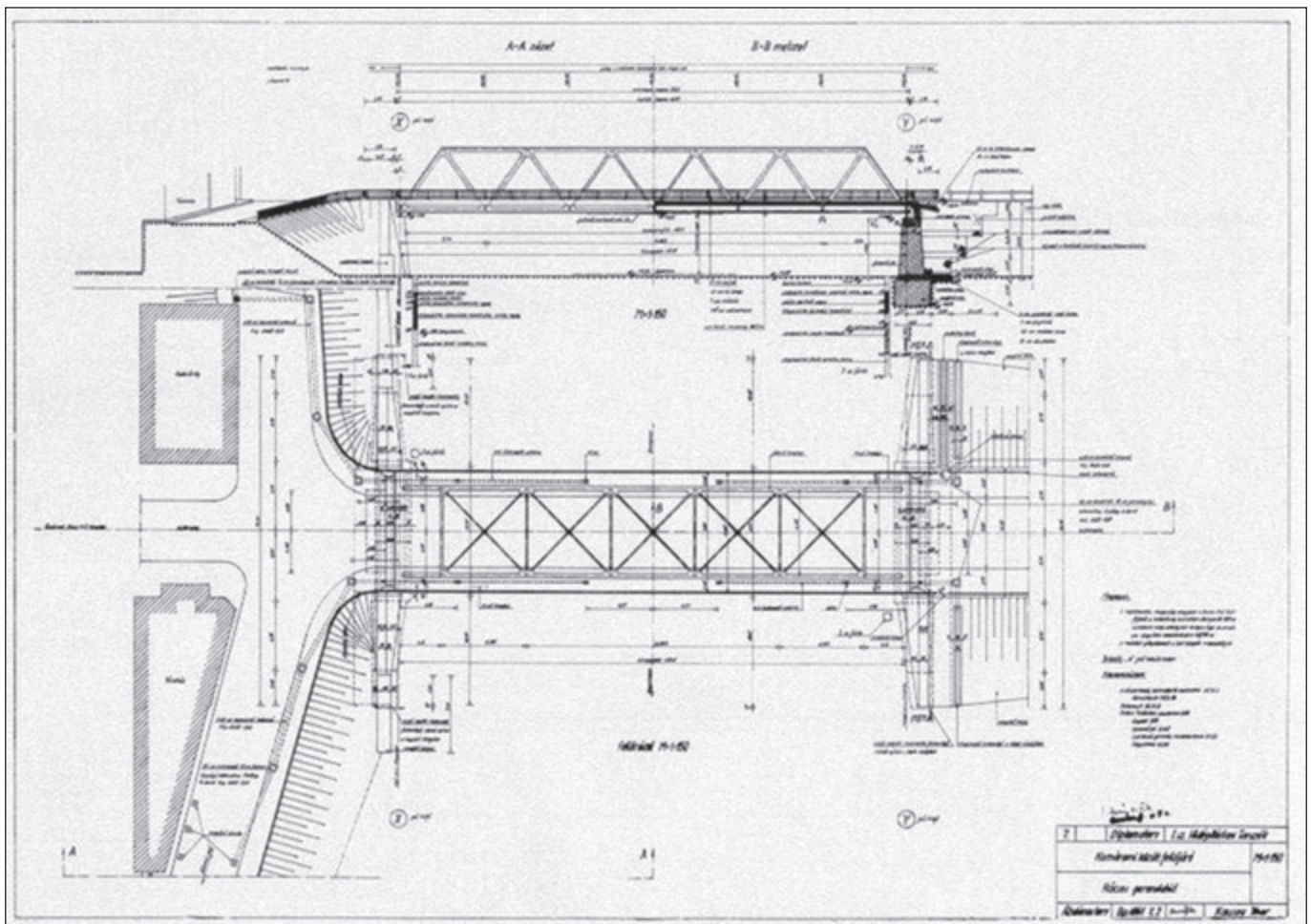
## 3. VISSZAPILLANTÁS

A *Kausay-család* egykor Abauj megyében élő armalista család volt. A fellelt első feljegyzés 1629-ből származik, *Máté Füzéren*, majd *Jesztreben* volt pap. A család onnan elszármazván *Tamás* (1754) a Zemplén megyei Hernádnémetiben, majd

**1. ábra:** A BME Építőanyagok Tanszék laboratóriumának bejárata az MM épületben







**5. ábra:** Komáromi közúti felüljáró. Zárt acélszelvényű, NF-csavar kapcsolatú, 49,4 m támaszközü, rácsos gerendahíd, vasbeton pályalemezzel. Az ÉKME I. sz. Hídépítészeti Tanszékén készített diplomatervem (1961) általános tervrajza (Bronz könyv, 1964)

szereztem. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1978-ban „A betonadalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai és a szemszerkezet komplex jellemzés módja” című értekezéssel nyertem el, Ph.D. fokozatot 1997-ben kaptam. A BME Építőmérnöki Karán 1985-ben címzetes egyetemi docens, 2003-ban címzetes egyetemi tanár lettem.

1972-ben középfokú állami nyelvvizsgát tettem német nyelvből.

Építőanyagok tantárgyat a BME-n kívül oktattam 1991-2001 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskola Építőanyagok Tanszékén, valamint 2000-2003 között és 2007-2008 között a Schulek Frigyes Kéttannyelvű Építőipari Műszaki Szakközépiskolában is.

Elismeréseim: Comporgan-díj (1988); Hungarokorr ÉVM miniszteri nagydíj, valamint MÉM és KVM miniszteri különdíj (1988); Kiváló munkáért (Ipari Minisztérium, 1989); Miniszteri elismerő oklevél (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2000); MTA Gróf Lónyay Menyhért Emlékérem (2003); MTESZ Emlékérem (2006); „A szilikátiparért” SZTE érem (2010); Palotás László-díj (2015).

A *fib* Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozatának 2000 óta, a Magyar Mérnöki Kamarának 1996 óta vagyok tagja. A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 1992-ben tagja, 2003-ban tiszteletbeli tagja lettem. Tagja vagyok a Magyar Tudományos Akadémia Köztestületének (1996).

Egyesületi tagságom: Szilikátipari Tudományos Egyesület (2004-2010 között a Beton Szakosztály elnöke), Építéstudományi Egyesület, Magyar Útügyi Társaság, Közlekedéstudományi Egyesület, Magyarhoni Földtani Társulat.

A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 107 „Beton

és előre gyártott termékek” – amelynek 2011-2013 között alelnöke voltam –, valamint MSZT/MB 113 „Ásványi kő adalékanyagok” műszaki bizottságában évtizedek óta végzek társadalmi munkát.

Publikációim száma mintegy 220.

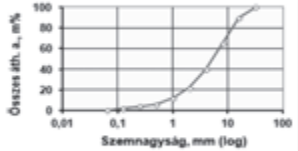
## 5. SZÁMADÁS MÉRNÖKI, KUTATÓI TEVÉKENYSÉGEMRŐL

Mintegy 50 évi mérnöki tevékenységem legemlékezetesebb önállóan és társkutatóként végzett kutatási-fejlesztési munkái a következők voltak. Ezeknek egy része a SZIKKTI 43. és 72. sz. tudományos közleményében olvasható (SZIKKTI, 1974, 1983).

### 5.1. Grafikus és numerikus betontervezési és adalékanyag szemmegoszlás jellemzési módszerek (1964, 1979, 1995)

*Témafelelős: Dr. Kausay Tibor*

Valamely, a nyomószilárdsága által adott beton minőségét többek között alkotórészeinek megfelelő összetétele segítségével biztosíthatjuk. A helyes betonösszetétel előrebecslésére empirikus tervezési képletek szolgálnak, amelyek közül hazánkban hagyományosan *Feret* (1891), *Bolomey* (1926), *Palotás* (1952) formulái használatosak. A tervezési képletek alkalmazásakor nehézséget jelenthet a többváltozós feladat megoldásai közül a

$m_{lin}$	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2 / m_{lin}^2$
7,648	57,598	7,589	0,985
$lg d_{\text{átlag}}$			$F_{dm=0,063}$
0,629			1,830
$d_{\text{átlag}}$			$m_{lg}$
4,258			6,079
$f_v$	$f$ ( $\rho = 2640 \text{ kg/m}^3$ )		
4,357	$[\text{mm}^{-1}]$	1,651	$[\text{m}^2/\text{kg}]$

6. ábra: Példa az adalékanyag szemmegoszlás jellemzőinek értékére

megfelelő kiválasztása. A betontervezés megkönnyítése érdekében a tervezési képleteket a szemléletes Descartes-féle, vonalsereges nomogramok alakjában dolgoztam fel. A nomogramok független változói a nyomószilárdság, a cementminőség, a konzisztencia, az adalékanyag legnagyobb szemmagysága és finomsági modulusa, függő változója a víz-cement tényező és a cement mennyiség.

Az adalékanyag szemmegoszlása javításának tervezésére szintén grafikus módszert dolgoztam ki. Két frakciós szemmegoszlás esetén a finomsági modulus, három frakciós szemmegoszlás esetén a finomsági modulus és a fajlagos felület ad határozott megoldást.

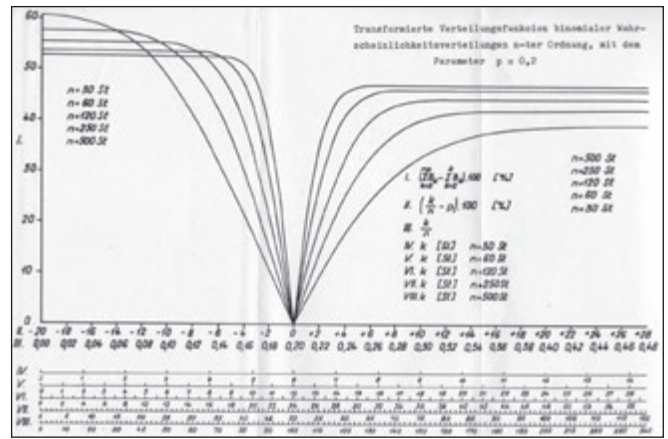
A betonok adalék- és töltőanyagainak szemmegoszlását számszerűen a szemmegoszlás jellemzők, nevezetesen a várhatóérték, a szórásnégyzet, a relatív szórásnégyzet, az átlagos szemmagyság, a finomsági modulus és a térfogati fajlagos felület írja le, amelyek szemléletes, gyors és egyszerű számítására a grafikus és analitikus számításmódok jó tulajdonságait egyesítő, a kutatás, tervezés és építés minden területén jól használható, grafoanalitikus módszert dolgoztam ki (6. ábra). A módszer hasonló alakú képletek megoldásában áll. A képletek felírásához az a felismerés vezetett, hogy bármely szemmegoszlás jellemző értéke koordináta-rendszerben kifejezhető a megfelelő abszcisszatengelyen ábrázolt szemmegoszlás görbe alatti területtel. Így a várhatóértéket lineáris, a szórásnégyzetet négyzetes, az átlagos szemmagyságot és a logaritmikus finomsági modulusot logaritmikus, a térfogati fajlagos felületet reciprok beosztású abszcisszatengelyre rajzolt szemmegoszlás görbével jeleníthető meg. Az eljárást MSZ 18288-5:1981 szám alatt szabványosították.

Az Abrams-féle logaritmikus finomsági modulus a Hummel-féle görbe feletti területből származtatható, amelyek értéke a logaritmikus abszcisszatengely folytán jelentős mértékben függ a Hummel-féle területet határoló ún. abszcisszatengely kezdőérték megállapodás tárgyát képező értékétől. Ezzel kapcsolatban jegyezték meg, milyen kár, hogy a XX. század első felében élt híres betonkutatók, így Abrams (1919), Hummel (1930), majd neves követők, mint Spindel (1931), Stern (1932) és később mások is, a beton adalékanyagok szemmegoszlását a – gyakorlat számára kétségtelenül szemléletes és jól kezelhető – görbe feletti területtel hozták összefüggésbe, és nem az abszcisszatengely kezdőértékétől független logaritmikus átlagos szemmagysággal jellemezték (Kausay, 2004).

## 5.2. A betonadalékanyag szemalakjának vizsgálata és a szemalak hatása a beton tulajdonságaira (1967-1972)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Az adalékanyagot szemalak szerinti minősítéses jellemzőmód-



7. ábra: n-edrendű,  $p = 0,2$  paraméterű binomiális valószínűség-eloszlások transzformált eloszlásfüggvénye

dal, meghatározott elemszámú minta vizsgálata alapján a lemezes szemek részhányadának meghatározásával minősítettem. Valószínűség számítással határoztam meg a vizsgálati minta szükséges elemszámát a lemezes szemek részaránya függvényében úgy, hogy a minősített szemhalmaz elfogadása vagy visszautasítása az átadó és az átvevő számára egy adott biztonsági szinten, meghatározott kockázatot jelentsen. A feladatot a mintavétel pontosan leíró, de bonyolult hipergeometrikus valószínűségeloszlást jól közelítő és egyszerűbben kezelhető binomiális valószínűségeloszlással oldottam meg először számarány vizsgálatra, majd tömegarány vizsgálatra, majd a gyakorlat számára táblázatos vizsgálati tervet készítettem (7. ábra).

A szemalakkal jellemzett zúzottkő adalékanyaggal betonkísérleteket végeztem. Megállapítottam, hogy a zömök adalékanyaggal készült betonok nyomószilárdsága nagyobb, hajlító-húzószilárdsága kisebb, mint a lemezes adalékanyagú betonoké. Azonos víz-cement tényező mellett az optimális betonszilárdság eléréséhez zömök adalékanyag esetén kevesebb, lemezes adalékanyag esetén több cementre van szükség. Azonos víz-cement tényező és cementadagolás mellett a lemezes adalékanyagú friss betonkeverék konzisztenciája földnedvesebb, mint zömök adalékanyag szemalak esetén (Kausay, 1967, 1968, 1970).

Vizsgáltam a szemalak hatását a Los Angeles aprózódásra, és arra a következtetésre jutottam, hogy bizonyos határok között a szemalak javításán keresztül a zúzottkő Los Angeles aprózódása csökkenthető, és közetfizikai besorolása is kedvezőbbé tehető (Kausay, 1972).

## 5.3. Bauxitbeton épületek állapotának felmérése (1968-1979)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A bauxitbeton kötőanyaga az alumínátcementek fajtájába tartozó bauxitcement, amelynek legfőbb nyersanyaga a mészkő és a bauxit, a bauxitcement klinker elsősorban kalcium-alumínátokból áll. A portlandcementek és az alumínátcementek hidratációs és szilárdulási folyamata között az a legdöntőbb különbség, hogy az előzőnél a beton keveréshez használt vízzel való reakció folyamán stabil hidratációs termékek keletkeznek, az alumínátcementeknél viszont a szokványos körülmények között elsődlegesen létrejövő és nagy kezdőszilárdságot biztosító hidratációs termékek instabilak, és idővel stabil vegyületekké alakulnak át. E stabil kalcium-alumínátok térfogata kisebb, mint az instabilaké, ezért kialakulásuk a cementkő porozitásának növekedésével, és ennek következtében a beton szilárdságának csökkenésével jár. Újabb megállapítás, hogy a stabilitás irányába ható kémiai reakciók folyamata a teljes

átalakuláshoz közeledve lelassul, majd gyakorlatilag meg is áll. Kedvező esetben felléphetnek olyan folyamatok, amelyek hatására minimális mértékű szilárdságnövekedés is végbemehet (Talabér, 1991, 1996).

A bauxitcement gyártását Jules Bied francia vegyész eljárása alapján „Lafarge Fondu” elnevezés alatt 1908-ban szabadalmaztatták, és gyártási kísérletek után, 1918-ban hozták forgalomba „Ciment Fondu” néven. A mintegy tíz év múlva már jelentkező szilárdság csökkenés miatt felhasználását Franciaországban 1927-től kezdve fokozatosan szigorították, 1943-tól előzetes engedélyhez kötötték. Magyarországon a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. Tatabánya-Felsőgallán gyártott bauxitcementet, amely „Citadur bauxitcement” néven 1928-ban került forgalomba, és gyártása végleg 1949-ben szűnt meg (Balázs, 1994; Kausay, 1970). A bauxitbeton szilárdságcsökkenésére hazánkban Mihailich már 1936-ban felfigyelt, és kísérleteinek eredményéről 1942-ben előadást is tartott. A felsőgallai „Citadur bauxitcement” gyártása nagyobb mennyiségben 1942-ben, végleg 1949-ben szűnt meg, a felhasználás 1950-ig, legfeljebb 1954-ig tartott (Balázs, 1994).

Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium a bauxitcement felhasználásával készült épületek állékonyságának felülvizsgálatát a 6/1967. ÉVM sz. körrendelettel tette kötelezővé. A felülvizsgálat elvégzésére kiemelten öt intézményt, az Építéstudományi Intézetet, az Építőipari Minőségvizsgáló Intézetet, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetet, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatot, az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemet jelölték ki. A felülvizsgált mintegy 2100 épületből 1968-1979 között mintegy 80 épület bauxitbeton szerkezeti elemét vizsgáltam meg többségében Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes módszerrel. A vizsgálati eredményéből meghatározott határfeszültség alapján a bauxitbetonból építményeket és szerkezeti elemeket állapotuk szerint veszélyességi csoportokba kellett sorolni. Az előírt számítási módszer szerint a bauxitbeton határfeszültsége a küszöbszilárdság 0,78-szorosa.

## 5.4. Építési kőanyagok magyar nemzeti szabványrendszere (1978-1991)

Az építési kőanyagok szabványsorozatának készítését dr. Kertész Pál irányította. A munkabizottság állandó tagjai voltak: Dr. Gálos Miklós, dr. Marek István, dr. Nemeskéri Kiss Gézőné,

dr. Reznák László, Serédi Béla, Somfay Ernő, Vajda László és dr. Kausay Tibor.

A szabványtárgyalások helyszíne a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének felejthetetlen hangulatú Stoczek utcai könyvtárszobája volt, falán az egykori műegyetemi geológia professzorok, valamennyien akadémikusok festményeivel (8. ábra).

Az építési kőanyagok magyar szabványrendszere 43 vizsgálati szabványból (MSZ 18280:1980 – MSZ 18290-7:1985) és 7 termékszabványból (MSZ 18291:1978 – MSZ 18297:1987) állt. Egységes rendszert képeztek, és tükrözték azt az igényességet, amely a műegyetemi és hazai kutatóintézeti munkát mindig is jellemezte. Az építési kőanyagok magyar nemzeti szabványai az építésügyi minőségi szabályozásban méltó helyet töltöttek be, voltaképpen ma is korszerűek, és jól használhatók. Mégis e nemzeti szabványok az európai szabványok honosítási folyamatának előre haladtával egyre inkább a múltat fogják jelenteni, de reményeink szerint végleg nem vesznek feledésbe (Kausay, 2001).

A szemmegoszlásjellemzők számításának szabványa (MSZ 18288-5:1981), és a Böhme-féle kopási vizsgálat szabványa (MSZ 18290-1:1981) szövegjavaslatom alapján készült.

## 5.5. Építési kőanyagok és betonok kopásállósága (1979-1997)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A betonok kopásállósága a betontechnológia állandó visszatérő kérdése, amelynek tanulmányozása az út és repülőtéri pályák, padlóburkolatok, tároló bunkerek, vízi létesítmények készítésekor, javításakor mindig előtérbe került, és alap kutatás végzését is szükségessé tette. A kopásállóságot a több mint száz éves (Böhme, 1892), Németországban 1933 óta, nálunk 1951 óta szabványos Böhme-féle forgótárcsás koptató berendezéssel vizsgáltuk, és az építmények, építőanyagok kopásállósági követelményét is ennek vizsgálati eredményeire vonatkoztattuk. A vizsgálati módszer és a követelmények is az idők folyamán változtak. A módszer (MSZ 18290-1:1981) és követelmények (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 9. fejezete) mai szintjének kialakulása jórészt nemcsak a betonok, hanem a kőanyagok kopásállósági vizsgálatainak és kutatásainak eredménye is (Kausay, 1983).

Megállapítottuk, hogy időjárástól védett helyen lévő kopásálló beton készítéséhez legalább C25/30, időjárásnak kitett helyen lévő kopásálló beton készítéséhez legalább C40/50

8. ábra: A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének Stoczek utcai könyvtárszobájának részlete az 1980-as években



nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség. Az ilyen beton szabványos kopási térfogatvesztése szárazon legfeljebb  $12 \text{ cm}^3$ , vizesen legfeljebb  $18 \text{ cm}^3$ . A beton készítéséhez használt cement legalább 42,5 szilárdsági osztályú portlandcement legyen, az adalékanyag legfeljebb 20 tömeg% lemezes szemt tartalmazzon, lehetőleg mélységi vagy kiömlési eredetű zúzottkő legyen és legalább olyan kopásállóságú, mint amilyen kopásállóságot a betontól megkövetelünk. Különleges kopásállósági követelmény esetén legalább a kopórétegben, kifejezetten erre a célra gyártott, különlegesen kopásálló adalékanyagot (például Korodur) kell alkalmazni. Előnyös a megfelelő folyósító adalékszer használata és a földnedves, illetve kissé képlékeny konzisztencia, különösen akkor, ha a beton fagyállósága érdekében légbuborékképző adalékszer is adagolni kell. Az impregnálás javítja a kopásállóságot és a fagyállóságot is. A kopásálló felületet a betonra felhordott kemény, nagyszilárdságú műgyanta réteggel is elő lehet állítani.

A kutatási eredményeket több építmény esetén is hasznosítottuk, például:

- Betonútépítő Vállalat által épített betonút lánctalpas járművek közlekedésére Líbiában, ahol adalékanyagként csak mészkövek jöhettek számításba (1984);
- Előregyártott, közúti villamosvasúti vasbeton lemezeljak Budapesten, amelyek az előregyártott, gőzölt vasbeton és az útbeton sajátosságait egyesítették magukban. Gyártó a BVM Budapesti Gyára volt. A C40/50 nyomószilárdsági osztályú beton 42,5 jelű portlandcementtel, homok és andezit adalékanyaggal készült. A lemezeljak felületét mélyimpregnálószerezrel kezelték (1986);
- Dorogi Hulladékégetőmű szilárdanyag tároló bunker építése, ahol a monolit, C30/37 nyomószilárdsági osztályú vasbeton követelménye a kopásállóság, a vízzáróság, a szikramentesség, a korrózióállóság és a repedésmentesség volt. A feladatot kompromisszum árán szulfátálló cement, homok és bazalt adalékanyag, folyósítószer, kis víz-cement tényező alkalmazásával oldottuk meg (1987);
- Mélyépítő Vállalat által gyártott Viacolor beton térburkolókövek (1987. Témafelelős: *Dombi József*);
- Kísérletek kemény adalékanyagossal kopóréteggel, járható beton csatornák lövellt beton technológiával történő javításához Lengyelországban (1991);
- Dorogi Hulladékégetőmű hordós hulladéktároló térbetonja, ahol a monolit a szálerősítésű, C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton követelménye a kopásállóság, a vízzáróság,

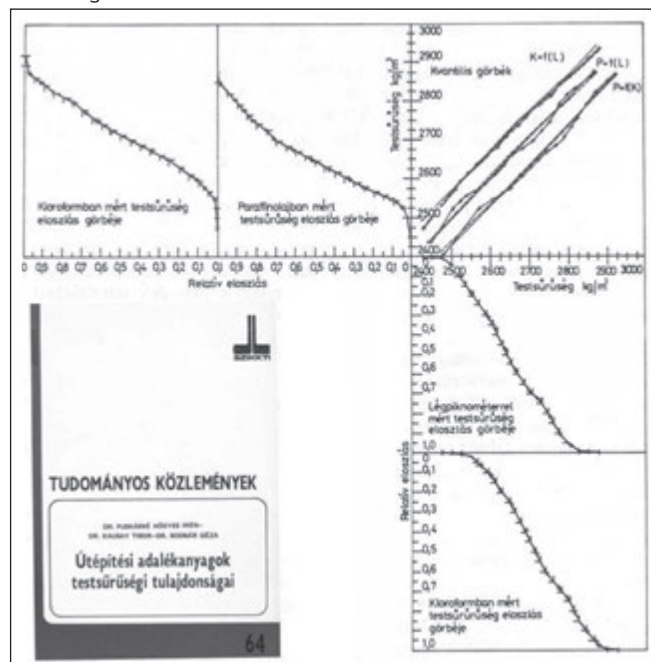
- a szikramentesség és a korrózióállóság volt. A feladatot kompromisszum árán szulfátálló cement, homok, 2-12 mm szemmagyság között bazalt, 12-20 mm szemmagyság között dolomit adalékanyag, folyósítószer, Dramix acélhuzalszál, kis víz-cement tényező alkalmazásával oldottuk meg (1994);
- Ferihegyi repülőtér meghibásodott bazalt pályabeton lemezőnek javítása (1989) és a repülőtér bővítés új pályabetonja (1995);
- Előregyártott beton útburkoló elemek, útszegélyek, Pest megyében (1995);
- Pormentes ipari padlóburkolatok gyártócsarnokokban (például Magyar Suzuki autógyár, Esztergom, 1991), raktárakban (például Szeged, 1996), (9. ábra).

## 5.6. Zúzottkövek testsűrűségi tulajdonságai (1981)

*Témafelelős: Dr. Puskásné Högyes Irén, dr. Kausay Tibor*  
Mintegy 200 zúzottkő adalékanyag szemhalmazon közel 800 testsűrűség, anyagsűrűség és szemmegoszlás vizsgálatot végeztek különböző módszerekkel, a vizsgálati módszerek elemzése, eredményeik összefüggésének meghatározása, a testsűrűségek szemmegoszlás-függésének tanulmányozása céljából, a megállapítások kőbányai laboratóriumi hasznosítása érdekében. A szemmegoszlás vizsgálatot az MSZ 18288-1:1978 szabvány szerint száraz szitálással, az anyagsűrűség vizsgálatot golyós malomban 0,2 mm alá porított mintán az MSZ 18284-2:1979 szabvány 3.1. fejezete szerint, a testsűrűség vizsgálatot az MSZ 9611-14:1976 szabvány szerint 1000 ml térfogatú folyadék-piknométerben  $840 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű paraffinolaj mérőfolyadék, és 2000 ml térfogatú folyadék-piknométerben  $1470 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű kloroform mérőfolyadék alkalmazásával, valamint higanyos légpiknométerrel végeztük. A kísérleti eredményeket a matematikai-statisztika módszerrel értékeltük.

A vizsgálatok megengedett terjedelmét a nagy gondossággal végzett nagyszámú mérés tapasztalati terjedelméből határoztuk meg úgy, hogy a megengedett terjedelem a tapasztalati terjedelem eloszlásfüggvényének 0,95 értékhez tartozó kvantilise. Megállapítottuk, hogy ismétlési feltételek között, szemhalmazon végzett, két testsűrűség mérés esetén a megengedett terjedelmet a paraffinolajos vizsgálatnál

**10. ábra:** Zúzottkövek különböző módszerekkel mért testsűrűségei kvantilisek görbéinek szerkesztése



**9. ábra:** Pormentes, kopásálló ipari padlóburkolat felületképzése rotoros simítógéppel



35 kg/m<sup>3</sup>, a kloroformos vizsgálatnál 38 kg/m<sup>3</sup>, a légpiknométeres vizsgálatnál 42 kg/m<sup>3</sup> értékben kell előírni. Ugyanezek az értékek három testsűrűség mérés esetén 42, 45, 50 kg/m<sup>3</sup>. Két anyagsűrűség mérés esetén a megengedett terjedelem 20 kg/m<sup>3</sup>, három anyagsűrűség mérés esetén 24 kg/m<sup>3</sup>. A kutatás megállapításai azáltal is hasznosultak, hogy a meghatározott megengedett terjedelem értékeket beépítették az MSZ 18284-2:1979 szabványba.

A különböző mérési módszerrel meghatározott testsűrűségek összefüggését lineáris függvényvel fejeztük ki, és így a különböző módszerek eredményei egymásba átszámíthatók lettek (10. ábra). A kísérleti eredmények értékelése rámutatott arra, hogy a szemhalmazok testsűrűsége, illetve szemecinek tömörsége és a szemnagyság között nincs korreláció, azok egymástól gyakorlatilag függetlenek. A zúzottkő adalékanyag keverékek szemmegoszlásának testsűrűség méréssel való ellenőrzése ezért csak a keveréket alkotó frakciók testsűrűségének és a keverés arányának mindenkor ismeretében oldható meg. (Puskásné – Kausay – Bodnár, 1981)

## 5.7. Kőanyagok betonadalékanyagkénti alkalmazása (1983)

*Témafelelős: Dr. Kertész Pál, dr. Gálos Miklós, dr. Marek István és dr. Kausay Tibor*

A kutatás célja a betonadalékanyagként kevéssé alkalmazott kőanyagok anyagtulajdonságainak vizsgálata és a vizsgálati eredmények 1:100.000 méretarányú térképlapokon való szerepeltetése, a minősítő vizsgálatok kijelölése, betonkísérletek végzése, a kőanyagok betonadalékanyagkénti minősítése volt. Az öt évig tartó kutatómunkát a BME Ásvány- és Földtani Tanszékével közösen végeztük.

A munka során 55 lelőhelyről 59 kőzetfajtát vizsgáltunk meg és 140 korábban vizsgált kőanyag mérési adatát dolgoztuk fel. A vizsgálat és az adatfeldolgozás (ha lehetséges volt) a közzétenni leírás és mikroszkópi fénykép elkészítésére, a kőanyag kémiai összetételének, derivatogramjának, mikrokeménységének, anyagsűrűségének, testsűrűségének, víztartalmának, vízfelvételének, porozitásának, nyomószilárdságának, hasítóhúzószilárdságának, rugalmassági modulusának, ultrahang terjedési sebességének (valamennyit légszáraz és vízzel telített állapotban), Los Angeles aprózódásának (szárazon és 25 fagyasztás után), Hummel-féle morzsolódásának, szulfátos kristályosítási veszteségének, időállósági változási tényezőinek meghatározására terjedt ki. A 350 kg/m<sup>3</sup> pernyeportlandcement adagolású betonnak a konzisztenciáját, testsűrűségét friss és szilárd állapotban, nyomó- és hasítóhúzószilárdságát 28 napos korban vizsgáltuk.

A munka az utóbbi idők utolsó ilyen jellegű, nagy volumenű kutatása volt, amelynek vizsgálati eredményei és térképlapjai ma is adatbázisul szolgálnak. A kutatás bebizonyította, hogy számos hazai kőanyag alkalmas betonkészítés céljára. Javaslatot dolgoztunk ki a zúzottkővek beton nyomószilárdsági osztályok szerint megkövetelt MSZ 18291:1978 szerinti közetfizikai csoportjára és termékosztályára a zúzottkőnek az adalékanyagban való részaránya (30 tömeg%-nál több, vagy nem több), és karbonátos illetve nem karbonátos jellege (mert a karbonátos kőanyag affinitása a cementkőhöz kedvezőbb, mint a nem karbonátosé) függvényében. A javaslat a MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3. fejezetében lépett érvényre.

## 5.8. Span-Deck feszítettbeton födempallók tulajdonságainak vizsgálata (1977-1986)

*Témafelelős: Dr. Kausay Tibor*

A Span-Deck (SD) födempallók C25/30 (olykor C30/37) nyomószilárdságú kavicsbeton, 6 darab héteres feszítópázsma, továbbá mellékvasalás felhasználásával, kavics üregeképző maganyag alkalmazásával, hosszúpados gyártási módszerrel, hőérlelve, és hőérlelés után hosszúságra vágva készültek a Beton- és Vasbetonipari Művek Szolnoki Gyárában.

Az SD födempallók gyártástechnológiáját és különböző tulajdonságait 10 éven keresztül vizsgáltuk. E munka a következő főbb címszavak köré csoportosítható: betonösszetétel, automatikus konzisztencia beállítás, pázsma feszítőerő mérés, betonszilárdulási folyamat, maganyag tapadás, gyémánt vágókorong igénybevétel, roncsolás-mentes minőségellenőrzés, szilárd pallók korai felhajlása, pallók lehajlása és repedéstágassága tartós terhelés hatására.

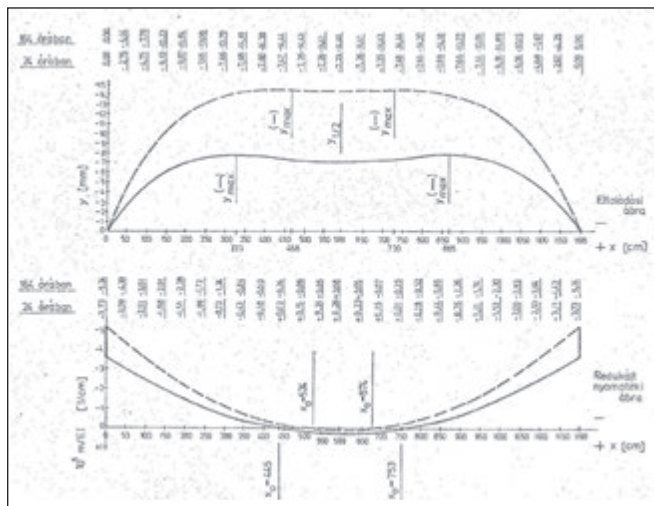
E kísérletek eredményei közül újszerű volt a mészkő adalékanyag betonnal készülő SD pallók gyártási feltételeinek kidolgozása. A mészkő adalékanyag alkalmazásának általános szilárdságtani előnyei az SD pallóknál is megmutatkoztak, de legfőbb haszna a vágási energiafelvétel és a gyémánt vágókorong igénybevételének jelentős csökkenésében volt. A zúzottkőbeton bedolgozhatóságát képlékenyítőszerezrel javítottuk.

Az automatikus konzisztencia beállítás konzisztencia mérési módszere akkor még újdonságnak számított. Az SD betonokon végzett üzemi kísérletek eredményeiből arra következtettünk, hogy a beton konzisztenciája és a betonkeverőgép villamos teljesítmény felvétele között szoros kapcsolat van. E kísérletsorozat tapasztalatai alapján fejlesztettük ki a "SZIKKTI Konzisztomat" mérő és szabályozó berendezést (Kausay – Szirmai, 1979)

A vakolatmentes, nagyfeszítávolságú födémek egymáshoz jól illeszthető és azonos fel- illetve lehajlású SD pallókat igényeltek. A födempallók alaktani viselkedésére nagy hatással volt a feszítőerő, amelyet számos körülmény befolyásolt. Ezek megismerésére 34 darab 27 cm magas pallón feszítőerő nagyság és egyenletesség méréseket végeztünk erőmérőcellák segítségével elmozdulás-mentesen, közvetlenül a pázsmaerősítő patronoknál. A feszítőerő mérést követően tömeg és fel- illetve lehajlás mérésekre is sor került (11. ábra). Megállapítottuk, hogy 10 m-es elemhossz esetén 10.000 mN feszítési nyomaték csökkenéshez átlag 4,4 mm felhajlás csökkenés tartozott, és 100 kg/fm tömegnövekedés átlag 4,6 mm felhajlás csökkenést okozott. A megváltozott rugalmassági moduluson keresztül 8,0 N/mm<sup>2</sup> kizsaluzáskori (24 órás kor) beton nyomószilárdság különbség a felhajlások mértékét 15 %-kal változtatta meg.

Az SD technológiában a pallók üregeképzését szemcsés anyaggal - gyakorlatilag 2/10 mm-es homokos kavics - végezték. Vizsgáltuk, hogy a beton összetétele, konzisztenciája, tömörítési ideje, a maganyag fajtája, szemnagysága, felületi állapota, nedvességtartalma, tömörítési ideje, hézagterfoga miként befolyásolja a termék betonjába lazán vagy erősen beragadt maganyag tömegét, névleges rétegvastagságát, egyenletességét, szemnagyságát.

Az SD gyártástechnológia sajátossága, hogy a födempallók öntése a 86 m hosszú sablon teljes hosszában folyamatosan történt, és az 5-12 m hosszú elemeket a hőérlelést követően vágással alakították ki. A vágást 1219,2 mm átmérőjű gyémántkoronggal végezték. A vágás nemcsak technológiailag volt kényes feladat, hanem gazdaságilag is figyelmet érdemelt. Ezért a vágás hatékonyság javításának lehetőségét vizsgáltuk.



11. ábra: 12 m hosszú Span-Deck feszítettbeton födémfalló eltolódási és redukált nyomatéki ábrája az öntést követő 24 és 164 órában

A kísérletek legfontosabb tanulsága az volt, hogy üzemi körülmények között a mészkőbetonból és mészkő maganyaggal készült pallók fűrészelésének energiaigénye (1616 wattóra) 2/3-a a kavicsbetonénak (2450 wattóra). (Kausay – Szirmai, 1982)

Öt éven keresztül mértük a szabadban 3 darab 13,4 m hosszú, 37 cm magas SD-37 jelű, és 3 db 11,9 m hosszú, 27 cm magas SD-27 jelű födémfalló lehajlását és repedéstágasságát tartós, a határnyomaték 85 %-ának megfelelő legnagyobb pozitív nyomatékot ébresztő kvázi-megoszló terhelés hatására. A lehajlás mérési eredményekből a lehajlási függvényeket a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével regressziós alakban dolgoztuk fel. A felírt függvények száma 333 volt. Meghatároztuk a függvény paramétereit, azok hányadosát, a függvények jellemző pontjait, a korrelációs jellemzőket. Kiszámítottuk a lehajlási függvények alatti területeket és kerestük ezek változását az idő függvényében. Az összes repedéstágasság időbeni változását szintén regressziós alakban határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy az SD-37 jelű födémfallók átlagos eltolódásának értéke 1850 napos korban 46 mm, az SD-27 jelű födémfallóké 82 mm. Ugyanebben az időben az összes átlagos repedéstágasság az SD-37 jelű födémfallókon 1,2 mm, az SD-27 jelű födémfallókon 1,9 mm volt. Az eltolódások és repedéstágasságok az időjárásnak és az évszaknak is függvényét képezték. A téma szükségessé tette a feszített vasbetontartók regressziós eltolódási függvénye számítás módjának kidolgozását az abban az időben rendelkezésre állott mágneskártyás, 100 lépés kapacitású, programozható HP-65 típusú zsebszámítógépre. Az eltolódási függvényből a hajlítási merevség (E·I) ismeretében megrajzolhatóvá vált a redukált nyomatéki ábra (Kausay, 1982).

Egyéb körülmények mellett ez is ösztönzést adott arra, hogy külön kiterjedt kísérleteket végezzünk előregyártott, természetesen szilárdított és gőzölt, közönséges és feszített vasbetontartók 40,6 N/m<sup>2</sup> átlagos 28 napos nyomószilárdságú betonja különböző rugalmassági modulusainak meghatározására. A kísérleti eredményekből többek között megállapítottuk, hogy a gőzölt betonok kizsaluzáskori, 16 óras kori  $\sigma$ - $\epsilon$  görbéje a természetesen szilárdított betonok 28 napos kori  $\sigma$ - $\epsilon$  görbéje alatt helyezkedik el (Fenyves – Kausay, 1982).

## 5.9. Gázbeton (mai ipari szóhasználatnál pórusbeton) kutatás (1986, 1990, 1995)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A gázbeton kutatások a SZIKKTI-ben 1959-ben alapku-

tásként, laboratóriumi méretekben indultak (Schütz Mihály, Molnár József). Négyféle alaptípusú sejtbetont állítottak elő, a pernye és kvarc, mint a szilárdulásban résztvevő adalékanyagok, és a cement és mész, mint kötőanyagok variálásával. Gázfejlesztőül alumíniumport használtak, a szilárdítás autoklávban történt. A gázbetonok testsűrűségét 0,65-0,75 kg/dm<sup>3</sup> között tartották. A próbatestek harmadát eredeti állapotban hagyták, egyharmad-egyharmad részét CO<sub>2</sub>, illetve SiF<sub>4</sub> gázzal utókezelték. Összehasonlító anyagként égetett agyagtéglát és kohóhabsalak-betont használtak. A gázbeton és etalon próbatestekkel hidrotechnikai (vízfelvétel, vízleadás, kapilláris vízfelszívás, szorpciós nedvességfelvétel, zsugorodás), atmoszférikus (atmoszféra-állóság, fagyállóság, vízállóság, hőállóság) és korrózióállósági (HCl-gáz hatása, SO<sub>2</sub>-gáz hatása, ammónia-oldat hatása, szulfátállóság) vizsgálatokat végeztek. A kísérleti eredményeket a fennállása alatt (1963-1998) végig eróművi pernyét használó KÖSZIG Kazincbarcikai Gázbetongyárában hasznosították.

Oroszlányban 1985-ben alakult meg egy gazdasági társaság azzal a szándékkal, hogy az Oroszlányi Hőerőműben keletkező pernye felhasználásával 240 ezer m<sup>3</sup>/év kapacitású gázbetongyárat hozzon létre. A beruházáshoz laboratóriumi előkísérleteket kellett végezni. Vizsgáltuk többek között a pernye kémiai összetételét (SiO<sub>2</sub> tartalom = 47 m%), szemmegoszlását ( $D_{max} = 0,4$  mm), a dorogi és a váci égetett mész gázbetongyártási alkalmasságát, tartalék alapanyagként a fehérvárscurgói homok minőségét (SiO<sub>2</sub> tartalom = 97 m%,  $D_{max} = 0,16$  mm), a Kecskeméti gyártott alumíniumpaszta hidrogén fejlesztő képességét (20 perc alatt 100 cm<sup>3</sup> felett).

Az 1989-ig pernyével dolgozó gyöngyösvisontai KÖSZIG Mátra Gázbetongyár 1990-ben homokörklő golyósmalmet helyezett üzembe. A golyósmalom vasbeton alapozását az IPARRV tervezte, a betontechnológiai utasítást magam készítettem. Az alaptömb betonszükséglete 162 m<sup>3</sup> volt, a beton minősége C16/20-40/K. A beton 340 kg/m<sup>3</sup> adagolású S-54 350 jelű szulfátálló portlandcementtel, Melment L-10 folyósítószerrel készült. A transzportbetont szivattyúval juttatták a zsaluzat közé és tűvibrátorral tömörítették. Az alaptömb négy napi betonozási munkával, jó minőségben elkészült.

A kazincbarcikai friss pernye minőségének romlása folytán 1995-ben gyakorlatilag alkalmatlanná vált gázbetongyártásra, ezért a gázbetongyár akkori tulajdonosa, az YTONG AG. a pernye meddőhányó mintegy 500-400 m-es területén 15 darab, mintegy 15 m mély kutatófúrást végeztetett egy helyi vállalkozóval. A kifúrt meddőhányó minták tulajdonságainak egy részét, így a pernye víztartalmát (átlag 48 m%), vízfelvételét (átlag 76 m%), halmazsűrűségét laza állapotban (átlag 784 kg/m<sup>3</sup>), izzítási veszteségét (átlag 5,8 m%), szemmegoszlását (átlag  $D_{max} = 0,55$  mm, finomsági modulus = 1,7) a tulajdonos a magyar kutatóintézetben (SZIKKTI) vizsgáltatta meg. A vizsgálati eredményeket a saját vizsgálati eredményeivel az YTONG Entwicklungszentrum összesítette, és megállapította a meddőhányó pernye gázbetongyártási műszaki alkalmasságát. A pernye ellátás gondját azonban tetézte a gőz ellátás nehézsége is, ami gazdaságtalan termeléshez, és a kazincbarcikai gázbetongyár 1998. év végi bezárásához vezetett.

## 5.10. Tengizi betontechnológiai laboratórium (1987-1992)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

A SZIKKTI a Vegyépszer megbízásából laboratóriumi minőségellenőrző és betontechnológiai irányítói munkával vett részt



**12. ábra:** Munkatársak a SZIKKTI tengizi betontechnológiai laboratóriumának bejárata előtt



**13. ábra:** A SZIKKTI tengizi betontechnológiai laboratóriuma 1988. május 20-án készített diafelvételen

az 1985-ös szovjet-magyar államközi egyezményben rögzített olaj- és földgáz finomító építés vasbetonépítési feladatában.

A tengizi laboratóriumban egyszerre általában négyen-ötven, felváltva összesen 17-en dolgoztak 1-3 évet (12. ábra).

Az 1987-1992 között működött tengizi SZIKKTI betontechnológiai laboratóriumot az itthoni feladatok mellett Budapestről irányítottam. A munka során kidolgoztuk az egyes létesítmények építésének betontechnológiai utasítását, a megtervezett betonösszetételeket budapesti és tengizi laboratóriumi kísérletekkel ellenőriztük.

A beton összetevőinek, így a cementnek és az adalékanyagoknak a minősítő tulajdonságait a tengizi laboratóriumban folyamatosan vizsgálták (13. ábra). Ezeket a vizsgálati eredményeket az adalékanyag szemmegoszlásának, a beton vízigényének és összetételének, konzisztenciájának, nyomószilárdságának tervezéséhez felhasználtuk.

A tengizi laboratórium munkatársai a betongyárban ellenőrizték a betonösszetételt, a betongyári transzportbeton szállítmányokból rendszeresen mintát vettek, megvizsgálták a friss beton konzisztenciáját és testsűrűséget, próbakockákat készítettek, a beton 28 napos korában meghatározták a beton testsűrűségét és nyomószilárdságát. A vizsgálati eredményeket Tengizben és Budapesten is értékeltük. A betonozási munkákat a tengizi laboratórium felügyelte.

A legnevezetesebb építmények a 100 m és a 200 m magas csúszószaluzatos technológiával épült vasbeton kémények voltak. Építésük fő nehézségét a sivatagi hőségen kívül a Tengizben rendelkezésre álló zúzottkő adalékanyag képezte, amely ugyan a friss vasbeton szerkezet állékonyságát javította, de a szép csúszószaluzatos felületképzést megnehezítette.

## 5.11. Betonok korrózióvédelme Epopur bevonattal (1981-1988)

*Témafelelős: Dr. Kausay Tibor, Szekeresné Kollár Mária*

Főleg betonfelületek korrózióvédelmére – bevonószerre és bevonási eljárásra vonatkozó – SZIKKTI-MŰKI közös, 199535/1991 lajstromszámú szabadalmaztatott módszert dolgoztunk ki. A bevonószer egyik komponense furángyanta tartalmú, töltőanyag epoxigyanta, másik komponense amin-addukt térhálósító volt, amelyek kidolgozása az EGIS Gyógyszergyár (témafelelős: *Somodi Endre*) érdeme. Az Epofur anyagot a MŰKI gyártotta a bevonat felhordását végző SZIKKTI, mint kizárólagos alkalmazó megrendelésére.

Az Epofur műanyaggal agresszív hatásoknak fokozottan ellenálló bevonatok hozhatók létre, a bevonatok tartósak, különböző hőmérsékleten, agresszív anyag koncentrációknak, savaknak, lúgoknak és sóknak egyaránt fokozottan ellenállóak. A bevonat hatása azon alapul, hogy kettős térhálót alkot. Az Epofur bevonat kétrétegű, az alapozó és fedő réteg egymástól összetételében és töltőanyag tartalmában különbözik. Az alsó Epofur réteg rugalmasabb és így a védendő anyag

**14. ábra:** MÁV Epofur bevonattal védett vasbeton vasúti kocsimosó iparvágánya



**15. ábra:** IKR Iparszerű Kukoricatermelési Rendszer folyékony műtrágya gyárának Epofur bevonatos vasbeton vasúti anyagfogadó és teherkocsimosó iparvágánya



hőmozgásait jobban tudja követni, a felső Epofur réteg keményebb, és így az a vegyi hatásokon túl a mechanikai és időállósági igénybevételeknek is jól ellenáll. Betonok esetén Eporezit-akva (dr. Bod Magda fejlesztése) anyagú egyrétegű tapadó és pórus lezáró hidat is képeztek, miáltal a rendszer háromrétegűvé vált. A megfelelő technológiával felhordott, háromrétegű Epofur bevonat rendszer legalább C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonok és vasbetonok agresszív közeg elleni korrózióvédelmére alkalmas ott, ahol a bevonat fekete színe nem zavaró. Az Epofur bevonószert és eljárás ipari bevezetését megelőzően részletes laboratóriumi kísérleteket végeztünk. Vizsgáltuk a vegyszer-állóságot, tapadószilárdságot, a fásztó igénybevétel tűrést, a mélyhúzási rugalmasságot, a kopásállóságot, a csúszósúrlódási ellenállást, a vízzáróságot, fagyállóságot, a páradiffúziós ellenállást, hősokk tűrést, az infravörös besugárzás hatását (Kausay, 1989).

A több célra is alkalmas Epofur műanyag bevonatot eredetileg erős vegyszeres korróziós hatásnak kitett vasúti előregyártott és monolit pályabetonok, vasúti kocsimosók (például MÁV Keleti pályaudvar, Celldömölk) védelmére dolgoztuk ki és alkalmaztuk (14. ábra). A SZIKKTI Betonosztálya Epofur bevonattal látta el az IKR (Iparszerű Kukoricatermelési Rendszer) folyékony műtrágya gyártó üzemei vasúti kocsik lefejtő állomásai pályaburkolatának több 1000 m<sup>2</sup> felületét például Bábólnán, Sárvárott, Szerencsen, Városföldön (15. ábra).

Sikeresen alkalmaztuk az Epofur bevonatot a veszélyes hulladékok mintegy 10 éves tárolására szolgáló, 3 m<sup>3</sup> térfogatú, előregyártott vasbeton zárványelemek belső felületének korrózióvédelmére. A zárványelemeket a MÉLYÉPTERV tervezte és BVM Budapesti Gyára gyártotta a MÁV záhonyi átrakó pályaudvara számára.

Az Epofur eljárás az 1988. évi Hugarokorral Kiállítás korrózióvédelmi pályázatán az Építési és Városfejlesztési Miniszter nagydíjában, a Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Miniszter, valamint a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Miniszter különdíjában részesült, és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elismerő oklevelét kapta.

## 5.12. Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai (1993-1996)

Témafelelős: Dr. Kausay Tibor

Az acélhuzal-szálerősítésű beton kutatását előnyös tulajdonságai, a szálerősítés nélküli betonétól és a vasbetonétól eltérő szilárdság-alkváltozási anyagmodellje, gyakorlati alkalmazásának előretörése indokolja. A beton szilárdságtani és alakváltozási szempontból rugalmas - kvázi-képlékeny anyag, amely utóbbi fázist a cementkő képviseli. Szálerősítésű betonban a cementkő törési alakváltozása megváltozik, a beton megrepedése után gyakorlatilag képlékenyen viselkedik, elveszti ridegségét, szívóssá válik, alkalmazható rá az ideálisan rugalmas - képlékeny anyagmodell. A szívósság kifejezetten negyedik dimenziós jelenség, amelynek a szerkezetek méretezése során jelentősége van.

Az OTKA T 007382 sz. kutatási témában a szálerősítésű beton anyagtani, szilárdságtani tulajdonságait vizsgáltuk. A helyes vizsgálati modell kialakításához a hazaiakon kívül összesen 34 darab belga, francia, spanyol, USA, japán, német, osztrák szabványt és műszaki specifikációt dolgoztunk fel. A nyomószilárdságot 150 mm méretű próbakockákon és Ø150×300 mm méretű próbahengereken, a hajlító-húzószilárdságot 150×150×600 mm méretű próbahasábokon, 450 mm fesztávolságon, harmadponton terhelve vizsgáltuk. A hajlító-húzószilárdság vizsgálata során a terhelőerő

növekedésének sebességét úgy szabályoztuk, hogy a lehajlás időben egyenletesen növekedjék. Meghatároztuk a hajlított szálerősítésű betongerendák erő-lehajlás diagramját (16. ábra)

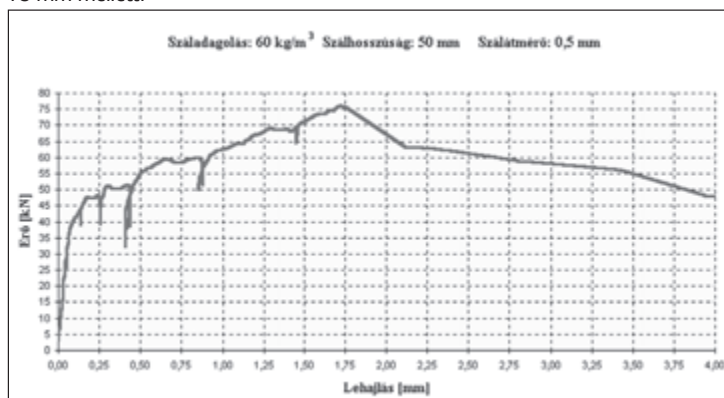
A kísérletekhez használt Dramix típusú ZC 60/1.0, ZC 50/0.5 és ZC 30/0.5 jelű acélszál hidegen húzott acélhuzalból készült, szakítószilárdsága legalább 1100 N/mm<sup>2</sup>, a lehorgonyzást elősegítő a két végén hajlított, a csomósodás megelőzésére vízdoldhatóan ragasztott kivitelű volt. A kísérleti beton nyomószilárdsági osztálya C20/25 és C35/45, homokos kavics adalékanyagának legnagyobb szemmagysága 16 mm volt.

Megállapítottuk, hogy a megszilárdult betonban a szálhatás nem független a beton struktúrájától és tulajdonságaitól. Az adalékanyag szemmegoszlása a "B" határgörbét kövesse, a szál hosszúsága az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának kétháromszorosa legyen. A szálhatás érvényesüléséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség. A próbatest legkisebb mérete haladja meg a szálhosszúság két és félszeresét. Azt tapasztaltuk, hogy azonos száladagolás esetén az azonos alaktényezőjű (hosszúság/átmérő) szálak közül a kevésbé karcsúak (hosszúság/átmérő<sup>2</sup>) nagyobb nyomószilárdságot, a karcsúbbak nagyobb hajlító-húzószilárdságot biztosítottak. E jelenség megtevéseztéig hasonlít az adalékanyag szemalakjának a betonszilárdságra gyakorolt hatására, nevezetesen arra, hogy a zömök szemek a nyomószilárdság, a hosszúak szemek a húzószilárdság és a nyírószilárdság szempontjából kedvezőek. Megállapítottuk, hogy a betonszilárdságra nézve az a legelőnyösebb, ha az acélszál alaktényezője és karcsúsági tényezője együtt növekszik.

Az acélszál adagolás a beton hajlító-húzószilárdságát jelentősebben növelte, mint a nyomószilárdságát. Amíg 10 kg/m<sup>3</sup> többlet száladagolás mintegy 1 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdság növekedést eredményezett, addig a hajlító-húzószilárdság és az 1,5 mm próbagerenda lehajlási határértéknél értelmezett átlagos hajlító-húzófeszültség 10 kg/m<sup>3</sup> többlet száladagolás hatására mintegy 0,6 N/mm<sup>2</sup> értékkel növekedett. A száladagolás növelésével az első repedés megjelenéséhez tartozó hajlító-húzófeszültség érzékelhetően akkor növekedett, ha a száladagolás elérte a 30 kg/m<sup>3</sup> értéket. A növekedés mértéke gyakorlatilag fele a hajlító-húzószilárdság növekedésének, azaz 10 kg/m<sup>3</sup> többlet száladagolás esetén mintegy 0,3 N/mm<sup>2</sup>.

Amíg a hajlított betongerenda ridegen, addig a hajlított acélszál erősítésű gerenda szívósan törik. Az acélszálerősítés alkalmazásának a repedésérzékenység csökkentése mellett ez az egyik legfőbb jelentősége. A hajlítási szívósság 1,5 mm próbagerenda lehajlási határértéknél legalább 15 kNmm, de megfelelő szálfajta és száladagolás mellett a 75 kNmm értéket is elérheti. A hajlítási szívósság növekedése 10 kg/m<sup>3</sup> többlet száladagolásonként mintegy 6 kNmm volt. (Kausay, 1994, 1999)

16. ábra: Hajlított szálerősítésű betongerenda erő-lehajlás diagramja C35/45 nyomószilárdsági osztályú beton és hajlított acélszálak alkalmazásával, D<sub>max</sub> = 16 mm mellett.



## 5.13. Útépítési zúzott kőanyagok útügyi műszaki előírásának kidolgozása (1998, 2006, 2008)

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírást a *Magyar Útügyi Társaság* munkabizottsága vezetéssel dolgozta ki. Az útügyi műszaki előírás szövegezésében jelentős szerepet vállalt *dr. Reznák László, dr. Liptay András, Kelemen Attila, Mocsári Mihály*.

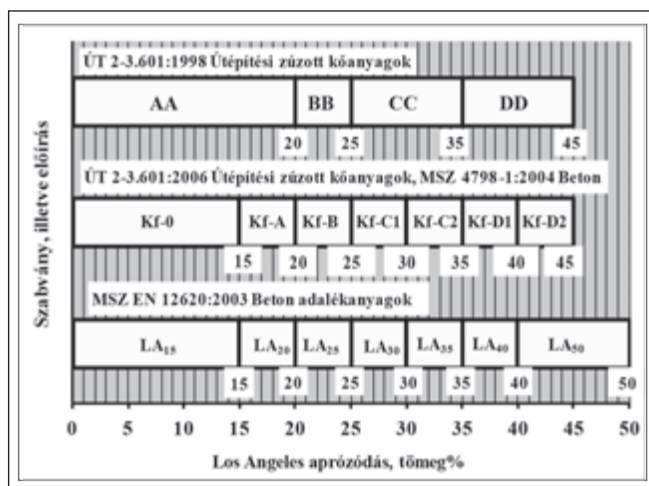
Az útügyi műszaki előírás fél évig tartó egyeztető tárgyalások eredményeképpen jött létre az ME-07-3114:1994 közlekedési ágazati szabvány helyettesítésére. Készítése során figyelembe vettük az MSZ 18291:1978 zúzottkő termékszabványt.

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírásban a korábbi ágazati szabványban szereplő száraz Deval aprózódás és a nátrium-szulfát oldatos kristályosítás elvesztette termékminősítő erejét, de új jellemzőként a vizes mikro-Deval aprózódás lépett a közetfizikai csoportba.

Az ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírás nyolc évig volt érvényben, amikor is felváltotta az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás, amelynek előkészítő munkáit a *dr. Pallós Imre* vezette szakbizottságban végeztem. Kidolgozását az MSZ EN 13043:2003 aszfalt adalékanyagok, MSZ EN 12620:2003 beton adalékanyagok, és MSZ EN 13242:2003 kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú kőanyagalmazatok európai termékszabványának megjelenése és az MSZ 18291:1978 nemzeti zúzottkő szabvány 2004. július 1-jei visszavonása tette szükségessé.

Az aprózódási osztályoknak az új európai zúzottkő termékszabványokban (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2003, MSZ EN 13242:2003) szereplő határértékei sajnos nem egyeztek meg a régi magyar, az MSZ 1992:1970 szabvány szerinti (A, B, C, D) és a vele azonos ÚT 2-3.601:1998 útügyi műszaki előírás szerinti (AA, BB, CC, DD) közetfizikai csoportok határértékeivel, ezért az MSZ 4798-1:2004 betonszabványban és az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírásban – 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 osztottuk fel. Ezáltal az európai aprózódási osztályok határértékeinél az új magyar közetfizikai csoportok is határértéket kaptak, a régi határértékek feladása nélkül (17. ábra). A Kf-0 jelű, az eddigiéknél szigorúbb közetfizikai csoport bevezetése is az európai szabványokhoz való igazodást szolgálta.

Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírásban az európai kőanyagalmazat szabványok hatására már a vizes Deval aprózódás sem szerepelt, a közetfizikai csoportot a Los Angeles aprózódás, a vizes mikro-Deval aprózódás és a magnézium-szulfát oldatos aprózódás alkotta. Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás a közetfizikai csoportok és a közetfizikai tulajdonságok alternatív vizsgálata 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 általam javasolt alternatív vizsgálatának módjával. A közetfizikai tulajdonságok alternatív vizsgálatának bevezetésére azért volt, és alkalmazására azért van ma is szükség, mert az európai adalékanyag szabványok, bár megengedik az alternatív vizsgálatot, a 10-14 mm szemnagysághatárú Los Angeles, mikro-Deval, szulfátos kristályosítási vizsgálati minták referencia vizsgálatát írják elő, holott a referencia vizsgálat-hoz szükséges 10-14 mm szemnagysághatárú vizsgálati mintát a KZ és NZ csoportú zúzottkő termékből nem lehet előállítani.



17. ábra: Közetfizikai csoportok a Los Angeles aprózódás alapján a különböző szabályzatokban

Az alternatív vizsgálat bevezetésével a vevő (kivitelező, építető, beruházó) visszakapta a lehetőséget arra, hogy a leszállított termék közetfizikai tulajdonságait megvizsgálja és ellenőrizze. A referencia vizsgálatnak a kőanyag előfordulás zúzottkő gyártási műre valóságának kutatása során van létjogosultsága.

Az ÚT 2-3.601:2006 útügyi műszaki előírás és MSZ 4798-1:2004 szabvány közös sajátossága volt, hogy a zúzott kőanyagok közetfizikai tulajdonságainak vizsgálatát és a termékminősítést összhangba hozta az európai kőanyag termékszabványok és vizsgálati szabványok (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) módszerével úgy, hogy az időállósági tulajdonság (magnézium-szulfát oldatos aprózódás) követelménye sem csökkent. Ez az útügyi műszaki előírás három évig volt érvényben.

2009-ben a zúzottkövek útügyi műszaki előírását az európai adalékanyag termékszabványok mintájára felhasználási cél (aszfaltok, betonok, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagok) szerint három részre bontották. A közetfizikai csoport besorolást a zúzott beton adalékanyagok alkalmazását szabályozó ÚT 2-3.601-2:2009 útügyi műszaki előírásban sem sikerült megtartani, de javaslatomra az alternatív vizsgálatok lehetősége megmaradt (*Kausay, 2008*).

## 5.14. Adalékanyagként újrahasznosított bontási és építési hulladék (2000-2008)

Témafelelős: *Dr. Kausay Tibor*

Magyarországon jelentős mennyiségű, általában nem veszélyes építési, bontási és építőanyag-gyártási hulladék (elsősorban beton és téglahulladék) keletkezik, amelynek beton-adalékanyagként történő újrahasznosítását a környezetvédelemre tekintettel is elő kell mozdítani. Jó minőségű újrahasznosított adalékanyag előállításához nélkülözhetetlen az elkülönített (szelektív) bontás és a mechanikai előkészítés telepített üzemen, vagy mobil berendezéssel. Az építőanyag-fajtánként elkülönített hulladékot több fokozatban megfelelő szemnagyságra kell törni, közben az idegen anyagoktól, vasbeton, illetve feszített vasbeton esetén a betonacéltól, illetve feszítőhuzaltól és pásmától meg kell tisztítani, majd frakciókra kell bontani lehetőleg vizes osztályozással. A frakciókat elkülönítetten kell tárolni és szállítani. A bontott beton és téglahulladék adalékanyagkénti hasznosíthatósága összetételétől, tisztaságától, testsűrűségétől, szilárdságtól, időállóságtól, hidrotechnikai és szemszerkezeti tulajdonságaitól függ. Az újrahasznosított adalékanyagú szokványos beton vagy könnyű beton nyomószilárdsági osztálya



**18. ábra:** Újrahasznosított betonból készített zsaluzóelemek

és környezeti osztálya jelentős mértékben az újrahasznosított adalékanyag minőségétől és alkalmazott részarányától függ.

Az újrahasznosított adalékanyag követelményeit és a felhasználás feltételeit a közelmúltban két szabályzatban is megfogalmaztuk:

A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának dr. Balázs L. György vezette 20 fős munkabizottsága dolgozta ki a BV-MI 01:2005 beton- és vasbetonépítési műszaki irányelvet, amely a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium hulladékgazdálkodási és technológiai főosztályvezetőjének, dr. Hornyák Margitnak az ajánlásával jelent meg. A műszaki irányelv tárgya a bontási, építési és építőanyag-gyártási beton és téglá hulladékok betonadalékanyagként való alkalmazása, és az ezek felhasználásával — az MSZ 4798-1:2004 szerinti betonoknak megfelelő minőségben — készített betonkeverékek és betontermékek (18. ábra) műszaki feltételei, teljesítőképessége, megfelelése és alkalmazása. A BV-MI 01:2005 műszaki irányelvben először kapott helyet hazai szabályozásban a légbuborékképző adalékszer nélkül készíthető függőleges (5%-nál meredekebb) felületű, fagy- és olvasztósó-álló beton XF2(H) és vízszintes (legfeljebb 5%-os lejtésű) felületű, fagy-álló beton XF3(H) környezeti osztálya.

Az ÚT 2-3.710:2008 útügyi műszaki előírás a Magyar Útügyi Társaság négytagú szakbizottságának (Somogyi Gábor; Hikisch Lóránt, dr. Kausay Tibor, vezető: dr. Schváb János) munkája. Az útügyi műszaki előírás az útbetonok bontásából származó, illetve készítésük során keletkező, útbetonok készítéséhez alkalmas bontási és építési betonhulladék tulajdonságával, az újrahasznosított adalékanyagú útbetonok gyártásának és alkalmazásának műszaki feltételeivel foglalkozik.

## 5.15. Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798-1:2004 környezeti osztályainak megfelelően (2010)

*Témafelelős: Dr. Kausay Tibor*

Az innovációs kutatás-fejlesztési tanulmány a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken (tanszékvezető: dr. Balázs L. György), tanszéki munkatársak közreműködésével készült.

Az MSZ 4719:1982 magyar betonszabványt felváltó MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabványban a környezeti osztályok bevezetésével nemcsak a terhek hatásainak, hanem a környezeti hatásoknak is tartósan ellenálló beton megfelelőségének feltételeit fogalmazták meg. A környezeti hatásoktól mentes, a karbonátosodásnak, kloridok hatásának, fagnak és olvasztósónak, talaj és talajvíz kémiai korróziójának különböző mértékben ellenálló betonok környezeti osztályait az európai szabvány magyar alkalmazási dokumentuma (MSZ 4798-1:2004) a kopásállóság és a vízzáróság környezeti osztályaival egészítette ki.

A kutatás keretében arra kérdésre kerestük, és adtuk meg a választ, hogy a különböző környezeti osztályoknak ellenálló betonok készítéséhez melyik cement alkalmazható előnyösen, és ezért alkalmazása ajánlott, vagy melyik nem ajánlott, és melyik ajánlott feltételes. A munka során 22 fajta, Magyarországon elsődlegesen alkalmazott MSZ EN 197-1:2000 és MSZ 4737-1:2002 szerinti cement alkalmazhatóságát tanulmányoztuk részben tanszéki kísérleti tapasztalatok, részben irodalmi közlések elemzésével.

A kutatás végeredménye a 22 soros és 16 oszlopos táblázat, amely  $22 \times 16 = 352$  cement fajta – környezeti osztály kombinációra tartalmaz 29 megjegyzéssel kiegészített cement alkalmazási ajánlást.

A kutatási zárójelentésben megtalálhatók a kutatás során feldolgozott háttér anyagok, a vonatkozó irodalmi és szabvány hivatkozások, szabvány és szakirodalmi részletek a cementek felhasználására cement típusok és környezeti osztályok szerint, szakirodalmi részletek a kötőanyagok felhasználására a cement fő alkotórészei és a beton kiegészítőanyagai szerint, továbbá a betonpályaburkolatok, a közúti hidak, a vastagfalú beton és vasbeton szerkezetek építésével kapcsolatos tudnivalók. A zárójelentésben olvasni lehet a cement és a beton tulajdonságainak közvetlen kapcsolatáról, a cement fajtának a beton nyomószilárdsága időbeni alakulására gyakorolt hatásáról és a németországi cementfelhasználásról is. A tanulmány különös figyelmet szentelt a környezeti hatásoknak fokozottabban ellenálló heterogén portlandcementeknek és kohósalak cementeknek.

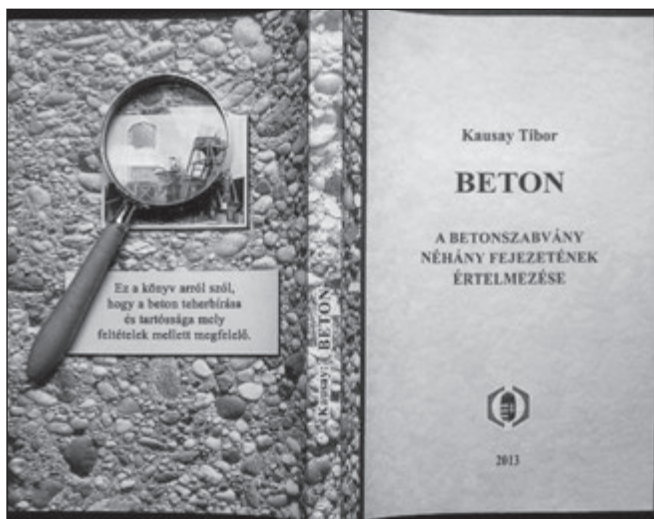
E kutatási jelentés táblázata alapját képezte az MSZ 4798:2016 szabvány Q mellékletében megjelent, a cementek környezeti osztályok szerinti alkalmazására vonatkozó ajánlásnak.

## 5.16. Beton. Könyv a betonszabvány néhány fejezetének értelmezéséről (2013)

A Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. kiadásában megjelent könyvet a Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozatának (elnök: dr. Kiss Jenő) felkérésére, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének (tanszékvezető: dr. Balázs L. György) közreműködésével írtam. Lektorai: dr. Erdélyi Attila, dr. Balázs György és dr. Balázs L. György voltak (19. ábra).

A könyv a beton és a beton alkotóanyagainak legfontosabb termékminősítő sajátágaival foglalkozik. Arról szól, hogy a beton teherbírása és tartóssága mely feltételek mellett kielégítő. Főbb fejezetei: Szabványosítás napjainkban, szerkezetek tervezési élettartama, építmények szerkezeti osztálya, betonfedés, betonok szabványos jelölése, nyomószilárdsági osztály, környezeti osztály, konzisztencia osztály, testsűrűség, levegőtartalom, nyomószilárdság, ellenállás külső hatás okozta vegyi mállással szemben, fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat, vízzáróság vizsgálat, kopásállóság vizsgálat, a cementek, keverővíz, adalékanyagok, kiegészítőanyagok, lisztfinomságú szemek, adalékszerkezetek tulajdonságai, a betonépítés folyamata, kisépítkezések betonjainak összetétele.

A könyv a napi betonépítési feladatok végzésében segíti az építési folyamat résztvevőit, a megrendelőket, vásárlókat, tervezőket, gyártókat, kivitelezőket, műszaki ellenőröket, laboratóriumi kutatókat, oktatókat azzal, hogy megvizsgálja, a mai társadalmi-gazdasági viszonyokat is kifejező európai szabványok miként kezelik a beton anyagotani ismereteket, és nemzeti szempontjaink az európai szabványrendszerben miként érvényesíthetők. Egyrészt a betonszabványok alkalmazása



19. ábra: A beton című könyv borítója

nélkül jó minőségű és tartós betont eredményező, üzletileg is sikeres vasbeton építőmunka nem végezhető, másrészt a szabványok helyes alkalmazása azok tartalmi háttérét képező beton anyagtani törvényszerűségek ismerete nélkül elképzelhetetlen.

## 5.17. Betonszabványok szövegezése (2003-2004, 2014-2015)

Részt vettem az európai betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002 és MSZ EN 206:2014) magyar nemzeti alkalmazási dokumentumának, az MSZ 4798-1:2004 és az MSZ 4798:2016 szabványnak a szövegezésében.

A nemzeti alkalmazási dokumentumok a *Magyar Szabványügyi Testület* beton műszaki bizottsága elnökének vezetésével készültek. Az MSZ 4798-1:2004 szabvány készítésének idején dr. Ujhelyi János volt az elnök, az MSZ 4798:2016 szabvány dr. Balázs L. György elnökletével készült. A bizottság mai neve: MSZT/MB 107 „Beton és előre gyártott beton termékek”.

Mintegy tíz évvel ezelőtt az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.1.3. (adalékanyag), 5.2.3.4. (ellenállás az alkáli-kovászreakciónak), 5.5.3. (vízzáróság), 5.5.6. (fagyállóság), 5.5.7. (kopásállóság), 11. (beton jele, megnevezése) szakasza, NAD F1. táblázata (kisszilárdságú betonok, kopásálló betonok, vízzáró betonok környezeti osztálya), M (adalékanyag szemmegoszlási határgörbék) és N melléklete (segédletek a beton egyes jellemzőinek meghatározásához) szövegtervezetének vagy részének elkészítése volt a munkám.

Az MSZ 4798-1:2004 szövegezésében való részvétel és a szabvány alkalmazásának tíz éves tapasztalata különösen hasznosnak bizonyult a napjainkra elkészült MSZ 4798:2016 szabvány egyes részeinek megfogalmazása során, amikor is legfőbb célkitűzéseim voltak:

- A szabvány a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek biztonságát és tartósságát szolgálja;
- Törekvés az Eurocode 2 (MSZ EN 1990, MSZ EN 1992) szabványrendszer nyomószilárdsági követelményeihez való közelítésre;
- Engedje meg a szabvány, illetve ajánlja a beton nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelését 50-50%-os elfogadási valószínűségi szinten 5%-os alulmaradási hányad mellett. Az 50-50%-os elfogadási valószínűségi szint (ha alkalmazzák) jelölése a nyomószilárdsági osztály jelében, például: C35/45 – AC<sub>50</sub>(H) (az AC jel az „acceptante characteristic curve” elfogadási jelleggörbére utal);
- Hilsdorf (1992) és Schnell-Loch-Zhang (2010) hengerkocka átszámítási képleteinek és alkalmazási feltételeinek elfogadása;

- Egyértelmű megfelelésig igazolási módszerek, vizsgálati eljárások, vizsgálati eredmény értékelési számítások alkalmazása.

Az MSZ 4798:2016 szabványba újdonságként javaslatomra került, illetve kerültek be

- a légbuborékképző adalékszer nélkül készíthető fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok XF2(H) – XF4(H) környezeti osztályai (1. táblázat);
- az agresszív csapadékvízzel, agresszív kommunális vízzel, agresszív ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, illetve egyéb agresszív folyadékkal, kondenzációs vízzel érintkező betonok XA4(H) – XA6(H) környezeti osztályai (1. táblázat, NAD 4.1., NAD F1. – NAD F3. táblázat), valamint a metakaolin alkalmazásának feltételei (5.1.6.1. és 5.2.5.2.5. szakasz) az általam készített MSZE 15612:2014 „Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek” magyar előszabványban foglaltak alapján;
- a nyomószilárdsági osztályok súlyozásának eljárása (5.3.2. szakasz (5) bekezdése) és a környezeti osztályok társításának eljárása (F melléklet, NAD F4. táblázat);
- a friss beton levegőtartalma és testsűrűsége figyelembevételének módja (5.4.3. és 5.4.5. szakasz);
- a fagyállóság meghatározásának rendje (5.5.5. szakasz);
- a nyomószilárdság értékelésének feltételei (4.3.1. szakasz (2) bekezdése, 8.2.1.2. szakasz (4) bekezdése, 8.2.1.3. és A5. szakasz vonatkozó részei) beleértve a folyamatos gyártás feltételeit a típusvizsgálat eredménye alapján is (D módszer);
- a zúzottkő, zúzottkavics és zúzott újrahasznosított adalékanyag alkalmazásának feltételei (NAD E2. táblázat);
- ajánlások a könnyű adalékanyagok felhasználására (E4. szakasz);
- a betonfedés mértéke (N melléklet);
- a nyomószilárdság megfelelése az átadás-átvételi eljárás során (O melléklet);
- a nyomószilárdság értékelése 50% elfogadási valószínűség mellett (P melléklet);
- ajánlás a cement környezeti osztályok szerinti alkalmazására (Q melléklet).

## BETONOPUS HONLAP (1998-)

A „számadás” végszavaként említem a Betonopus honlapot ([www.betonopus.hu](http://www.betonopus.hu)), amelyet a SZIKKTI-ben, illetve jogutódjánál (Betonolith K+F Kft.) betöltött állásom megszűntét követően, 1998-ban kezdtem szerkeszteni, és szerkesztek mind a mai napig (20. ábra). A honlap készítést eleinte kellemes időtöltésnek, a honlapot egyfajta emlékkönyvnek, vállalkozói ajánlásnak (referenciának) szántam, később a legegyszerűbb publikációs lehetőségnek tekintettem. Ma már szándékom szerint a Betonopus honlap elsősorban a műegyetemi építőanyag oktatást, valamint a

20. ábra: Betonopus honlap főoldala



szakmai ismeretek terjesztését szolgálja, és ezért gondozását nem annyira kellemes időtöltésnek, inkább kellemes kötelességemnek tartom.

A honlapon megjelenő írások néhány kivétellel főképp a betonok, a betonok alkotóanyagai és az építési kőanyagok anyagtanai tulajdonságait tárgyalják. A honlapon található dolgozatok száma mintegy 420, ebből több mint 40 a műegyetemi tanórákon vetített bemutató (prezentáció). Örülnek, ha megelégedéssel használnák.

## 6. HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK ÉS IRÁNY-ELV

- BV-MI 01:2005 „Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladékok újrahasznosításával”. Beton- és vasbetonépítési műszaki irányelv. *fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata*
- ME-07.3114:1994 „Útépítési zúzott kőanyag”. Közlekedési ágazati szabvány
- MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” műszaki előírás, „3. fejezet: A beton alapanyagai” és „9. fejezet: Kopásálló betonok”. *Magyar Építőanyagipari Szövetség*
- MSZ 1992:1970 „Zúzott kőtermékek”
- MSZ 4719:1982 „Betonok”
- MSZ 4737-1:2002 „Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták”
- MSZ 4798-1:2004 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon”
- MSZ 4798:2016 „Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon”
- MSZ 18288-5:1981 „Építési kőanyagok szerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlásjellemzők számítása”
- MSZ 18290-1:1981 „Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kopási vizsgálat Böhme módszerrel”
- MSZ 18291:1978 „Zúzottkő”
- MSZ EN 197-1:2000 „Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelési feltételei”
- MSZ EN 206-1:2002 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés”
- MSZ EN 12620:2003 „Kőanyaghalmozatok (adalékanyagok) betonhoz”
- MSZ EN 13043:2003 „Kőanyaghalmozatok (adalékanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületkezeléséhez”
- MSZ EN 13242:2003 „Kőanyaghalmozatok műtárgyakban és útépítésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz”
- ÚT 2-3.601:1998 „Útépítési zúzott kőanyagok”. Ütügyi műszaki előírás, *Magyar Ütügyi Társaság*
- ÚT 2-3.601:2006 „Útépítési zúzottkővek és zúzottkavicsok”. Ütügyi műszaki előírás, *Magyar Ütügyi Társaság*
- ÚT 2-3.601-2:2009 (e-UT 05.01.14:2009) „Útépítési zúzottkővek és zúzottkavicsok. 2. rész: Zúzott kőanyaghalmozatok út-, pálya- és hídbetonokhoz”. Ütügyi műszaki előírás, *Magyar Ütügyi Társaság*
- ÚT 2-3.710:2008 „Útbeton betonhulladék újrahasznosításával”. Ütügyi műszaki előírás, *Magyar Ütügyi Társaság*

## 7. HIVATKOZÁSOK

- Abrams, D. A. (1919): „Design of concrete mixtures”, *Bull. 1. Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago*. pp. 1-20.
- Balázs Gy. (1994): „Beton és vasbeton. I. Az alapismeretek története”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*
- Betonopus honlap: <http://www.betonopus.hu>
- Bolomey, J. (1926): „Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton”, *Schweizerische Bauzeitung, Zürich*. Band 88. pp. 41-44.
- Böhme, E. P. (1892): „Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme und Abnutzbarkeit, Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 10 (5), pp. 188-229.
- Bronz könyv (1964): Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Mérnöki Kar, Budapest. p. 84.
- Fenyves H. – Kausay T. (1982): „Előregyártott közönséges és feszített vasbeton tartók betonjának rugalmassági modulusa”, *Építőanyag*. 34. évf. 3. sz. pp. 86-98.
- Feret, R. (1892): „Sur la compacité des mortiers hydrauliques. Boulogne, le 17 septembre 1891”, *Annales des Ponts et Chaussées, Paris*. No. 21. pp. 5-164.
- Hilsdorf, H. K. (1992): „Beton”, *Beton-Kalender 1992*. Teil I. pp. 1-126. *Verlag Ernst & Sohn, Berlin*
- Hummel, A. (1930): „Die Auswertung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitsmodul”, *Zement*. Heft 15. pp. 355-364.

- Kausay T. (1967): „Az adalékanyag alakjának hatása a betonszilárdságra”, *SZIKKTI 21. sz. tudományos közleménye. ÉTK, Budapest*
- Kausay T. (1968): „Die Kornzahl einer Probe bei der Bewertungs-Kornformprüfung” és „Weitere Ausführungen über die Kornzahl einer Probe bei der Bewertungs-Kornformprüfung”, *Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie. Mitteilungen*, No. 11. és 12. *ÉTK, Budapest*
- Kausay T. (1970): „A szemcsealak minősítéses vizsgálatának mintaelemszáma”, *Mélyépítéstudományi Szemle*. 20. évf. 8. sz. pp. 373-388.
- Kausay T. (1970). „A bauxitbeton felülvizsgálata során talált Citonit fődémekről”, *Építőanyag*. 22. évf. 1970. 8. sz. pp. 317-320.
- Kausay T. (1972): „Zusammenhang zwischen der Kornform von Splittprodukten und ihrem Zerkleinerungsverlust nach der Los Angeles-Prüfung”, *Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie. Mitteilungen*. No. 15. *SZIKKTI, Budapest*
- Kausay T. – Szirmai A. (1979): „Konzisztenciamérés betonkeverőgépekben”, *Építőanyag*. XXXI. évf. 5. sz. pp. 170-178.
- Kausay T. (1982): Repedésmentes feszített vasbetontartó regressziós eltolódási függvényének számítása zsebszámítógéppel”, *Építőanyag*. 34. évf. 1982. 10. sz. pp. 384-391.
- Kausay T. – Szirmai A. (1982): „Kőanyag és beton vágási kísérletek”, *Építőanyag*. 34. évf. 4. sz. pp. 127-137.
- Kausay T. (1983): „Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel”, *Építőanyag*. 35. évf. I. rész. 9. sz. pp. 346-358. és II. rész. 10. sz. pp. 376-386.
- Kausay T. (1989): „Betonok és acélok korrózióvédelme EPOFUR bevonatos eljárással”, *Korróziós Figyelő*. 29. évf. 6. sz. pp. 168-171.
- Kausay T. (1994): „Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása”, *Építőanyag*. 46. évf. 6. sz. pp. 166-173.
- Kausay T. (1999): „A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai”. A «Szálerősítésű betonok – a kutatástól az alkalmazásig» című konferencia kiadványa. *fib Magyar Tagozata, Budapest*, pp. 97-113.
- Kausay T. (2001): „Építési kőanyagok egykori magyar szabványrendszerre”, <http://www.betonopus.hu/notesz/msz-ko-szabvanyjegyzek/msz-ko-szabvanyjegyzek.pdf>
- Kausay T. (2004): „Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon”, *Vasbetonépítés*. VI. évf. 1. szám. pp. 3-11.
- Kausay T. (2008): „Zúzott betonadalékanyagok közetfizikai tulajdonságai a szabályozásban”. *Mérnökgeológia – Kőzetmechanika 2008. Konferencia-kiadvány*. pp. 259-270. *Mérnökgeológia – Kőzetmechanika Kiskönyvtár 7. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, Műegyetemi Kiadó, Budapest*
- Kausay T. (2011): „Visszaemlékezés a mezőberényi kitelepítésre”, fejezet a „Mezőberény Öröksége II. 1951. A kitelepítés” című könyvben, pp. 169-192. Szerkesztette Kisari Miklósné Chovanyecz Magdolna. *Orlai Petrics Soma Kulturális Központ, Mezőberény*
- Kausay T. (2013): „Beton. Könyv a betonszabvány néhány fejezetének értelmezéséről”. *Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., Budapest*
- Kempelen B. (1913): „Magyar nemes családok. V. kötet”, *Grill Károlyi Könyvkiadó Vállalata, Budapest*
- Mihailich Gy. (1936): „A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára”, *Mathematikai és Természettudományi Értesítő*. pp. 30.
- Mihailich Gy. (1942): „A beton- és vasbetonépítés újabb fejlődése”, *Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest*
- Palotás L. (1952): „Minőségi beton”, *Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest*
- Palotás L. – Kilián J. – Balázs Gy. (1968): „Betonszilárdítás”, *Műszaki Könyvkiadó, Budapest*
- Palotás L. (1979): „Mérnöki szerkezetek anyagtanai I. Általános anyagismeret”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*
- Puskásné H. I. – Kausay T. – Bodnár G. (1981): „Útépítési adalékanyagok testsűrűségi tulajdonságai”, *SZIKKTI 64. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI, Budapest*
- Schnell, J. – Loch, M. – Zhang, N. (2010): „Umrechnung der Druckfestigkeit von zwischen 1943 und 1972 hergestellten Betonen auf charakteristische Werte”, *Bauingenieur, Düsseldorf*. Band 85. pp. 513-518.
- Spindel, M. (1931): „Zeichnerische Darstellung des Zusammensetzung von Beton und Betonzuschlagstoffen im Vierstoffparallelogram”, *Beton und Eisen, Berlin*. Heft 1-2. pp. 18-21., 32-37.
- Stern, O. (1932): „Vorschlag für eine Norm: Kornpotenz, Feinheitsmodulloser Haufwerke” *Sparwirtschaft, Wien*. Heft 4. p. 125.
- SZIKKTI (1974): „A Betonszilárdítás tudományos tevékenysége 1953-1973”, *SZIKKTI 43. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI, Budapest*
- SZIKKTI (1983): „Beton Osztályának tudományos tevékenysége 1974-1980”, *SZIKKTI 72. sz. tudományos közleménye. SZIKKTI, Budapest*
- Talabér J. (1991): „Az aluminátcement-betonok tartóssága” *Akadémiai doktori értékezés. MTA, Budapest*
- Talabér J. (1996): „Az aluminátcementek mai szemmel”, *Építőanyag*. 4. szám. pp. 107-113.

# A FÖLDRENGÉSI TEHER SZÁMÍTÁSA MAGYARORSZÁGON: HELYI SPEKTRUMOK ALKALMAZÁSA

Jelen cikk azonos tartalommal megjelent a *MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK* lap 2016/1 szám 78-83. oldalain is.



Simon József – Dr. Vigh László Gergely

*Az Építési Törvény és az 2009 óta hatályos MSZ EN 1998-1 és 1998-2 szabványok értelmében nem építhető olyan épület Magyarországon, melynek szeizmikus hatásokkal szembeni állékonyságát nem igazolják. A szabvány a tervezési helyszínre vonatkozó szeizmikus veszélyeztetettséget a gyorsulási válaszspektrummal adja meg, melyből a földrengési terhek származtathatóak. A cikkben ismertetésre kerül a szabványosnál pontosabb helyszíni spektrumok valószínűségelméleti meghatározásának módja, valamint összehasonlító elemzést mutatunk be helyszíni és szabványos spektrumok között. A vizsgálatok alapján Magyarország területére a szabványban javasolt 2-es típusú spektrum használatát javasoljuk. Munkánk rövidtávú célja a helyszíni spektrumok megalkotása az ország egész területére. Átmeneti megoldásként a szabványos spektrumnál előnyösebb, a helyszíni spektrumnál azonban konzervatívabb spektrum előállítására is van lehetőség, melynek módszerét szintén bemutatjuk.*

**Kulcsszavak:** földrengési teher, tervezési válaszspektrum, helyi spektrum, szeizmikus veszélyeztetettség, maximális talajgyorsulás, effektív talajgyorsulás

## 1. BEVEZETÉS

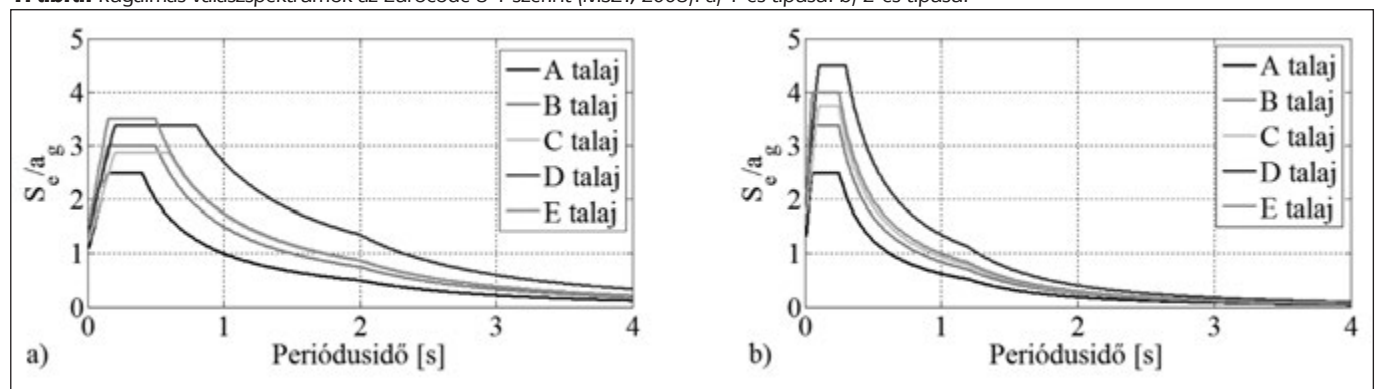
Az Építési Törvény értelmében az épületeket és hidakat szeizmikus hatásra méretezni kell. Magyarország az Európai Unió tagjaként 2009. január 1-től léptette életbe a földrengési méretezésre vonatkozó, jelenleg is hatályos magyar szabványt, az MSZ EN 1998-1 és 1998-2-t (röviden EC8-1 és EC8-2) a szükséges NA és NB nemzeti mellékletekkel együtt (MSZT, 2008; MSZT, 2015). Ennek értelmében 2009 óta nem építhető olyan épület, melynek szeizmikus hatásokkal szembeni állékonyságát nem igazolják.

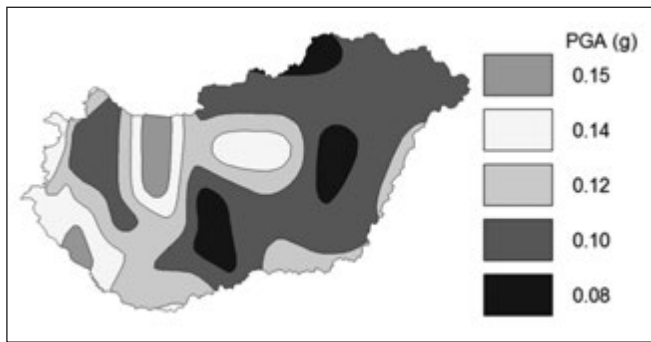
Az EC8-1 a tervezési helyszínre vonatkozó szeizmikus veszélyeztetettséget a szerkezet  $T_0$  periódusideje és az ún. spektrális gyorsulás  $S_e$  összefüggését megadó gyorsulási válaszspektrummal adja meg (1. ábra), melyből a földrengési terhek származtathatóak. A válaszspektrum függ a talajosztálytól (A-E, illetve S1 és S2 talajosztályok), a földrengés jellegétől (1-es vagy 2-es típusú), valamint az  $a_g$  sziklán mért maximális talajgyorsulástól. A szabvány 3.2.2.2 (2) pontjának

megjegyzésében a 2-es típusú válaszspektrumot javasolja 5,5 magnitúdónál alacsonyabb rengéssel jellemezhető területekhez. Ennek ellentmondva Magyarországon a nemzeti melléklet az 1-es típusú válaszspektrum alkalmazását írja elő.

Az EC8 új szemlélete felváltotta a korábbi intenzitás alapú földrengési teher meghatározási módszert, a tervezési helyszínre vonatkozó szeizmikus veszélyeztetettséget és az azt leíró gyorsulási válaszspektrumot a maximális talajgyorsulás ( $PGA$ ,  $a_g$ ) függvényében határozza meg. Az EC8-1 2.1.1(P) szerint: „A szerkezetet úgy kell megtervezni és megépíteni, hogy ellenálljon a 3. fejezetben meghatározott tervezési szeizmikus hatásnak helyi vagy globális összeomlás nélkül, így megtartva szerkezeti egységét és maradék teherhordó képességét a szeizmikus esemény után. A tervezési szeizmikus hatás függ: a) a szeizmikus hatás referenciaértékétől és a  $P_{NCR}$  túllépési valószínűség 50 éves  $T_{NCR}$  visszatérési periódussal számolt referencia értékétől; b) a különböző megbízhatósági szintek figyelembevételéhez szükséges  $\gamma_1$  fontossági tényezőtől”. A szabvány azt is megemlíti a fenti paragrafus 1. megjegyzésében, hogy a  $P_{NCR}$  és

1. ábra: Rugalmas válaszspektrumok az Eurocode 8-1 szerint (MSZT, 2008). a) 1-es típusú. b) 2-es típusú.





**2. ábra:** Magyarország szeizmikus zónatérképe (Tóth és munkatársai 2006).

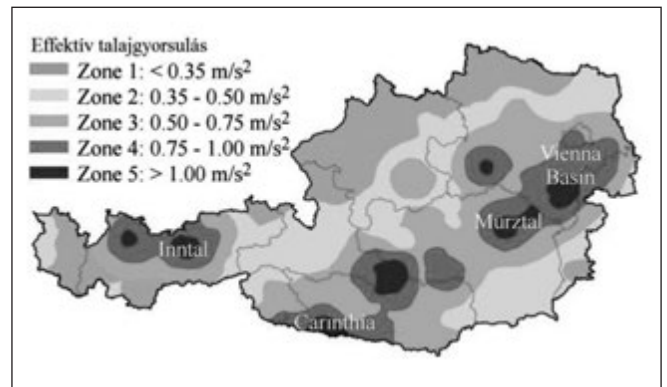
a  $T_{NCR}$  adott országban használható értékei az ország nemzeti mellékletében szabályozható (ajánlott értékek:  $P_{NCR} = 10\%$  és  $T_{NCR} = 475$  év).

2006-ban Tóth és munkatársai (2006) Zsíros (2000) által létrehozott földrengési katalógus adatait felhasználva elkészítették az ország teljes területére a maximális talajgyorsulás zónatérképe (2. ábra) a fenti ajánlott visszatérési időt figyelembe véve. Ezt a térképet tájékoztató jelleggel tartalmazza ugyan az NB jelű nemzeti melléklet, azonban az NA.2.1. pont szerint nincs végleges álláspont az alkalmazandó visszatérési időt illetően.

A 3-4-5. ábrákon néhány környező ország zónatérképeit mutatjuk be. Az egyes térképek határ menti szakaszait összevetve észrevehető, hogy a határ menti részekben eltérő értékeket kapunk a különböző térképek alapján: pl. az osztrák, illetve a szlovák határ mentén a magyar oldalhoz képest lényegesen kisebb értékeket láthatunk, míg a román határ mentén jellemzően magasabb alapgyorsulásokat ad meg a román szabályozás. Ez az eltérés természetesen fizikailag nem indokolható. Az eltérés vélhetően abból származik, hogy Szlovákia és Ausztria a maximális talajgyorsulással szemben az úgynevezett effektív talajgyorsulással (EPGA) dolgozik. Az effektív gyorsulás definíciója országonként változó. Matheu és munkatársai (2005) szerint például az alacsony periódusidőknél számolt spektrális gyorsulási értékből (válaszspektrum platója) indulunk ki, annak 2,5-es osztásával kaphatjuk meg az EPGA értékét. Az EPGA definiálása során azt vették figyelembe, hogy az épületek túlnyomó többsége tipikusan egy-két szintes falazott szerkezet, melyet alacsony periódusidő jellemez; az effektív talajgyorsulás ily módon egy fiktív intenzitásjellemző, mely az épület károsodásának mértéke és a földrengés erőssége közötti kapcsolatot teremti meg. Mindezek alapján kijelenthető, hogy a válaszspektrum konstruálása és a paraméterek értelmezése az európai országok között nem egységes. Egy 2011-es szlovák cikk (Sokol és munkatársai, 2011) is kiemeli ezt a problémát, hangsúlyozva a zónatérképek és az alapvető megfontolások harmonizálásának szükségességét.

A harmonizáció céljával valósították meg 2009-12 között az Európai Unió támogatásával létrejött Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE, 2015) projektet. A projekt egységes európai adatbázist hozott létre és Európa teljes területére, egységes elvek és módszerek mentén meghatározták a szeizmikus veszélyeztetettséget jellemző paramétereket és az ún. helyi vagy helyspecifikus válaszspektrumokat. A módszer általános alkalmazása feloldja az országok közötti ellentéteket.

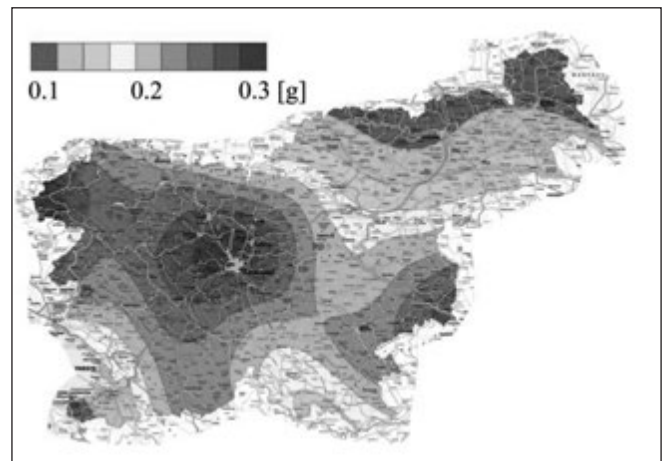
A BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken a vázolt problémák tisztázására indítottuk kutatásunkat (lásd pl. Simon és Vigh (2015) munkáját). A jelen cikkben röviden bemutatjuk a szeizmikus veszélyeztetettség valószínűségi módszerekkel történő meghatározásának és a helyi válaszspektrumok előállításának módját. Az eredmények elemzésével javaslatot teszünk a Magyarországon alkalmazandó válaszspektrumra.



**3. ábra:** Ausztria hatályos szeizmikus zónatérképe (ÖNORM B4015, 2002).



**4. ábra:** Szlovákia hatályos szeizmikus zónatérképe (STN, 2012).



**5. ábra:** Szlovénia hatályos szeizmikus zónatérképe (Solomos és munkatársai, 2008).

## 2. HELYI VÁLASZSPEKTRUMOK ELŐÁLLÍTÁSA VALÓSZÍNŰSÉGI MÓDSZEREKKEL

A méretezés során alkalmazott, helyszínre jellemző maximális talajgyorsulás referenciaértéke egy 50 év alatt  $P_{NCR}$  túllépési valószínűséggel jellemezhető szeizmikus eseményhez tartozó, sziklán mért talajgyorsulást fejez ki. (Megjegyezzük, hogy ez kifejezhető  $T_{NCR}$  visszatérési idővel is, pl. 50 év 10% túllépési valószínűség 475 év visszatérési időnek felel meg). Ennek meghatározásához ismernünk kell a maximális talajgyorsulás és a túllépési valószínűségek közötti összefüggést. Az összefüggést az ún. veszélyeztetettségi görbe adja meg, melyet valószínűségelméleti eszközökkel tudunk meghatározni egy adott tervezési helyszínre. A számítás részletei megtalálhatóak pl. Cornel (1968) munkájában, a következőkben csak a fontosabb lépéseket vázoljuk fel röviden.

A szeizmikus esemény nagyságát valamely, az epicentrum-

ban jellemző mérőszámmal, pl. magnitúdóval vagy intenzitással írjuk le. Ezzel szemben a tervezéshez a tervezési helyszínre jellemző hatás nagyságának – jellemzően a helyszínen mérhető talajgyorsulás vagy valamely karakterisztikus spektrális gyorsulási érték – meghatározása szükséges. A kettő kapcsolatát számos tényező – epicentrumtól mért távolság, talajviszonyok stb. – befolyásolja. Ennek megfelelően az adott tervezési helyszínre vonatkozó tervezési paraméterek meghatározásához a szeizmikus forrásokban keletkező földrengések gyakorisága és amplitúdója mellett ezen változók valószínűségi elemzése is szükséges.

Az eljárás első lépésében tehát meg kell határozni a mértékadó szeizmikus forrásokat a tervezési helyszín környezetében. A szeizmikus forrásokat azok szeizmicitásával jellemezzük, a jellemzés feljegyzett földrengések alapján történhet. A Gutenberg-Richter-féle (Gutenberg és Richter, 1944) visszatérési összefüggéssel megadható, hogy éves szinten hány földrengés lesz várhatóan nagyobb egy adott magnitúdó szintnél. Ebből számítható a különböző magnitúdójú események előfordulási valószínűsége, amelyet annak sűrűségfüggvényével jellemezzünk. A második lépés a tervezési helyszín és a források közötti távolságok lehetséges értékeinek felvétele. A magyar viszonyokat jellemző felületi források esetén feltételezhető, hogy azonos eséllyel pattan ki földrengés a forrás bármely pontján. Ez alapján a forrásfelületet felosztva számítható a helyszín-forrás távolság, mint valószínűségi változó sűrűségfüggvénye. A szeizmikus forrástól távolodva a földrengési hatás – pl. a maximális talajgyorsulás – csökken, csillapodik, melynek mértékét az ún. csillapodási függvény írja le. A vizsgálat utolsó lépésében az összes lehetséges magnitúdó és távolság kombinációját kiértékeljük a csillapodási függvény alapján, majd azokat a sűrűségfüggvényük szerint súlyozva kiszámítjuk a teljes valószínűségét annak, hogy a talajgyorsulás éves viszonylatban túllép egy adott értéket. Az 50 éves

túllépési valószínűségek – Poisson-eloszlást feltételezve – az éves referencia időtartamhoz tartozó eredményekből átszámíthatóak.

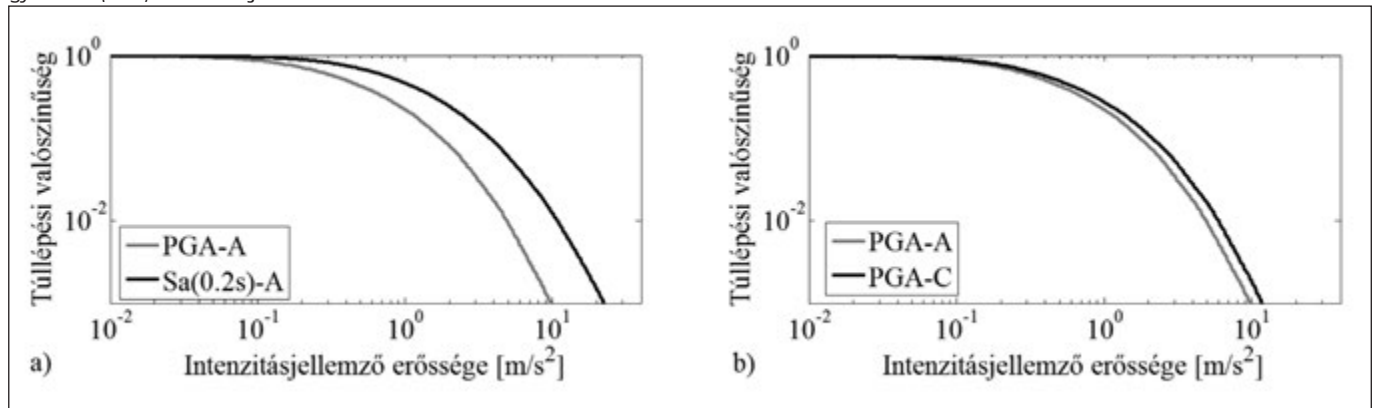
A kutatás keretein belül létrehoztunk egy olyan kiértékelő rendszert (Simon és Vigh, 2015), mely az ország bármely pontjára el tudja végezni ezeket a vizsgálatokat többféle intenzitásjellemzőre is (pl. maximális talajgyorsulás mellett spektrális gyorsulásokra is), valamint szikla mellett többféle talajosztályra. A 6. ábrán Komárom térségére mutatjuk meg a számítások eredményeit, melyen a veszélyeztetettség görbe látható a maximális talajgyorsulás és a 0,2 s periódusidőhöz tartozó spektrális gyorsulás esetén 50 éves referencia időtartamra, szikla talajosztályra. A  $P_{NCR} = 0,1$  értéknél leolvasott maximális talajgyorsulás érték adja a szabvány által javasolt tervezési referencia maximális talajgyorsulást. A 2. ábrán bemutatott térkép hasonló elvek szerint készült el, az ország megfelelő számú pontjában számították ezeket az értékeket, majd ebből zónákat hoztak létre (Tóth és munkatársai, 2006).

Amennyiben a számítást a maximális talajgyorsulás mellett megfelelő számú periódusidőhöz tartozó spektrális gyorsulásra is végrehajtjuk, előállíthatjuk az adott túllépési valószínűséghez tartozó helyi válaszspektrumot is. A 7. ábra Komárom térségére mutatja az eljárás eredményét A (szikla) és C típusú talajra egyaránt. Az ábrákon a hatályos EC8 szabvány szerinti spektrumokat is feltüntettük.

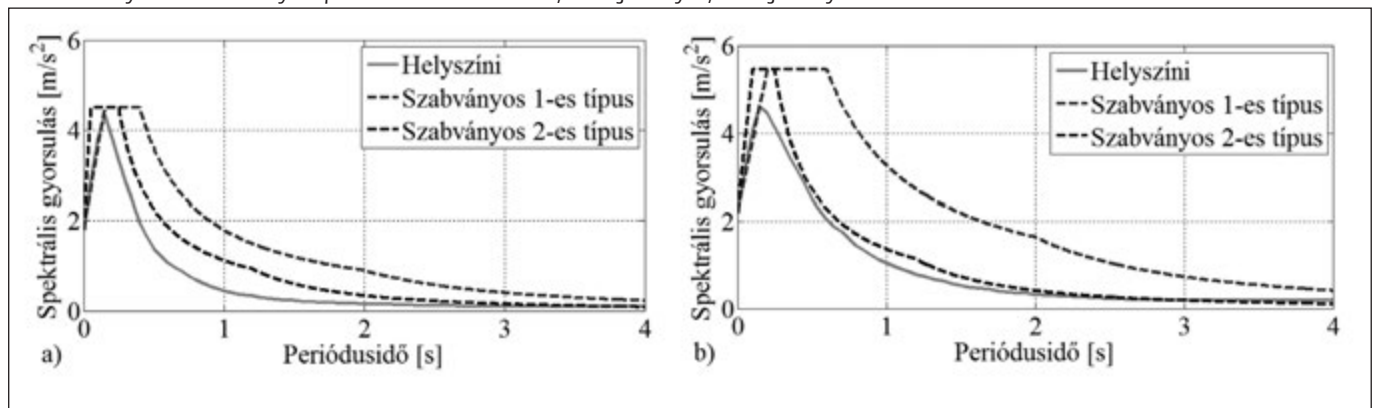
### 3. VÁLASZSPEKTRUMOK MAGYARORSZÁGON

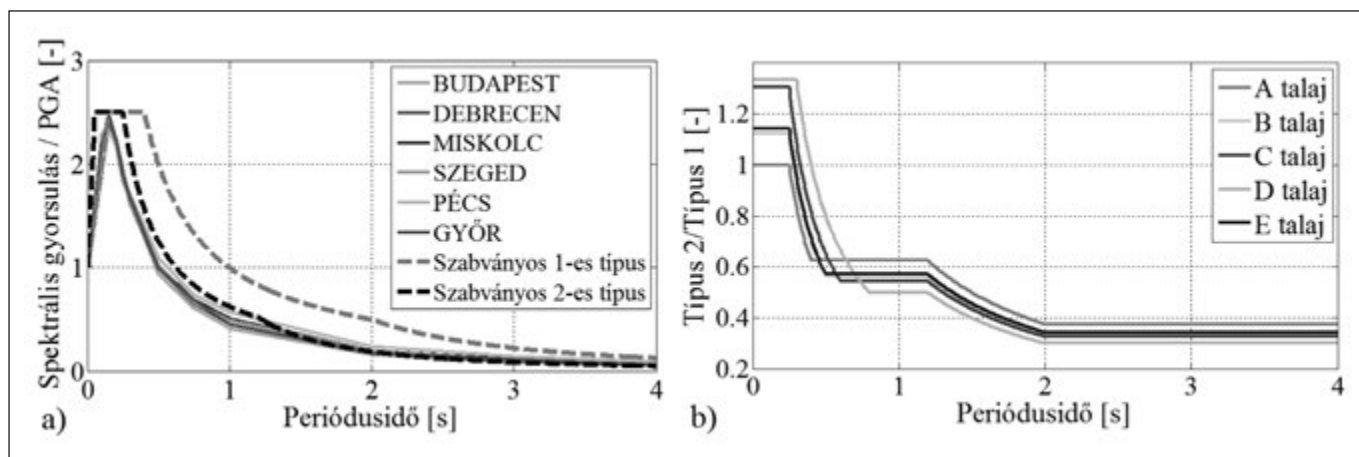
A számítást több magyar városra is elvégeztük, melynek eredményei alapján először a válaszspektrum alakjáról, majd a helyi válaszspektrumok alkalmazhatóságáról teszünk megállapításokat.

**6. ábra:** Veszélyeztetettség görbék Komáromra. a) Maximális talajgyorsulás (PGA) és  $S_a(0,2s)$  spektrális gyorsulás A talajra (szikla). b) Maximális talajgyorsulás (PGA) A és C talajra.



**7. ábra:** Helyszíni és szabványos spektrumok Komáromra. a) A talajosztály. b) C talajosztály.





8. ábra: Szabványos és helyi válaszspektrumok összehasonlítása Magyarországon. a) Szabványos és helyi válaszspektrumok néhány magyar város területére. b) A szabványos 2-es és 1-es típusú spektrum értékeinek aránya talajtípustól függően.

A számítások eredményeként kapott, normalizált, sziklára vonatkozó válaszspektrumok a 8a. ábrán láthatóak (az ábrán a válaszspektrumok az  $a_g$  maximális talajgyorsulásra normáltak). Az eredményeket a szabványos válaszspektrumokkal összevetve megállapíthatjuk, hogy a 2-es típusú szabványos spektrum jobban leírja a helyszíni spektrumot, mint a jelenleg az NA nemzeti mellékletben ajánlott 1-es típusú spektrum. Ez összhangban van az EC8-1 szabvány 3.2.2.2 (2) pontjának megjegyzésében tett javaslattal, miszerint 5,5 magnitúdónál alacsonyabb rengéssel jellemezhető területekhez a 2-es típusú válaszspektrumot javasolja. Így vizsgálataink szerint Magyarországon a 2-es típusú válaszspektrum alkalmazandó.

A 8b. ábrán a szabványos 1-es és 2-es típusú spektrum értékeinek hányadosa látható. Az ábra jól mutatja, hogy mely szerkezetek esetén jelent az új alak alkalmazása csökkenő, és mely esetben megnövekedett szeizmikus terhet. Megfigyelhető, hogy növekedés csak a 0,4 s alatti periódusidővel rendelkező szerkezetek esetén tapasztalható. Ennek mértéke B és E talaj esetén ~15%, C és D talaj esetén ~35%. Ilyen alacsony periódusidővel rendelkező szerkezetek pl. az alacsony 1-2 szintes falazott épületek, valamint az integráltan épített monolit kapcsolatú hidak. Magasabb periódusidővel rendelkező szerkezetek, így többszintes falazott épületek, többszintes acél és vasbeton vázas épületek, illetve tipikus gerendahidak esetén a csökkenés mértéke ~40%, még lágyabb szerkezetek esetén akár ~60%-os is lehet.

Az 7. és 8. ábrákon megfigyelhető továbbá az is, hogy a szabványos 2-es típusú spektrum alkalmazása egyes periódusidő tartományokban továbbra is konzervatív, magasabb értékeket (így szeizmikus terhet) ad a pontosnak tekinthető helyi válaszspektrumokhoz képest. Ennek oka, hogy a szabványos spektrum (melynek csak a maximális talajgyorsulás és a talajosztály a bemenő paramétere) túl általános, és nem veszi figyelembe például azt, hogy sok helyszínen a plató és a maximális talajgyorsulás aránya nem éri el a 2,5 értéket. (Az EPGA effektív gyorsulásból kiindulva az eredetileg helyszínen számított spektrum jobban közelíthető ezeken a szakaszokon is, ekkor azonban a nagyon rövid periódusidőknél tapasztalnánk eltéréseket).

Míndezek alapján megállapíthatjuk, hogy a bevezetőben vázolt problémák feloldására a helyi válaszspektrumok előállítása és alkalmazása jelentheti az elméletileg is megalapozott, minden periódusidő tartományban pontos megoldást. Az eddigi eredményekből az valószínűsíthető, hogy a helyi válaszspektrumok a jelenleg alkalmazott 1-es szabványos spektrumnál lényegesen kedvezőbb (alacsonyabb) értékeket szolgáltatnak egyes esetekben. Kutatásunk rövidtávú célja,

hogy a helyi spektrumokat az ország egész területére előállítsuk és a mérnöki közösség számára hozzáférhetővé tegyük (megjegyezzük, hogy az USA-ban és Olaszországban működnek hasonló weboldalak).

## 4. SHARE ADATBÁZIS

A bevezetőben említett Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE, 2015) adatbázisban – mely a [www.efehr.org](http://www.efehr.org) webcímen érhető el és szabadon felhasználható – rendelkezésre áll a helyi spektrum tetszőleges európai helyszínen. A következőkben röviden bemutatjuk az adatbázist és illusztráljuk annak alkalmazását.

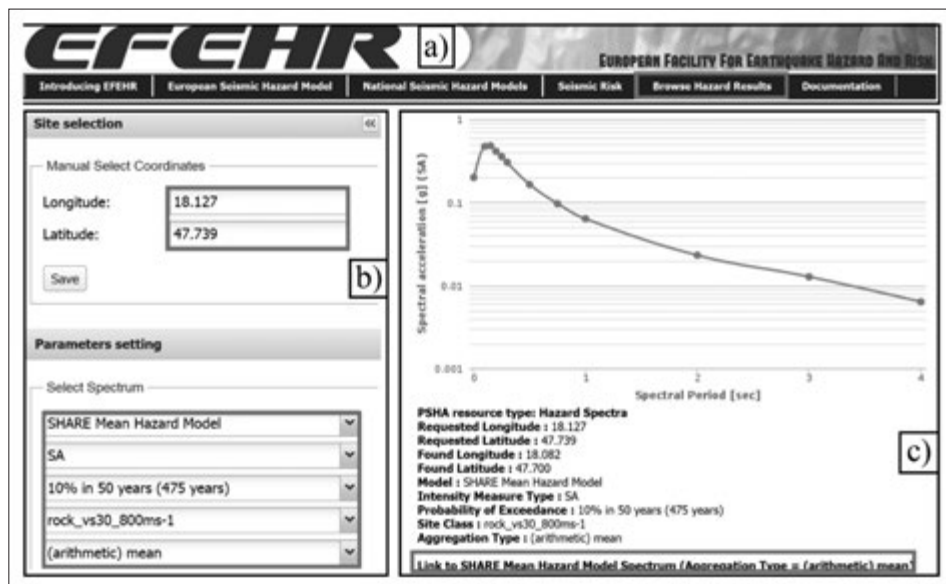
A helyi spektrumok a honlapon a *Browse Hazard Results*, azon belül is a *Uniform Hazard Spectra Viewer* menüpont alatt találhatóak (9a. ábra). A 9b. ábrán bemutatott módon a helyszíni GPS koordinátáit és néhány egyéb paramétert kell beállítani. A paraméterek megadása után az *UHS* fülre kattintva tekinthető meg a helyi spektrum (9c. ábra). Az értékeket táblázatosan is ki lehet menteni a *Link to SHARE Mean Hazard Model Spectrum* linkre kattintva (9c. ábra).

Az adatbázis jelenleg csak A (szikla) talajtípusra szolgáltat eredményeket, így a magyarországi helyszínekre – melyeket döntően C talajtípus jellemez – közvetlenül nem alkalmazható. Ennek átmeneti áthidalására (ameddig kutatásunk keretében a helyi spektrum minden talajosztályra nem készül el) javasolható, hogy a SHARE adatbázisból nyert, sziklára vonatkozó helyi spektrumot skálázva állítsuk elő a más talajosztályhoz tartozó spektrumot. A spektrális gyorsulás szempontjából a skálázás a szabványban megadott  $S$  paraméter alapján történhet, míg a plató hosszát a  $T_C$  paraméter alapján vehetjük fel.

## 5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A cikkben bemutatuk a helyi spektrumok előállításának módját és több magyar városra végrehajtott számítás eredményeit. Ezek alapján a következőket állapíthatjuk meg.

- Az egységes elven származtatott helyi spektrumok alkalmazása feloldja az egyes európai országok közötti értelmezésmódi k-ok alkalmazásával kedvezőbb, kisebb intenzitású földrengési terhet vehetünk figyelembe. A helyi spektrumok szabványos alkalmazhatóságáról minden ország a nemzeti mellékletben dönthet.
- Míndezek alapján javasoljuk a vázolt módszerrel származtatható helyi válaszspektrumok alkalmazását Magyarországon. Kutatásunk rövidtávú célja, hogy a helyi spektrumokat



9. ábra: A SHARE (2015) adatbázis alkalmazásának illusztrációja.

(vagy az azokra illesztett szabványos alakú spektrumokat) az ország egész területére és minden talajosztályra előállít-suk és a mérnöki közösség számára hozzáférhetővé tegyük.

- Átmeneti alternatív és konzervatív megoldásként a mérnökök számára javasoljuk a SHARE adatbázis alkalmazását a cikkben bemutatott módon.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen kutatás és cikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## 7. HIVATKOZÁSOK

- Cornel, C.A. (1968), „Engineering seismic risk analysis”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 8, No. 5, pp. 1583-1606
- Gutenberg, B., Richter, C.F. (1944), “Frequency of earthquakes in California”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 34, No. 4, pp. 185-188
- Matheu, E.E., Yule, D.E., Kala, R.V. (2005), „Determination of Standard Response Spectra and Effective Peak Ground Accelerations for Seismic Design and Evaluation”, *Report of U.S. Army Engineer Research and Development Center*, Vicksburg, MS
- MSZT (2008), „MSZ EN 1998-1:2008, Eurocode 8-1: Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok”, *Magyar Szabványügyi Testület*, Budapest
- MSZT (2015), „MSZ EN 1998-2:2015, Eurocode 8-2: Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 2. rész: Hidak”, *Magyar Szabványügyi Testület*, Budapest
- ÖNORM B4015 (2002), „Design loads in building - Accidental actions - Seismic actions - General principles and methods of calculation”, *Austrian Standards*

SHARE (2015), „Seismic Hazard Harmonization in Europe”, *SHARE – European Facility for Earthquake Hazard and Risk*, www.efehr.org (megtekintés: 2015. december)

Simon, J., Vigh, L.G. (2015), „Seismic vulnerability assessment of an existing highway bridge using hazard compatible ground motions”, *12th Hungarian Conference on Theoretical and Applied Mechanics*, Miskolc, Hungary

Sokol, M., Konečná, L., Čuhák, M., Dallemule, M. (2011), „Very Low Seismicity Areas in Slovakia and Comparison of Seismic Risks in Central European Countries”, *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. 19, No. 3, pp. 1–9

Solomos, G., Pinto, A., Dimova, S. (2008), „A review of the seismic hazard zonation in national building codes in the context of Eurocode 8”, *JRC Scientific and Technical Reports*

STN (2012), „STEN 1998-1/NA/Z2: National Annex to Eurocode 8-1”, *Slovak Office of Standards*

Tóth, L., Györi, E., Mónus, P., Zsíros, T. (2006), „Seismic Hazard in the Pannonian Region. The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards”, *Springer Verlag, NATO ARW Series*, Vol. 61, pp. 369-84.

Zsíros, T. (2000), “A Kárpát-medence szeizmicitása és földrengés veszélyessége: Magyar földrengés katalógus (456-1995)”, *MTA Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet*, Budapest

**Simon József** (1987) Okleveles építőmérnök (MSc), a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék doktorandusz hallgatója. Érdeklődési terület: hidak szeizmikus viselkedése, falazott szerkezetek diszkrét elemes analízise, merevített lemezek stabilitásvizsgálata. Doktori kutatásában mérsékelt szeizmicitású övezetekben épülő hidak fejlett szeizmikus analízisével, károsodáselemzésével és méretezésével foglalkozik.

**Dr. Vigh László Gergely** (1977) Okleveles építőmérnök, PhD. A BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken egyetemi docens. Kutatói ösztöndíjak: Osaka University, Stanford University, Bolyai. Hazai és nemzetközi szakmai szervezetek tagja (CEN/SC8/WG2, ECCS/TC13, MAGÉSZ, KTE Mérnöki Szerkezetek Szakosztálya elnökségi tagja, a Menyhárd Alapítvány kuratóriumi tagja). Kutatási területei: acél és alumínium vékonyfalú szerkezetek; valós és virtuális kísérleten alapuló tervezés; extrém hatásokra való méretezés (földrengés, tűz, szél, gyalogosdinamika).

### DETERMINATION OF THE SEISMIC LOAD IN HUNGARY: APPLICATION OF SITE-SPECIFIC RESPONSE SPECTRA

**József Simon – László Gergely Vigh**

In accordance with the operative Building Act and the MSZ EN 1998-1 and 1998-2 standards, no structures can be built without seismic design in Hungary. The standard specifies the seismic hazard of the design site via the acceleration response spectrum that can be used to calculate the seismic loads. In this paper, a probabilistic methodology is illustrated to determine site-specific spectra, besides, comparative evaluation of the site-specific and standard spectra is presented. Based on the results, the standard Type 2 spectrum is proposed for Hungarian sites. The short-term goal of our research is to create the site-specific spectra for the whole country. A temporary alternative is to use a spectrum which is less conservative than the standard spectrum, but more conservative than the site-specific spectrum. The methodology to determine such a spectrum is also presented in the paper.

**BETON FESZTIVÁL 2016**

Időpontja:  
**2016. szeptember 29.**

Helyszíne:  
**LURDY Rendezvényközpont**  
**1097 Budapest, Könyves Kálmán krt. 12-14.**

Jelentkezés: [www.beton.hu](http://www.beton.hu)



## DR. OROSZ ÁRPÁD 90. SZÜLETÉSNAPJÁRA



A mérnökgenerációk nevelésében kitűnt oktató, kiváló szakember, elismert vezető, szakmai társadalmi tevékenységében is érdemeket szerzett közéleti személyiség 1926. január 16-án született Szentesen. 1944-ben, középiskolai tanulmányai befejeztével a MÁV szolgálatába állt. Szovjet hadifogságba vitték, ahol építőipari munkát végzett. 1949-ben tért haza.

Beiratkozott a BME Mérnöki Karára, és évfolyama egyik legkiválóbb hallgatója lett. 1953-ban kítűnő minősítésű oklevele elnyerése után a MÁV Hídépítő Vállalatnál kezdte mérnöki munkáját, és ott dolgozott 1956-ig. Tudományos érdeklődése és jó oktatói érzéke az egyetemi munkához vezette. 1956-tól a II. sz. Hídépítéstani Tanszék tanársegéde volt, ahol adjunktussá, majd 1961-ben docenssé nevezték ki. Az időközben megalakult Vasbetonszerkezetek Tanszékén végzett kiváló munkájával nyerte el 1977-ben a tanszékvezetői megbízást és az egyetemi tanári kinevezést. 1991-ig vezette a tanszékot, 1995-ben nyugdíjazták, de mint professor emeritus napjainkig a tanszék aktív munkatársa. Tevékenységét az egyetemi vezetés elismerése, a tanszéki dolgozók mindenkori egyetértése, a hallgatók tisztelete és szeretete kísérte.

Időközben öt éven át volt oktatási dékánhelyettes, és közvetlenül a rendszerváltozás utáni időszakban dékán. A kar és az egyetem számos bizottságában töltött be jelentős funkciót. Sok új program, az egyetemi munkát szolgáló intézkedés fűződik nevéhez.

1959-ben szerzett akadémiai tudományos fokozatot. Főbb kutatási területei: Együttműködő szerkezetek, ipari és mezőgazdasági vasbeton építmények, vasbeton felületi tartószerkezetek, vízépítési műtárgyak. Oktató munkájának főbb területei is ezekre a tudományágakra terjedtek ki. Ugyancsak e témakörben tartotta előadásait a nappali és a szakmérnöki tagozatokon. Magas színvonalon adta elő a vasbeton lemezek, lemezművek, héjszerkezetek elméletét és gyakorlati ismereteit.

Részt vett az angol nyelvű oktatásban is. A silók, bunkerek, folyadéktartályok tudós szakértője. Ipari munkája is főként e területekre terjedt ki. Igen nagy számú publikációjának tárgya is legnagyobb részben ezekhez a kérdésekhez kapcsolódik. Több egyetemi jegyzet mellett két – Bölcskei Elemér társszerzőjeként írt - könyve a hazai szakirodalom hiánypótló műve. Számos nemzetközi és hazai konferencián, tanulmányútjain és más fórumokon előadásokat tartott angol, német és orosz nyelven.

Tagja az MTA műszaki mechanikai bizottságának, az IASS és a IABSE magyar tagozatának, a Közlekedéstudományi Egyesület mérnöki szerkezetek szakosztálya és a Mérnöki Kamara tartószerkezeti tagozata vezetőségének. Kiváló mérnöki felkészültségét több tervező iroda és építő vállalat szakértőjeként hasznosította.

Mérnöki éleslátása predesztinálta arra, hogy felismerje az építőiparban óhatatlanul fellépő hibákat, és módszert dolgozzon ki azok javítására, ill. elhárítására. E helyen nehéz lenne felsorolni azokat a jelentős szerkezeteket, amelyek értékes tanácsai nyomán valósultak meg. Oktató munkájában, az elméleti alapok és gyakorlati módszerek szintézisével gazdagította a mérnöktársadalmat.

Kiváló szervező és vezető volt.

Szakmai közéleti tevékenységével is hozzájárult a hazai építéstudomány és építőipar fejlesztéséhez. Munkáját sok elismerés kísérte, két érdemrend, számos érdemérem, kitüntetés.

Orosz Árpád professzor szakmai kiválóságán túl a mostani jubileuma alkalmával értékelnünk kell példamutató emberi tulajdonságait. Minden cselekedetével tanúbizonyságot tett segítő készségéről, megértő magatartásáról, szerénységéről, igazságérzetéről, a hallgatók és munkatársak iránti jóindulatról, bölcs nyugalmáról, következetességéről.

Szívből kívánjuk, hogy kiválóságát jó egészségben, igen sokáig kamatoztassa a magyar építőipar javára, családja és mindannyiunk örömére.

Balázs L. György

## GONDOLATOK A MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉGRŐL ÉS A MÉRNÖKI OKTATÁSRÓL

*A Tassi Géza és Orosz Árpád professzorok 90 éves születésnapjára, a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék által rendezett ünnepségen, tudományos ülésen elhangzott előadás rövidített és szerkesztett változata.*

Dr. Orosz Árpád

*A dolgozat bemutatja, hogy a társadalomban felhalmozott ismeret, azaz tudás, olyan érték, amely a társadalom fejlődésének alapvető feltétele. A tudás szervezett formában történő hatékony továbbadása az oktatásban valósítható meg. A tudás létesítményekben, alkotásokban testesül meg, amelyek a modern emberi élet alapvető feltételei és jelentős részben mérnöki alkotások. Ismertetjük a mérnöki tevékenység, gondolkodásmód, továbbá a mérnökképzés, oktatás néhány sajátosságát. A megállapítások elsősorban a szerzőnek az építőmérnök képzésben, ill. a mérnöki munkában eltöltött több mint hat évtizedes tapasztalatain alapulnak.*

### A FELHALMOZOTT ISMERETEK ÉS A FEJLŐDÉS

A felhalmozott ismeretek az egész társadalomban és az egyéneknél jelennek meg és ezt összefoglaló néven tudásnak

nevezhetjük. A tudás érték, amely értékalkotásra és értékrementésre osztható. Itt megjegyezzük, hogy a tudás korlátozás nélküli megszerzésének lehetősége alkotmányos jog, amelyet a társadalomnak kell biztosítani. Az értékalkotás az új ismeretek kifejlesztése és innováció, ugyanakkor az értékteremtés a munka, a gyakorlat területe. Nyilvánvaló, hogy az értékteremtő

munka mögött tudásnak kell lennie, a tudás nélküli munka ugyanis értékromboló, és káros. Ennek a két területnek a folyamatos egymásra hatása biztosítja a társadalmi és egyéni fejlődést, amely az emberi élethez szükséges alkotásokban, létesítményekben testesül meg.

## A MÉRNÖK ÉS A MÉRNÖKI LÉTESÍTMÉNYEK TÁRSADALMI SZEREPE

Az ember:

- termel
- tárol
- fogyaszt
- közlekedik, kommunikál
- pihen, harcol stb.

Az ezekhez szükséges létesítmények mind mérnöki eszközök, alkotások, amelyek nélkül nincs modern emberi élet.

De hát ki is az a mérnök? Tömören fogalmazva az alábbiakat mondhatjuk: (itt minden szónak jelentősége van)

*„A mérnök a társadalomnak az az elhivatott tagja, egy nagyszerű mesterség művelője, aki a természeti erőforrásokat, a természettudományok segítségével – másokkal együttműködve – olyan létesítmények, alkotások megvalósítására fordítja, amelyek a társadalom céljait szolgálják.”*

A mérnök ezért alkotásainak hatásaiért felelősséggel tartozik.

A mérnök társadalmi elismerése azonban nincs arányban a társadalom számára végzett tevékenységével. Sőt az utóbbi időben azt tapasztaljuk, hogy a társadalom egy részét a mérnöki létesítmények ellen hangolják. (Nem kell, káros, csúnya, ha mégis igen, akkor ne itt.) A jövő, ill. már a jelen mérnökei nem csak arra kell megtanítani, hogyan kell a létesítményeit megvalósítani, hanem arra is, hogyan kell ezeket a méltatlan támadások ellen megvédeni. (A Tisza tó 50 éve épült, mérnöki alkotás, ma már természetvédelmi terület, mai megvalósítása kétségesnek tűnik).

Itt megjegyezzük, hogy a fejlődés a társadalom és az egyén tudásszintjének emelésében jelenik meg. Döntő az egész társadalom tudásszintjének az emelése. Az egyén tudásszintjének a növelése szükséges, de nem elégséges a gyorsuló fejlődéshez. Ezt bizonyítják a fejlődő országok, ahol egy szűk értelmiség külföldön tanul, de ha hazatér akkor sem teszi lehetővé az egész társadalom tudásszintjének megfelelő emelkedését, ezért a fejlődés üteme lassú.

A mérnöki munka, ill. társadalom fejlődését meghatározó természettudományoknak az általános oktatásban és a társadalom életében betöltött szerepével, elismerésével kapcsolatban a szerzőnek kétségei vannak. A természettudományok oktatásban

való szerepét a fejlődés érdekében növelni kell.

## A TÁRSADALMI FEJLŐDÉS FELTÉTELEI

Már az ókori görögök is felismerték, hogy a társadalomban felhalmozott tudásnak az utódok számára való átadása leg-hatékonyabban, szervezett formában az oktatás keretében valósítható meg. Sokrates, Platon, Aristoteles az Athén melletti Akadémia nevű kertben sétálva tanították a fiatalokat. Az iskolákat a középkorban akadémiának nevezték, azonban ezen az úton több, mint kétezer éven át csak a társadalom szűk rétege, a kiváltságosak jutottak a tudáshoz. Az egész társadalomra kiterjedő általános alapoktatás csupán mintegy kétszáz éves, az alap, a közép és felsőfokú oktatásban részesülők aránya az utóbbi száz év alatt rendkívüli mértékben megnövekedett. Figyelemre méltó azonban, hogy alapoktatást, elemi iskolát végzett szülők gyerekeinek aránya a felsőoktatásban 100 évvel korábban, mintegy 3 % volt és ez nagyságrendileg a mai napig keveset változott. Ezen a területen sürgősen változtatni kell, mielőtt a társadalom jóvátehetetlenül két részre szakadna. Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a tudás korlátozás nélküli megszerzése alapvető jog, amit érvényesíteni kell.

A továbbiakban az általános társadalmi problémák helyett az építőmérnöki területtel foglalkozunk.

## AZ ÉPÍTŐMÉRNÖK KÉPZÉS ÁLTALÁNOS ALAPELVEI

Az építőmérnöki tevékenység legfontosabb területei az alábbiak:

- tervezés,
- kivitelezés, megvalósítás
- kutatás, fejlesztés
- beruházás, üzemeltetés
- oktatás stb.

Ezek közül a mérnökképzést, az oktatást alapvetően a tervezésre kell felépíteni. Ez a legalkalmasabb ugyanis az alkotókészség, a találékonyság, a mérnöki feladat megoldása során az üzemeltetés, a megvalósítás, a fenntartás igényeinek összehangolására. Itt figyelembe kell venni azt, hogy a mérnökség elsősorban mesterség, a mérnökök döntő többsége a megvalósításban és az üzemeltetésben tevékenykedik. Van olyan vélemény, hogy az oktatás középpontjában a kutatást kell beállítani. A tapasztalat viszont azt igazolja, hogy a diplomások mintegy 5%-a lesz alkalmas a kutató munkára, azaz a kutatóképzést külön kell kezelni.



## Előregyártott vasbeton szerkezetek

gyártmánytervezés • gyártás  
szállítás • szerelés • betonacél  
transzportbeton

[betonstar@betonstar.hu](mailto:betonstar@betonstar.hu)

Tel: +36 76/414-660

[www.betonstar.hu](http://www.betonstar.hu)



# A JÖVŐT ÉPÍTJÜK



A-HÍD ZRt.  
H-1138 BUDAPEST  
KARIKÁS FRIGYES U. 20.

[www.ahid.hu](http://www.ahid.hu)



**A-HÍD**