

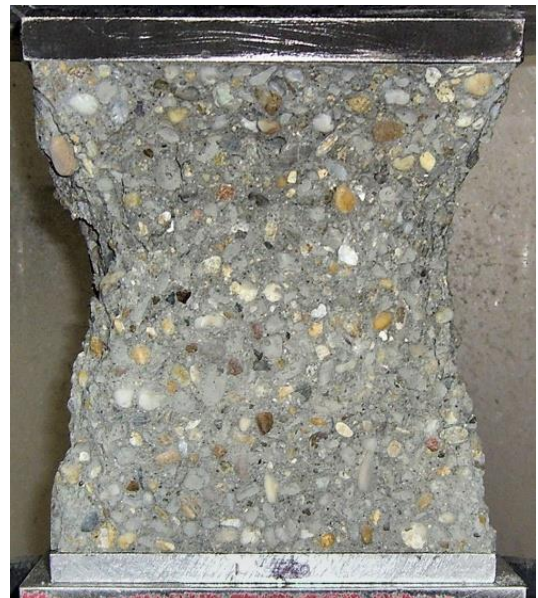
*Dr. Kausay Tibor*

# BETONOS<sup>e</sup>KÖNYV

*Anyagtani fogalmak,  
tulajdonságok,  
követelmények,  
vizsgálatok*

leendő és meglett  
építő- és  
építészmérnököknek  
*arról, hogy miként van ma,  
volt tegnap és lenne jó holnap*

**I. kötet**



**Budapest, 2020. június**

Szerző:

**Dr. Kausay Tibor PhD.**

okl. építőmérnök, okl. vasbetonépítési szakmérnök  
a műszaki tudomány kandidátusa  
címzetes egyetemi tanár  
*fib* Palotás-díjas  
MTA gróf Lónyay Menyhért-emlékérmes  
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Lektorok:

**Dr. Balázs L. György PhD.**

okl. építőmérnök, okl. mérnöki matematikai szakmérnök  
a műszaki tudomány kandidátusa  
egyetemi tanár  
*fib* Nemzetközi Betonszövetség tiszteleti elnöke  
*fib* Magyar Tagozatának elnöke  
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

**Dr. Erdélyi Attila**

okl. építőmérnök  
a műszaki tudomány kandidátusa  
ny. egyetemi docens  
*fib* Palotás-díjas  
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

**Dr. Träger Herbert**

okl. építőmérnök  
címzetes egyetemi docens  
Jáky-emlékérmes, Apáthy Árpád-díjas, Clark Ádám-életműdíjas  
*fib* Palotás-díjas

© Dr. Kausay Tibor

ISBN 978-615-00-6699-8

Magánkiadás

## TARTALOMJEGYZÉK

### BEVEZETÉS

#### A. ALAPISMERETEK

1. ÁLTALÁNOS RÉSZ
  - 1.1. MÉRTÉKEGYSÉGEK
  - 1.2. RÖVIDÍTÉSEK
  - 1.3. JELÖLÉSEK
  - 1.4. FOGALMAK
2. SZABVÁNYOKRÓL
  - 2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE
  - 2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN
3. SZERKEZETEK TERVEZÉSI ÉLETTARTAMA
4. BETONOK IGÉNYBEVÉTELÉNEK ÉS TEHERBÍRÁSÁNAK TERVEZÉSI ÉRTÉKE
  - 4.1. AZ IGÉNYBEVÉTEL TERVEZÉSI ÉRTÉKE
  - 4.2. A TEHERBÍRÁS TERVEZÉSI ÉRTÉKE
5. ÉPÍTMÉNYEK SZERKEZETI OSZTÁLYA
6. BETONFEDÉS
  - 6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE
  - 6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA
7. BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE

#### B. BETONTULAJDONSÁGOK OSZTÁLYAI

8. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY
  - 8.1. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY JELE
  - 8.2. MÉRTÉKADÓ NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY MEGHATÁROZÁSA
  - 8.3. KÜLÖNBÖZŐ KOROK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE
  - 8.4. NYOMÓSZILÁRDSÁGI FOKOZATOK
9. ÚTBETONOK HÚZÓ- ÉS NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYA
10. KÖRNYEZETI OSZTÁLY
  - 10.1. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÖVETELMÉNYEI
  - 10.2. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK TÁRSÍTÁSA
11. ADALÉKANYAG NÉVLEGES LEGNAGYOBB SZEMNAGYSÁGA
12. KONZISZTENCIA OSZTÁLY
  - 12.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIA OSZTÁLYA
  - 12.2. ÖNTÖMÖRÖDŐ-ÖNTERÜLŐ BETON KONZISZTENCIA OSZTÁLYA
13. TESTSÚRÚSÉGI OSZTÁLY
14. FRISS BETONOK KLORIDIONTARTALMÁNAK OSZTÁLYA

#### C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ
16. A CEMENT ÉS A BETON SZILÁRDULÁSI FOLYAMATA
  - 16.1. PORTLANDCEMENT HIDRATÁCIÓJA
  - 16.2. A VÍZ SZEREPE A CEMENTKÖBEN
  - 16.3. FIATAL BETON SZILÁRDULÁSI FOLYAMATA
17. KONZISZTENCIA

- 17.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA
- 17.2. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA
  - 17.2.1. Roskadási mérték meghatározása
  - 17.2.2. Területi mérték meghatározása
  - 17.2.3. Tömörítési mérték és a tömörödési tényező meghatározása
  - 17.2.4. VEBE-méteres átformálási idő meghatározása
  - 17.2.5. Egyéb hagyományos konzisztencia vizsgálati módszerek
  - 17.2.6. Konzisztencia becslés a betonkeverőgép áramfelvétele alapján
- 17.3. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA
- 17.4. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA
  - 17.4.1. Roskadási terület és  $t_{500}$  területi idő meghatározása
  - 17.4.2. Töleséres kifolyási idő meghatározása
  - 17.4.3. Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) terület vizsgálata
  - 17.4.4. FVB-vizsgálat az önterülőképeség, a viszkozitás és a blokkolódási hajlam meghatározására
  - 17.4.5. L-szekrényes (L-dobozos) kifolyás vizsgálata
  - 17.4.6. Fékező (blokkoló) rácsos vizsgálat U-alakú edényekben
  - 17.4.7. Fékező rudas folyási kiegyenlítődési képesség vizsgálata
  - 17.4.8. Fékező rudas átfolyási vizsgálat
  - 17.4.9. Ülepedési hajlam vizsgálata merülőrúddal
  - 17.4.10. Ülepedési hajlam, szétosztályozódási hajlam vizsgálata szitán
  - 17.4.11. Átmosási vizsgálat háromrészes edényben
  - 17.4.12. Kifolyási idő vizsgálata Orimet-csővel
  - 17.4.13. Viskozitás vizsgálata rheometerrel
  - 17.4.14. Megszilárdult öntömörödő beton szétosztályozódási vizsgálata szemrevételezéssel
- 17.5. ÉPÍTÉSHELYI BETONBETÖLÉSI KONZISZTENCIA
- 18. TESTSŰRŰSÉG
  - 18.1. FRISS BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA
  - 18.2. MEGSZILÁRDULT BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA
- 19. LEVEGŐTARTALOM
  - 19.1. FRISS BETON BENNMARADT LEVEGŐTARTALMA
    - 19.1.1. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása számítással
    - 19.1.2. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása méréssel
  - 19.2. MEGSZILÁRDULT BETON LÉGBUBORÉKTARTALMA, TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJE
  - 19.3. LÉGBUBORÉKKÉPZŐS SZILÁRD, FAGYÁLLÓ BETON LÉGBUBORÉKTARTALMÁNAK ÉS TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA
- 20. SZILÁRDSÁG
  - 20.1. NYOMÓSZILÁRDSÁG
    - 20.1.1. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel
      - 20.1.1.1. A nyomószilárdság-vizsgálati próbatetek törésképe

- 20.1.1.2. A gömbcsukló
- 20.1.1.3. A próbatest terhelt felületei tartományának alakváltozása
- 20.1.1.4. A nyomott felületek csiszolásának hatása a nyomószilárdságra
- 20.1.2. Különböző feltételek mellett meghatározott egyes vagy átlagos roncsolásos nyomószilárdság vizsgálati eredmények átszámítása
- 20.1.3. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásmentes és kevésbé roncsoló módszerrel
  - 20.1.3.1. Nyomószilárdság meghatározása *Schmidt*-kalapáccsal
  - 20.1.3.2. Nyomószilárdság meghatározása az ultrahang terjedési sebességének mérésével
  - 20.1.3.3. Nyomószilárdság meghatározása a kihúzóerő mérésével
- 20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedelme és szórása az átlagérték függvényében
  - 20.1.4.1. A beton nyomószilárdságának terjedelme és relatív terjedelme
  - 20.1.4.2. A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása

## FÜGGELÉK

F1. Extrémérték-eloszlás, extrémális-eloszlás

## HIVATKOZOTT JOGSZABÁLYOK

HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK, IRÁNYELVEK,  
SZABÁLYZATOK

HIVATKOZOTT IRODALOM



„Homines dum docent, discunt” „Tanítás közben az ember maga is tanul”  
(*Seneca*<sup>1</sup>, Levelei 7. Varietas delectat. Latin mondások. Minerva. 1986.)

Általában korán ébredek, télen megszokásból, nyáron azért, mert a nyitott ablakon át szívesen hallgatom a közeli parkban hajnali félnégykor megszólaló rigókat. Talán úgy gondolják, hogy ők ébresztik álmából a Napot, hiszen látva a sikert, nótázási kedvük alább is hagy. Lehet e rigó-hitben igazság, fűtyszavukat hallva nekem hamarabb virrad. Ilyenkor jönnek a legjobb gondolatok, s minthogy – akárcsak az egyre erősödő nagyvárosi zajban a rigók – könnyen el is szállnak, azokat sebtében fel kell jegyezni. Évtizedeken át ilyen jegyzetek halmazából noteszlapok százai teltek meg – ezeket a tisztelt Olvasó a Betonopus-honlapról ismerheti –, amelyeket rendezve, bővítve, frissítve íródott ez a betonos<sup>e</sup>könyv.

## BEVEZETÉS

E könyv a betonanyagotani ismereteket összefoglaló hosszabb munka első része.

Közvetlen előzménye a *Magyar Mérnöki Kamara* kiadásában és a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke* közreműködésével 2013-ban megjelent „Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése” című oktatási és továbbképzési kiadvány, amely az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány érvényességi idejének végén látott napvilágot.

Az EN 206-1:2000 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentumát (NAD), az MSZ 4798-1:2004 szabványt azért vonták vissza 2014. október 1-jén, mert forrás szabványait, az EN 206-1:2000 európai szabványt és módosításait az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 2013. december 1-jén és annak honosított változatát, az MSZ EN 206-1:2002 szabványt a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) 2014. július 1-jén visszavonta.

A 2013. december 1-jén érvénybe lépett új európai betonszabvány az EN 206:2013, ennek 2014. július 1-jén bevezetett honosított változata az MSZ EN 206:2014 jelzetet kapta. Az MSZ EN 206:2014 szabványt az EN 206:2013 módosítása kapcsán 2017. június 1-jén módosították, így ma az MSZ EN 206:2013+A1:2017 jelzetű honosított szabvány van érvényben.

A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 107 „Beton és előregyártott beton termékek” szabványosító műszaki bizottsága dr. Balázs L. György egyetemi tanár elnökletével a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványt felváltó új magyar betonszabvány kidolgozását 2014. június 24-én kezdte meg, amelynek eredményeképpen 2016. április 1-jén megjelent az EN 206:2013 európai szabvány új nemzeti alkalmazási dokumentuma, a ma is érvényes MSZ 4798:2016 jelzetű új magyar betonszabvány.

Az MSZ EN 206:2014 szabvány módosítását átvezetve az MSZ 4798:2016 szabvány 2017. június 1-jén formai módosításon (MSZ 4798:2016/1M:2017), 2017. november 1-én pedig jelentős mértékű tartalmi módosításon (MSZ 4798:2016/2M:2018) esett át.

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 jelzetű módosításra az MSZ 4798:2016 szabvány érvénybe lépése óta eltelt mintegy másfél év alatt szerzett tapasztalatok és összegyűlt észrevételek figyelembevételével adott – a hatékonyabb szabványhasználat érdekében – okot.

Az MSZ 4798:2016 szabványt az MSZ 4798:2016/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 módosításokkal együtt kell használni.

E változások miatt kezdeményezte a *Magyar Mérnöki Kamara* a „Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése” című könyv átdolgozását és bővítését, de végül a könyv túlnőtte a Magyar Mérnöki Kamara által vállalható kereteket.

A 2013-ban megjelent mérnöki kamarai könyv nem ölelte fel a beton teljes anyagát, hanem a beton, mint félkésztermék legfontosabb – a szabványos betonjellel megnevezett – termékminősítő

---

<sup>1</sup> Ifjabb *Lucius Annaeus Seneca* (Kr. e. 4, Cordoba – Kr. u. 65, Róma.) római filozófus és drámaíró, idősebb *Lucius Annaeus Seneca* (Kr. e. 54, Cordoba – Kr. u. 39, Cordoba) római szónok fia.

tulajdonságai és a beton alkotóanyagainak ugyancsak termékminősítő sajátságai köréből merítette tartalmát, ugyanakkor ennek az átfogóbb, teljesebb betonanyag-tani könyvnek, így annak I. kötetének is – amelyet az Olvasó kezében tart – a csírája lett.

A beton anyag-tana a beton tulajdonságaival foglalkozik, és talán nem túlzás, ha eredetét mintegy kétszázötven évvel ezelőtre tesszük. Az angol *John Smeaton* 1756-ban írta le, hogy a mész-kő-örleményhez agyagot adva olyan keveréket készített, amely kiegészítve, majd megőrölve és vízzel keverve víz alatt is megszilárdul, és a szilárdságát víz alatt is megtartja. E találmány alapján építette meg mész- és puccolántartalmú habarcs kötőanyaggal, gránitból az eddystone-i tengeri világítótoronyt.

A beton anyag-tana tehát régi és folyamatosan fejlődő tudományág, amelynek eredményei az építőmunkában hasznosulnak, a sikeres építményeken kívül legkézzelfoghatóbban úgy, hogy beépülnek a szabványokba. A szabvány társadalmi eszköz, amely a kor színvonalának megfelelő műszaki megoldások kedvező, egységes gyakorlati alkalmazását kínálja. A szabvány is folyamatosan változik, mert nem csak az adott tudományág fejlődését és a tapasztalatokat, hanem a társadalmi-gazdasági körülmények változását is követnie kell. A társadalomban és a gazdaságban a XX.-XXI. századforduló táján nagy változás következett be, és ez a szabványosításra is hatással volt: a magyar nemzeti szabványokat jórészt az európai szabványok váltották fel.

A szabványokon kívül szükség van olyan segédletekre, műszaki előírásokra és irányelvekre, szabványalkalmazási magyarázatokra, vagy akár példatárakra, amelyek a napi betonépítési feladatokban segítik az építési folyamat résztvevőit, a beruházókat (megrendelőket, vásárlókat), tervezőket, gyártókat, építőket (kivitelezőket), műszaki ellenőröket, laboratóriumi kutatókat, és amelyekre számos osztrák, német, brit stb. példa található.

Ezért célszerű áttekinteni, hogy a mai társadalmi-gazdasági viszonyokat is kifejező európai szabványok miként kezelik a betonanyag-tani ismereteket, és nemzeti szempontjaink ebben az új szabványrendszerben miként érvényesíthetők. Mindezek összefoglalása azért fontos, mert a betonszabványok alkalmazása nélkül jó minőségű és tartós betont eredményező, üzletileg is sikeres építőmunka nem végezhető, és a szabványok helyes alkalmazása azok tartalmi háttérét képező betonanyag-tani törvényszerűségek ismerete nélkül elképzelhetetlen.

A könyv voltaképpen építő- és építészmérnöki ismeretterjesztő, oktatási és továbbképzési kiadvány. A jó pap holtig tanul és ismereteit továbbadja, miközben abból maga is továbbtanul. A jelmondatként választott fenti *Seneca*-bölcsmondás igazságtartalmát a szerző is tanúsítja.

A szerző köszönettel tartozik a könyv megjelenését támogató szervezeteknek és kollégáknak, elsősorban a *BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszéknek* és elődjének – ahol ismereteit évtizedeken át gyarapította –, ezek munkatársainak és vezetőinek, mindenk előtt *dr. Balázs L. György* egyetemi tanár úrnak, a Tanszék tizenkilenc éven át volt korábbi vezetőjének; a lektoroknak, *dr. Balázs L. György* egyetemi tanár úrnak, *dr. Erdélyi Attila* ny. egyetemi docens úrnak és *dr. Träger Herbert* ny. hídosztályvezető, címzetes egyetemi docens úrnak; valamint *dr. Kiss Jenő* okl. építészmérnök, címzetes egyetemi tanár úrnak, a műszaki tud. kandidátusának, a Magyar Mérnöki Kamara Építési Tagozatának elnökének, aki a könyv megjelenését fáradhatatlanul szorgalmazta, továbbá mindazoknak, akik adatközléssel voltak szívesek annak tartalmát gyarapítani; és nem utolsó sorban a kéziratot könyvvé, széles körben elérhető, kézzel fogható gondolatsorral alakító könyvkiadónak és nyomdának.

Budapesten, 2019 decemberében

Dr. Kausay Tibor



## A. ALAPISMERETEK

### 1. ÁLTALÁNOS RÉSZ

#### 1.1. MÉRTÉKEGYSÉGEK

Az első mértékegységrendszert *Carl Friedrich Gauss* (1777-1855) német matematikus 1832-ben dolgozta ki, majd az 1881. évi párizsi mértékegység konferencián cgs-mértékrendszer néven véglegesítették. Magyarországon a méter hosszmérték kötelező használatát a súly- és erőmértékről is rendelkező, „a métermérték behozataláról” szóló 1874. évi VIII. törvénycikk rendelte el 1876. január 1. hatállyal.

A CGS-mértékegységrendszerben a gramm tömeget és súlyt (erőt) is kifejezett, amelyek megkülönböztetéséről és az erőnek, mint új alaplómértékegységnek a bevezetéséről 1901 októberében az Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia (CGPM, Conférence générale des poids et mesures) határozott.

E műszaki-technikai mértékegységrendszert – minthogy a hosszúság mértékegysége a kilogramm (kg) és az erő mértékegysége a kilopond (kp) lett – m-kp-s, illetve MKpS-mértékegységrendszernek nevezték el.

Jelenleg hazánkban és Európában a mértékek kifejezésére az SI nemzetközi mértékegységrendszert használjuk. Az SI rövidítés a mértékegységrendszer francia elnevezéséből ered: *Système International d’Unités*. Az SI-mértékegységrendszer kidolgozása fél évszázadnál is tovább tartott, míg végül 1960-ban a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság elfogadta. Magyarországon az SI-mértékegységrendszert 1976-ban, a 8/1976. (IV. 27.) MT számú rendelettel vezették be. Ezt követően, 1978 és 1984 között látott napvilágot, és 2012 októberéig volt érvényben a 14 szabványból álló, az új fizikai mennyiségek nevével és jelével foglalkozó MSZ 4900 szabványsorozat. Az SI-mértékegységrendszer építőipari alkalmazását az MSZ 15015:1979 szabvány tárgyalta; ezt a szabványt 2003. november 1-jén visszavonták.

A mennyiségek és mértékegységek mai, szabványos alkalmazásának alapját az SI-mértékegységrendszer továbbfejlesztésére a 2000-es évek elején született ISO 80000 nemzetközi szabványsorozat képezi, amellyel a fizikai, fizikai-kémiai, matematikai stb. mennyiségek nevének és jelének fogalmát, írásmódját, használatát egységesítették. Az ISO 80000 szabványsorozattal létrehozott mértékegységrendszer neve: Mennyiségek Nemzetközi Rendszere (ISQ, International System of Quantities). Az ISQ-rendszer az SI-mértékegységrendszeren alapul, azzal tehát nem ellentétes, a két rendszer egymásnak megfelel. Az ISQ-rendszer hét alaplómennyisége, akárcsak az SI rendszeré: hosszúság, tömeg, idő, áramerősség, hőmérséklet, anyagmennyiség, fényerősség. Az ISO 80000 jelű szabványsorozatba tizennégy szabvány tartozik, tárgykörei: általános előírások, matematikai jelek és szimbólumok, tér és idő, mechanika, termodinamika, elektromágnesség, fény, akusztika, fizikokémia és molekuláris fizika, atomfizika és nukleáris fizika, jellegzetes számok, félvezető fizika, információtudomány és -technika, humán fiziológiához tartozó telebiometria. Az ISO 80000 jelű szabványokat Magyarországon MSZ EN ISO, MSZ ISO vagy MSZ EN betűjellel vezették be, például az általános elveket az MSZ EN ISO 80000-1:2013, a mechanikai egységeket (értsd alatta mértékegységeket) az MSZ ISO 80000-4:2012, a termodinamikai egységeket MSZ ISO 80000-5:2012, a tér- és az időegységeket az MSZ ISO 80000-3:2012, a jellegzetes számokat az MSZ ISO 80000-11:2012, a matematikai jeleket az MSZ ISO 80000-2:2012 szabványban tárgyalják.

Az ISQ-rendszer és az SI-mértékegységrendszer lényegi azonossága folytán az SI-mértékegységrendszer mértékegységei az 1991. évi XLV. törvény és a végrehajtásáról szóló 127/1991. (X. 9.) Korm. rendelet értelmében ma is törvényes mértékegységek.

A Versailles-ban 2018. november 13. és 16. között tartott CGPM Általános Súly- és Mértékügyi Konferencián állásfoglalást adtak ki a mól, a kilogramm, a kelvin, és az amper fogalma új meghatározásának szükségességéről, amelynek alapján az átdogozott fogalmak 2019. május 20 óta érvényesek (BIPM/2019).

Az SI-mértékegységrendszerben hét alap mértékegység van, az összes többi mértékegységet (a sík- és térszög egységének kivételével) az alap mértékegységekkel fejezik ki. A származtatott mértékegységeken belül meg szokták különböztetni az önálló nevű SI-mértékegységeket, az önálló névvel nem rendelkező SI-mértékegységeket, az SI mértékrendszeren kívüli törvényes mértékegységeket, továbbá az SI-mértékrendszeren kívüli nem törvényes mértékegységeket (1.1. táblázat).

A legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek névadó tudósainak alapvető életrajzi adatait a 1.2. táblázatban tüntettük fel.

### 1.1. táblázat: SI-mértékegységek

Fogalom	Mértékegység		Mértékegység jele a Gauss-féle cgs-rendszerben
	jele	neve	
<b>Alap mértékegységek</b>			
Hosszúság, út, lehajlás, hullámhossz	m	méter	cm = 10 <sup>-2</sup> m
Tömeg	kg	kilogramm	g = 10 <sup>-3</sup> kg
Idő	s	másodperc	s
Áramerősség	A	amper	–
Hőmérséklet	K	kelvin	–
Anyagmennyiség	mol	mól	–
Fényerősség	cd	kandela	–
			Kifejezés más mértékegységgel
<b>Legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek</b>			
Erő (= tömeg×gyorsulás) Súly, súlyerő, nehézségi erő (= tömeg×nehézségi gyorsulás)	N	newton	N = kg×m/s <sup>2</sup> Az 1 kg tömegű test súlya = 9,81 N 1 tonnasúly = 10 <sup>3</sup> ×9,81 N ~ 10 kN
Nyomás és mechanikai feszültség, elsősorban szilárd testek esetén (= erő/felület) Rugalmassági (Young-) modulus	Pa	pascal	Pa = N/m <sup>2</sup> 1 MPa = 10 <sup>6</sup> Pa = = 1 N/mm <sup>2</sup> = = 1000 kN/m <sup>2</sup>
Munka, energia, hőenergia (= erő×út)	T	joule	T = N×m = = 0,23892 cal (kalória)
Teljesítmény (= munka/idő)	W	watt	W = T/s 1000 W = 1,3598 LE
Frekvencia vagy rezgésszám (= 1/rezgésidő)	Hz	hertz	Hz = 1/s
Elektromos feszültség	V	volt	V = W/A = = m <sup>2</sup> ×kg/(s <sup>3</sup> ×A)
Elektromos ellenállás	Ω	ohm	Ω = V/A = = m <sup>2</sup> ×kg/(s <sup>3</sup> ×A <sup>2</sup> )
Elektromos kapacitás	F	farad	F = A×s/V = s/Ω = = A <sup>2</sup> ×s <sup>4</sup> /(m <sup>2</sup> ×kg)
Elektromos töltés	C	coulomb	C = A×s

Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve			
Terület, felület	$m^2$		$m^2 = 10^4 \text{ cm}^2$
Fajlagos felület (= felület/tömeg)	$m^2/\text{kg}$		$m^2/\text{kg} = 10 \text{ cm}^2/\text{g}$
Térfogati fajlagos felület (=felület/térfogat)	$m^2/m^3$		$m^2/m^3 = m^{-1} = 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$
Térfogat	$m^3$		$m^3 = 10^6 \text{ cm}^3$

1.1. táblázat folytatódik

1.1. táblázat folytatása

Fogalom	Mértékegység		Kifejezés más mértékegységgel
	jele	megjegyzés	
Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve (folytatás)			
Inercia- (tehetetlenségi) nyomaték	$m^4$		$m^4 = 10^8 \text{ cm}^4$
Keresztmetszeti tényező, vagy más néven keresztmetszeti modulus	$m^3$		$m^3 = 10^6 \text{ cm}^3$
Sebesség, Darcy-féle vízáteresztési együttható (= út/idő)	$m/s$	$\mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$	$m/s = 10^{-3} \text{ mm}/\mu\text{s}$
Gyorsulás (= sebesség/idő)	$m/s^2$		$m/s^2$
Sűrűség fogalomköre: anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség (= tömeg/térfogat)	$\text{kg}/m^3$	Az 1 $\text{kg}/m^3$ anyagsűrűségű test	$\text{kg}/m^3 = 10^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3 = 10^{-3} \text{ kg}/\text{liter}$
Fajsúly fogalomköre: fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly (= súly/térfogat)	$\text{N}/m^3$	fajsúlya 9,81 $\text{N}/m^3$	$\text{N}/m^3 = \text{kg}/(\text{m}^2 \times \text{s}^2)$
Fajhő (újabb neve: fajlagos hőkapacitás) [= hőenergia/(tömeg×hőmérséklet-különbség)]	$\text{T}/(\text{kgK})$		$\text{T}/(\text{kg} \times \text{K}) = \text{m}^2/(\text{s}^2 \text{K})$
Hőtágulási együttható	$1/\text{K}$		
Hővezetési tényező (anyag jellemző)	$\text{W}/(\text{mK})$		
Hőátbocsátási tényező (szerkezeti jellemző) (= hővezetési tényező/rétegvastagság)	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$		
Lég-áteresztőképesség (hidrodinamikai permeabilitás)	$m^2$		
Párovezetési (páradiffúziós) tényező (anyag jellemző)	$\text{kg}/(\text{msMPa})$		$\text{kg}/(\text{ms} \times \text{MPa}) = 1000 \text{ g}/(\text{m} \times \text{s} \times \text{MPa})$
Páraátbocsátási tényező (szerkezeti jellemző) (= párovezetési tényező/rétegvastagság)	$\text{kg}/(\text{m}^2 \text{sMPa})$		$\text{kg}/(\text{m}^2 \text{s} \times \text{MPa}) = 1000 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{sMPa})$
Diffúziós együttható, tényező (áramlási erősség/sűrűség-gradiens)	$m^2/s$		$\text{cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Törvényes, az SI-mértékrendszeren kívüli legfontosabb mértékegységek			
Hőmérséklet	$^\circ\text{C}$		$^\circ\text{C} = \text{K} - 273,15$
Térfogat	liter		liter = $10^{-3} \text{ m}^3$

1.1. táblázat folytatódik

## 1.1. táblázat folytatása

Fogalom	Mértékegység		Kifejezés más mértékegységgel
	jele	neve	
Fontos származtatott SI-mértékegységek, amelyeknek nincs önálló neve (folytatás)			
Folyadékok és gázok nyomása	bar		bar = 10 N/cm <sup>2</sup> = = 0,1 N/mm <sup>2</sup> = = 1 att = 2 ata
Légnomás	1 atm (fizikai atmoszféra) = 760 Hg mm = 101325 N/m <sup>2</sup> = 1,01325 bar = = 1,033 at = 760 torr ~ 0,1 MPa = 100 kPa = 0,1 N/mm <sup>2</sup> 1 at (technikai atmoszféra) = 98066,5 N/m <sup>2</sup> = 0,980665 bar = 0,967841 atm = = 735,6 torr 1 ata (abszolút technikai atmoszféra) = 1 at 1 att (technikai atmoszféra túlnyomása, az 1 at feletti nyomás) = 2 ata, és például 2 att = 3 ata, 3 att = 4 ata stb. atü, Atmosphäre Überdruck = az att atmoszféra túlnyomás német jele		
Nem törvényes, az SI-mértékrendszeren kívüli mértékegységek			
Vízoszlop nyomás	1 vízoszlop-milliméter nyomást fejt ki az 1 mm magasságú vízoszlop, ha a külső nyomás 1 atm A beton MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti vízzáróság vizsgálata során alkalmazott 5 bar = 0,5 N/mm <sup>2</sup> víznyomás az 50 m magasságú vízoszlop nyomásának (50 H <sub>2</sub> O m) felel meg.		H <sub>2</sub> O mm (vízoszlop-milliméter) = = 9,81 N/m <sup>2</sup> = 10 <sup>-4</sup> at  H <sub>2</sub> O m = 9,81 × 10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup> = = 9,81 × 10 <sup>-3</sup> N/mm <sup>2</sup> ~ ~ 0,01 N/mm <sup>2</sup> = 0,1 bar
Dinamikai viszkozitás, vagy egyszerűen viszkozitás, belső súrlódási tényező (belső súrlódás, az a nyíróerő, amely elsősorban a folyadékok belsejében, az alakváltozással szemben hat)	P	poise	P = g/(cm×s) 10 P = 10 <sup>3</sup> cP = 1 N×s/m <sup>2</sup> = = 1 kg/(m×s) = 1 Pa×s cP = mPa×s (cP = centipoise = = millipascal×sec)
	A 20,2 °C hőmérsékletű víz viszkozitása 1 cP		
Kinematikai viszkozitás (dinamikai viszkozitás/sűrűség)	St	stokes	St = cm <sup>2</sup> /s 10 <sup>4</sup> St = 10 <sup>6</sup> cSt = 1 m <sup>2</sup> /s (cSt = centistokes)
A mértékegységek 1.1. táblázatának részletesebben kidolgozott – ennek a könyvnek a lapjain el nem férő – változata a következő weboldalon található: <a href="http://www.betonopus.hu/notesz/mertekegyseg/mertekegyseg.pdf">http://www.betonopus.hu/notesz/mertekegyseg/mertekegyseg.pdf</a>			

**1.2. táblázat:** Legfontosabb önálló nevű származtatott SI-mértékegységek névadó tudósai

amper	André Marie <b>Ampère</b>	(1775-1836) francia fizikus
celsius	Anders <b>Celsius</b>	(1701-1744) svéd fizikus
coulomb	Charles Augustin de <b>Coulomb</b>	(1736-1806) francia fizikus
farad	Michael <b>Faraday</b>	(1791-1867) angol fizikus
hertz	Heinrich <b>Hertz</b>	(1857-1894) német fizikus
joule	James Prescott <b>Joule</b>	(1818-1889) francia származású angol fizikus
kelvin	William Thomson <b>Kelvin</b>	(1824-1907) angol fizikus
newton	Sir Isaac <b>Newton</b>	(1642-1727) angol fizikus, matematikus
ohm	Georg Simon <b>Ohm</b>	(1787-1854) német fizikus
pascal	Blaise <b>Pascal</b>	(1623-1662) francia matematikus, filozófus
poise	Jean Louis <b>Poiseuille</b>	(1799-1869) francia orvos és fizikus
stokes	George Gabriel <b>Stokes</b>	(1819-1903) angol fizikus, matematikus
volt	Alessandro <b>Volta</b>	(1745-1827) olasz fizikus
watt	James <b>Watt</b>	(1736-1819) angol finommechanikus, gépész

Megjegyzések az 1.1. táblázathoz a <sup>2</sup>, <sup>3</sup> és <sup>4</sup> lábjegyzetben található, az utóbbi az 1.2. táblázattal is kapcsolatos.

<sup>2</sup> A hét SI alapegység meghatározása a következő:

- Egy *másodperc* (s) az alapállapotú <sup>133</sup>Cs atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetének megfelelő sugárzás periódusidejének 9192631770-szorosa. (A cézium (Cs) a legnehezebb alkálifém, sűrűsége 1,9 g/cm<sup>3</sup>.)
- Egy *méter* (m) az a távolság, amelyet a fény vákuumban 1/299792458 másodperc alatt tesz meg (*Bay Zoltán* professzor meghatározása).
- Egy *kilogramm* (kg) a kilogramm-prototípusnak nevezett test tömegével egyenlő. A kilogramm volt az egyetlen alapegység, amelyet 2019 májusa előtt nem természeti mennyiséggel, hanem mesterséges etalonnal, az úgy nevezett „öskilogrammal” határoztak meg. Az öskilogrammot a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, a Párizs melletti Sèvres-ben őrzik. 1998. szeptember 29-i hír az OMIKK honlapjáról: „Az Egyesült Államok szabványügyi intézete, a National Institute of Standards and Technology fizikai laboratóriumának kutatói minden eddiginél pontosabban megmérték a mikrovilág egyik legfontosabb fizikai állandója, a *h Planck-állandó* értékét, ami megnyithatja az utat ahhoz, hogy a tömeg egysége, a kilogramm fogalmát (definícióját) mérhető természetes mennyiséghez kössék.” A CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásának megfelelően a kilogramm új fogalom-meghatározása (definíciója) 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).

Megjegyzés: *Max Karl Ernst Ludwig Planck* (1858, Kiel – 1947, Göttingen) Nobel-díjas német elméleti fizikus, a kvantummechanika megalapozója. Egyetemre Münchenben és Berlinben járt, termodinamikai értekezésével 1878-ban doktorált. 1885-ben a kiel Christian Albert Egyetem rendkívüli egyetemi tanára, 1889-ben a Berlieni Egyetem elméleti fizika – belépésekor rendkívüli egyetemi tanára – professzora lett. 1894-ben a Porosz Tudományos Akadémia fizika-matematikai osztályának rendes tagja, 1912-től örökös titkára volt. A hatáskvantum felfedezéséért a Nobel-díjat 1919-ben kapta meg. A II. világháború – beleértve a megelőző éveket is – nehéz megpróbáltatásokat hozott az idős *Max Planck* életében. Fiát, Erwin Planckot részvételéért a Hitler ellen megkísérelt merénylet előkészítésében 1945. január 23-án kivégezték.

- Egy *amper* (A) annak az állandó elektromos áramnak erőssége, amely két párhuzamos, egyenes, végtelen hosszúságú elhanyagolhatóan kis kör keresztmetszetű, vákuumban egymástól 1 m távolságban elhelyezett vezetőben folyva a két vezető között méterenként  $2 \cdot 10^{-7}$  N erőt hozna létre ( $1\text{N} = 1\text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}$ ). Az amper új fogalom-meghatározása a CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalása szerint 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).
- 1 *kelvin* (K) a víz hármasponti termodinamikai hőmérsékletének ( $611,73$  Pa nyomáson  $273,16$  K  $\approx 0,01^\circ\text{C}$ ) mintegy 1/273,16-od része. A Kelvin- és a Celsius-skála osztásköze azonos:  $\Delta(1 \text{ K}) = \Delta(1^\circ\text{C})$ . A gyakorlatban mondhatjuk, hogy  $\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,16$ , illetve  $0 \text{ K} = -273,16^\circ\text{C}$  és  $273,16 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$ . A CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásának megfelelően a kelvin új fogalom-meghatározása 2019. május 20 óta érvényes (BIPM/2019).
- Egy *mól* (mol) annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely ugyanannyi egyedi részecskéből áll, mint ahány atomot  $0,012$  kg <sup>12</sup>C tartalmaz. A mól használatakor meg kell adni a részecskék típusát, amelyek lehetnek atomok, molekulák, ionok, elektronok, más részecskék vagy a felsorolt részecskéből álló, pontosan meghatározott összetételű csoportok. A mól új fogalom-meghatározása a CGPM Konferencia 2018. novemberi állásfoglalásával 2019. május 20-én lépett érvényre (BIPM/2019).
- Egy *kandela* (cd) annak a sugárforrásnak a fényerőssége, amely  $540 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$  frekvenciájú monokromatikus sugárzást bocsát ki, és a kibocsátás irányában egységnyi térszögben 1/683 watt térerősséggel sugároz.

Az összes többi mértékegység ezekből származtatható (kivéve a két kiegészítő egységet, a síkszög egységét, a radiánt, és a térszög egységét).

<sup>3</sup> *Pierre-Simon de Laplace* (1749, Beaumont-en-Auge, Normandia – 1827, Párizs) francia matematikus, csillagász és fizikus javaslatára a francia nemzetgyűlés 1790. május 8-án fogadta el a „méter”-t a hosszúság mértékegységeként, valamint azt, hogy „a méter a Párizson áthaladó délkör negyedének tízmilliomod részével egyenlő”. Ennek alapján 1795-ben készült el az első platina méteretalon. Ezt követően az európai országok egymásután fogadták el az új mértékegységet, mértékrendszert és a tízes számrendszert. Magyarországon az 1874. évi “a métermérték behozataláról” című VIII. törvénycikk jogszabályba foglalta a méterrendszert és a tízes számrendszert. 1876. január 1. hatállyal a törvény előírta a méterrendszer, a méter egységéből felépített terület, térfogat, súly, erő egységek használatát. Magyarország is csatlakozott (1876. II. t. c.) a Párizsban létrehozott Nemzetközi Méterkonvencióhoz.

A mértékegység hazai meghonosításában, megismertetésében, a teendők meghatározásában, 1867-es megalakulását követően a Magyar Mérnök Egylet (1872. után Magyar Mérnök és Építész Egylet) kiemelkedő szerepet játszott. E tevékenység szervezője, irányítója *Kruspér István* (1818-1905), a kiváló geodéta, műegyetemi tanár, az Akadémia rendes tagja volt, aki a geodézián kívül mechanikát, mértant, matematikát, géptant is tanított. A kormány *Kruspér István*

---

előterjesztése alapján állította fel a mai Országos Mérésügyi Hivatal elődjét, a Mértékhitelítő Bizottságot. Vezetőjéül *Kruspér* professzort nevezték ki (1878-1894). E felelősségteljes megbízást tizenhat éven keresztül látta el. A Párizsban székelő Nemzetközi Súly- és Mértékbizottság 1879-es megalakulásakor *Kruspér* professzort is tagjai közé választotta, s e funkcióját tizenöt éven át töltötte be (*Sipos M.*, 2001). Emlékét a Műegyetem aulájában álló mellszobra, Budapest XI. kerületében, a Lágymányoson, a Műegyetem közelében pedig utca őrzi.

A méter meghatározását a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal *Bay Zoltán* magyar kísérleti fizikus javaslata alapján 1983-ban fogadta el. *Bay Zoltán* 1900. július 24-én született a Békés megyei Gyulaváriban. A Tungsram Kutató Laboratóriumának, a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Egyesült Izzó által alapított Atomfizika Tanszékének volt a vezetője. Számatalan tudományos eredménye közül legismertebb: 1946-ban, Budapestről a Hold "radarozásával" nagy pontossággal megmérte a Föld-Hold közötti mintegy 400000 km-es távolságot. A nemzetközi hírnév ellenére 1948-ban kénytelen volt elhagyni Magyarországot. Az Egyesült Államokban a George Washington Egyetem professzora lett. Itt dolgozott együtt barátjával, *Neumann Jánossal*, a tárolt programvezérlés elvű számítógép atyjával. Az utóbbi években (például 1986.) többször járt Magyarországon. Washingtonban, 1992. október 4-én halt meg, hamvait végső kívánsága szerint szülőföldjén helyezték el (*Sipos L.*, 2000).

<sup>4</sup> Az önálló nevű származtatott SI mértékegységek helyesírási szabálya, hogy a névadó tudós nevét természetesen nagy kezdőbetűvel (például *Newton*), de a mértékegység nevét kis kezdőbetűvel (például *newton*) írjuk, és a tudós nevének nagy kezdőbetűjével (például *N*) rövidítjük.





**1.2. RÖVIDÍTÉSEK**

a. r. (analytic reagent) alt.	Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer Analitikai célú (analitikailag) legtisztább vegyszer
aq (aqua) at.	Jelölés a kémiában (aq): vizes állapotban Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer
A	Relatív atomtömeg
AAB (Alkalisch-aktivierte Bindemittel)	Alkali-aktivált kötőanyag
AAR (Alkali-Aggregat-Reaktion)	Alkáli adalékanyag reakció
AF (Abstandsfaktor)	Távolsági tényező
AHWZ (Aufbereitete, Hydraulisch Wirksame Zusatzstoffe)	Előkészített, hidraulikus kiegészítőanyagok és azok keveréke (ÖNORM B 3309-1, -2, -3:2010)
AKW (Aromatische Kohlenwasserstoffe)	Aromás szénhidrogének
ALWAC (All lightweight aggregate concrete)	Homok frakciójában is könnyű adalékanyag, tömör szövetszerkezetű, teherhordó (teherbíró) könnyűbeton
AOQ (Average outgoing quality, Durchschlupf)	Átlagos kimenő hibaszint (MSZ 4798:2016)
AOQL (Average outgoing quality limit, maximaler Durchschlupf)	Átlagos kimenő hibaszint határa (MSZ 4798:2016),
AQL (Acceptable quality level, annehmbare Quolitätsgrenze)	Átvételi hibaszint (MSZ 4798:2016)
ARA (Abwasserreinigungsanlage)	Szennyvíztisztító építmények rövidítése Svájcban
arBMG (anrechenbarer Bindemittelgehalt)	Hatékony kötőanyagtartalom német nyelvterületen
ASCEM (Alkali activated cement)	Alkáli-aktivált kötőanyag
ASI (Austrian Standards Institute)	Osztrák Szabványügyi Intézet
ASR (Resistant to alkali-silica reactivity)	Alkáli szilikát reakciónak ellenálló, a kis alkálitartalmú cement jelzője
ASTM (American Society for Testing and Materials)	Amerikai Anyagvizsgáló Társaság, illetve az amerikai szabványok betűjele
ASTRA (Bundesamt für Strassen)	Svájci Szövetségi Közüti Hivatal
ATE	Atomi tömegszám régebbi jele, mai jele: Da
ATV (Abwassertechnische Vereinigung)	Német Csatornázási Szövetség
AVCP (Assessment and Verification of Constancy of Performance)	Teljesítmény állandóságának értékelése és ellenőrzése (305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet), lásd még: TÁÉE. Az AVCP rövidítés előfordul például az MSZ EN 16622:2016 szabványban
AVOP (Assessment and Vertification of Constancy of Performance)	Teljesítmény (tulajdonságok) állandóságának értékelése és ellenőrzése
BAM (Bundesamt für Materialforschung und –prüfung)	Német Szövetségi Anyagkutató- és vizsgáló Hivatal

BauPVO (Bauproduktenverordnung)	Építési termék rendelet
BFR	Beruházási Folyamatok Rendszere (Magyar Mérnöki Kamara)
BGB (Bürgerliches Gesetzbuch)	Polgári Törvénykönyv
BIM (Building Information Modelling)	Építési Információs Modell. A nagyberuházások egységes, számítógépes (digitális) építésszervezési módszere, az előkészítéstől az üzemeltetésig. Ma inkább a „Building Information Management” (épületinformáció menedzsment) rövidítéseként használják.
BICP (Béton d' Ingénierie à Composition Prescrite)	A mérnök által előírt összetételű beton (NF EN 206/CN:2014 francia szabvány NA.3.1.1.21 szakasza)
BIPM (Bureau International des Poids et Mesures)	Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal
BIPS (Bétons d'Ingénierie à Propriétés Spécifiées)	A mérnök által meghatározott tulajdonságú beton (NF EN 206/CN:2014 francia szabvány NA.3.1.1.21 szakasza)
BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern)	Német Építész Kamarák Építési Költségek Tájékoztatási Központja
BM	Belügyminisztérium
BME	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
BMVBS (Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung)	Német szövetségi közlekedési, építési és városfejlesztési miniszter
BOD (Biochemical oxygen demand)	Biokémiai oxigénigény (BOI)
BOI <sub>5</sub>	5 napos biokémiai oxigénigény
BPV (Bauproduktenverordnung)	Építési termék rendelet
BRD (Bundesrepublik Deutschland)	Németországi Szövetségi Köztársaság, Németország, lásd még: NSZK
BS (British Standards)	Brit szabvány
BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf)	Biokémiai oxigénigény (BOI)
BSI (British Standards Institution)	Brit Szabványügyi Testület
BSK (Biogene Schwefelsäure-Korrosion)	Biogén kénsav korrózió
BV (Binomialverteilung)	Binomiális valószínűségi eloszlás
C (Centrum, Mittenwert, Mittenmaß)	A megengedett legnagyobb és legkisebb érték számtani átlaga, (OGW + UGW)/2
C (Concrete)	Beton
C...	Szokványos betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztálya (MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 stb.)
C <sup>3</sup> (Carbon Concrete Composite, Carbon-Beton Verbundwerkstoff)	Széntextilerősítésű beton, német kutatóintézetek konzorciuma széntextilerősítésű betonok kutatására
CAD (Computer Aided Design)	Számítógéppel segített tervezés
CC (Cement Concrete)	Cementhabarcs vagy beton
CC...	Pályaburkolati betonok nyomószilárdsági osztálya (MSZ EN 13877-2:2013)
CCDF (Complementary Cumulative Distribution Funktion)	Kiegészítő eloszlásfüggvény

CDF (Cumulative Distribution Funktion)	Eloszlásfüggvény
CE (Conformité Européenne)	Európai Megfelelőség
CEB (Comité Européen du Béton, 1976-tól: Comité Euro-International du Béton)	Európai Beton Bizottság (1953-1998)
CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, European Committee for Electrotechnical Standardisation)	Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság
CEM	Cement
CEN (Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardisation)	Európai Szabványügyi Bizottság
CEN/SC (Sub Committee)	Európai Szabványügyi Bizottság Műszaki Albizottsága
CEN/TC (Technical Committee)	Európai Szabványügyi Bizottság Műszaki Bizottsága
CEN/TR (Technical Report)	Európai Műszaki Jelentés
CEN/TS (Technical Specifications)	Európai Műszaki Specifikáció
CEV	Karbonegyenérték (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
CF (Compacting Faktor)	Glanville-féle tömörödési CF-szám (tényező)
CFRC (Carbon Fiber Reinforced Concrete)	Szénszál-erősítésű beton
CGPM (Conférence générale des poids et mesures)	Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia, amely a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal (BIPM) felügyeleti szerve
CHR (Cumulative Hazard Rate)	Összesített meghibásodási ráta, lásd: <i>Weibull</i> -eloszlás. Németül Kumulative Ausfallrate
CIE (Commission Internationale de l'Éclairage)	Nemzetközi Világítási Bizottság
CIPM (Comité International des Poids et Mesures)	Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal
CKW (Chlorkohlenwasserstoffe)	Klórozott szénhidrogének
CMOD (Crack mouth opening displacement)	A repedéstágasság (bemetszéstágasság) változása (MSZ EN 14651:2005+A1:2008)
COD (Chemical oxygen demand)	Kémiai oxigénigény (KOI)
CPD (Construction Products Directive, Bauproduktenrichtlinie)	Építési Termék Irányelv (Építési Termék Rendelet megfelelője 2013. július 1. előtt)
CPR (Construction Products Regulation, Bauproduktenverordnung)	Építési Termékek Rendelet (Építési Termék Irányelv megfelelője 2013. július 1-től)
CRCB (Continuously reinforced concrete base)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt beton alap (MSZ EN 13877-2:2013)
CRCP (Continuously reinforced concrete pavement)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt betonburkolat (MSZ EN 13877-2:2013)
CRCR (Continuously reinforced concrete roadbase)	Folyamatosan (hosszirányban) vasalt útbeton alap (MSZ EN 13877-2:2013)
CRM (Certified reference materials)	Tanúsított referencia-anyagok
CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf)	Kémiai oxigénigény (KOI)
CUSUM-kártya („Cumulative sum”-kártya)	Halmazott összegek ellenőrző kártyája

CV (Coefficient of variation)	Variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás A variációs tényező, variációs együttható, relatív szórás nem tévesztendő össze a varianciával.
DAfStb (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.)	Német Vasbeton Bizottság Bejegyzett Egyesület
DBV (Deutscher Beton und Betontechnik-Verein e.V.)	Német Beton és Betontechnológiai Egyesület
DD CEN/TS (Draft for Development for Technical Specifications)	Európai Műszaki Specifikáció módosításának tervezete
DDR (Deutsche Demokratische Republik)	NDK, Német Demokratikus Köztársaság (1949. október 7. és 1990. október 2. között állt fenn Németország keleti felén)
DEMEC (Demountable Mechanical Strain Gauge)	Hordozható mechanikus tenzométer
DF (Degree of freedom)	Szabadságfok, szabadsági fok
DF (Density function)	Sűrűségfüggvény
DIC (Dissolved Inorganic Carbon)	Összes szervesetlen széndioxid a vízben
DIN (Deutsches Institut für Normung)	Német Szabványügyi Intézet
DOC (Dissolved organic carbon)	Oldott, szervesen kötött (szerves eredetű) szén
DOI (Digital Objekt Identifier)	Elektronikus dokumentumok egyedi azonosító rendszere
DoP (Declaration of Performance)	Teljesítmény-nyilatkozat (Nyilatkozat a termék tulajdonságairól, illetve a minőségéről)
DP (Degrees of polymerization)	Polimerizációs fok
DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.)	Német Vízgazdálkodási Szövetség, Szennyvíz és Hulladék Bejegyzett Egyesület
DWN (Doppeltes Wahrscheinlichkeitsnetz)	Kettős valószínűségi háló (koordináta-rendszer)
e.V. vagy E.V. (eingetragener Verein)	Bejegyzett egyesület
et al. (et alii)	és mások
E DIN EN (Norm-Entwurf)	Az európai prEN szabványtervezet német változata
EAD (European Assessment Document)	Európai Értékelési Dokumentum
EB (Európai Bizottság)	Az EC (European Commission) magyar fordítása
EC (European Commission)	Európai Bizottság
EC (European Community)	Európai Közösség
EC (European Council)	Európai Tanács
ECPC (Equivalent concrete performance concept,	Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit) Egyenértékű beton-teljesítőképességek elve (MSZ 4798:2016)
EEC (European Economic Community)	Európai Gazdasági Közösség, EGK. Német rövidítése: EWG
EFTA (European Free Trade Association)	Európai Szabadkereskedelmi Társulás
EGBGB (Einführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuch)	Bevezető törvény

a Polgári Törvénykönyvhöz

EGK (Európai Gazdasági Közösség)	Az EEC (European Economic Community) magyar fordítása
EIPE	Esztrich és Ipari Padló Egyesület
EK (Európai Közösség)	Az EC (European Community) magyar fordítása
EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)	Svájci Szövetségi Anyagvizsgáló és Kutató Intézet
EN (Normes Européennes)	Európai szabványok betűjele
EOTA (European Organization for Technical Approvals)	Európai Műszaki Értékelések Szervezete
EPCC (Equivalent Performance of Combinations Concept,	Konzept der gleichwertigen Leistungsfähigkeit von Zement-Zusatzstoff-Kombinationen) Cement és adalékanyag keverékek egyenértékű teljesítőképességének elve (MSZ 4798:2016)
EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne)	Műszaki Főiskolának megfelelő Svájci Szövetségi Technológiai Intézet, Lausanne
ET (Európai Tanács)	Az EC (European Council) magyar fordítása
ETA (European Technical Approval vagy 2013. július 1-jétől: European Technical Assessment) Európai Műszaki Engedély;	2013. július 1-jétől: Európai Műszaki Értékelés
ETAG (Guideline for European Technical Approval)	Európai Műszaki Engedély (ETA) útmutatója
ETH (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)	Egyetemnek megfelelő Szövetségi Műszaki Főiskola, Zürich
ETSI (European Telecommunications Standards Institute)	Európai Távközlési Szabványügyi Intézet
EWG (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft)	Európai Gazdasági Közösség, rövidítése magyarul: EGK, angolul: EEC
E I, E II, E III (Alkaliempfindlichkeitsklasse)	Adalékanyagok alkáli (alkálifém-oxid) reakció érzékenységi osztálya (DAfStb Alkali-Richtlinie, 2013)
ÉaKKI	Építőanyagipari Központi Kutató Intézet (1953-1965, a SZIKKTI jogelődje)
ÉKSZ	Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat
é.n.	Évszám nélkül
ÉpMI	Építésügyi Műszaki Irányelv
ÉTI	Építéstudományi Intézet (1949-1998)
ÉTK	Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft.
Étv.	Építési Törvény
FE (Frühes Erstarren)	Korai kötéskezdet, az ilyen cement jelzője (DIN 1164-11:2003)
FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.)	

	Út- és Közlekedésügyi Kutató Társaság Bejegyzett Egyesület
<i>fib</i> (Federation Internationale du Béton)	Nemzetközi Betonszövetség (1998-)
FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte)	Nemzetközi Feszítettbeton Szövetség (1953-1998)
FPC (Factory production control)	Gyári gyártásellenőrzés Az FPC rövidítés előfordul például az MSZ EN 16622:2016 szabványban
FprEN (Final proposition de Norme Européenne)	Végső európai szabványtervezet
FRC (Fiber Reinforced Concrete)	Szálerősítésű beton
FTV	Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (1950-1992)
FVB-Versuch (Fließfähigkeits-Viskositäts-Blockierneigungs-Versuch)	Öntömörödő beton önterülőkéességének fékező (blokkoló) gyűrűs vizsgálata
g (gaseous)	Jelölés a kémiában (g): gázhalmazállapotban
GC (Gemahlene Kombinationsprodukte)	Őrölt kiegészítőanyag-keverékek (ÖNORM B 3309-1:2010)
GC-HS (Sulfatbeständige gemahlene Kombinationsprodukte)	Szulfátálló őrölt kiegészítőanyag-keverékek (ÖNORM B 3309-1:2010)
GDR (German Democratic Republic)	Német Demokratikus Közrsaság (NDK) nevének angol rövidítése
GEV (Generalized extreme value distribution)	Általánosított extrémérték-eloszlás
GF (Gemahlene Flugasche)	Őrölt pernye (ÖNORM B 3309-3:2010)
GF-HS (Sulfatbeständige gemahlene Flugasche)	Szulfátálló őrölt pernye (ÖNORM B 3309-3:2010)
GFRC (Glass fiber reinforced concrete)	Üvegszál-erősítésű beton
GGBS (Ground-granulated blast-furnace slag)	Őrölt granulált kohósalak
GK (Größtkorn)	Adalékanyag legnagyobb szemnagysága
GKM	Gazdasági és Közlekedési Minisztérium
GmbH (Gesellschaft mit beschränkter Haftung)	Korlátolt felelősségű társaság, Kft.
GS (Gemahlenes Hüttensandmehl)	Őrölt kohósalakliszt (ÖNORM B 3309-2:2010)
GS-HS (Sulfatbeständiges gemahlene Hüttensandmehl)	Szulfátálló őrölt kohósalakliszt (ÖNORM B 3309-2:2010)
GVG (Gerichtsverfassung)	Alkotmánybíróság
GWT (Germann water permeation test)	Germann-típusú víz-permabilitás vizsgáló készülék
HB (Brinell Hardness)	<i>Brinell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6506-1:2014)
HC (Heavy-weight concrete)	Nehézbeton
HE (High-early strength)	Nagy kezdőszilárdságú, az ilyen cement jelzője
HFB (Hochfester Beton)	Nagyszilárdságú beton
HGT (Hydraulisch gebundene Tragschichten)	Hidraulikusan kötött útépitési alaprétegek (DIN 18506:2002)
HLB (Hochleistungsбетon)	Nagy-teljesítőképességű beton

HLF (Hochleistungsfeinkornbeton)	Nagy-teljesítőképességű finomszemű beton
HO (Erhöhter Anteil organischer Bestandteile)	Nagyobb szervesanyagtartalmú (0,5-1,0 tömeg% közötti), az ilyen cement jelzője (DIN 1164 12:2005)
HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)	Építész és Építőmérnöki Díjszabás
HPC (High performance concrete)	Nagy-teljesítőképességű beton
HPFRC (High performance fiber reinforced Concrete)	Nagy-teljesítőképességű szálerősítésű beton
HPLWAC (High performance lightweight aggregate concrete)	Nagy-teljesítőképességű, adalékanyagok könnyűbeton
HR (Hazard Rate, német nyelven: Ausfallrate)	Meghibásodási ráta, lásd: <i>Weibull</i> -eloszlás
HRB (Hydraulic Road Binder)	Hidraulikus útépitési talaj- és alapréteg-kötőanyag, poralakú készítmény, (MSZ EN 13282-1:2013, MSZ EN 13282-2:2015, MSZ EN 13282-3:2015, DIN 18506:2002) Németül: Hydraulischer Boden- und Tragschichtbinder
HRB (Rockwell B Hardness)	B-skálán mért <i>Rockwell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6508-1:2006)
HRC (Rockwell C Hardness)	C-skálán mért <i>Rockwell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6508-1:2006)
HS (High sulphate-resistan)	Szulfátálló, az ilyen cement jelzője Németül: Hoher Sulfatwiderstand, Sulfatbeständig
HSC (High strength concrete)	Nagyszilárdságú beton, amelynek a Model Code 2010 szerint a jellemző értéke $f_{ck,cyl} > 50 \text{ N/mm}^2$
HSCF (Hydraulic silica-calcium fume)	Hidraulikus szilika-kalciumpor, lásd még: SCF
HSFRC (High strength fiber reinforced concrete)	Nagyszilárdságú szálerősítésű vasbeton
HSLWAC (High strength lightweight aggregate concrete)	Nagyszilárdságú, adalékanyagok könnyűbeton ( $f_{ck,cyl} \geq 55 \text{ N/mm}^2$ )
HV	<i>Vickers</i> -keménység (visszavont MSZ 105-12:1986, MSZ 18290-4:1982, MSZ EN ISO 6507-1:2018)
idt (identical)	Azonos. Az országban bevezetett európai vagy nemzetközi szabvány adatlapján a forrás szabvány megjelölésére alkalmazott jel
iid vagy i.i.d. (independent and identically distributed)	Független és azonos eloszlású
is (in situ)	Eredeti helyén
ICS (International Classification for Standards)	Szabványok nemzetközi osztályozási rendszere
ID-code (Identification Code)	Azonosító kód
IEC (International Electrotechnical Commission)	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
IQNet (International Certification Network)	Nemzetközi Tanúsítási Hálózat
IRHD (International Rubber Hardness Degrees)	ISO 48:2010 szabvány szerinti keménység jele gumikra

IRM (Industrial reference materials)	Ipari referencia-anyagok
ISO (International Organization for Standardization)	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
ISQ (International System of Quantities)	Mennyiségek Nemzetközi Rendszere
IT (Informationstechnik)	Informatika
IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)	Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Egyesület
JC vagy JCJ	Építőanyagok kínai szakmai szabványainak betűjele
JCSS (Joint Committee on Structural Safety, RILEM)	Szerkezeti Biztonság Vegyesbizottsága, RILEM
JG vagy JGJ	Építőipari kínai szakmai szabványok betűjele
JIS (Japanese Industrial Standards)	Japán ipari szabványok
JSA (Japanese Standards Association)	Japán Szabványügyi Szövetség
JSCE (Japan Society of Civil Engineers)	Japán Építőmérnöki Társaság
ksc	kohósalakcement (CEM III)
kspc	kohósalakportlandcement (CEM II)
KGST	Az egykori közép- és kelet-európai szocialista országok Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa
KOI	Kémiai oxigénigény
KOI <sub>k</sub> vagy jelölik így is: KOI <sub>d</sub>	Kálium-dikromátos kémiai oxigénigény (szinonim megnevezése kálium-bikromátos kémiai oxigénigény)
KOI <sub>p</sub> vagy KOI <sub>ps</sub>	Kálium-permanganátos kémiai oxigénigény
KPM	Egykori Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium
KTI	Közlekedéstudományi Intézet Nkft.
KvVM	Egykori Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
ℓ (liquidus)	Jelölés a kémiában (ℓ): folyékony halmazállapotban
LAC vagy LWAC (Light-weight aggregate concrete)	Könnyű adalékanyagos beton
LC (Light-weight concrete)	Könnyűbeton
LCL (Lower control limit), mint UEG	Alsó beavatkozási határ vagy alsó szabályozási határ
LDC (Lime dissolving capacity)	Kalcium-kioldóképesség
LH (Low heat of hydration)	Kis hidratációshő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője
LOP (Limit or proportionality)	Arányossági határ (MSZ EN 14651:2005+A1:2008)
LP-Beton (Luftporenbeton)	Légbuboréktartalmú beton, légbuborékképző adalékszerrel készített beton
LQ (Limiting quality)	Hibakorlát
LSL (Lower specification limit)	Alsó tűréshatár
LVB (Leicht verarbeitbare Betone)	Könnyen bedolgozható, F5 és F6 konzisztencia osztályú, folyós és önthető konzisztenciájú betonok
LWA (Light-weight aggregate)	Könnyű adalékanyag



LWL (Lower warning limit), mint UWG	Alsó figyelmeztetési határ
MAÚT	Magyar Útügyi Társaság, 2013 óta Magyar Út- és Vasútügyi Társaság
MÁV	Magyar Államvasutak
MÉK	Magyar Építész Kamara
MH (Moderate heat of hydration)	Mérsékelt hidratációshő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője
MHK (Mikrohohlkugel)	Belül üreges mikrogolyók (légbuborékos beton készítéséhez)
MMK	Magyar Mérnöki Kamara
MS (Moderate sulphate-resistant)	Mérsékelt szulfátálló, az ilyen cement jelzője
MSZ	Magyar szabványok betűjele
MSZE	Magyar előszabványok betűjele
MSZH	Magyar Szabványügyi Hivatal
MSZT	Magyar Szabványügyi Testület
MSZT/MB	Magyar Szabványügyi Testület Műszaki Bizottsága
MSZ EN, MSZ EN ISO, MSZ ISO	Honosított, Magyarországon bevezetett európai, illetve nemzetközi szabvány
MTA	Magyar Tudományos Akadémia
MTI	BME Mérnöki Továbbképző Intézet, ma: BME Mérnök Továbbképző Intézet
MvM	Miniszterelnökséget vezető miniszter
NA (Niedriger wirksamer Alkaligehalt)	Kis alkálitartalmú, az ilyen cement jelzője
NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations Information System)	Új megközelítésű bejelentett és kijelölt szervezetek információs rendszere
NBN (Bureau de Normalisation, Bureau voor Normalisatie)	Belga Szabványügyi Hivatal, illetve a belga szabványok betűjele
NCI (Non-Contradictory Complementary Information)	Nem ellentmondó kiegészítő információk
NDK	Német Demokratikus Köztársaság (1949. október 7. és 1990. október 2. között állt fenn Németország keleti felén) Németül: Deutsche Demokratische Republik, DDR
NEN (Nederlands Normalisatie-instituut)	Holland Szabványügyi Intézet, illetve a holland szabványok betűjele
NF (Norme Française)	Francia szabványok betűjele
NF beton (No fines)	Egyszemcsés, szemcsehézagos monolit öntöttbeton (ME-04.101-83)
NFM	Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
Nkft.	Nonprofit korlátolt felelősségű társaság
NLF (New Legal Framework)	Új jogi keret
NPD (Nationally Determined Parameter)	Nemzeti előírásban megadandó érték
NSC (Normal strength concrete)	Közönséges (normál) szilárdságú beton,

amelynek jellemző értéke  $f_{ck,cyl} \leq 50 \text{ N/mm}^2$  a Model Code 2010 szerint

NSZ beton	Nagyszilárdságú beton
NSZK	Német Szövetségi Köztársaság (Németország nyugati felén 1949. május 23-án jött létre, majd az NDK-való egyesülés – 1990. október 3. – óta az újra egységes Németország neve) Németül: Bundesrepublik Deutschland, BRD
NT beton	Nagy-teljesítőképességű beton
NT (Nord-test)	Északi, skandináv vizsgálati módszer
NV (Normalverteilung)	Normál (Gauss-féle) valószínűségi eloszlás
OC (Ohne Chlorid)	Kloridmentes (adalékszer)
OC-curve (Operating characteristic curve, Operationscharakteristik)	OC-görbe, működési vagy elfogadási jelleggörbe
OEG (Obere Eingriffsgrenze), mint UCL	Felső beavatkozási határ vagy felső szabályozási határ
OGW (Oberer Grenzwert, Höchstwert)	Legnagyobb megengedett érték
OJEU (Official Journal of the European Union)	Európai Unió hivatalos lapja
OMIKK	Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár (BME)
ONR (ON-Regeln)	Osztrák normatív dokumentum, elő- vagy utószabvány, illetve dokumentum, lásd: <a href="https://www.austrian-standards.at/infopedia-themecenter/infopedia-artikel/onr/">https://www.austrian-standards.at/infopedia-themecenter/infopedia-artikel/onr/</a>
ORP (Oxidation-Reduction Potential)	(Oxikus) redoxi potenciál
OS (Oberflächenschutzsystem)	Felületvédő rendszer a DAfStb-SIB-Richtlinie (2001) német irányelv 5. fejezete és a DIN V 18026:2006 német előszabvány szerint
OSB (Oriented Standard Board)	Irányított szálelrendezésű, többrétegű faforgácslap (Czoboly et al. 2018, <a href="https://fadepofatelep.hu">https://fadepofatelep.hu</a> )
OSZK	Országos Széchenyi Könyvtár
OWG (Obere Warngrenze), mint UWL	Felső figyelmeztetési határ
ÖBRV (Österreichischer Baustoff-Recycling Verband)	Osztrák Építőanyag-Újrahasznosítási Szövetség
ÖNORM (Österreichische Norm)	Osztrák szabvány
ÖTB	Öntömörödő beton
ÖVB vagy ÖVBB (Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik)	Osztrák Beton és Építéstechnikai Egyesület
p. a. (pro analytical)	Analitikai tisztaságú (analitikailag tiszta) vegyszer
PA	Poliamid, termoplaszt féleség
PAN	Poliakril-nitril, termoplaszt féleség
pc	Portlandcement

PC	Polikarbonát, termoplaszt féleség
PC (Polymer Cement)	Polimerhabarcs vagy -beton
PCC (Polymer Cement Concrete)	Polimerrel modifikált (módosított) cementhabarcs vagy beton
PCE (Polycarboxylatether)	Polikarboxilat-éter
PD CEN/TS (Published Dokument Technical Specifications)	Bevezetett Európai Műszaki Specifikáció
PDMS	Polidimetil-sziloxán, a szilikon műanyagcsoport polimere
PE	Polietilén, termoplaszt féleség
PET	Polietilén-tereftalat, termoplaszt féleség
PFRC (Polymer Fiber Reinforced Concrete)	Műanyagszál-erősítésű beton
PMMA	Polimetil-metakrilát, termoplaszt féleség, átlátszó plexiüveg
PP	Polipropilén, termoplaszt féleség
PPFRC (Polypropilen Fiber Reinforced Concrete)	Polipropilén-szál-erősítésű beton
ppm (parts per million)	Milliomod ( $10^{-6}$ ) rész, például: $\text{mm}^3/\text{liter}$ , $\text{mg}/\text{kg}$ , $\text{cm}^3/\text{m}^3$
ppmv (parts per million by volume)	Milliomod ( $10^{-6}$ ) térfogatrész, például: $\text{cm}^3/\text{m}^3$ , 1000 ppmv = 1,0 térfogat‰
prEN (Proposition de Norme Européenne)	Európai szabványtervezet
PS (Project specification)	Műszaki leírás, projekt specifikáció
PS	Polisztirol, termoplaszt féleség
psi (Pound-force per square inch)	Nyomás angolszász mértékegysége $1 \text{ psi} = 1 \text{ lb./sq in.} = 1 \text{ font/hüvelyk}^2 = 1 \text{ psi} = 0,006895 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$
PTFE	Politetrafluoro-etilén, termoplaszt féleség
Ptk.	Polgári Törvényköny (2013. évi V. törvény)
PU	Poliuretán, termoplaszt féleség
PV (Poisson-Verteilung)	Poisson-féle valószínűségi eloszlás
PVC	Polivinil-klorid, termoplaszt féleség
Q-Lenkung	Minőségirányítás
QMS (Qualitätsmanagementssystem)	Minőségügyi, minőségkezelési rendszer
QRK (Qualitätsregelkarte)	Minőségyszabályozó kártya
RDM (Relativer dynamische Elastizitätsmodul)	Relatív dinamikai rugalmassági modulus
REA-gipsz (REA = Rauchgas Entschwefelungsanlage)	Erőművi füstgáz kéntelenítő berendezésben előállított mesterséges gipsz
REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances)	Rendelet a vegyi anyagok regisztrálásáról, engedélyezéséről és korlátozásáról
RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions)	Anyag és Szerkezet Vizsgáló és Kutató Laboratóriumok Nemzetközi Egyesülete
RRSB-eloszlás	Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-féle

	exponenciális valószínűségi eloszlás
s (solidus)	Jelölés a kémiában (s): szilárd halmazállapotban
SA (Société Anonyme)	Részvénytársaság
SAP (Superabsorbent Polymer)	Abszorbeáló polimer, hatékony vízfelszívó- és leadóképességű belső utókezelő adalékszer
SBM (Spritzbindemittel)	Rendkívül gyorsan (3 percen belül) kötő cement, ún. pillanatkötő cement Ausztriában, elsősorban lövellt beton készítéshez (ÖBV-Richtlinie Spritzbeton 2009)
SCC (Self-compacting concrete)	Öntömörödő beton
SCF (Silica-calcium fume)	Szilika-kalciumpor (MSZ EN 16622:2016), lásd még: HSCF
SCM (Supplementary cementitious material)	Cement-kiegészítőanyag
SD (Standard deviation)	Korrigált tapasztalati szórás, a variancia négyzetgyöke
SE (Schneller Erstarren)	Nagyon gyorsan kötő, az ilyen cement jelzője (DIN 1164-11:2003)
SE vagy SEM (Standard error of the mean)	Átlagok szórása Nem tévesztendő össze az SD (Standard deviation) tapasztalati szórással
SF (Silica fume)	Szilikapor
SF (Spacing factor)	Távolsági tényező (MSZ EN 480-11:2006)
SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete)	Acélszál-erősítésű beton
SI (Système International d'Unités, International System of Units)	Nemzetközi Mértékegység Rendszer
SIA (Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein)	Svájci Mérnök- és Építészegylet
SLD (Service Life Design)	Tervezés használati élettartamra
SLWAC (Semi lightweight aggregate concrete)	Természetes (nem könnyű) homokkal készített könnyű adalékanyag, tömör szövetszerkezetű, teherhordó (teherbíró) könnyűbeton
SN (Schweizer Norm)	Svájci szabvány
SNBPE (Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi)	Francia Transzportbetonkészítők Nemzeti Szakszervezete
SonReb (Sonic and rebound)	Eljárás az ultrahang terjedési sebesség és a visszapattanási érték együttes értékelésére
SPC (Statistical Process Control)	Statisztikai folyamatirányítás. Németül: SPS
SPCC (Sprayable Polymer Cement Concrete)	Lövellhető, polimerrel modifikált (módosított) cementhabarcs vagy beton
SPS (Surface protection system)	Felületvédő rendszer (MSZ EN 1542:2000)
SPS (Statistische Prozeß-Steuerung vagy angolul: SPC)	Statisztikai folyamatirányítás
SR (Szulfát rezisztens)	Szulfátálló cement, jele az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint
SS (Svensk Standard)	Svéd szabvány
SVB (Selbstverdichtender Beton)	Öntömörödő beton
SVLB (Selbstverdichtender Leichtbeton)	Öntömörödő könnyűbeton

SWB (Säurewiderstandsfähiger Beton)	Saválló beton
SZIKKTI	Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (Jogelődjével, az ÉaKKI-val együtt: 1953-1994. Az Intézet a SZIKKTI név felvételét megelőző évben, 1966-ban, a SZIKKI Szilikátipari Központi Kutató Intézet nevet viselte.)
TAB (Technical Assessment Body)	Műszaki Értékelő Testület
TÁÉE	Építési termékek teljesítmény állandóságának értékelése és ellenőrzése (305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet, lásd még: AVCP)
TAN (Total ammonia/ammonium nitrogen)	Összes ammónia/ammónium nitrogén
TEZ (Tonerdezement, Tonerdeschmelzzement)	Timföldcement, bauxitcement, összefoglaló néven aluminátcement (Teherhordó beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek készítéséhez 1962 óta tilos felhasználni)
TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen)	Műszaki szabványok, minőségi előírások és szállítási feltételek (az egykori NDK szabványainak jele)
TIC (Total inorganic carbon)	Összes szervesen széntartalom, gyakran így jelölik moláris alapon az összes széndioxidtartalmat is
TOC (Total organic carbon)	Összes szerves alakban kötött széntartalom
TSA (Thaumasite sulphate attack)	Taumazit szulfátkorrózió
TSZR	Tervezői Szolgáltatások Rendszere (Magyar Mérnöki Kamara)
UCL (Upper control limit), mint OEG	Felső beavatkozási határ vagy felső szabályozási határ
UEG (Untere Eingriffsgrenze), mint LCL	Alsó beavatkozási határ vagy alsó szabályozási határ
UGW (Unterer Grenzwert, Mindestwert)	Legkisebb megengedett érték
UHFB (Ultrahochfester Beton), mint UHSC	Ultra nagy-szilárdságú beton
UHLB (Ultra Hochleistungsbeton), mint UHPC	Ultra nagy-teljesítőképességű beton
UHPC (Ultra high performance concrete), mint UHLB	Ultra nagy-teljesítőképességű beton
UHSC (Ultra high strength concrete), mint UHFB	Ultra nagy-szilárdságú beton
u.i.v. (unabhängig und identisch verteilt)	független és azonos eloszlású
UME	Útügyi műszaki előírás
UNI	(Ente Italiano di Normazione) Olasz Szabványügyi Testület, illetve az olasz szabványok betűjere
UPV (Ultrasonic pulse velocity)	Ultrahang terjedési sebessége (betonban)
UPTT (Ultrasonic pulse transit time)	Ultrahang impulzus áthaladási ideje (a betonban)
USL (Upper specification limit)	Felső tűréshatár
UWG (Untere Warngrenze), mint LWL	Alsó figyelmeztetési határ
UWL (Upper warning limit), mint OWG	Felső figyelmeztetési határ

---

vH (vom Hundert)	% , százalék
VLH (Very low heat of hydration)	Nagyon kis hidratációshő-fejlesztésű, az ilyen cement jelzője
VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen)	Építési munkák megbízási és szerződési feltételei
WCCP (Waste cellular concrete powder)	Hulladék gázbetonpor (pórusbetonpor)
WK (Kernfeuchte)	Adalékanyag belső nedvességtartalma (ÖNORM B 4710-1:2018)
WLS (Weighted least squares)	Súlyozott legkisebb hibanégyzetösszegek módszere
WU-Beton (Wasserundurchlässiges Beton)	Vízzáró beton (DIN 1045-2:2008, DIN EN 206:2017)
WV (Weibull-Verteilung)	<i>Weibull</i> -féle valószínűségi eloszlás
ZTV (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien)	Kiegészítő műszaki szerződési feltételek és irányelvek







**1.3. JELÖLÉSEK**

$a$	gyorsulás
$a_{H^+}$	hidrogénionok molban kifejezett aktivitása oldatban (molar hydrogenion activity), amely híg oldat esetén a hidrogénion-koncentrációval egyenértékű
$a_i = u$	teherviselő acélbetét tengelyének névleges távolsága a beton felületétől
$a_{sd}$	az oldalfal menti egyrétegű vasalás teherviselő acélbetétje tengelyének névleges távolsága a beton felületétől
$a_{sh}$	acélbetétköteg-irányú kéregvasalás keresztmetszete
$\arctg$	árkus tangens, a tangens függvény (tg) inverze, például: $\arctg 1,0 = 45^\circ$
$A$	terület, felület
$A$	relatív atomtömeg
$A$	újrahasznosított betonadalékanyagok vízzel kioldódó, a cementpép kezdeti kötésejére ható anyagok szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
$A_{ct,ext}$	kengyeleken kívüli (húzott) betonfelület (ext $\rightarrow$ extern = kívül)
$A_e$	maradó folyási alakváltozás (visszavont MSZ EN 10002-1:2001), e $\rightarrow$ extension = megnyúlás
$A_g$	acélok maradó nyúlása a legnagyobb terheléshor (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$A_{gt}$	hegeszthető betonacél teljes nyúlása a legnagyobb terheléskor (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ EN ISO 6892-1:2016, MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2), ( $A_{gt} \rightarrow \epsilon_u$ ; t $\rightarrow$ total = teljes)
$A_n$	hegeszthető betonacél névleges keresztmetszeti felülete (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$A_{kihúzási}$	hatékony törési felület kihúzó vizsgálat esetén
$A_t$	acélok teljes nyúlása töréshor (MSZ EN ISO 6892-1:2016), (t $\rightarrow$ total = teljes)
$A(p)$	$p$ alulmaradási hányadú tétel elfogadási valószínűsége
$A_{s,surf}$	kéregvasalás keresztmetszeti területe (surf $\rightarrow$ surface = felület)
$A_{s,surf,min}$	kéregvasalás előírt legkisebb keresztmetszeti területe
$A_5$	acélok szakadási nyúlása, ha az eredeti jeltávolság 5 mm (visszavont MSZ 105-1:1987)
$A_{300}$	hatékony légbuborékok mennyisége a beton térfogat%-ában kifejezve
$A/V$	térfogati fajlagos felület német jele (Oberfläche zu Volumen Verhältnis)
$AAV$	kőanyaghalmoz kopási méteke (MSZ EN 1097-8:2009, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ( $AAV \rightarrow$ aggregate abrasion value = kőanyaghalmoz kopási értéke)
$AcM$	portlandcement szálerősítésű cement-termékek gyártásához (visszavont MSZ 4702-2:1997)
$AC_{50}(H)$	beton 50% elfogadási (átvételi) valószínűség mellett meghatározott

nyomószilárdsági osztályának vagy hajlító-húzószilárdsági osztályának stb. kísérőjele. A jelben az AC betűk az „acceptance characteristic” (elfogadási jelleggörbe) szavak kezdőbetűi, az indexben az 50 pedig az elfogadási határértéken lévő nyomószilárdság értékek 50%-os elfogadási valószínűségére utal.

AFm	kalcium-aluminát-ferrit-monoszulfát, cement hidratációs termék
AFt	kalcium-aluminát-ferrit-triszulfát, cement hidratációs termék
A <sub>LM</sub>	betonadalékanyag aprózódási csoportjának a jele (4/2019. ÉPMI), (A <sub>LM</sub> → együtt értékelt Los Angeles és a vizes mikro-Deval aprózódási veszteség)
A <sub>N</sub>	kőanyagghalmazok szöges járműabroncsok koptatóhatása skandináv-vizsgálat szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1097-9:2014, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (A <sub>N</sub> → nordic abrasion value = skandináv kopási érték)
AM	cementek alumínátmodulusa
AS	kőanyagghalmazok savoldható szulfáttartalmát kifejező osztály betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
ATE	az <i>u</i> jelű atomi tömegegység olykor használt magyar megfelelője
b	próbatest szélessége
B	melegen hengerelt betonacél jele (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006)
BH	hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
BHB	bordás körszelvényű hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
BHS	sima körszelvényű hidegen alakított betonacélhuzal jele (MSZ 982:1987)
B <sub>k</sub>	binomiális valószínűségi eloszlás
B <sub>n</sub>	hajlítási szívósság munkamodulusa, az erő-lehajlás görbe alatti terület szálerősítésű beton esetén
B <sub>n</sub>	a $\beta_{wN}$ „névleges szilárdságú” (jellemző értékű) beton nyomószilárdsági osztálya Németországban 2001 előtt. (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Például a $\beta_{wN} = 350 \text{ kp/cm}^2$ „névleges nyomószilárdságú” beton nyomószilárdsági osztálya B <sub>n</sub> 350
<i>c</i>	a fény vakuumbeli sebessége ( $c = 299.792.458 \text{ m/s}$ )
<i>c</i>	rugóállandó
<i>c</i>	ionok, kémiai elemek és vegyületek koncentrációja oldatokban
<i>c</i>	a friss beton cementtartalma, lásd még: $M_C$
$c[A^-]$ , $c(A^-)$	savmaradék-koncentráció
$c[B]$ , $c(B)$	bázis-koncentráció
$c[BH^+]$ , $c[HB^+]$ , $c(BH^+)$ , $c(HB^+)$	protolizált (a hidroxidionokat leadott) bázis koncentrációja, a $BH^+$ kation, azaz a bázisgyök koncentrációja
$c[HA]$ , $c(HA)$	sav-koncentráció
$c[H_3O^+]$ , $c(H_3O^+)$	hidroxóniumion-koncentráció

$c[\text{OH}^-]$ , $c(\text{OH}^-)$	hidroxidion-koncentráció
$E_{\text{din}}$	arányossági tényező a hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus ( $E_{\text{din,L}}$ ) számításához
$C_{\text{ekv}}$	hatékony kötőanyagtartalom
$C_{\text{min}}$	megkövetelt legkisebb cementtartalom
$C_{\text{min}}$	előírt legkisebb betonfedés
$C_{\text{min,b}}$	betonacél és feszítőacél tapadási követelménye miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés
$C_{\text{min,dur}}$	környezeti hatások miatt a betonacél és feszítőacél korrózióvédelme érdekében szükséges előírt legkisebb tartóssági betonfedés (dur → durability = tartósság)
$C_{\text{nom}}$	előírt névleges betonfedés, $c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$
$C_p$	fajlagos hőkapacitás (fajhő) állandó nyomáson
$C_{\text{sb}}$	acélbetétköteg betonfedésének legkisebb értéke
$C_v$	fajlagos hőkapacitás (fajhő) állandó térfogaton
$C$	elektromos kapacitás
$C$	integrálási állandó
$C$	tömörítési mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztályának betűjele, Compaction class
$C$	kloridtartalmat kifejező osztály (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$C\dots$	szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának jele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$C\dots/\dots$	szokványos (közönséges, normál) betonok és a nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 stb. szabványban
$C\dots/\dots\text{AC}_{50}(\text{H})$	50% elfogadási (átvételi) valószínűségű szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint
$C_{\text{eq}}$	karbonegyenérték (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$C_{\text{min}}$	a környezeti osztályhoz tartozó megengedett legkisebb beton nyomószilárdsági osztály
$C_v$	hegeszthető betonacél némely nyúlási vagy szilárdsági tulajdonságának előírt alsó vagy felső határértéke, esetleg előírt jellemző értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$C_0$	a környezeti osztály szerint előírtnál ( $C_{\text{min}}$ ) legalább két fokozattal nagyobb erőtani számítás szerinti nyomószilárdsági osztály (MSZ EN 13369:2013, MSZ EN 13369:2018)
$C_{90/1}$	zúzottkő és zúzott kavics termékekben a tört és a töretlen szemek tömegszázalékát kifejező osztály (MSZ EN 933-5:1999, MSZ EN 933-5:1998/A1:2005, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)

C(0,40), C(0,45), C(0,70)	a referenciabeton nyomószilárdságának jellemző értéke (küszöbértéke), ha az adalékanyag legnagyobb szemmagysága 16 mm vagy 20 mm és a vízcement tényező értéke 0,40; 0,45 vagy 0,70 (MSZ EN 1766:2017). Lásd még: MC(0,40), MC(0,45), MC(0,70), MC(0,75), MC(0,90); (Raupach et al., 2008)
CC	betonburkolatból fúrt magminták nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint (C → compressive = nyomó; C → core = magminta)
CEM	cementfajta az MSZ EN 197 sorozatnak megfelelően
CF	Glanville-féle tömörödési szám (tényező), Compacting factor
CF	kissé finom „finom kőanyag-halmazok” finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (C → coarse = durva)
CK <sub>t</sub>	útpályaszerkezeti alapréteg céljára, telephelyen kevert, cementtel stabilizált homokos kavics keverék (e-UT 06.03.52:2007 útügyi műszaki előírás)
CP	útpályaburkolati beton e-UT 06.03.31:2017, e-UT 06.03.11:2010 és e-UT 06.03.15:2006 útügyi műszaki előírás szerinti húzószilárdsági osztályának a betűjele
CP	kissé finom „finom kőanyag-halmazok” 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyag tömegszázaléka szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (C → coarse = durva)
CR	elfogadási valószínűség
CSH	kalcium-szilikát-hidrát, hidratációs termék
C <sub>2</sub> S	dikalcium-szilikát, cement-klinker ásvány. β-módosulatát (β-C <sub>2</sub> S) belitnek nevezik.
C <sub>3</sub> A	trikalcium-aluminát, felit, cement-klinker ásvány
C <sub>3</sub> S	trikalcium-szilikát, alit, cement-klinker ásvány
C <sub>4</sub> AF	tetrakalcium-aluminát-ferrit, celit, cement-klinker ásvány
c(X)	az X anyag (például a cement-klinkerben lévő oxid) tömegszázalékban kifejezett mennyisége
d	adalékanyag szemmagysága, névleges szemmagyság
d	fúrt magminta átmérője
d <sub>a</sub> , d <sub>átlag</sub>	az átlagos szemmagyság tízes alapú logaritmikusan beosztású abszcisszatengely esetén, a lg d <sub>átlag</sub> logaritmikusan várható érték numerusa (d <sub>a</sub> = 10 <sup>lg d<sub>a</sub></sup> ), (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
d <sub>br</sub>	hajlított betonacél legkisebb hajlítási átmérője
d <sub>max</sub> vagy d <sub>g</sub>	adalékanyag legnagyobb szemmagysága
d <sub>i</sub>	az i-edik részszemhalmaz határ
d <sub>m</sub>	a lg d <sub>m</sub> abszcisszatengely kezdőértékének a numerusa, az abszcisszatengely kezdőértékéhez tartozó szemmagyság a logaritmikusan beosztású finomsági modulus számításához
d <sub>p</sub> = Ø <sub>p</sub>	feszítőbetét (huzal) tényleges átmérője

$d_s = \emptyset_s$	húzott acélbetét névleges átmérője
$d_{sV} = \emptyset_n$	acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője
$d_y$	acélbetét hatásvonalának a nyomott szélső száltól való távolsága
$^{\circ}dH$	német vízkeménység jele német nyelvterületen (Magyarországon: nk $^{\circ}$ )
$D$	direkciós állandó a lineáris erőtörvényben
$D$	diffúziós együttható, diffúziós tényező
$D$	légbuborékeloszlási számításokban figyelembe vett legnagyobb légbuborék névleges átmérője
$D$	szilikapor, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$Da$ (dalton)	atomi tömeg egység
$D_b$	helyettesítő hatékony légbuborék névleges átmérője
$D_{Cl}$	klorid diffúziós együttható a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
$D_d$	beton legkisebb szilárdulási mértéke az utókezelés végén a 28 napos kori jellemző érték százalékában, a környezeti osztály függvényében (MSZ EN 13369:2013, MSZ EN 13369:2018)
$D_{lower}$	adalékanyag legnagyobb szemmagyságának megengedett (előírt) legkisebb értéke, például $D_{lower} \geq 8$ mm
$D_{max}$ vagy $D$	adalékanyag legnagyobb szemmagysága
$D_n$ vagy $d_n$	hajlítási szívósság viszonyított erő-modulusa ( $F_n/F_T$ ), szálerősítésű beton esetén
$D_{upper}$	adalékanyag legnagyobb szemmagyságának megengedett (előírt) legnagyobb értéke, például $D_{lower} < 8$ mm
$D(\zeta)$ vagy $D(x)$	$\zeta$ valószínűségi változók szórása
$D(\ln x)$	$x$ valószínűségi változók természetes logaritmusainak szórása
$e_p$	acélok maradó fajlagos alakváltozása (MSZ EN ISO 6892-1:2016), ( $e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás; $p \rightarrow$ plastic = itt „maradó”-t jelent)
$e_r$	acélok tehermentesítési maradó fajlagos alakváltozása (MSZ EN ISO 6892-1:2016), ( $e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás) Magyarázat: a $\sigma$ - $\varepsilon$ görbe íves tehermentesítési ága metszi ki az $\varepsilon$ tengelyen
$e_t$	acélok teljes fajlagos alakváltozása (MSZ EN ISO 6892-1:2016), ( $e \rightarrow$ extension = kiterjedés, nyúlás; $t \rightarrow$ total = teljes)
$E$	rugalmassági modulus, amelyet <i>Thomas Young</i> (1773-1829) brit orvos, polihisztor munkássága nyomán <i>Young</i> -modulusnak is neveznek
$E_{alakváltozási}$	alakváltozási modulus, amelyet húrmodulusnak ( $E_D$ ) is neveznek
$E_b$	a beton átlagos rugalmassági modulusának szokásosan alkalmazott értéke, 30000 N/mm $^2$
$E_b$	tehermentesítési rugalmassági modulus; statikai
$E_c, E_c(28), E_{c,cyl}$	szokványos beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél 28 napos korban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Ez a rugalmassági modulus a kezdeti rugalmassági modulus ( $E_0$ ) azonos, és nem tévesztendő össze az $E_T$ érintőmodullal.
$E_c(t)$	szokványos beton érintőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél $t$ napos korban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, azaz a kezdeti rugalmassági

	modulus a beton $t$ napos korában
$E_{c,eff}$	szokványos betonnak a kúszási tényező végértékétől is függő alakváltozási tényezője az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Az $E_i$ ideális rugalmassági modulushoz hasonló rugalmassági modulus, amelyet nem szabad összetéveszteni az alakváltozási modulusnak ( $E_{alakváltozási}$ ) is nevezett húrmodulussal ( $E_D$ ).
$E_{cd}$	szokványos beton rugalmassági modulusának teherbírasi tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Értéke általában: $E_{cm}/1,2$ .
$E_{cd,eff}$	szokványos beton rugalmassági modulusának hatékony teherbírasi tervezési értéke, amely az $\varphi_{ef}$ hatékony kúszási tényezőnek is függvénye MSZ EN 1992-1-1:2010)
$E_{cm}, E_{cm,cyl}$	szokványos beton szelőmodulusa az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, amely a $\sigma_c = 0$ és a $0,4 \times f_{cm,cyl}$ pontokon átmenő egyeneshez tartozó rugalmassági modulus. Ezt a rugalmassági modulusot hazánkban hagyományosan húrmodulussal ( $E_D$ ) neveztük.
$E_{cm}(t)$	szokványos beton szelőmodulusa $\sigma_c = 0$ feszültségnél $t$ napos korban, azaz a húrmodulus a beton $t$ napos korában MSZ EN 1992-1-1:2010)
$E_{cs}$	kőanyag-halmazok tölcéses kifolyási ideje (MSZ EN 933-6:2014, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$E_d$	az igénybevétel tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011)
$E_{din,F}$	hajlítási (flexiós) dinamikai rugalmassági modulus
$E_{din,L}$	hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus
$E_{din,T}$	csavarási (torziós) dinamikai rugalmassági modulus
$E_D$	húrmodulus, amelyet alakváltozási modulusnak ( $E_{alakváltozási}$ ) is neveznek
$E_i$	ideális rugalmassági modulus vagy nevezik hatásos alakváltozási tényezőnek is, tartós terhelés esetén
$E_p$	feszítőpázmák rugalmassági modulusának teherbírasi tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.3.6. szakasza szerint
$E_{rugó}, E_{rugó,ütési}$	<i>Schmidt</i> -kalapács ütőrugójának ütési rugalmas energiája
$E_q$	equivalens tömeg
$E_s$	betonacél teherbírasi tervezési értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.2.7. szakasza)
$E_s$	betonacél átlagos rugalmassági modulusának szokásosan alkalmazott értéke
$E_s$	betonacél kezdeti húzási rugalmassági modulusa ( <i>Mihailich</i> et al., 1964)
$E_T$	érintőmodulus; statikai
$E_{ütőkös,visszapattanási}$	<i>Schmidt</i> -kalapács ütőkösének visszapattanási energiája
$E_0$	kezdeti rugalmassági modulus; statikai
E I, E II, E III	Adalékanyagok alkáli (alkálifém-oxid) reakció érzékenységi osztálya (DAfStb Alkali-Richtlinie, 2013)
EH, EHK	előírt szemmegoszlású homok, homokos kavics szemmegoszlási termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
$f$	frekvencia, rezgésszám

$f$	fajlagos felület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$f$	szabadságfok. Ha az $n$ elemű függvény együtthatóinak száma $p$ , akkor az $x$ független változó szabadságfoka: $f = n - p$ . Előfordulására lásd például az MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.
$f$	kőanyaghalmozok finomszemtartalmi osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$f_0$	hajlító-húzófeszültség az első repedésnél
$f_c$	betonszilárdság valamely értéke, általában 28 napos korban, mindig $\text{N/mm}^2$ (MPa) mértékegységben. Ha az indexben egyéb jel nem szerepel, akkor az $f_c$ jel általában a próbahengeren meghatározott nyomószilárdságot jelöli.
$f_{c,\text{Bohrkern}}$	az $f_{c,\text{core}}$ jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)
$f_{c,\text{core}}$	beton nyomószilárdsága kifűrt magmintából kivágott $\text{Ø}150 \times 150$ mm méretű próbahengeren (MSZ EN 13877-2:2013), illetve bármely méretű és magasság:átmérő arányú magminta-próbahengeren (MSZ EN 13791:2019)
$f_{c,\text{cube}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán. Esetenként előfordul, hogy így a próbakockán mért, tapasztalati nyomószilárdságot jelölik, mint amire példa az MSZ EN 13791:2019 szabvány.
$f_{c,\text{cube,H}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{c,\text{cure}}$	a kizsaluzástól a termékkel azonos módon védett beton próbatest tapasztalati átlagos nyomószilárdsága az utókezelés végén (MSZ EN 13369:2013, MSZ EN 13369:2018), (cure $\rightarrow$ curing = kezelés)
$f_{c,\text{cyl}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\text{Ø}150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{c,\text{cyl,H}}$	beton előírt nyomószilárdsága 28 napos korban, vegyesen tárolt $\text{Ø}150 \times 300$ mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{c,\text{is}}$	fűrt beton magmintából kivágott, természetes (in situ) nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű próbahenger nyomószilárdsága a 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahenger nyomószilárdságával kifejezve, amelyet az „építménybeton” nyomószilárdságának neveznek (MSZ EN 13791:2019 szabvány 2. táblázata) Értelmezésünk szerint az $f_{c,\text{is}}$ az „építménybeton” legalább 75 mm átmérőjű, 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahenger nyomószilárdságával kifejezett nyomószilárdsága egy adott mérési helyen (mérési ponton), amelyet vagy egy magminta-próbahenger vizsgálatával ( $f_{c,\text{is,cyl}}$ ), vagy roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálattal ( $f_{c,\text{is,reg}}$ ) lehet meghatározni.
$f_{c,\text{is,cyl}}$	fűrt beton magminta-próbahenger nyomószilárdsága adott mérési helyen (is $\rightarrow$ in situ = eredeti helyén)
$f_{c,\text{is,cyl,légszár}$	légszár állapotú fűrt beton magminta-próbahenger nyomószilárdsága
$f_{c,\text{is,cyl},\text{Ød/h,test}}$	$d$ átmérőjű, $h$ magas fűrt beton magminta-próbahenger tapasztalati nyomószilárdsága

$f_{c, is, est}$	<p>építménybe beépített beton (monolit szerkezeti elem vagy előregyártott elem betonja), az ún. „építménybeton” becsült nyomószilárdsága adott mérési helyen, kétegyütthatós (kétparaméteres) regressziós függvény alkalmazása esetén, statikai értékelés céljára (MSZ EN 13791:2019 szabvány (10) képlete), ( est → estimated = becsült)</p> <p>Értelmezésünk szerint az <math>f_{c, is, est}</math> az <math>f_{c, is, reg}</math> átszámított nyomószilárdság jellemző értéke adott mérési helyen.</p>
$f_{c, is, highest}$	<p>monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok (<math>f_{c, is}</math>) legnagyobbika (MSZ EN 13791:2019)</p>
$f_{c, is, Höchstwert}$	<p>az <math>f_{c, is, highest}</math> jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)</p>
$f_{c, is, lowest}$	<p>monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok (<math>f_{c, is}</math>) legkisebbike (MSZ EN 13791:2019)</p>
$f_{c, is, reg}$	<p>roncsolásmentes vizsgálattal mért nyomószilárdság regressziós függvénnyel – az „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerből számított nyomószilárdságára (<math>f_{c, is}</math>) – átszámított értéke (DIN EN 13791:2020)</p>
$f_{c, is, Tiefstwert}$	<p>az <math>f_{c, is, lowest}</math> jelölés német megfelelője (DIN EN 13791:2020)</p>
$f_{c, L}$	<p>beton próbahenger vagy próbakocka előírt legkisebb átlagos nyomószilárdsága az utókezelés végén, a környezeti osztály függvényében. Az MSZ EN 13369:2013 és MSZ EN 13369:2018 szabvány a jellemző érték százalékában fejezi ki: <math>f_{c, L} = D_d \times f_{ck} = (D_d\%/100) \times f_{ck}</math>. E könyv táblázata kapcsán az <math>f_{c, L}</math> érték helyett az <math>f_{c, L, mód}</math> érték használatát javasoljuk.</p> <p>Mínt hogy a jellemző érték meghatározási módja szabványonként különböző lehet, helyesebbnek tartjuk, ha az <math>f_{c, L}</math> értékét a 28 napos horú beton előírt átlagos nyomószilárdságának (<math>f_{cm}</math>) értékéből számítjuk ki.</p>
$f_{c, m(i), is}$	<p>monolit szerkezeti elem(ek) vagy előregyártott elem(ek) mérési helyein meghatározott, együtt értékelhető – a természetes nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű és 2:1 magasság:átmérő méretarányú „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerek nyomószilárdságával kifejezett – nyomószilárdságok (<math>f_{c, is}</math>) átlagértékeinek valamelyike (MSZ EN 13791:2019 szabvány 2. táblázata), lásd <math>f_{c, m(n), is}</math> és <math>f_{c, m(m), is}</math></p>
$f_{c, m(n), is}$	<p>az összes (<math>n</math> számú) meghatározott „építménybeton”-nyomószilárdság (<math>\Sigma f_{c, is}</math>) átlagértéke (MSZ EN 13791:2019)</p>
$f_{c, m(m), is}$	<p>az <math>m</math> számú érvényes roncsolásmentes vizsgálattal mért nyomószilárdság regressziós függvénnyel átszámított összes értékének (<math>\Sigma f_{c, is, reg}</math>) átlagértéke (MSZ EN 13791:2019 szabvány (5) képlete)</p>
$f_{c, Würfel}$	<p>a beton 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdsága, általában 28 napos korban, N/mm<sup>2</sup> (MPa) mértékegységben (DIN EN 13791:2020)</p>



$f_{cd}$	beton nyomószilárdságának teherbírási tervezési értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cd,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának teherbírási tervezési értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cf}$	beton hajlító-húzószilárdsága (MSZ EN 12390-5:2019), ( $f \rightarrow$ flexural = hajlító)
$f_{ci}$	beton nyomószilárdságának egyedi (egyed) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten, amely egyetlen próbatest nyomószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbatest nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít
$f_{ci,core,100}, f_{ci,core,150}$	1/1 átmérő/magasság arányú, 100 mm, illetve 150 mm átmérőjű fűrt beton magminta egyedi nyomószilárdsága (core = mag)
$f_{ci,cube}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ci,cube,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cube,200,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cube,200,H,t}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke „ $t$ ” korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán értelmezve, például az „építménybeton” Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálata esetén
$f_{ci,cyl}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{ci,cyl,H}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ci,cyl,t}$	beton nyomószilárdság egyedi tapasztalati értéke „ $t$ ” korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezve, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{ck}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten
$f_{ck,core}$	beton nyomószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{ck,cube}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,test,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{ck,cube,H}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)

$f_{ck,cube,H,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,cube,H,test,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,cube,200}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán. Németországban „Nennfestigkeiten”-nek nevezték, $\beta_{WN}$ -nek jelölték, és $N/mm^2$ -ben kifejezett számértéke a beton nyomószilárdsági osztályának a jele volt, például $\beta_{WN} = 25 N/mm^2 \rightarrow B 25$ (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
$f_{ck,cyl}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,min}$	a beton nyomószilárdságának – az igénybevételből számított, a beton nyomófeszültségétől ( $\sigma_{cu}$ ) függő – szabványos, $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű, 28 napos korú, végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke
$f_{ck,cyl,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,test,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren
$f_{ck,cyl,H}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, vegyesen tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ck,is}$	fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság előírt jellemző értéke (is $\rightarrow$ in situ = eredeti helyén)
$f_{ck,is}$	fűrt beton magmintából kivágott, természetes (in situ) nedvességtartalmú, legalább 75 mm átmérőjű próbahengerek nyomószilárdságának ( $f_{c,is}$ ) jellemző értéke a 2:1 magasság:átmérő méretarányú próbahengerek nyomószilárdsága jellemző értékével kifejezve, más szóval az „építménybeton” nyomószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 13791:2019)
$f_{ck,is,cube,t}$	$t$ korú betonból fűrt magminta nyomószilárdságából számított kockaszilárdság előírt jellemző értéke
$f_{ck,is,cyl,t}$	$t$ korú betonból fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság előírt jellemző értéke
$f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas ( $\emptyset 100 \times 100$ mm), $t$ korú betonból fűrt magminták légszáras állapotban meghatározott nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke; $f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, t} = f_{ck,cube,H, test, t}$
$f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas ( $\emptyset 100 \times 100$ mm), $t$ korú betonból a vizsgálat előtt legalább 48 órán át $20 \pm 2$ °C hőmérsékletű vízben tárolt fűrt magminták nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke: $f_{ck,is,cyl,\emptyset 100 \times 100, test, vizes, t} = f_{ck,cube, test, t}$
$f_{ck,is, test, t}$	$t$ korú betonból fűrt magmintán meghatározott nyomószilárdság tapasztalati jellemző értéke
$f_{ck,spec}$	2:1 magasság:átmérő méretarányú fűrt beton magminta-próbahengerek nyomószilárdságának, illetve az azokra vonatkoztatott nyomószilárdságok

	jellemző értéke, amellyel a beton nyomószilárdsági osztályát kifejezik (MSZ EN 13791:2019)
$f_{cm}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten
$f_{cm,cube}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{cm,cube,H}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{cm,cube,200,H,t}$	beton 200 mm méretű, légszáraz próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálata esetén, az együtt értékelendő Schmidt-kalapácsos vizsgálati helyek $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdságainak átlaga
$f_{cm,cube,H,t}$	beton 150 mm méretű, légszáraz próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán
$f_{cm,cube,test,H}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$f_{cm,cyl}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cm,cyl,ASTM}$	ASTM C192:1952 T szabvány szerinti $d = 152,5$ mm átmérőjű és $h = 2 \times d = 305,0$ mm magas, 3 napos korig nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig víz alatt tárolt beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt átlagértéke
$f_{cm,cyl}(t_0)$	beton nyomószilárdságának szabványos hengeren értelmezett átlagértéke a tartós terhelés $t_0$ kezdeti időpontjában, amelyet – feltételezve, hogy a beton 28 napos korában eléri a nyomószilárdság tervezett értékét – az $f_{cm,cyl}(t_0) = \beta_{cc}(t_0) \times f_{cm,cyl}$ összefüggésből kell meghatározni (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$f_{cm,cyl,t}$	beton Ø150×300 mm méretű, végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején („t” korban) valószínűleg meglévő átlagos nyomószilárdsága, például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,cyl,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren
$f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszáraz, t}$	$t$ korú betonból fűrt magmintákból kialakított, Ø100×100 mm méretű próbahengerek légszáraz állapotban meghatározott nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke; $f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszáraz, t} = f_{cm,cube,H, test, t}$
$f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, vizes, t}$	$t$ korú betonból fűrt magmintákból kialakított, Ø100×100 mm méretű, vizsgálat előtt legalább 48 órán át 20±2 °C hőmérsékletű vízben tárolt próbahengerek nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke; $f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, vizes, t} = f_{cm,cube, test, t}$
$f_{cm,t}$	beton átlagos nyomószilárdsága „t” napos korban vagy „t” korú végig víz

	alatt tárolt szabványos próbatesten értelmezve, az utóbbi esetben például az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során
$f_{cm,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt szabványos próbatesten
$f_{ct}$	beton tengelyirányú húzószilárdsága (MSZ EN 1992-1-1:2010), (t → tensile = húzó, tensile strength = húzószilárdság)
$f_{ct,fl}$	beton hajlító-húzószilárdsága (t → tensile = húzó, fl → flexural = hajlító)
$f_{cti,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának egyedi (egyes) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábban, amely egyetlen próbahasáb hajlító-húzószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbahasáb hajlító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt próbahasábban (MSZ 4798:2016)
$f_{ctm}$	beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagértéke
$f_{ctm,fl}$	beton hajlító-húzószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahasábban (MSZ 4798:2016)
$f_{ct,sp}$	beton hasító-húzószilárdsága (t → tensile = húzó, sp → splitting = hasító)
$f_{ct,sp,core}$	kifűrt beton magmintából kialakított próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság előírt értéke
$f_{cti,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának egyedi (egyes) tapasztalati értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren, amely egyetlen próbatest hasító-húzószilárdsága vagy az egy mintából készített egy vagy több próbatest hasító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke, és ez egy vizsgálati eredménynek számít (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ctk,sp,core}$	beton hasító-húzószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott Ø150×300 mm méretű próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{ctk,sp,test}$	beton hasító-húzószilárdságának tapasztalati jellemző értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{ctm,sp}$	beton hasító-húzószilárdságának előírt átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016, ISO 1920-4:2005)
$f_{ctm,sp,test}$	beton hasító-húzószilárdságának tapasztalati átlagértéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren (MSZ 4798:2016)
$f_{i,n}$	$l/n$ lehajláshoz tartozó hajlító-húzófeszültség
$f_{i,n,p}$	$l/n$ lehajláshoz tartozó hajlító-húzófeszültség $p$ száladagolás mellett (NBN B 15-239:1992)
$f_{ik}$	beton hajlító-húzószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013)

$f_{fu}$	beton hajlító-húzószilárdsága, azaz legnagyobb hajlító-húzófeszültsége
$f_F$	a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén
$f_{F,t}$	a $t$ korú beton nyomószilárdságának alapértéke kihúzó vizsgálat esetén
$f_{is}$	fűrt beton magminta nyomószilárdságának tapasztalati értéke
$f_{is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test}$	fűrt beton magmintából kialakított, $\varnothing 100 \times 100$ mm méretű, csiszolatlan nyomott felületű próbahenger tapasztalati nyomószilárdsága az „építménybeton” nyomószilárdságának meghatározása során a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány szerint, $f_{is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test} = f_{c,cube,H}$
$f_{is,min}$	fűrt beton magminták nyomószilárdságának tapasztalati legkisebb értéke
$f_{ck}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{ck,cube}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{ck,cyl}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott jellemző (karakterisztikus) értékének jele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{cm}$	a könnyűbetonok 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű próbahengeren meghatározott átlagértékének jele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
$f_{m(n),is}$	$n$ számú fűrt beton magminta nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$f_p$	kihúzószilárdság
$f_{p,t}$	kihúzószilárdság, $t$ korú beton esetén
$f_{p0,1}$	határozott folyáshatár ( $f_y$ ) nélküli, hidegen húzott feszítőhuzal 0,1%-os egyezményes folyáshatára (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$f_{p0,2}$	határozott folyáshatár ( $f_y$ ) nélküli, hidegen alakított betonacél 0,2%-os egyezményes folyáshatára (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$f_{rezonancia}$	próbatest saját rezgési frekvenciája, rezonancia-frekvencia
$f_R$	roncsolásmentes szilárdságvizsgálat becsülő összefüggésén (görbéjén, egyenesén) meghatározott (leolvasott) nyomószilárdság (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$f_{sk}$	beton hasító-húzószilárdságának (tensile splitting strength) jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013)
$f_t$	betonacél húzószilárdságának, szakítószilárdságának jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013, MSZ EN 1992-2:2009)
$f_{t,core}$	beton hasító-húzószilárdsága kifűrt magmintából kivágott próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)
$f_{tk,core}$	beton hasító-húzószilárdságának jellemző értéke kifűrt magmintából kivágott próbahengeren meghatározva (MSZ EN 13877-2:2013)

$f_y$	betonacél folyáshatárának, folyási feszültségének jellemző értéke (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$f_{yd}$	betonacél folyáshatárának tervezési értéke ( <i>Mihailich</i> et al., 1964)
$f_v$	térfogati fajlagos felület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$f_{0,ref}$	erősítő szálat nem tartalmazó referenciabeton hajlító-húzószilárdsága (NBN B 15-239:1992)
F	erő, kihúzóerő
F	útbetonok hajlító-húzószilárdsági osztályának jele (MSZ EN 13877-1:2013)
F	<i>Hummel</i> -féle terület gyakorlati termékminősítő értéke
F	fehér portlandcement jele (visszavont MSZ 4702-2:1997)
F	területi mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele
F	kőanyagalmazok fagyállósági osztályának betűjele (MSZ EN 1367-1:2007, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$F_c$	adott felületi repedéstágassághoz tartozó élmenti repesztőerő vasbeton vagy szálerősítésű beton esetén
$F_j$	kihúzóerő, $t$ korú beton esetén
$F_{lgd}$	<i>Hummel</i> -féle terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$F_m$	feszítőpászma szakítóerejének előírt értéke (MSZ 465:1987)
$F_m$	legnagyobb erő (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$F_{mi}$	egyreszű feszítőhuzal próbatestek mért szakítóerejef (MSZ 5720:1994 szabvány 2. kiadása, 2003)
$F_{mm}$	feszítőhuzal szakítóerejének mért átlagértéke (MSZ 5720:1994 szabvány 2. kiadása, 2003)
$F_{m/n(H)}$	adalékanyag fagyállósági osztályának betűjele (MSZ 4798:2016), ( $m \rightarrow$ fagyasztási ciklusszám, $n \rightarrow$ megengedett tömegvesztés százalékban)
$F_n$	hajlítóerő, amelyhez a hajlítási szívósság $B_n$ munkamodulusa tartozik, illetve amely az $\ell/n$ lehajláshoz tartozik, szálerősítésű beton esetén
$F_{nyomó}$	testeket felületüknél egymáshoz szorító nyomóerő
$F_p$	feszítőpászma jele (MSZ 465:1987)
$F_{p0,1}$	feszítőpászma 0,1%-os egyezményes folyáshatárához tartozó előírt erő (MSZ 465:1987)
$F_r$ vagy $F_0$	hajlítóerő az első repedésnél, szálerősítésű beton esetén
$F_{rugó}$	lineáris rugóerő
$F_{tap}$	tapadási súrlódási erő (álló súrlódás)
$F_u$	legnagyobb hajlítóerő, szálerősítésű beton esetén
FF	nagyon finom „finom kőanyagalmazok” finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ( $F \rightarrow$ fine = finom)
FI	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasonított bontott beton adalékanyagok réses rostálással meghatározott „lemezségi száma”, mint szemalakjellemező (MSZ EN 933-3:2012, visszavont ÚT 2-3.601:2006, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ( $F \rightarrow$ flakiness = lemezesség, $I \rightarrow$ index)

FL	újrahasznosított betonadalékanyagok felúszó anyagok szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
FP	nagyon finom „finom kőanyagalmazok” 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyag tömegszázaléka szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (F → fine = finom)
F I, F II, F III	fehér cementek fehérségi fokozata (MSZ 4737-2:2013)
$g$	nehézségi gyorsulás a Földön, a 45° földrajzi szélességen, tengerszinten, $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$
$g$	páraátbocsátási tényező
$G$	súly, súlyerő, nehézségi erő
$G$	nyírási (csúszási) modulus
$G_p$	kritikus érték a <i>Grubbs</i> -próba szerint (MSZ EN 13791:2019)
$G_A, G_C, G_{CA}, G_F, G_G, G_{NG}$	kőanyagalmaz termékek szemmegoszlási osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$G_T$	durva kőanyagalmaz termékek szemmegoszlási határértéke tūrési osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008)
$h$	adalékanyag szem hosszúsága (a három befoglaló méret közül a legnagyobb)
$h$	fűrt betonmagminta hossza
$h$	próbatest magassága
$h$	nyomómagasság, egységnyi hosszra jutó nyomáskülönbség, hidraulikus gradiens a <i>Darcy</i> -féle törvényben
$h$	statikában az acélbetét középvonalának a nyomott szélső száltól vett távolsága
$h$	a betontervezésben használatos, a földnedves konzisztenciához tartozó $x_0$ alap víz-cement tényező (redukált víz-cement tényező) kiszámításához szükséges <i>Palotás</i> -féle, konzisztenciafüggő hígítási tényező
$h$	<i>Planck</i> -állandó ( $h = 6.626.070.150 \times 10^{-34} \text{ kgm}^2/\text{s}$ )
$h_{\text{etalon}}$	<i>Poldi</i> kalapács etalon rúdában keletkezett benyomódási mélység (mm)
$h_{\text{fém}}$	<i>Poldi</i> kalapáccsal vizsgált fémekben keletkezett benyomódási mélység (mm)
$h_y$	beton keresztmetszet magassága
$h_0$	cement relatív vízszükséglete (vízigénye)
$h_0$	szerkezeti elem hatásos vastagsága, szerkezeti elem elméleti vastagsága
$H$	hosszirányú csúsztatóerő
$H_{\text{hiba}}$	a korrelációs függvény relatív hibája; a standard hiba ( $S_{\text{hiba}}$ ) és a függő változó mért értékei ( $y_i$ ) átlagának hányadosa
HB	<i>Brinell</i> -keménység (MSZ EN ISO 6506-1:2014)
$HB_{\text{etalon}}$	<i>Poldi</i> -kalapács etalon rúdjának <i>Brinell</i> -keménysége ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )
$HB_{\text{Poldi}}$	<i>Poldi</i> -kalapáccsal vizsgált fém <i>Brinell</i> -keménysége ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )
HBS	<i>Brinell</i> -keménység, ha a $D$ átmérőjű golyó anyaga edzett acél, amelyet <i>Scholz et al.</i> (2011) szerint „régebben” alkalmaztak
HBW	<i>Brinell</i> -keménység, ha a $D$ átmérőjű golyó anyaga fényezett (polírozott)

	kemény fém ( <i>Scholz et al. (2011)</i> )
HC.../...	nehézbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele (heavy concrete). A jelölés nem szabványos
HK	osztályozott homokos kavics termékek betűjele (e-UT 05.01.15:2018)
HRC	<i>Rockwell</i> -keménység a „C” skálán (MSZ EN ISO 6508-1:2006)
HV	<i>Vickers</i> -keménység (MSZ EN ISO 6507-1:2018)
is	in situ, eredeti helyén; esetünkben index a beépített beton, illetve a beépített betonból vett minta tulajdonságainak jelében
<i>I</i>	inercia, inercianyomaték, tehetetlenségi nyomaték, a hajlított keresztmetszet másodrendű nyomatéka a hajlítás tengelyére
<i>I</i>	áramerősség
<i>I<sub>v</sub></i>	fényerősség ( $v \rightarrow \text{visual} = \text{látási}$ )
<i>I</i>	a nem lineáris függvény közelítőképeségét kifejező korrelációs index
<i>I<sub>i</sub></i>	hajlítási szívósság viszonyított munkamodulusa, amelyet szívóssági indexnek neveznek, és amely az ideálisan rugalmas – tökéletesen képlékeny acélszálerősítésű betonhoz tartozik (ASTM C1018:1989)
<i>I<sub>tényleges</sub></i>	tényleges szívóssági index (ASTM C1018:1989)
<i>J</i>	inercia, inercianyomaték, tehetetlenségi nyomaték, a hajlított keresztmetszet másodrendű nyomatéka a hajlítás tengelyére
<i>k</i>	folyadékok permeabilitása
<i>k</i>	tényező a II. típusú kiegészítőanyag cement-egyenértékének a számításához a „víz/(cement + $k \times$ kiegészítőanyag) tényező”-ben, amely utóbbit „víz-kötőanyag tényező”-nek vagy „víz-cement tényező egyenérték”-nek szokás nevezni. A „ <i>k</i> ” tényező értékéről a betonszabványok (például: MSZ 4798:2016, ÖNORM B 4710-1:2018) intézkednek.
<i>k</i>	a beton nyomószilárdsága jellemző értékének számításához használt, a beton nyomószilárdság eloszlásának ferdeségét kifejező, az átlagos nyomószilárdságtól függő tényező a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében. Ez a 20 N/mm <sup>2</sup> -nél kisebb szilárdságú betonok ( $R_m < 20$ N/mm <sup>2</sup> ) esetén egynél kisebb szám (jobbra ferde, jobbra elnyúló, pozitív ferdeségű eloszlás), a 20 N/mm <sup>2</sup> -nél nagyobb szilárdságú betonok ( $R_m > 20$ N/mm <sup>2</sup> ) esetén egynél nagyobb szám volt (balra ferde, balra elnyúló, negatív ferdeségű eloszlás).
<i>k</i>	összeadandó a nyomószilárdság jellemző értékének számításához a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabványban
<i>k</i>	elfogadási tényezőnek nevezett alulmaradási tényező, amelynek a szórással való szorzata az alulmaradási tágasság, azaz az átlagérték és a küszöbérték (jellemző érték) különbsége (MSZ 982:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ 5720:1994 szabvány 2. kiadása, 2003)
	Megjegyzés: Elterjedt egyéb jelölések: $\lambda$ , $t$ (az utóbbi például a <i>Student</i> -tényező esetén)
<i>k</i>	függvény alatti terület nyomatékának rendje



$k$	az első repedéshez tartozó lehajlás többszöröse
$k_{\text{megengedett}}$	a nem megfelelő minták megengedett száma
$k_n$	alulmaradási tényező ismeretlen variációs együttható (tényező) esetén az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D1. táblázata szerint; ezt az alulmaradási tényezőt ( <i>Student</i> -tényezőt) és jelet alkalmazzák az MSZ EN 13791:2019 szabvány 6. táblázatában is
$k_t$	az $\alpha_{cc}$ tartós nyomószilárdsági tényező szorzója (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasz (4) bekezdés)
$k_{Ts}$	légáteresztő-képesség a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
$k_v$	adalékanyag víztartóképessége
$k_2$	alulmaradási tényező a visszavont MSZ EN 13791:2007 szabványban
$k_{\sigma}$	tartós feszültségi tényező
$K$	permeabilitási együttható, áteresztőképességi együttható
$K$	keresztmetszeti tényező, az inercianyomaték és a hajlítás tengelyétől legtávolabb eső keresztmetszeti pont hajlítási tengelytől mért távolságának hányadosa
$K$	sebesség, <i>Darcy</i> -féle vízáteresztési tényező
$K$	portlandcementklinker, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$K$	kőanyaghalmozok tölcseres kifolyási ideje (visszavont MSZ18288/3:1978)
Kf-A, -B, -C, -D	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasznosított bontott beton adalékanyagok közetfizikai csoportja (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, ÚT 2-3.710:2008 → e-UT 05.02.31:2008)
KH	kishőfejlesztésű cement (visszavont MSZ 4702-2:1997)
KZ	„különleges” zúzottkövek szemszerkezeti terméknosztályiak betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009 → e-UT 05.01.14:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában kétszer tört, élesen osztályozott, szűk frakcióhatáru zúzottkő termékek
$K_N$	karbonátosodási sebesség, karbonátosodási együttható [ $\text{mm}/\sqrt{\text{év}}$ ] a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
Kst	mészstandard, a cement-klinker egyik oxidos mutatója
$\lg d_{\text{átlag}}$	átlagos szemnagyság tízes alapú logaritmus, a logaritmikus várható érték (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\lg d_m$	abszcisszatengely kezdőértéke tízes alapú logaritmikus beosztású abszcisszatengely esetén (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\ell$	hosszúság, út, lehajlás, hullámhossz
$\ell$	támaszköz
$\ell/n$	az $\ell$ támaszközhoz viszonyított lehajlás szálerősítésű beton hajlító-húzószilárdságának vizsgálata során. Például $\ell = 450$ mm és $n = 150$ esetén $\ell/n = 3,0$ mm. Az $n$ nevezetlen szám
L	kis kezdőszilárdságú kohósalakcement az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerint (Low early strength blastfurnace slagcement)

L, LL	mészkő, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
L	nyúlás, jeltávolság stb. (visszavont MSZ 105-1:1987, visszavont MSZ EN 10002-1:2001)
$L(p,n,c)$	<i>Poisson</i> -féle valószínűségi eloszlásfüggvény
$\overline{L_{d_{\max}}}$	távolsági tényező a légbuborékos fagyálló és a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonban; alsó indexben a meghatározása során számításba vett legnagyobb légbuborék névleges átmérője ( $d_{\max}$ ) mikronban kifejezve, például: $\overline{L_{750}}$
LA	kőanyagalmazok Los Angeles aprózódási osztályának betűjele (MSZ EN 1097-2:2010, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
LC...	könnyűbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele a Model Code 2010:2012 ( <i>fib</i> bulletin 65) előírásban
LC.../...	könnyűbetonok nyomószilárdsági osztályának betűjele az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 stb. szabványban
LH	kis hőfejlesztésű kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011), (LH → Low heat blastfurnace cement)
$L_{UH}$ , $L_{ultrahang}$	az ultrahang által a betonban megtett út hossza
L300	hatékony légbuborékok mennyisége a beton térfogat%-ában kifejezve, német nyelvterületen
$m$	tömeg
$m$	fagyasztási veszteség [ $g/m^2$ ] a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
$m$	<i>Gauss</i> -féle normális eloszlás várható értéke
$m$	az adalékanyag finomsági modulusa
$m_A, m_B, m_C$	az adalékanyag szemmegoszlási határgörbéinek finomsági modulusa
$m_{Abrams}$	Abrams-féle finomsági modulus; a mai felfogás szerinti finomsági modulus ( $m$ ) eredeti értelmezése, a maitól eltérő szita-lyukbőségekkel
$m_g$	adalékanyag finomsági modulusa, logaritmikus finomsági modulus; eredeti értelmezése az $m_{Abrams}$ <i>Abrams</i> -féle finomsági modulus
$m_{lin}, m_l$	várható érték, vagy más néven a lineáris finomsági modulus az MSZ 18288-5:1981 szabvány szerint. Nem azonos az adalékanyag $m$ finomsági modulusával
$m_n$	$n$ -tagú adatsor mediánja
$m_x$	az $n$ elemű minta vizsgálati eredményeinek átlaga az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D7. fejezetében
$m_\mu$	<i>Poisson</i> -féle szám, a <i>Poisson</i> -féle tényező ( $\mu$ ) reciproka
$M$	az MSZ EN 13791:2019 szabvány 7. táblázata szerinti konstans nyomószilárdsági rés (különbség, angolul: Margin, németül: Spanne), amelyet „építménybeton” nyomószilárdságok ( $f_{c,is}$ ) legkisebbikéhez ( $f_{c,is,lowest}$ ) hozzáadva az „építménybeton” nyomószilárdsága jellemző értékének ( $f_{ck,is}$ ) e számítási mód szerinti alternatívája adódik: $f_{ck,is} = f_{c,is,lowest} + M$ (MSZ EN 13791:2019 szabvány (4) képlete) Ezen alternatív $f_{ck,is}$ egyenlet érvénye esetén fennáll, hogy $f_{c,is,lowest} < f_{c,m(n),is} - (k_n \times s + M)$ , tehát az „építménybeton” nyomószilárdságok legkisebbike

	$(f_{c, is, lowest})$ az 5%-os alulmaradási tartományba $(f_{c, is, lowest} < f_{ck, is})$ esik.
$M_A$	adalékanyag tömege 1 m <sup>3</sup> bedolgozott friss betonban, kg/m <sup>3</sup>
$M_C$	beton cementtartalma, a cement tömege 1 m <sup>3</sup> bedolgozott friss betonban; a jele néha: $c$ , kg/m <sup>3</sup>
$M_{DE}$	kőanyag-halmazok mikro-Deval aprózódási osztályának betűjele (MSZ EN 1097-1:2011, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$Me^+$ , illetve $Me^{2+}$	egy- illetve kétértékű kationok általános jelölése
$M_{Ed}$	hajlítónyomaték igénybevételi tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011, <i>Mihailich et al.</i> , 1964)
$M_{Rd}$	hajlítónyomaték teherbírási tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011)
$M_{ütőkös}$	a <i>Schmidt</i> -kalapács ütőkösének a tömege
$M_V$	keverővíz tömege 1 m <sup>3</sup> bedolgozott friss betonban, kg/m <sup>3</sup>
$M(\xi)$	$\xi$ valószínűségi változók várható értéke
$M(\ln x)$	$x$ valószínűségi változók természetes logaritmusainak várható értéke
$MC$	kőművescement jele (MSZ EN 413-1:2011), ( $MC \rightarrow$ Masonry cement)
$MC(0,40)$ , $MC(0,45)$ , $MC(0,70)$ , $MC(0,75)$ , $MC(0,90)$	a referencia-finombeton nyomószilárdságának jellemző értéke (küszöbértéke), ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 8 mm vagy 10 mm és a víz-cement tényező értéke 0,40; 0,45; 0,70; 0,75 vagy 0,90 (MSZ EN 1766:2017). Lásd még: $C(0,40)$ , $C(0,45)$ , $C(0,70)$ ; ( <i>Raupach et al.</i> , 2008)
$MF$	közepesen finom „finom kőanyag-halmazok” finomsági modulus szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ( $M \rightarrow$ medium = közepes)
$MH$	mérsékelt hőfejlesztésű cement (visszavont MSZ 4702-2:1997)
$MP$	közepesen finom „finom kőanyag-halmazok” 0,5 mm nyílású szitán áthullott anyag tömegszázaléka szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), ( $M \rightarrow$ medium = közepes)
$MS$	kőanyag-halmazok magnézium-szulfátos kristályosítási osztályának betűjele (MSZ EN 1367-2:2010, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
$MS$	mérsékelt szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (visszavont MSZ 4702-2:1997, visszavont MSZ 4737-1:2002)
$MSR$	mérsékelt szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (MSZ 4737-1:2013)
$MSZ$	magyar szabvány betűjele
$MSZE$	magyar előszabvány betűjele
$MSZ EN$	Magyarországon bevezetett (honosított) európai szabvány betűjele
$MSZ ISO$	Magyarországon bevezetett (honosított) nemzetközi szabvány betűjele
$n$	anyagmennyiség
$n, n^{\text{tömeg\%}}$	vízfelvétel
$n$	próbatestek, vizsgálati eredmények, mintavételek, vizsgálati szemnagyságok stb. száma

$n$	nevezetlen szám, amellyel a szálerősítésű beton hajlító-húzószilárdságának vizsgálata során az $\ell$ támaszközhez viszonyított $\ell/n$ lehajlást kifejezik. Például $\ell = 450$ mm és $n = 150$ esetén $\ell/n = 3,0$ mm.
$n_{\text{eff}}$	az „építménybeton” próbahengerek tényleges száma. Ha az $n_{\text{eff}}$ tényleges próbatests szám az alulmaradási tényezők MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D1. táblázatában nem szerepel, akkor e táblázat használata során az $n_{\text{eff}}$ értékét követő $n$ próbatest számot kell alkalmazni (MSZ EN 13791:2019 szabvány 8.2.2. szakasz (5) bekezdése).  Ilyen esetben az MSZ EN 13791:2019 szabvány intézkedése helyett <i>Stange et al. (1966)</i> könyve C 4. táblázatának használata javasolható, amelyben a <i>Student</i> -tényezők $n = 31$ értékig minden $n$ számra megtalálhatók.
$nk^{\circ}$	német vízkeménység jele Magyarországon (német nyelvterületen: $^{\circ}dH$ )
N	betűlel a normál kezdőszilárdságú cementek jelében, például: CEM II/A-S 42,5 N (MSZ EN 197-1:2011)
$N_{yd}$	folyáshatárhoz ( $f_y$ ) tartozó húzóerő az acélbetétben
NH, NHK, NK	nyers homok, homokos kavics, kavics szemszemmegoszlási termékosztályinak betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
NH <sub>4</sub> -N	ammónium-nitrogén
NO <sub>2</sub> -N	nitrit-nitrogén
NO <sub>3</sub> -N	nitrát-nitrogén
NZ	„nemes” zúzottkövek szemszerkezeti termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában kétszer tört zúzottkő termékek
OH, OK	osztályozott homok, kavics szemszemmegoszlási termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979, e-UT 05.01.15:2018)
$p$	nyomás, légnyomás, vízoszlopnnyomás
$p$	alulmaradási hányad
$p$	függvényegyütthatók (függvényparaméterek) száma. Előfordulására lásd például az MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.
$p_d$	sűrűségfüggvény, ha az eloszlásfüggvény jele: $P_d$
$p_{\delta}$	$\delta$ szerint transzformált sűrűségfüggvény
$p_{e,n}$	a $T_{n,p} = 0,5$ szívóssági tényezőhöz tartozó szívóssági egyenérték (NBN B 15-239:1992)
$p_{\text{látszólagos}}, p_L$	látszólagos porozitás
pH	hidrogénion-koncentráció ( $a_H$ ) negatív logaritmus, $pH = -\log a_H$
$p(x)$	valószínűségi eloszlásfüggvény, például <i>Gauss</i> -féle normális valószínűségi eloszlás esetén, ha a sűrűségfüggvény jele: $p'(x)$
$p'(x)$	valószínűségi sűrűségfüggvény, például <i>Gauss</i> -féle normális valószínűségi eloszlás esetén, ha az eloszlásfüggvény jele: $p(x)$
$p'(\xi)$	$\xi$ valószínűségi változó elméleti sűrűségfüggvénye
$P$	teljesítmény
P	természetes puccolán, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-

	1.2011)
P	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
$P_d$	eloszlásfüggvény, illetve a szemmegoszlási görbe, ha a sűrűségfüggvény jele: $p_d$
$P_\delta$	$\delta$ szerint transzformált eloszlásfüggvény, illetve szemmegoszlási görbe
$P_i$	i-edik részszemhalmazhatárhoz tartozó eloszlásfüggvény érték
$P_k$	hipergeometrikus valószínűségi eloszlás
$P_k$	alulmaradási vagy felülmaradási hányad
$P_T$	mérési eredmények összeférésének statisztikai biztonsága
PJ	öntömörödő beton fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) vizsgálatban meghatározott átfolyási képessége osztályának betűjele (MSZ EN 12350-12:2010, MSZ 4798:2016)
PL	öntömörödő beton L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálatban meghatározott átfolyási képessége osztályának betűjele (MSZ EN 12350-10:2010, MSZ 4798:2016)
PSV	kőanyaghalmozok csiszolódási osztályának betűjele (visszavont MSZ 18290-5:1984, MSZ EN 1097-8:2009, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018), (PSV $\rightarrow$ polished stone value = kőanyag csiszolódási értéke)  Magyarázat: A PSV értéket az SRT-inga F-skáláján kell leolvasni. A visszavont MSZ 18290-5:1984 szabvány szerinti PKS-skála beosztása 0-tól 1-ig terjedt. Az MSZ EN 1097-8:2009 szabvány szerinti F-skálának nevezett PKS-skála beosztása 0-tól 100-ig terjed.
$q_w$	vízvezetőképesség a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
$Q$	elektromos töltés
$Q$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapáccsal mért visszapattnási érték ( $Q \rightarrow$ Quotiens = hányados)
$Q$	természetes kalcinált puccolán, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$Q$	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
$r$	a lineáris függvény közelítőkéességét kifejező korrelációs együttható, korrelációs koefficiens, <i>Pearson</i> -féle
$r$	vizsgálati eredmények megengedett relatív terjedelme ismétlési feltétel esetén
$r, R$	sugár, például a gömbcsukló vagy a próbahenger sugara
$R$	hővezetési ellenállás, elektromos ellenállás
$R$	feszültség az acélpróbatetekben (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$R$	vizsgálati eredmények megengedett relatív terjedelme összehasonlítási feltétel esetén
$R$	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)

$R$	betűlel a nagy kezdőszilárdságú cementek, az ún. rapidcementek jelében, például: CEM I 42,5 R (MSZ EN 197-1:2011)
$R$	Az 1950-es években az ajánlott szabványok jele a szabvány jelzetében (például: MSZ 15266:1952 R)
$R$	csúszásbiztonság
$R, R_i$	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapáccsal mért egyedi visszapattanási érték ( $R \rightarrow$ rebound = Rückprall = visszapattanás)
$\overline{R}$	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapáccsal mért visszapattanási értékek átlaga
$R_{\text{cube,test}}$	beton nyomószilárdságának egyes tapasztalati értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_d$	a teherbírás tervezési értéke (MSZ EN 1990:2011), ( $d \rightarrow$ design = tervezés)
$R_e$	hegeszthető betonacél folyáshatárának jellemző értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), $R_e \rightarrow f_y$ (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$R_{e,\text{act}}$	hegeszthető betonacél folyáshatára jellemző értékek mért értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$R_{e,\text{nom}}$	hegeszthető betonacél folyáshatára jellemző értékének előírt értéke (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$R_{eH}$	melegen hengerelt betonacél előírt felső folyáshatára (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007, MSZ EN ISO 6892-1:2016))
$R_{eHi}$	egyes melegen hengerelt betonacél próbadarabok felső folyáshatára (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{eHm}$	$n$ db melegen hengerelt betonacél felső folyáshatárának számtani középértéke (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{eL}$	melegen hengerelt betonacél alsó folyáshatára (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN ISO 6892-1:2016))
$R_{f,n}$	hajlító-húzószilárdság átlagértéke, amelyhez $\ell/n$ lehajlás tartozik, szálerősítésű beton esetén
$R_{f,r}$	hajlító-húzószilárdság az első repedésnél, szálerősítésű beton esetén
$R_{f,u}$	hajlító-húzószilárdság legnagyobb értéke, szálerősítésű beton esetén
$R_h$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke vízszintes ütésirány esetén
$R_{h \text{ kalibr}}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéke vízszintes ütésirány esetén
$R_{\text{kalibr}}$	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéke
$R_{k,\text{cube}}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{k,\text{cube,test}}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati jellemző értéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{k,\text{cyl}}$	beton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke vegyesen tárolt

	Ø150×300 mm méretű próbahengeren (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_m$	acélok szakítószilárdsága (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$R_m$	szerkezeti acél (MSZ 500:1974; MSZ 6259:1974), melegen hengerelt betonacél (MSZ 339:1987 szabvány 3. kiadása, 2006; MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), hidegen alakított betonacélhuzal (MSZ 982:1987) húzószilárdságának, szakítószilárdságának jellemző értéke (visszavont MSZ 105-1:1987). $R_m \rightarrow f_t$ (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$R_{m,cube,test}$	beton nyomószilárdságának tapasztalati átlagértéke vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_{m200,nom}$	beton nyomószilárdságának előírt átlagértéke vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán (visszavont MSZ 4720-2:1980)
$R_p$	acélok maradó fajlagos megnyúlásához tartozó feszültség, egyezményes folyáshatár (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$R_{p0,2}$	acélok előírt, terhelt állapotban mérendő egyezményes folyáshatárának jellemző értéke, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,2 (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007), $R_{p0,2} \rightarrow f_{p0,2}$ (MSZ EN 1992-1-1, MSZ EN 1992-1-2)
$R_r$	acélok terhelő erő megszűnte utáni feszültsége (MSZ EN ISO 6892-1:2016)
$R_{r0,2}$	acélok előírt, terheletlen állapotban (a terhelő erő megszűnte utáni állapotban) mérendő egyezményes folyáshatára, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,2 (visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t0,5}$	hidegen alakított betonacélhuzal előírt névleges folyáshatára, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t0,5i}$	egyed-egy hidegen alakított betonacélhuzal próbadarabok tényleges névleges folyáshatára, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{t0,5m}$	$n$ db hidegen alakított betonacélhuzal tényleges névleges folyáshatárának számtani középértéke, ha az eredeti jeltávolság előírt százaléka 0,5 (MSZ 982:1987, visszavont MSZ 105-1:1987)
$R_{p0,1}$	határozott folyáshatár ( $f_y$ ) nélküli, hidegen húzott feszítőhuzal 0,1%-os egyezményes folyáshatárának jele
$R_{p0,2}$	határozott folyáshatár ( $f_y$ ) nélküli, hidegen alakított betonacél 0,2%-os egyezményes folyáshatárának jele (MSZ 982:1987)
$R_t$	acélok teljes fajlagos megnyúlásához tartozó feszültség (MSZ EN ISO 6892-1:2016), ( $t \rightarrow total = teljes$ )
$R_{\text{üllő}}$	<i>Schmidt</i> -kalapáccsal, a kalibráló üllőn mért visszapattnási értékek átlaga
$R_{v\uparrow}, R_{v\nearrow}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattnási értéke felfelé ( $\alpha = +90^\circ, \alpha = +45^\circ$ ) történő vizsgálat esetén
$R_{v\uparrow \text{ kalibr}}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával korrigált visszapattnási értéke felfelé történő vizsgálat esetén
$R_{v\downarrow}, R_{v\searrow}$	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattnási értéke lefelé ( $\alpha = -90^\circ, \alpha = -45^\circ$ ) történő vizsgálat esetén

$R_{v\downarrow}$ kalibr	<i>Schmidt</i> -kalapács kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási értéke lefelé történő vizsgálat esetén
Ra	újrahasznosított betonadalékanyagok bitumenes szemtartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rb	újrahasznosított betonadalékanyagok téglá-, cserép-, gázbeton-(pórusbeton-), mészhomoktégla-tartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rc	újrahasznosított betonadalékanyagok beton- és habarcstartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rcu	újrahasznosított betonadalékanyagok kötetlen, természetesen kötött és hidraulikusan kötött szemek mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
Rg	újrahasznosított betonadalékanyagok üvegtartalom szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
R20	ISO 565:1990 szabvány szerinti szitasorozat jele, amelynek nyílásai 0,063 mm és 125 mm között 1,122 arányban emelkednek (MSZ EN 12620:2002+A1:2008) Az FprEN 933-2:February 2020 szabványtervezet az R20 szitasorozatot részletezve tartalmazza
$R_{5,10}$ , illetve $R_{10,20}$	maradék szívóssági index (ASTM C1018:1989)
$R_{200}$	beton nyomószilárdsága vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározva (visszavont MSZ 4715-4:1972)
$R_{200,test}$	beton 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdságának általában roncsolásmentes vizsgálat eredményéből számított, egyedi, tapasztalati értéke (visszavont MSZ 4715-4:1972)
$s$	adalékanyag szem szélessége (a három befoglaló méret közül a középső)
$s$	tapasztalati szórás vagy korrigált tapasztalati szórás, több esetben a „korrigált” és/vagy „tapasztalati” jelző elhagyásával
$s$	a cement fajtájától függő együttható, amely a szilárdulási idő tényezőt befolyásolja
$s$	az „építménybeton” nyomószilárdságának „összes szórása”, amely az $s_c$ és $s_e$ szórás négyzetösszegének négyzetgyöke (MSZ EN 13791:2019 szabvány (6) képlete)
$s_c$	a monolit vagy előregyártott szerkezeti elem roncsolásmentes vizsgálatlal meghatározott beton-nyomószilárdságának és az „építménybeton” fűrt magminta-próbahengerrel meghatározott nyomószilárdságának ( $f_{c,is}$ ) összefüggését leíró – kétegyütthatós (kétparaméteres) – regressziós függvény standard hibája, amelyet abszolút hibának is neveznek (MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képlete)
$S_{cube,H,test,t}$	$t$ korú beton nyomószilárdságának tapasztalati szórása, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán (MSZ 4798:2016)
$s_e$	a monolit vagy előregyártott szerkezeti elem $m$ számú érvényes



	roncsolásmentes vizsgálattal mért, regressziós egyenlettel átszámított $f_{c, is, reg}$ nyomószilárdsági értékeinek szórása, ha az érvényes roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredmények átlaga: $f_{c, m(m), is}$ (MSZ EN 13791:2019 szabvány (7) képlete)
$S_{fis}$	fúrt magmintákból kivágott beton próbahengerek nyomószilárdságának szórása (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$S_{is, cyl, \emptyset 100 \times 100, test, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas, $t$ korú betonból fúrt magminták légszáraz állapotban meghatározott nyomószilárdságának szórása; $S_{is, cyl, \emptyset 100 \times 100, test, t} = S_{cube, H, test, t}$ (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$S_{is, cyl, \emptyset 100 \times 100, test, vizes, t}$	100 mm átmérőjű és ugyanilyen magas, $t$ korú betonból fúrt magminták vízzel telített állapotban meghatározott nyomószilárdságának szórása; $S_{is, cyl, \emptyset 100 \times 100, test, vizes, t} = S_{cube, test, t}$ (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$S_l, S_t$	kéregvasalás (védővasalás, védőháló) nyílása, lyukbősége
$S_{min, cyl}$	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű beton próbahengeren mért nyomószilárdság előírt legkisebb szórása
$S_n$	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt $\emptyset 150 \times 300$ mm méretű beton próbahengeren mért $n$ számú egymást követő – adott korú – nyomószilárdság vizsgálati eredmény korrigált tapasztalati szórása (MSZ 4798:2016)
$S_n$	$n$ számú vizsgálati eredmény tapasztalati (empirikus) szórása (az $n$ index a hibanégyzetösszeg osztójára utal)
$S_{n-1}$	$n$ számú vizsgálati eredmény korrigált tapasztalati (empirikus) szórása (az $n-1$ index a hibanégyzetösszeg osztójára utal)
$S_r$	vizsgálati eredmények megengedett relatív szórása ismétlési feltétel esetén
$S_R$	vizsgálati eredmények megengedett relatív szórása összehasonlítási feltétel esetén
$S_{rel}$	relatív szórás, amelyet variációs tényezőnek vagy variációs együtthatónak is neveznek (nem tévesztendő össze a varianciával)
$S_x$	a $\sigma$ elméleti szórás becsült értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$S_{\delta f}$	$\delta f$ nyomószilárdság különbségek szórása (visszavont MSZ EN 13791:2007)
S	vasbeton és feszített vasbeton építmények szerkezeti osztályának betűjele (MSZ EN 1992-1-1:2010)
S	útbetonok hasító-húzószilárdsági osztályának betűjele (MSZ EN 13877-1:2013)
S	granulált kohósalak, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
S	a szulfátállóság jele (visszavont MSZ 4702-4:1982 szabvány → S-54 jelű szulfátálló portlandcement és S-100 jelű mérsékelten szulfátálló portlandcementek, visszavont MSZ 4737-1:2002 szabvány)
S	a 4 mm alatti homok agyag-iszaptartalom szerinti minőségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016, MSZ 18281:1979, visszavont 18293:1979)
S	roskadási mértékkel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele
$S_{hiba}$	a korrelációs függvény standard (abszolút) hibája, $S_{hiba} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{f}}$ ,

ahol  $y_i$  az  $i$ -edik, az adott  $x_i$ -hez tartozó mért érték;  $Y_i$  az ugyanazon  $x_i$ -hez tartozó, a korrelációs függvényből számított érték;  $n$  a mérési eredmények száma;  $f$  a regresszós függvény szabadságfoka

SB	bazalt adalékanyagok napszúrással szembeni ellenállás szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 1367-3:2001, e-UT 05.01.15:2018), (napszúrással $\approx$ kokkolitos bazalt)
SC	durva kőanyagalmaz termékek kagylóhéjtartalmi osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
SC	útbetonok fűrt magmintából kialakított próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdsági osztályának betűjele, (MSZ EN 13877-2:2013), (S $\rightarrow$ splitting = hasító; C $\rightarrow$ core = magminta)
SF	Öntömörödő beton roskadási területtel kifejezett konzisztenciaosztályának betűjele (MSZ EN 12350-8:2019, MSZ 4798:2016)
SI	zúzottkő, zúzottkavics, újrahasznosított bontott beton adalékanyagok szemalak tolómérővel meghatározott szemalaktényezője (visszavont MSZ 18288-3:1978, MSZ EN 933-4:2008, visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, MSZ EN 12620:2002+A1:2008), (S $\rightarrow$ shape = alak, I $\rightarrow$ index)
SM	cementek szilikát-modulusa
SR	szulfátálló cementek jelében szereplő betűjel (MSZ EN 197-1:2011), (SR $\rightarrow$ sulphate-resistant = szulfátálló)
SR	Öntömörödő beton szétosztályozódási hajlama osztályának betűjele (MSZ EN 12350-11:2010, MSZ 4798:2016)
SRT-inga	eszköz a kőanyagok csiszolódásának, felületi érdességének mérésére (visszavont MSZ 18290-5:1984, MSZ EN 1097-8:2009, MSZ EN 12620:2002+A1:2008)
SS	kőanyagalmazok vízdoldható szulfáttartalmát kifejező osztály betűjele (MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013, MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008, e-UT 05.01.15:2018)
SZ	kőanyagalmazok mozsaras ütőszilárdsági osztályának betűjele (MSZ EN 1097-2:2010, MSZ EN 12620:2002+A1:2008)
S-54, S 54	A Lábatlani Cementgyárban 1937-től 1997-ig (az MSZ 4702-2:1997 szabvány érvénybe léptéig) gyártott, AM = 0,54 alumínát-modulusú szulfátálló portlandcement jele (visszavont MSZ 4702-4:1982)
S-100	mérsékelt szulfátálló portlandcement (visszavont MSZ 4702-4:1982)
$t$	idő
$t, t_n$	<i>Student</i> -tényező, az alulmaradási tényező a $t$ -eloszlás esetén, ahol $n$ a mintaszámra utal
tg	tangens függvény
$t_{rel}$	ernyedési (relaxációs) idő
$t_T$	hőmérséklet befolyásolta helyettesítő időtartam
$t_{ultrahang}$	idő, amely alatt az ultrahang az $L_{ultrahang}$ hosszúságú utat a betonban megteszi
$t_v$	öntömörödő beton tölcéses kifolyási (V-funnel) ideje ((MSZ EN 12350-9:2010, MSZ 4798:2016)

$t_0$	tartós terhelés kezdeti időpontja, azaz a beton kora a tartós terhelés kezdetén
$t_{500}$	öntömörődő beton roskadási terület vizsgálata során az 500 mm-es átmérő eléréséhez szükséges folyási idő ((MSZ EN 12350-8:2019, MSZ 4798:2016)
$T$	hőmérséklet
$T$	mérési eredmények terjedelme (visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezete, melléklet)
$T$	törőgép gömbcsuklója alatti nyomólap vastagsága (ASTM C39:1972)
$T$	égetett pala, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$T_b$	friss beton hőmérséklete
$T_i$	szálerősítésű beton idealizált lehajlás-hajlítóerő diagramja alatti részterület (ASTM C1018:1989)
$T_{n,p}$	szívóssági tényező (NBN B 15-239:1992)
$T_z$ ábra	z-edik ábrán jelölt terület
$T_\delta$	$P_\delta$ transzformált eloszlásfüggvény alatti terület
$T_\delta$	az első repedéshez tartozó lehajlással határolt, erő-lehajlás görbe alatti terület
TH, THK	természetes szemmegoszlású homok, homokos kavics szemszemmegoszlási termékostályának betűjele (visszavont MSZ 18293:1979)
TT	cementek mésztelítési tényezője vagy mésztelítettség
$u$	atomi tömeg egység (ATE), vagy dalton (Da) a $^{12}\text{C}$ atom (a szén legstabilabb izotópjá) tömegének egy tizenketted része: $1 u \approx 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1/N_A \text{ gramm} = 1/1000 N_A$ , ahol $N_A$ az Avogadro-szám
$u = a_i$	teherviselő acélbetét tengelyének a névleges távolsága a beton felületétől
$U$	elektromos feszültség
$U$	hőátbocsátási tényező
$U$	adalékanyag egyenlőtlenégi együtthatója
$U_{70/10}$	adalékanyag szemmegoszlási görbéje 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{70}$ ) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{10}$ ) hányadosaként kiszámított <i>Ujhelyi</i> -féle egyenlőtlenégi együttható
$v$	adalékanyag szem vastagsága (a három befoglaló méret közül a legkisebb)
$v_a$	adalékanyag vízigénye, adalékanyag esetén tömegarány, betonra vonatkoztatva $\text{kg/m}^3$
$v_{ef}$	szerkezeti elem hatásos vastagsága, szerkezeti elem elméleti vastagsága
$v_L$ , <i>Vultrahang</i>	ultrahang terjedési sebessége ( $v_L = L_{\text{ultrahang}}/t_{\text{ultrahang}}$ )
$v_{\text{ütés}}$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosának ütési sebessége
$v_{\text{visszapattanás}}$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosának visszapattanási sebessége
$(v/c)_{eq}$	„víz-kötőanyag tényező”, „víz-cement tényező egyenérték”

$V$	térfogat
$V$	Vebe-idővel kifejezett betonkonzisztencia osztály betűjele (a Vebe konzisztencia osztályok az MSZ 4798:2016 betonszabványban már nem szerepelek)
$V$	$V = s/m = \text{szórás/átlag}$ , a relatív szórás (variációs tényező, variációs együttható) jele az MSZ EN 1990:2011 szabvány D mellékletében, lásd még: $v$
$V$	savas jellegű pernye, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$V_A$	adalékanyag szemeknek térfogata $1 \text{ m}^3$ bedolgozott friss betonban, liter/ $\text{m}^3$
$V_C$	cementszemek térfogata $1 \text{ m}^3$ bedolgozott friss betonban, liter/ $\text{m}^3$
$V_{p0}$	adalékanyag pépigénye, liter/(betömörített adalékanyag $\text{m}^3$ )
$V_x$	$V_x = s_x/m_x$ az $x$ független változó relatív szórásának (variációs tényezőjének, variációs együtthatójának) a jele az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabvány D mellékletében
$V_V$	keverővíz térfogata $1 \text{ m}^3$ bedolgozott friss betonban, liter/ $\text{m}^3$
$V_L$	friss beton levegőtartalma, liter/ $\text{m}^3$
VLH	nagyon kishőfejlesztésű különleges cement (Very low heat special cement), (MSZ EN 14216:2015)
VS	öntömörödő beton $f_{500}$ időhöz tartozó viszkozitási osztályának betűjele (MSZ 4798:2016)
$W$	munka, energia, hőenergia
$W$	bázikus jellegű pernye, a cement egyik főalkotórésze (MSZ EN 197-1:2011)
$W$	víztartalom (e-Ut 05.01.15:2018)
$W_n$	standardizált terjedelem ( $\omega$ ) eloszlásfüggvénye
$W_p$	a $p$ alulmaradási hányadhoz tartozó elfogadási valószínűség
$WA_{24}$	24 órás vízfelvétel (e-Ut 05.01.15:2018)
WO, WF, WA, WS	Nedvességi osztály az alkáli rekcióval (alkálifém-oxid reakcióval) kapcsolatban (DIN 1045-2:2008)
$x$	az $f(x)$ függvény független változója
$x$	semleges tengely helye a hajlított keresztmetszetben
$x$	víz-cement tényező
$x_{c0}$	a nyomófeszültség-diagram magassága
$x_{eq}$	víz-cement tényező egyenérték, víz-kötőanyag tényező
$x_{i,cor}$	beépített, megszilárdult monolit beton vagy előregyártott elem azon roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredménye az $i$ mérési helyen (mérési ponton), amelyet az $f_{c, is, reg}$ átszámított nyomószilárdságnak – a korrelációs függvényrel való – meghatározásába bevonnak (MSZ EN 13791:2019)
$x_{kötőanyag}$	víz-kötőanyag tényező, víz-cement tényező egyenérték
$x_{max}$	megengedett legnagyobb víz-cement tényező
$x_{y0}$	a semleges tengelynek a nyomott szélső száltól való távolsága (Mihailich et al., 1964)

$x_0$	földnedves konzisztenciájú beton <i>Palotás</i> -féle alap víz-cement tényezője (redukált víz-cement tényezőnek is nevezik)
$x_0$	az „építménybeton” azon roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságainak egyike, amelyre az építmény szerkezeti eleme nyomószilárdságának statikai értékeléshez szükség van (MSZ EN 13791:2019)
$\bar{x}$	beépített, megszilárdult monolit beton vagy előregyártott elem azon $m$ számú roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálati eredményének átlaga, amelyet az $f_{c,m(m),is}$ átszámított átlagos nyomószilárdságnak – a korrelációs függvénnyel való – meghatározásához felhasználnak (MSZ EN 13791:2019)
$\bar{x}_n$	$n$ -tagú adatsor átlagértéke
$X$	valószínűségi változó
$X$	újrahasznosított betonadalékanyagok agyag, fém, fel nem úszó, fa, műanyag, gipsz darabok mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
$X_d$	az anyagjellemző tervezési értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$X_p$	a $p$ alulmaradási hányadhoz tartozó valószínűségi változó
$X!$	$X$ faktoriális: $1 \times 2 \times 3 \times \dots \times X = X!$
$X_0 \dots$	környezeti osztály azon esetekben, ha nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
$X_0b \dots (H)$	környezeti osztály vasalatlan beton esetén, ha nincs korrózióveszély (MSZ 4798:2016)
$X_0v \dots (H)$	környezeti osztály gyengén vasalt beton esetén, ha nincs korrózió (MSZ 4798:2016)
$XA \dots$ és $XA \dots (H)$	környezeti osztály talaj, talajvíz, egyéb víz és folyadék okozta kémiai korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes chemical attack)
$XBSK$	biogén kénsav korróziójának ellenálló betonok környezeti osztálya a DWA-M 211:2008 műszaki irányelvben, (Expositionsklasse für biogene Schwefelsäurekorrosion)
$XC \dots$	környezet osztály karbonátosodás okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes carbonation)
$XD \dots$	környezeti osztály a nem tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes deicing; $D \rightarrow$ deicing = jégtelenítő). Megjegyzés: Nem csak a jégtelenítő sók, hanem mindennemű, nem tengervízből származó só (klorid) hatása alatt álló vasbetonra, feszített vasbetonra, acélszálerősítésű betonra vonatkozik.
$XF \dots$ és $XF \dots (H)$	környezeti osztály a fagyás-olvadás okozta károsodás kockázata esetén, fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018), (Exposure classes freezing)
$XK \dots (H)$	környezeti osztály koptatás esetén, kopásálló betonok környezeti osztálya

	(MSZ 4798:2016)
XM...	környezeti osztály koptatás esetén a német DIN 1045-2:2008 szabványban, az osztrák ÖNORM B 4710-1:2018 szabványban, és egyéb német, osztrák előírásokban
XN...(H)	környezeti osztály szilárdsági szempontból alárendelt beton (C8/10) esetén, ha nincs korróziós veszély vagy korróziós hatás (MSZ 4798:2016)
XRg	újrahasznosított betonadalékanyagok agyag, fém, fel nem úszó, fa, műanyag, gipsz és üveg darabok mennyisége szerinti osztályának betűjele (MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006, MSZ EN 13242:2002+A1:2008)
XS...	környezeti osztály a tengervízből származó kloridok okozta acélbetét-korrózió kockázata esetén (MSZ 4798:2016), (Exposure classes chlorides from sea water)
XV...(H)	környezeti osztály talajnedvesség vagy víznyomás esetén, vízzáró betonok környezeti osztálya (MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018)
y	az $f(x)$ függvény függő változója
Y	hidegen húzott feszítőhuzal és feszítőpászma jele (prEN 10138-1:2000, prEN 10138-2:2000, prEN 10138-3:2000)
$Y_H$	határigénybevétel
Z	acél próbatetek keresztmetszet-csökkenése (kontrakció), (visszavont MSZ 105-1:1987, MSZ EN ISO 6892-1:2016)
Z	zúzottkövek szemszerkezeti termékosztályának betűjele (visszavont MSZ 18291:1978, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018) Megjegyzés: Általában egyszer tört zúzottkő termékek
ZH, ZHK, ZK	homokból, homokos kavicsból, kavicsból tört termékek betűjele (visszavont MSZ 18293:1979, visszavont ÚT 2-3.601:2006, visszavont ÚT 2-3.601-2:2009, e-UT 05.01.15:2018)
$\alpha$	hőtágulási együttható, hőátadási tényező
$\alpha$	<i>Schmidt</i> -kalapácsos ütés irányának hajlásszöge
$\alpha$	a $\sigma$ - $\varepsilon$ ( $\sigma = E \times \varepsilon$ ) görbe érintőjének hajlásszöge, amelynek tangense (iránytangense) a rugalmassági modulus: $E = \operatorname{tg} \alpha = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon$ . (Ez az $\alpha$ hajlásszög nem azonos a papíron lerajzolt háromszög alaphosszán fekvő hegyes szög ott lemerített értékével.)
$\alpha_0$	a $\sigma$ - $\varepsilon$ ( $\sigma = E \times \varepsilon$ ) görbe arányossági határ alatti lineáris szakaszának a hajlásszöge, amelynek iránytangense a kezdeti rugalmassági modulus ( $E_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 = \sigma / \varepsilon_{\text{rug}}$ )
$\alpha_{\text{add}}$	$k$ -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>cementtartalom</i> hányadosa (például az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő)

$\alpha_{cc}$	beton $\sigma_{cu}$ nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakasz (1)P bekezdés és NA2.2.1. szakasz)
$\beta$	hőtágulási együttható
$\beta$	megbízhatósági index (MSZ EN 1990:2011)
$\beta$	a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány szerinti, a szerkezet betonjának szilárdsága és a próbatest visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány szerinti szilárdsága közötti eltérést figyelembe vevő $\beta = 1,15$ értékű tényező, amellyel a beton az in situ, a szerkezeten meghatározott jellemző értékét meg szabad volt szorozni
$\beta_{add}$	$k$ -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> ( $c_{ekv}$ ) hányadosa (osztrák szakirodalomban és az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő); lásd még: $\delta_{add}$
$\beta_{wM}$	az egyedi (egyes) próbakocka sorozatok (szériák) átlagos nyomószilárdsága Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
$\beta_{wN}$	„névleges nyomószilárdság” („Nennfestigkeite”, „Nenndruckfestigkeite” vagy „Nennwert”), az egyedi (egyes) $\beta_{w28}$ átlagos nyomószilárdságok legkisebbike, amely a 28 napos beton 5%-os alulmaradási hányadú jellemző értéke (tehát küszöbértéke) Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Például a $\beta_{wN} = 350$ kp/cm <sup>2</sup> „névleges nyomószilárdságú” beton nyomószilárdsági osztálya Bn 350
$\beta_{wS}$	az egyedi (egyes) próbakocka sorozatok (szériák) átlagos nyomószilárdságainak ( $\beta_{wM}$ ) legkisebbike Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata)
$\beta_{w28}$	a 28 napos korú, vegyesen tárolt, 200 mm méretű beton próbakockákon meghatározott nyomószilárdságok átlagértéke Németországban 2001 előtt (DIN 1045:1972 szabvány 1. táblázata). Előfordul, hogy az indexben lévő számérték a névleges szilárdságú próbakocka cm-ben kifejezett méretére utal, például: $\beta_{w20}$
$\beta(f_{cm,cyl})$	a beton nyomószilárdságának a kúszási tényező $\varphi_0$ alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
$\beta(t_0)$	a beton megterhelés időpontjában érvényes korának a $\varphi$ kúszási tényező $\varphi_0$ alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
$\beta_{cc}(t), \beta_{cc}(t_0), \beta_c(t, t_0)$	szilárdulási idő tényező, például a kúszásnak az első megterhelés idejétől ( $t_0$ ) számított időbeli lefolyását leíró tényező
$\beta\text{-C}_2\text{S}$	belit, a dikalcium-szilikát (C <sub>2</sub> S) $\beta$ -módosulata, cement-klinker ásvány
$\gamma$	fajlagos torzulási szögváltozás
$\gamma_{add}$	cementtartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> hányadosa (osztrák szakirodalomban az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján)
$\gamma_C$	beton $\sigma_{cu}$ nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint)
$\gamma_{C,red4}$	csökkentett biztonsági tényező (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint)

$\gamma_m$	az anyagjellemző biztonsági (parciális) tényezője az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$\gamma_1 = \gamma_{\text{skewness}}$	ferdeségi együttható (skewness = ferdeség)
$\gamma_2 = \gamma_{\text{kurtosis}}$	lapultsági együttható (kurtosis = csúcsosság)
$\Gamma$	Gamma-függvény
$\delta$	páravezetési tényező, páradiffúziós tényező
$\delta$	$d$ szemmagyságnak a szemmegoszlási jellemzőkkel arányosan transzformált értéke
$\delta$	betongerenda első repedéshez tartozó lehajlása
$\delta_{\text{add}}$	$k$ -értékkel (hatékonysági tényezővel) számításba vehető legnagyobb II. típusú kiegészítőanyag-keveréktartalom és a <i>hatékony kötőanyagtartalom</i> ( $C_{\text{ekv}}$ ) hányadosa (osztrák szakirodalomban és az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány alapján), (add $\rightarrow$ additive = kiegészítő), lásd még: $\beta_{\text{add}}$
$\delta f = f_{\text{is}} - f_{\text{R}}$	fűrt, csiszolatlan nyomott felületű magminta próbahenger nyomószilárdsága tapasztalati értékének és a roncsolásmentes szilárdság vizsgálat becsülő összfüggésből meghatározott nyomószilárdságnak a különbsége (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$\delta f_{\text{m}(n)}$	$\delta f$ nyomószilárdság különbségek $n$ számú vizsgálati eredményből számított átlaga (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$\delta_{\text{T}}$	relatív testsűrűség
$\delta_{\text{Tyler}}$	szita lyukbőség hányados a Tyler-féle szitasorozatban
$\Delta c$	megengedett eltérés az előírt névleges betonfedéstől ( $c_{\text{nom}}$ -tól), amelynek pozitív értéke: $\Delta c_{\text{(plusz)}}$ , és negatív értéke: $\Delta c_{\text{(mínusz)}}$
$\Delta c_{\text{dev}}$	kötelező ráhagyás (deviation = eltérés) az előírt legkisebb betonfedésre, az előírt névleges betonfedés ( $c_{\text{nom}}$ ) és az előírt legkisebb betonfedés ( $c_{\text{min}}$ ) különbsége, $\Delta c_{\text{dev}} = c_{\text{nom}} - c_{\text{min}}$
$\Delta c_{\text{dur,add}}$	bevonattal ellátott beton előírt legkisebb betonfedését ( $c_{\text{min}}$ ) csökkentő összetevő
$\Delta c_{\text{dur,st}}$	korrózióálló acélok alkalmazása esetén az előírt legkisebb betonfedést ( $c_{\text{min}}$ ) csökkentő összetevő, st = stainless = rozsdamentes
$\Delta c_{\text{dur,\gamma}}$	betonfedés kiegészítő biztonsági összetevő (többlet). Értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA13.3. szakasza szerint $\Delta c_{\text{dur,\gamma}} = 0$ mm
$\Delta c_{\text{Opfer}}$	Betonfedéspalást
$\Delta f = \delta f_{\text{m}(n)} - k_1 \times s_{\delta f}$	$\delta f$ nyomószilárdság különbségek jellemző értéke, amellyel a roncsolásmentes vizsgálat nyomószilárdság becsülő alapösszfüggését általában felfelé el kell tolni (visszavont MSZ EN 13791:2007)
$\Delta l_s$	szulfátállósági hosszváltozás a SIA 262/1:2019 svájci műszaki előírásban
$\Delta l_v$	alulmaradási tágasság (Kausay, 2006), ( $l_v \rightarrow$ lead value)
$\Delta R_\alpha$	Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat esetén a nehézségi erő hatása a visszapatantási értékre ( $\alpha$ = az ütésirány szöge)
$\Delta s$	a rugónak az $F_{\text{rugó}}$ lineáris rugóerő által létrehozott hosszváltozása



$\Delta_{SLA}$	kőanyaghalmozok Los Angeles aprózódási veszteségének változása fagyasztás hatására, a nem fagyasztott kőanyaghalmoz Los Angeles aprózódási veszteségének százalékában (MSZ EN 1367-1:2007)
$\Delta S_{\text{ütés}}$	Schmidt-kalapács megfeszített ütőrugójának a megnyúlása
$\Delta S_{\text{visszapattanás}}$	<i>Schmidt</i> -kalapács visszapattanó ütőkosának útja
$\Delta \nu_{Cs}$	a cézium-133 izotóp másodpercenkénti rezgésszáma ( $\Delta \nu_{Cs} = 9.192.631.770$ Hz)
$\varepsilon$	fajlagos lineáris alakváltozás
$\varepsilon_{\text{alap}}$	alapkúszás
$\varepsilon_b$	beton fajlagos törési összenyomódása
$\varepsilon_{bH}$	beton fajlagos húzási alakváltozása
$\varepsilon_c, \varepsilon_{\text{kúszás}}$	kúszás ( $c \rightarrow \text{creep} = \text{kúszás}$ )
$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$	a $t_0$ időponttól működő $\sigma_{c,cyl}$ tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás $t_\infty$ időben számításba veendő végértéke (kúszási határ), (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\varepsilon_{cu}$	beton fajlagos törési összenyomódása (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\varepsilon_f$	acél fajlagos folyási alakváltozása
$\varepsilon_h$	hossz irányú fajlagos hosszváltozás
$\varepsilon_k$	keresztirányú fajlagos hosszváltozás
$\varepsilon_{\text{kúszás}}, \varepsilon_c$	kúszás
$\varepsilon_{\text{kúszás},m}$	kúszás maradó része
$\varepsilon_{\text{kúszás},r,\text{utóhatás}}$	kúszás rugalmas utóhatása
$\varepsilon_m$	maradó fajlagos alakváltozás
$\varepsilon_{\text{rug}}$	rugalmas fajlagos alakváltozás
$\varepsilon_s$	betonacél fajlagos húzási alakváltozása, fajlagos nyúlása
$\varepsilon_{\text{száradási}}$	száradási kúszás
$\varepsilon_t$	tartós fajlagos alakváltozás
$\varepsilon_{t,m}$	tartós fajlagos alakváltozás maradó része
$\varepsilon_{t,m,\infty}$	tartós fajlagos alakváltozás maradó részének végértéke
$\varepsilon_{t,r}$	tartós fajlagos alakváltozás rugalmas része
$\varepsilon_{\text{teljes}}$	teljes fajlagos alakváltozás, a rugalmas ( $\varepsilon_{\text{rug}}$ ) és a maradó fajlagos alakváltozás ( $\varepsilon_m$ ) összege, $\varepsilon_{\text{teljes}} = \varepsilon_{\text{rug}} + \varepsilon_m$
$\varepsilon_u$	hegeszthető betonacél teljes nyúlása a legnagyobb terheléskor (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013)
$\varepsilon_{zs}$	zsugorodás
$\varepsilon_{yd}$	betonacél fajlagos folyási alakváltozása (MSZ EN 1992-1-1:2010), ( <i>Mihailich</i> et al., 1964)
$\varepsilon_0$	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás
$\varepsilon_{0,m}$	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás ( $\varepsilon_0$ ) maradó része
$\varepsilon_{0,r}$	terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás ( $\varepsilon_0$ ) rugalmas része, pillanatnyi rugalmas alakváltozás

$\varepsilon$ - $\sigma$ görbe	feszültség-alakváltozási diagram. A gyakorlatban általában $\sigma$ - $\varepsilon$ görbének nevezik
$\gamma$	fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly
$\gamma_s$	betonacél biztonsági tényezője (MSZ EN 1992-1-1:2010), ( <i>Mihailich et al.</i> , 1964)
$\kappa_{Poldi,D}$	fémek keménységének <i>Poldi</i> -kalapácsos arányszáma, ha a <i>Poldi</i> -kalapács acélgolyójának átmérője $D$ mm ( $\kappa_{Poldi,D} = HB_{Poldi}/HB_{etalon} = h_{etalon}/h_{fém}$ )
$\xi$	valószínűségi változó
$\xi_{sta}$	standardizált valószínűségi változó, a $\xi$ valószínűségi változó standardizáltja
$\xi_0$	a nyomott szélső száltól való távolságok hányadosa ( $\xi_0 = x_{y0}/d_y$ ), ( <i>Mihailich et al.</i> , 1964)
$\xi_{c0}$	a nyomófeszültség-diagram magasságának ( $x_{c0}$ ) és az acélbetét hatásvonal és a nyomott szélső szál közötti távolság ( $d_y$ ) hányadosa ( $\xi_{c0} = x_{c0}/d_y$ ), ( <i>Mihailich et al.</i> , 1964)
$\eta$	viszkozitás, dinamikai viszkozitás, belső súrlódási tényező
$\eta$	a beton nyomófeszültségének MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti $\gamma_c$ biztonsági tényezőjét csökkentő tényező, amelyet akkor szabad alkalmazni, ha a beton szilárdságát a megvalósult szerkezeten vagy szerkezeti elemen kísérlettel (vizsgálattal) határozzák meg. Ajánlott legkisebb értéke: $\eta = 0,85$
$\eta_d$	a vizsgálati eredmények átszámítási tényezőjének tervezési értéke az MSZ EN 1990:2011 (Eurocode) szabványban
$\lambda$	hővezetési tényező
$\lambda, \lambda_n$	alulmaradási tényező, ahol $n$ a mintaszámra utal
$\mu = \mu_m$	mikrométer, mikron, $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$
$\mu$	beton nyomószilárdságának elméleti (valószínűségi) várható értéke (átlagértéke)
$\mu$	<i>Poisson</i> -féle tényező, <i>Poisson</i> -féle haránt alakváltozási tényező, $\mu = \varepsilon_k/\varepsilon_h$
$\mu$	folyadékok permeabilitása
$\mu_k$	$p_\delta$ sűrűségfüggvény alatti területnek a várható érték függőlegesére vett $k$ -adrendű centrális nyomatéka (momentuma): $\mu_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^k \times f(x) \cdot dx$
$\mu_2$	$p_\delta$ sűrűségfüggvény alatti területnek a várható érték függőlegesére vett másodrendű centrális nyomatéka (momentuma)
$\mu_3$	az $x$ valószínűségi változónak az átlagérték függőlegesére vett harmadik centrális nyomatéka (momentuma)
$\mu_{ts} = F_{tap}/F_{nyomó}$	tapadási súrlódási tényező
$\nu$	kinematikai viszkozitás
$\nu$	relatív szórás (variációs tényező, variációs együttható) régebbi jele. Ma inkább az $s_{rel}$ jelölést használjuk, lásd még: $V_x$
$\nu_0 = 1$	$p_\delta$ sűrűségfüggvény alatti terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)

$v_{-1}$	$p_{\delta}$ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett (-1)-rendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$v_1 = \Psi_0$	$p_{\delta}$ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatéka, amely egyenlő a $P_{\delta}$ eloszlásfüggvény feletti területtel (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$v_2$	$p_{\delta}$ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett másodrendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$v_k$	$p_{\delta}$ sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett k-adrendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\emptyset$	feszítőbetét vagy kábelcsatorna átmérője
$\emptyset_n = d_{sv}$	acélbetétköteg vagy feszítópászma vagy kábelcsatorna egyenértékű (helyettesítő) átmérője
$\emptyset_p = d_p$	feszítőbetét tényleges átmérője
$\emptyset_s = d_s$	húzott acélbetét névleges átmérője
$\emptyset_{st}$	acélkengyel névleges átmérője
$\Pi$	számsor tagjainak szorzata, például az $n!$ faktoriális függvény alakja minden $n > 0$ egész számra: $n! = \prod_{k=1}^n k$
$\pi$	<i>Ludolph</i> -féle szám, $\pi \approx 3,141593$ ; <i>Ludolph van Ceulen</i> (1550-1617) német származású holland matematikus munkássága nyomán
$\rho$	anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség
$\rho_{acél}$	acél anyagsűrűsége
$\rho_a$	látszólagos testsűrűség (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_b$	halmazsűrűség
$\rho_p$	előszárított anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{rd}$	kiszárított anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{ssd}$	vízzel telített, felületszáraz anyag testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{v\acute{z}}$	víz sűrűsége
$\rho_A$	kiszárított anyag anyagsűrűsége
$\rho_H$	kiszárított, laza állapotú anyag halmazsűrűsége
$\rho_{La}$	könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) látszólagos testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{Lrd}$	kiszárított könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{Lssd}$	vízzel telített, felületszáraz könnyű kőanyaghalmoz (adalékanyag) testsűrűsége (MSZ EN 1097-6:2013)
$\rho_{LC}$	könnyűbeton testsűrűségi osztályának betűjele (MSZ 4798:2016)
$\rho_T$	kiszárított anyag testsűrűsége, kiszárított szemhalmoz szemekinek átlagos testsűrűsége
$\sigma$	feszültség

$\sigma$	szórás; kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának elméleti szórása
$\sigma^2$	elméleti szórásnégyzet, pontosabban az elméleti szórás négyzete
$\sigma/m_{lin}$	variációs tényező, amelyet százalékban is ki lehet fejezni (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban). Lásd még: $v$
$\sigma^2/m_{lin}^2$	relatív szórásnégyzet (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\sigma_{bH}$	a beton nyomóhatárfeszültsége
$\sigma_B$	betonacél húzószilárdsága, szakítószilárdsága
$\sigma_c = 0$	a feszültség zérus értéke (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\sigma_{c,cyl}, \sigma_{c,cyl}(t_0)$	az állandó, tartós terhelőerő hatására a tartós terhelés $t_0$ kezdeti időpontjában ébredő – szabványos henger próbatesten értelmezett – tartós feszültség (MSZ EN 1992-1-1:2010)
$\sigma_{cu}, \sigma_{cu3}$	beton – igénybevételből számított, az $\varepsilon_{cu}$ fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége (Mihailich et al., 1964)
$\sigma_{cu,t}$	$t$ korú beton – igénybevételből számított, az $\varepsilon_{cu}$ fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége
$\sigma_{cyl}$	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának szórása
$\sigma_{e,max}$	ernyedés végértéke
$\sigma_{hH}$	a beton húzási (húzó-) határfeszültsége
$\sigma_H$	a beton nyomóhatárfeszültsége (visszavont 1967. évi Közúti Hídszabályzat)
$\sigma_{max}$	hegeszthető betonacél fárasztóvizsgálati előírt legnagyobb terhelése (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$\sigma_{min}$	kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt legkisebb elméleti szórása
$\sigma_n$	a beton nyomószilárdságának ismeretlen valószínűségi elméleti szórása
$\sigma_N$	a beton nyomóhatárfeszültsége (visszavont 1951. évi Vasúti Hídszabályzat)
$\sigma_{rel}$	ernyedés végértékének ( $\sigma_{e,max}$ ) bizonyos hányada
$\sigma_s$	a betonacél húzófeszültsége
$\sigma_t$	törőszilárdság betonhasáb esetén, hasábszilárdság
$\sigma_0$	hajlító-húzófeszültség az első repedésnél
$\sigma-\varepsilon$ görbe	feszültség-alakváltozási diagram
$\Sigma\Delta$	a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálat esetén, (ÚT 2-2.204:1999 = e-UT 09.04.11:1999) útügyi műszaki előírás
$\tau$	nyírófeszültség, tiszta nyírószilárdság
$\tau_{0,1}$	hegeszthető betonacél tapadófeszültsége betonpróbatestben 0,1 mm-es csúszás esetén (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)
$\tau_{bu}$	hegeszthető betonacél tapadófeszültsége betonpróbatestben a legnagyobb vizsgálati erő esetén (MSZ EN 10080:2005 szabvány 2. kiadása, 2007)

$\varphi$	térfogategyenlőségi tényező, térfogategyenlőségi átszámítási tényező (Balázs L. – Kausay, 2019)
$\varphi_{ef}$	hatékony kúszási tényező (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.4. szakasza)
$\varphi_{LC}$	könnyűbeton kúszási tényezője
$\varphi_{nl}(\infty, t_0), \varphi_k(\infty, t_0)$	elméleti kúszási tényező; a kúszási tényezőnek a kúszás nem-lineáris jellegét figyelembe vevő végértéke, ha a tartós nyomófeszültség a megterhelés $t_0$ időpontjában a $0,45 \times f_{cm, cyl}$ értéket meghaladja
$\varphi_{RH}$	a relatív páratartalomnak és a szerkezeti elem határos vastagságának a kúszási tényező $\varphi_0$ alapértékére gyakorolt hatását figyelembe vevő tényező
$\varphi_t$	kúszási tényező vagy kúszási mérték
$\varphi(t, t_0)$	kúszási tényező $t$ időpontban érvényes értéke, amely a $t$ és a $t_0$ időpontok közötti kúszásnak a 28 napos kori rugalmas alakváltozáshoz viszonyított arányát adja meg
$\varphi(\infty, t_0), \varphi_k(\infty, t_0)$	kúszási tényező végértéke a $t_\infty = \infty$ időben
$\varphi_0$	kúszási tényező alapértéke; elméleti kúszási tényező
$\chi^2$	$\chi^2$ -eloszlás (valószínűségi eloszlás), amelyet <i>Pearson</i> -eloszlásnak, illetve ritkábban <i>Helmert</i> -eloszlásnak is neveznek.
$\Psi_0$	$P_\delta$ eloszlásfüggvény feletti terület (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\Psi_1$	$P_\delta$ eloszlásfüggvény feletti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatéka (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\Psi_{k-1}$	$P_\delta$ eloszlásfüggvény feletti területnek az ordinátatengelyre vett $(k-1)$ -edrendű nyomatéka (ha $k$ nem negatív szám), (például az MSZ 18288-5:1981 szabványban)
$\Psi_R$	hagyományos <i>Schmidt</i> -kalapács ütőkosa visszapattanási energiájának ( $E_{\text{ütőkös, visszapattanási}}$ ) és ütőrugója ütési rugalmas energiájának ( $E_{\text{rugó, ütési}}$ ) hányadosa
$\Psi_Q$	<i>SilverSchmidt</i> -kalapács ütőkosa visszapattanási energiájának ( $E_{\text{ütőkös, visszapattanási}}$ ) és ütőrugója ütési rugalmas energiájának ( $E_{\text{rugó, ütési}}$ ) hányadosa
$\omega$	standardizált terjedelem (elméleti), a terjedelem és a szórás hányadosa (visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezete, melléklet)



## 1.4. FOGALMAK

### **Abrams-féle finomsági modulus**

Az *Abrams-féle*<sup>5</sup> finomsági modulus ( $m_{\text{Abrams}}$ ) a százzal osztott szitammaradékok összege a *Tyler-féle* szitasorozaton (*Palotás*<sup>6</sup> 1934). Az MNOSZ 934:1949, de még az 1977-ig érvényben volt MSZ 4713:1955 beton alapanyag vizsgálati szabvány is úgy rendelkezett, hogy a szemmegoszlás *Abrams-féle* finomsági modulusának kiszámításához a szitákon fennmaradt anyag mennyiségeket a 0,147 (0,15); 0,295 (0,3); 0,59 (0,6) mm lyukbőségű négyzetlyukú szitákból és az 1,18 (1,2); 2,37 (2,5); 4,75 (5,0); 9,52 (10,0); 19,05 (20,0); 38,1 (40,0); 76,2 (80,0) mm lyukbőségű körlyukú rostákból álló *Tyler-féle* szitasor lyukbőségeihez tartozó ordinátákon kell leolvasni (lásd *Tyler-féle* szitasorozat). Az MSZ 4713-3:1977 szabvány szerint a finomsági modulust már a 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 mm lyukbőségű négyzetlyukú szitákon fennmaradt összes anyag tömeg%-ából kellett kiszámítani. Ez a számítás mód 1981-ben annyival változott, hogy az MSZ 18288-5:1981 szabvány szerint a finomsági modulus számításához használt szitasor első tagja a 0,063 mm lyukbőségű négyzetlyukú szita lett, és ezzel a finomsági modulus értéke közel eggyel megnövekedett.

### **Abrams-féle kúp**

Lásd: Roskadási mérték

### **Abszolút halmaztömörség**

Az abszolút halmaztömörség a halmazsűrűség és az anyagsűrűség hányadosa. Térfogatarány.

<sup>5</sup> *Duff Andrew Abrams* (1880, Illinois – 1965, New York) amerikai betonkutató, a Lewis Institute professzora, a chicagói Portland Cement Association kutató laboratóriumának igazgatója, az American Concrete Association elnöke volt. Bevezette az adalékanyag szemmegoszlásának jellemzésére a finomsági modulust, hatványfüggvény alakjában felírta a víz-cement tényezőnek és a beton nyomószilárdságának összefüggését, megalapozta a betontervezési módszereket, a beton konzisztencia vizsgálatára kidolgozta a roskadásmérés módszerét, amelynek eszköze az *Abrams-féle* kúp. Legjelentősebb műve, a „Design of Concrete Mixtures” a londoni Forgotten Books reprint kiadásában elérhető.

<sup>6</sup> *Dr. Palotás László* (1905, Érsekújvár – 1993, Budapest) hidépítő és tervező mérnök, betonkutató, 1954-től 1967-ig a Közlekedési Műszaki Egyetem, illetve az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, majd azután a Budapesti Műszaki Egyetem professzora, a II. Hidépítéstani Tanszék (1957-1963), illetve az Építőanyagok Tanszék vezetője (1963-1968), Kossuth-díjas (1962), a Magyar Népköztársasági Érdemérem kétszeres (1958, 1960), a Munka Érdemrend (1985), a Magyar Köztársaság Zászlórendje (1990) stb. tulajdonosa, a Magyar Tudományos Akadémia levelező (1992), majd rendes tagja (1992). Szakkönyveinek száma 26, könyvrészlete 24, egyetemi jegyzeteinek száma 17, hazai és külföldi folyóiratokban megjelent tudományos dolgozatainak száma mintegy 115. Szerkesztésében jelent meg a Mérnöki Kézikönyv két kiadása (1979-1980 és 1983-1985). Nevéhez fűződik a *Cross*-módszer alkalmazása kilengő keretszerkezetek erőjátékának meghatározásához (*Palotás et al.*, 1962). *Palotás László* jelentős szerepet játszott a betontechnológia és a betonismeret fejlesztésében, például bevezette a legkedvezőbb finomsági modulus és a víz-levegő-cement tényező fogalmát, felírta a *Palotás-féle* betontervezési képleteket, összefüggéseket határozott meg a beton hasáb-, húzó-, nyíró-, csavarószilárdságának, továbbá a tartós szilárdság, a hőmérsékletváltozásból fellépő sajátfeszültségek, a zsugorodásból származó feszültségek, a kúszásból keletkező feszültségek számítására (*Balázs*, 2004), (<http://www.betonopus.hu/notesz/palotas/palotas-laszlo.pdf>).

*Hardy Cross* (1885, Nansmond Country, Virginia, USA – 1959, Virginia Beach, Virginia, USA) amerikai építőmérnök, statikus, egyetemi tanár. Tanulmányait a Hampden-Sydney Kollégiumban, a Harvard Egyetemen, a Norfolk Akadémián, a Massachusetts Technológiai Intézetben folytatta. Tanított a Brown Egyetemen, a Yale Egyetemen. Iterációs (fokozatos közelítés)+ módszert dolgozott ki a keretszerkezetek és rácsos tartók rúdvégi (csomóponti) hajlítónyomatékainak meghatározására. „Continuous Frames of Reinforced Concrete” című könyve New Yorkban, 1932-ben jelent meg.

$$t_{\text{abszolút halmaztömör}} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_A} = \frac{M/V_H}{M/V_A} = \frac{V_A}{V_H} = \frac{\text{Anyagtérfogat}}{\text{Halmaztérfogat}}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Halmazporozitás, Hézagtérfogat

### Abszolút hiba

Lásd: Standard hiba

### Acélgyártási salak, acélsalak

Nevezik martin-salaknak is. Nem tévesztendő össze a kohósalakkal. Az acélgyártási salak (acélsalak) a nyersvas acéllá – például Siemens-Martin kemencében – történő feldolgozása során keletkező melléktermék. Az acélsalak (martin-salak) szabad magnézium-oxidot (periklázst) tartalmaz, amely nedvesség, például a levegő páratartalma hatására a betonban lassan beoltódik, és dolomit-mészhidráttá (brucittá) átalakulva térfogatát kétszeresére növeli, ami megszilárdult betont összerepedezését okozza. A betont az acélsalak kéntartalma is károsíthatja. Az acélgyártási salakot beton adalékanyagként alkalmazni tilos.

### Adag

Lásd: Vizsgálati adag

### Adagolás

Adagolás alatt az alkotóanyagok (összetevők) keverékbe, oldatba stb. általában tömegarány, bizonyos esetekben térfogatarány szerinti juttatását értjük.

### Adalékanyag

Angolul: Aggregate, németül: Zuschlagstoff

Tömör vagy porózus szerkezetű természetes, mesterséges vagy bontási, építési építőanyaggyártási hulladékból újrahasznosított szemhalmaz, amelyet a betonban a cementkő köt össze. Testsűrűsége alapján könnyű, szokványos (közönséges, normál) vagy nehéz adalékanyag lehet. A betonadalékanyagok tulajdonságait az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabványban tárgyalják.

Lásd még: Kőanyaghalmaz

### Adalékanyag felületi nedvessége

Az adalékanyag felületi nedvessége a víz anyagsűrűségének, az adalékanyag térfogati fajlagos felületének és az adalékanyag szemekre tapadó folyamatos vízfilm vastagságának a szorzata. Mértékegysége: kg/m<sup>3</sup>. A vízfilm vastagsága a víz és az adalékanyag szem közötti (adhéziós erő befolyásolta) *határ* felületi feszültségnek (T/m<sup>2</sup>) a növekedésével növekszik, a határ felületi feszültség pedig – amelyet a vízzel érintkező szilárd anyag felületi görbülete is befolyásol – a szem nagyság csökkenésével növekszik, tehát a vízfilm annál vastagabb, minél kisebb a szem nagyság. A vízfilm vastagsága *Moro* (2009) szerint általában kisebb, mint 0,5 μm. Az egymáshoz közel lévő adalékanyag szemeket bevonó vízfilm egymáshoz érve vízhidat képez. Az adalékanyag felületi nedvességének legnagyobb értékét a betontechnológiai gyakorlatban az adott finomsági modulusú adalékanyag vízigényével szokás kifejezni (*Ujhelyi*<sup>7</sup>

<sup>7</sup> *Ujhelyi János* (1925, Debrecen – 2011, Budapest) okl. építőmérnök, műegyetemi doktor (1968), a műszaki tudományok kandidátusa (MTA, 1968), a műszaki tudományok doktora (MTA, 1990), címzetes egyetemi docens, címzetes főiskolai tanár. Kutatási területe a betontechnológia. 1951-től több mint negyven éven át az Építéstudományi Intézet tudományos kutatója, ezt követően a Betonolith K+F Kft., majd a CEMKUT Cementipari Kutató-fejlesztő Kft. tudományos tanácsadója. Számos egyetemi és főiskolai kurzus előadója, hazai és nemzetközi



2005). A tömött szövetszerkezetű adalékanyag tényleges felületi nedvességét a *Thaulow*-féle eljárással lehet megmérni (*Iken et al.* 2012).

### Adalékanyag pépigénye

Az adalékanyag pépigénye (cementpépigénye) azonos a vízmegtartóképességnek megfelelő vízadagolással megkevert (nedvesített) és betömörített (bevibrált) adalékanyaghalmoz szemei közötti hézagok térfogatának és a száraz adalékanyaghalmoz – mint a halmazt befogadó tér – térfogatának hányadosával. Más szóval: az adalékanyag pépigénye a lehető legtömörebb adalékanyaghalmoznak a – száraz adalékanyag térfogatára vonatkoztatott – hézagterfogatával egyenlő.

Pépnek (cementpépnek) voltaképpen térkitöltő szerepe van, ugyanakkor az adalékanyag szemeket közvetlenül bevonó pépréteg (vékony pépfilm) kenőképességgel rendelkezik, ezért az adalékanyag pépigényét a szemhalmoz fajlagos hézagtartalma és térfogati fajlagos felülete függvényének tekintjük (*Ujhelyi*, 1980).

A kenőréteg (pépfilm) vastagsága a betonkonzisztencia lágyulásával, az adalékanyag fajlagos térfogati felületének és a felületi érdességének a növekedésével növekszik. *Springenschmidt* (2007) szerint a kenőréteg vastagsága 450-500 mm közötti területi mértékű – lényegében F4 konzisztenciaosztályú, illetve annál valamivel kevésbé folyós – friss betonban mintegy 0,020-0,035 mm.

A Magyar Államvasutak a vasúti beton és vasbetonhidak építésére 1985. január 1-jén az MSZ 4719:1982 szabvány előírásait és az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelv ajánlásait követő utasítást adott ki (MÁV H. 2. sz. 1984), amely nem csak előírásokat, hanem szükséges mértékben magyarázatokat is tartalmazott. A betonadalékanyag pépigényének e MÁV utasításban szereplő *Ujhelyi*-féle (1980) diagramját az *1.1. ábrán* mutatjuk be.

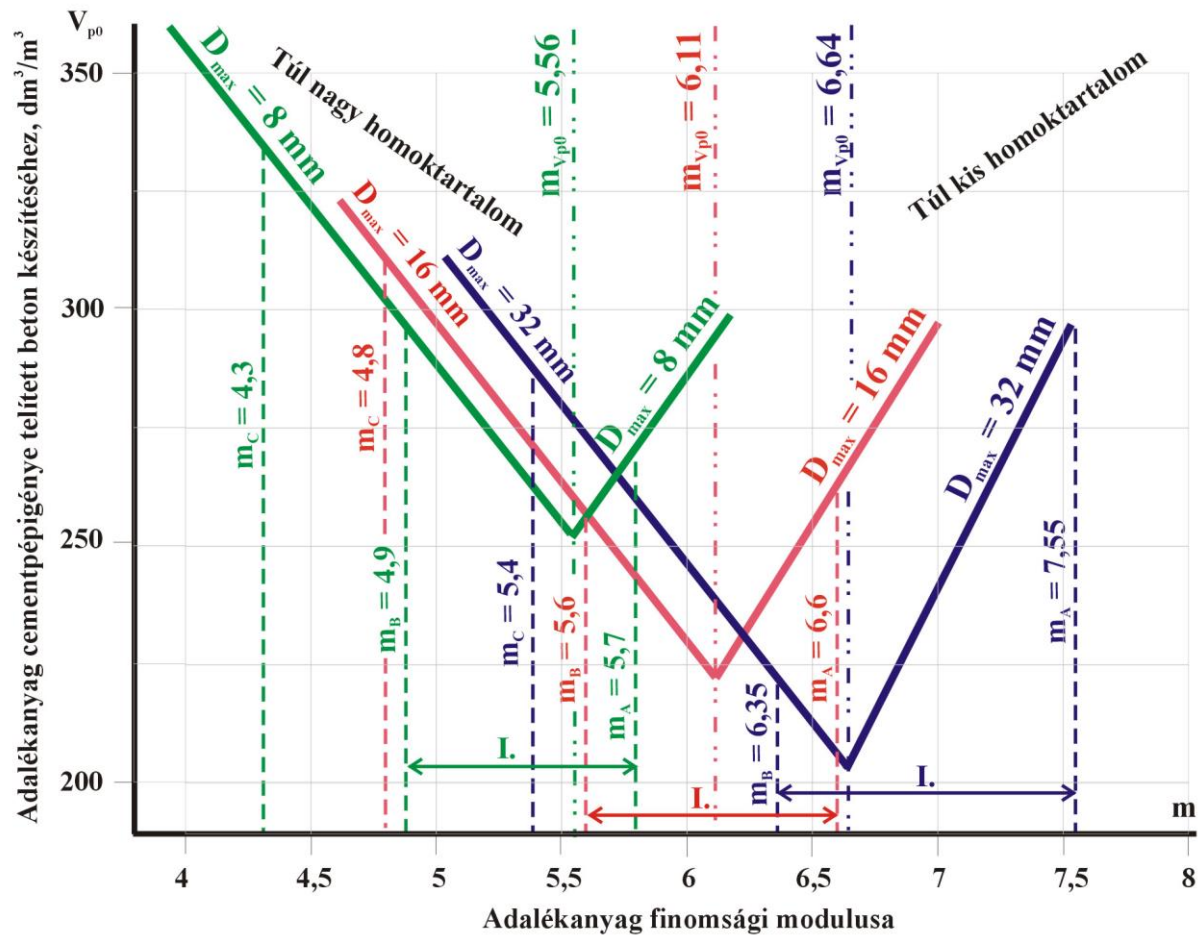
Mint hogy az adalékanyag hézagterfogatának és térfogati fajlagos felületének számítása körülményes, *dr. Ujhelyi János* a homokos kavics adalékanyag pépigényét kísérletekkel határozta meg (1980), amelyek eredményeiből felírta a legkevesebb cementpépet igénylő adalékanyag szemmegoszlása finomsági modulusának összefüggését (*1.1. ábra*):

$$m_{vp0} = \frac{D_{\max} + 100 \times \sqrt{D_{\max}} + 476}{D_{\max} + 130}$$

*Ujhelyi* (1980) megállapította, hogy a legkisebb cementpépigényű adalékanyag szemmegoszlása az *A* és *B* határgörbék közötti I. tartományban helyezkedik el. E szemmegoszlás görbéje a  $D_{\max} = 8$  mm legnagyobb szemmagyság esetén az *A* határgörbe közelében fut, majd növekvő legnagyobb szemmagyság mellett fokozatosan közelebb kerül a *B* határgörbéhez.

---

szervezetek tudományos tanácsadója. Kimagasló a szabályozásban játszott szerepe. Ma is alapműnek számít a szürke-sárga füzetek néven emlegetett, 1995-ben kiadott beton és vasbeton készítési műszaki előírás. A nevéhez fűződik számos európai beton tárgyú szabvány szakszerű fordítása, értelmezése, azok nemzeti alkalmazási dokumentumának kidolgozása. Irodalmi tevékenysége maradandó. Folyóirat cikkeinek száma mintegy 150, bel- és külföldi előadásainak száma több mint 150. 12 szakkönyv társszerzője, melyek közül többnek a főszerkesztője; önálló könyveinek száma 8. A BME Építőmérnöki Karának szakmérnöki egyetemi tankönyveként 2005-ben kiadott „Betonismeretek” *Ujhelyi János* tudományos elveinek és módszertanának összefoglalója. Kutatási eredményeit áttentő írásai a világhálón olvashatók: <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/ujhelyi-popovics-tartalom.pdf>. (<http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi-emlekerme.pdf>)



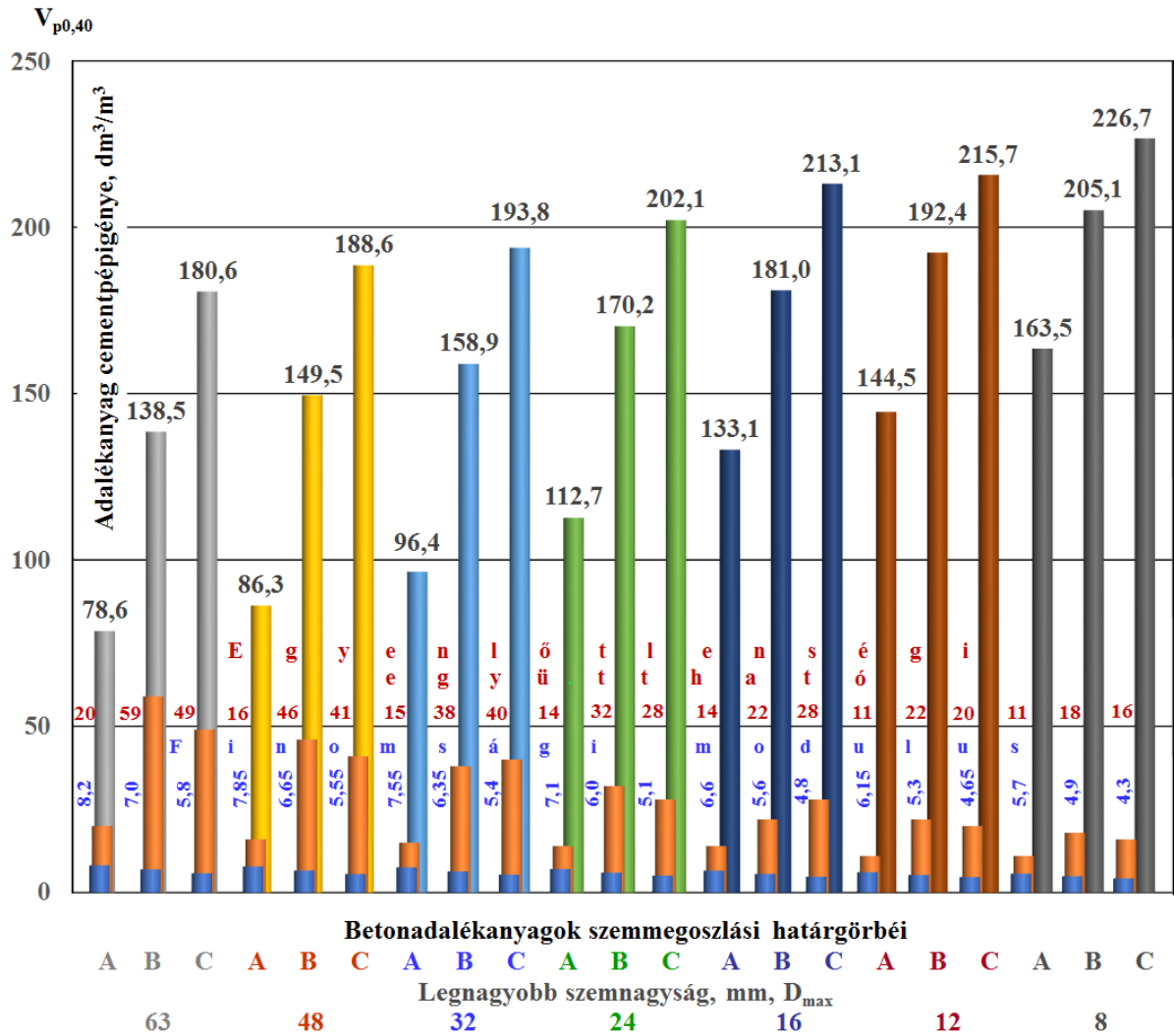
**1.1. ábra:** A különböző legnagyobb szemmagyságú homokos kavics adalékanyag pépígenye Ujhelyi (1980) szerint (MÁV H. 2. sz. 1984). Az ábrán az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti finomsági modulusokat tüntettük fel.

Mintegy negyed évszázaddal később Ujhelyi (2005) az adalékanyagok pépígenyét nem csak a finomsági modulus, hanem a finomsági modulus és az  $U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$  egyenlőtlenségi együttható egyidejű figyelembevételével,  $k_v \geq 40$  s víztartóképességnek megfelelő vízadagolás mellett a következőképpen írta fel:

$$V_{p0,40} = \left( 340 + 50 \times \lg \frac{m}{4} \right) - \left( 38 \times e^{\frac{2}{U-0,5}} \right) \times \left( m - 1,54 \times e^{\frac{1}{U-0,5}} \right),$$

ahol  $d_{70}$ , illetve  $d_{10}$  a szemmegoszlási görbe 70%-os, illetve 10%-os ordinátaértékéhez tartozó szemmagyság.

E függvény tartalmát az 1.2. ábrán szemléltetjük. Látható, hogy az adalékanyag cementpépigénye az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának ( $D_{max}$ ) csökkenésével mérsékelten növekszik, a finomsági modulus csökkenésével, azaz a homoktartalom növekedésével jelentősen növekszik, és ez lényegében összhangban áll az 1.1. ábra függvényeinek tendenciájával. Az 1.1. ábrával ellentétben az 1.2. ábrából nem derül fény arra, hogy a szemmegoszlás A és B határgörbék közötti I. tartományában van-e a cementpépigénynek alsó szélsőértéke (minimuma), és ha van, akkor az mekkora finomsági modulushoz ( $m$ ) tartozik. Biztosan állítható, hogy az adalékanyag térfogati fajlagos felületének növekedése a cementpépigény növekedésével jár.



**1.2. ábra:** Az MSZ 4798:2016 szabvány határgörbéi szerinti szemmegoszlású,  $k_v \geq 40$  s víztartóképesű adalékanyagok cementpépigénye a finomsági modulus és az  $U_{70/10}$  egyenlőtlenségi együttható függvényében (Ujhelyi, 2005)

Mértékegysége:  $\text{dm}^3/(\text{betömörített adalékanyag m}^3)$  vagy liter/(betömörített adalékanyag  $\text{m}^3$ )

Lásd még: Cementpép, Halmazporozítás vagy összporozítás, Térfogati fajlagos felület, Egyenlőtlenségi együttható, Víztartóképeség

### Adalékszer

Angolul: Additive, németül: Zusatzmittel

A friss vagy a megszilárdult beton tulajdonságainak módosítása céljából a betonkeverés alatt, vagy közvetlenül az átadás előtti átkeverés során a betonhoz adott, a cement tömegéhez képest kis mennyiségű, folyékony vagy por alakú, ritkán pépszerű vegyi anyag.

### Adhéziós víz

Az adhéziós víz a cementkőben fizikailag kötött víz része. A vízmolekulák a molekulaközi kölcsönhatás folytán tapadnak a határfelületre.

### Adszorpciós víz

Az adszorpciós vizet az elektrosztatikus vagy *van der Waals*<sup>8</sup> erők kötik a határfelülethez. Minél nagyobb a távolság az adszorpciós réteg és a határfelület között, annál kisebb a kötési energia. A fizikailag kötött víz nagy részét az adszorpciós víz teszi ki.

### Aerob

Levegőt, oxigént igénylő, a szennyvízszint fölött elő szervezettel, illetve levegő, oxigén jelenlétében végbemenő folyamat.

### Agresszív szénsav, agresszív szén-dioxid

Agresszív szénsav (agresszív szén-dioxid) az oldatban lévő szabad szénsavnak (CO<sub>2</sub> vizes oldatának) a kalcium-hidrogén-karbonát (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) és magnézium-hidrogén-karbonát (Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) oldatban tartásához szükséges egyensúlyi (tartalékos) szénsavon felüli része. Agresszív szénsav = összes szabad szénsav – egyensúlyi szénsav (*Hunkár* 1940, *Biczók*<sup>9</sup> 1956, 1960).

Lásd még: Egyensúlyi szénsav, Összes szénsav

### Alakváltozási modulus

Ha a  $\sigma = E \times \varepsilon$  görbén (feszültség-alakváltozási diagram) az arányossági határon túl a feszültséghez nem a rugalmas fajlagos alakváltozást ( $\varepsilon_{\text{rug}}$ ), hanem a teljes fajlagos alakváltozást ( $\varepsilon_{\text{teljes}}$ ) rendeljük, akkor az alakváltozási modulus ( $E_{\text{alakváltozási}} = \sigma / \varepsilon_{\text{teljes}}$ ) kapjuk. Az alakváltozási modulus húrmodulusnak ( $E_D$ ) is nevezik. Az alakváltozási modulus a rugalmassági modulusok egyik fajtája. Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

### Alakváltozási tényező

Az alakváltozási tényező a kúszással kapcsolatos  $E_i$  ideális rugalmassági modulushoz hasonló rugalmassági modulus az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint. Nem szabad összetéveszteni az alakváltozási modulusnak ( $E_{\text{alakváltozási}}$ ) is nevezett húrmodulussal ( $E_D$ ). Jele:

<sup>8</sup> *Johannes Diderik van der Waals* (1837, Leiden – 1923, Amszterdam) Nobel-díjas holland fizikus. 1873-ban doktorált, 1876-ban lett az Amszterdami Egyetem fizikaprofesszora, 1907-ben vonult nyugalomba. A Nobel-díjat a gázok és folyadékok állapotegyenletével kapcsolatos munkásságáért 1910-ben kapta. Doktori értekezésében írta fel a gázok ma *van der Waals*-egyenletnek nevezett állapotegyenletét, amelyben kimondta, hogy a valóságos gázok térfogata és nyomása nem tart zérushoz a hőmérséklettel, és a molekuláknak tetszőleges hőmérsékleten van saját térfogatuk. A *van der Waals* összetartó erők gyenge elektromos erők, amelyek a semleges molekulákat egymáshoz vonzzák a folyékony és megzilárdult gázokban, csaknem minden szerves folyadékban és szilárd anyagban. A *van der Waals* kötés lezárt elektronhéjú atomok vagy molekulák között létrejövő másodlagos kötés, amelynek energiája az elsődleges kötések (kovalens, ionos, fémek) energiájának mintegy huszadrésze.

<sup>9</sup> *Dr. Biczók Imre* (1902, Temesszlatina – 1991, Budapest) okl. építőmérnök. A Bánátban, Lugoson töltött gyermekora után 1920-ban Magyarországra települt. Érettségi után a Királyi József Műegyetem Mérnök Karának lett a hallgatója, ahol 1931-ben kapott diplomát. A Fővárosi Útügyi és Anyagvizsgáló Intézetben helyezkedett el, ahol a Talajmechanikai osztály mérnöke volt. A II. világháború alatt a Honvédelmi Minisztériumban is dolgozott, mint tartalékos mérnökkari tiszt. A Fővárosi Útügyi és Anyagvizsgáló Intézetet a II. világháború után, 1949-ben az ÉTI Építéstudományi Intézethez csatolták. Innen került 1950-ben az FTI Földmérő és Talajvizsgáló Intézetbe (később FTV Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat), ahol igazgatói, illetve főmérnöki beosztásban dolgozott nyugdíjazásáig (1962). 1958-ban az ÉTE Építéstudományi Egyesülettől Alpár Ignác-díjat kapott. Egyetemi doktori címet a BME Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán 1968-ban, „Betonkorrozó, betonvédelem” című értekezésével szerzett. Több tudományos szervezet vezetőségi tagja volt (ÉTE, KTE, SZTE), a Magyar Tudományos Akadémia Építéstudományi Főbizottságának Talajmechanikai-Alapozási Szakbizottsága 1953-ban tagjai között tudta (*Balázs* 2005). Munkássága elsősorban a geotechnikával volt kapcsolatos. Előadott a Soproni Egyetemen, talajmechanikai könyvet írva. Foglalkozott geoelektromos talajvizsgálatokkal, talajfaggyal, elektroozmotikus falszáritással (szabadalom), majd 1956-ban „Betonkorrozó, betonvédelem” címmel írt könyvet, melynek bővített kiadását több nyelvre lefordították. Ezzel kapcsolatban többször járt az USA-ban, Japánban stb. (ifj. *Biczók Imre* okl. építőmérnök, a méltott fiának közlése).

$E_{c,eff}$ , mértékegysége:  $N/mm^2$  vagy MPa

### Alaphalmaz

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint az a termelési, szállítási (vasúti vagon-, tehergépkocsi- hajórakomány) vagy tárolt adalékanyag (kőanyaghalmoz) mennyiség, amelyet egyidőben, egységes körülmények között állítottak elő. Folyamatos gyártás esetén egy meghatározott időtartam alatt előállított adalékanyag mennyiség.

### Alapkövetelmények, alapvető követelmények

Az „alapvető” követelmények („alapkövetelmények”) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról szóló rendeletében szereplő, az építményekre vonatkozó fogalom, amely a szabványosítási megbízások és a harmonizált műszaki előírások kidolgozásának képezi az alapját.

Az építményekre vonatkozó alapvető követelmények – amelyeknek az építmények mind egészükben, mind különálló részeikben meg kell feleljenek, kiemelten figyelembe véve az építmények teljes életciklusa során érintett személyek egészségét és biztonságát – a 305/2011/EU számú rendelet I melléklete szerint a következők:

1. Mechanikai szilárdság és állékonyság
2. Tűzbiztonság
3. Higiénia, egészség- és környezetvédelem
4. Biztonságos használat és akadálymentesség
5. Zajvédelem (zajcsökkentés)
6. Energiatakarékosság és hővédelem
7. Természeti erőforrások fenntartható használata

Az alapkövetelmények az alapvető jellemzők hozzárendelése által jelentenek kötelezettséget, például a mechanikai szilárdság és állékonyság követelménye az előírt nyomó- vagy/és húzószilárdság teljesítésén keresztül érvényesül. Az építményekre vonatkozó alapvető követelmények képezik az alapját a szabványoknak és harmonizált műszaki specifikációknak, amelyek az építési termékek alapvető jellemzőinek értékelési módszereit és feltételeit tartalmazzák.

A 305/2011/EU számú rendeletet az építési termék építménybe történő betervezésének, beépítésének és teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló magyar 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet hivatkozza meg.

Az alapkövetelményeket 2013. július 1. előtt „lényeges” követelményeknek nevezték.

### Alapkúszás

Alapkúszásnak a kúszás azon részét nevezik, amely a nedvességváltozástól teljes mértékben megvédett beton szerkezeti elemekben is fellép. Az alapkúszás a szerkezeti elem méretétől független. Az alapkúszás nagyobb, ha a cementtartalom nagyobb, ha a beton szilárdsága kisebb, ha az adalékanyag rugalmassági modulusa kisebb, ha a teher nagyobb, ha a szerkezeti elemet korábban terhelik meg, ha a hőmérséklet nagyobb. Jele:  $\varepsilon_{alap}$

### Alapvető jellemző

Az „alapvető jellemző” az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termék rendeletében szereplő fogalom, amely szerint az „alapvető jellemzők”: az építési termék azon jellemzői, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függenek össze.

**Alap víz-cement tényező (redukált víz-cement tényezőnek is nevezik)**

A mai értelemben vett CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített földnedves konzisztenciájú – a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti FN jelű – friss beton víz-cement tényezője. Tömegarány. Jele:  $x_0$ .

### **Alit**

Az alit a portlandcement-klinker ásványok egyikének neve, trikálcium-szilikát ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , röviden:  $\text{C}_3\text{S}$ ). A cement 37-60 tömeg%-át teszi ki. A cement nagy kezdőszilárdságát adja.

### **Alkáli-fémek**

Az 1. vegyértékelektronnal rendelkező alkáli-fémek a periódusos rendszer 1. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti I. főcsoportjátjában) helyezkednek el. Az alkáli-fémek csoportjába tartozik a lítium (Li), nátrium (Na), kálium (K), rubídium (Rb), cézium (Cs) és a francium (Fr), amelyek könnyű, puha, alacsony olvadáspontú, nagyon reakcióképes, vízzel erős bázissá alakuló elemek.

Az alkáli-fém-tartalmat sokszor röviden alkáli-tartalomnak nevezik.

### **Alkáli-földfémek**

Az alkáli-földfémek a periódusos rendszer 2. oszlopát (régi elnevezése II. főcsoport) alkotják. Vegyértékük 2. Az alkáli-földfémek csoportjába a következő elemek tartoznak: berillium (Be), magnézium (Mg), kalcium (Ca), stroncium (Sr), bárium (Ba), és rádium (Ra). Ezek az elemek az alkáli-fémeknél keményebbek és nehezebbek, vízzel az alkáli-fémeknél kevésbé erős bázissá alakulnak.

### **Alkáli-tartalom**

Az alkáli-tartalom alatt alkáli-fém-tartalom értendő.

### **Alkáli reakció, alkáli-fém-oxid reakció**

Az alkáli-fém-oxid reakció egyes beton-adalékanyagok és az alkáli-fém-oxid dús cementek hidratációs termékében levő alkáli-fém-hidroxidok beépülési, vagy csere-bomlásának szabatos megnevezése. A jelenséget a köznap műszaki életben általában alkáli reakciónak nevezik.

Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények hatására lép fel, térfogat-növekedéssel jár, a reakció jellegétől függően a beton felületén reakció-termékek jelenhetnek meg. Az alkáli reakció a beton összeropadásához, szilárdság-csökkenéséhez vezet. Kialakulásához hosszú évek kellenek. Az ilyen betont javítani nem lehet.

Az alkáli-fém-oxid reakciónak két alapvetően különböző változata van, úgymint az alkáli-fém-oxid – szilikát reakció és az alkáli-fém-oxid – karbonát (alkáli-fém-oxid – dolomit) reakció.

A betonadalékanyagok alkáli – szilikát reakcióját, illetve alkáli-fém-oxid – szilikát reakcióját az MSZ EN 12620:2002+A1:2008, MSZ EN 13139:2006 szabványban – az angol alkali-silica aggregate reaction, a német Alkali-Kieselsäure-Reaktion, a francia réaction alcali-silice kifejezések alapján – alkáli-kovász reakciónak nevezik.

Forrás: <https://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf>

### **Alternatív kötőanyagok**

Az alternatív kötőanyagok a hagyományos klinker alapú cementek alternatívájának tekinthetők. E csoportba sorolhatók az alkáli-aktivált kötőanyagok (ASCEM-kötőanyagok, geopolimer), a celitcementek, a kalcium-szulfó-aluminátcementek, a belit-cementek, a nagy szulfáttartalmú kohósalakcementek (MSZ EN 15743:2010+A1:2015, például az egykor gyártott osztrák *Novák*-féle (2009) Slagstar kötőanyag), az alinit-cementek, a magnézium-alapú cementek (*Dehn et al.* 2017).

Lásd még: ASCEM-kötőanyag, geopolimer

### Alulmaradási hányad

A valószínűségi sűrűségfüggvénynek az  $x$  valószínűségi változó jellemző értékétől balra lévő, görbe-alatti területe. Az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 szabvány szerint beton esetén a teljes anyagterefogatban (tételben) a szilárdság megfeleléségi feltételét ki nem elégítő anyag részarányát kifejező alulmaradási hányad értéke 0,05 (5%).

Jele:  $p$ .

### Alulmaradási tágasság

Az alulmaradási tágasság az alulmaradási tényező és a szórás szorzata (például  $\lambda \times \sigma$ , vagy  $\lambda_n \times s_n$ , illetve  $t_n \times s_n$ ), amelyet a nyomószilárdság  $f_{cm}$  átlagértékéből kivonva a jellemző értéket kapjuk, más szóval a nyomószilárdság átlagértékének és jellemző értékének különbsége.

### Alulmaradási tényező

Az alulmaradási tényező adott értékű szorzó, amellyel a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórását megszorozva, és a szorzatot a nyomószilárdság átlagértékéből kivonva a jellemző értékre jutunk. Jele általában:  $\lambda_n$ , a  $t$ -eloszlás esetén:  $t_n$  (*Student-tényező*), ahol  $n$  a mintaszámra utal.

### Aluminátcement

Az aluminátcementek nyersanyaga nagy  $Al_2O_3$  tartalmánál fogva általában bauxit vagy timföld, amelyet mészkővel vagy mésszel keverve égetnek ki. Az aluminátcementek tulajdonságait a nyersanyagok minőségén kívül  $CaO/Al_2O_3$  arány határozza meg.

A visszavont MSZ 4702-9:1990 szabvány szerint az aluminátcement  $Al_2O_3$  tartalma (35-60) tömeg%, a nagy timföldtartalmú aluminátcement  $Al_2O_3$  tartalma legalább 60 tömeg%. Ha az aluminátcement  $Al_2O_3$  tartalma legalább 35, 45, 60, 70, 80 tömeg%, akkor a  $CaO$  tartalma rendre legfeljebb 45, 40, 32, 28, 18 tömeg%. A méssztartalom növelése általában növeli a cement kezdeti szilárdságát és csökkenti a tűzállóságát, és fordítva, az  $Al_2O_3$  tartalom növelése a tűzállóság növekedésével jár. A nagy timföldtartalmú aluminátcementek  $SiO_2$  tartalma általában legfeljebb 3 tömeg%,  $Fe_2O_3$  tartalma pedig még ennyi sincs. A ma már nem gyártott bauxitcement  $Al_2O_3$  tartalma (35-60) tömeg% volt, a tűzálló betonok készítésére ma is használt nagy timföldtartalmú aluminátcementek  $Al_2O_3$  tartalma pedig legalább 60 tömeg%.

### Aluminátmodulus

Az AM aluminátmodulus a cement-klinker alumínium-oxid és vas-oxid összetevőinek hányadosa, tömegarány:

$$AM = \frac{c(Al_2O_3)}{c(Fe_2O_3)}$$

A portlandcementek aluminátmodulusa:  $0,5 < AM < 2,5$ .

Az AM aluminátmodulus csökkenésével a cement szulfátállósága nő, másodlagos ettringit képződési hajlama és szulfátduzzadás okozta hosszváltozása csökken. Az MSZ 4737-1:2013 szabvány szerint a szulfátálló cementek<sup>10</sup> aluminátmodulusa legfeljebb 0,7, a mérsékelt

<sup>10</sup> A szulfátálló cementek első kutatói között tartjuk számon *Henry Le Chatelier* (1850, Párizs – 1936, Miribel-les-Échelles, Isère) francia kémikust. Atyja bányamérnök volt, így érdeklődése a kémia és matematika felé irányult. Felsőfokú tanulmányait 1869-ben a párizsi École Polytechnique műszaki főiskolán kezdte, majd az École Nationale Supérieure des Mines de Paris bányamérnöki főiskolán folytatta és közben kémia előadásokat is hallgatott. 1878-1925 között egymást követően az École des Mines főiskolán, a párizsi Collège de France kutató

szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0; a szulfátálló cementek szulfátduzzadás okozta 28 napos hosszváltozása legfeljebb 0,4 mm/m, a mérsékelten szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0 mm/m. (Riesz et al., 1989)

A Magyarországon 1937 és 1997 között (a szulfátálló portlandcement MSZ 4702-4:1982 szabványát felváltó MSZ 4702-2:1997 cementszabvány bevezetéséig) az egykori lábatlani, selypi, bélapátfalvi, hejőcsabai cementgyárban gyártott S-54 350 pc jelű szulfátálló portlandcement alumínátmodulusa  $AM \leq 0,54$  volt, ahonnan az egykori kiváló magyar cement a nevét is kapta.

Lásd még: Szilikát-modulus, Mésztelítési tényező, Mészstandard, S-54 szulfátálló cement

### Aluminátok

Az aluminátok az alumínium-hidroxid és valamely erős bázis vizes oldatában keletkező sók elnevezése. Például: trikálcium-aluminát ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ )

### Amfolitok

Az amfolitok olyan vegyületek, amelyeknek töltéses vagy töltés nélküli részecskéi egymás között protont cserélhetnek. Például a víz esetében:  $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$  (Neumüller et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Amfoterek

### Amfoterek

Az amfoterek olyan vegyületek, amelyek elektrolitként, ionos állapotban a kísérleti körülményektől függően savként vagy bázisként viselkednek. Az amfoter vegyületek egyaránt képesek protonokat leadni és felvenni. Ilyen például az alumínium-hidroxid ( $Al(OH)_3$ ), amely a  $pH < 10$  jellegű oldatokban főként  $Al^{3+}$  kationokat, ezzel szemben a  $pH > 13$  jellegű oldatokban aluminátokat képez (Neumüller et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Amfolitok

### Aminosavak

Az aminosavak (más néven amino-karbonsavak) olyan szerves vegyületek, amelyek molekulájában aminocsoport ( $-NH_2$ ) és karboxilcsoport ( $-COOH$ ) egyaránt előfordul. Az aminosavak a fehérjék alapvető építőkövei.

### Ammónium-nitrogén

A fogalom és a jelölése ( $NH_4-N$ ) nem vegyületet takar, hanem az amóniumion ( $NH_4^+$ )-tartalomtól meghatározott nitrogén (N)-tartalmat fejezi ki. Például 10 mg/liter  $NH_4-N$  azt jelenti, hogy az ammóniumionokat ( $NH_4^+$ ) tartalmazó oldatban 10 mg/liter nitrogén (N) található, más szóval az ammóniumionból származó nitrogén mennyisége 10 mg/liter.

Az ammónium-nitrogén fogalmához hasonló a nitrit-nitrogén ( $NO_2-N$ ) és a nitrát-nitrogén ( $NO_3-N$ ) fogalma, amelyeknek a szennyvíz okozta betonkorrozó szempontjából van jelentősége. Az ammónium-nitrogén ( $NH_4-N$ ), a nitrit-nitrogén ( $NO_2-N$ ) és a nitrát-nitrogén

---

oktatási intézményben és a párizsi Sorbonne egyetemen tanított kémiát. 1884-1888 között *Ferdinand Braun*-nal együtt fogalmazta meg a kémiai egyensúly törvényét (Loi de stabilité de l'équilibre chimique). A *Le Chatelier*-elv kimondja: ha valamely anyagot vagy anyagok halmazát egyensúlyi állapotában megzavarnak, a rendszer úgy állítja helyre az egyensúlyát, hogy a zavaró hatást semlegesíti. A *Le Chatelier*-elv nemcsak a megfordítható kémiai reakciókra érvényes, hanem a megfordítható fizikai folyamatokra, például a párolgásra és a kristályosodásra is.



(NO<sub>3</sub>-N) összege az összes szerves nitrogéntartalmat adja, amelyhez a szerves anyag eredetű nitrogén mennyiségét hozzáadva kapjuk meg a szennyvíz összes nitrogéntartalmát.

E fogalmakat a nitrogéntartalom kifejezésének és számításának egyszerűsítése érdekében vezették be, miáltal valamely összetevőből eredő nitrogéntartalmat könnyű a más összetevőkből származó nitrogéntartalommal összegezni. Például 50 mg nitrátion (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)-tartalom helyett elegendő 11,3 g nitrát-nitrogén (NO<sub>3</sub>-N)-tartalmat megadni. Ugyanis a nitrogén (N) relatív molekulatömege 14,01/mol, az oxigéné (O) 16,00/mol és a nitrátioné (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 14,01 + 3×16,00 = 62,01/mol. A nitrogén és a nitrátion relatív molekulatömegének hányadosa 14,01/62,01 = 0,226, amelyből számítva az 50 mg nitrátiontartalom 0,226×50 = 11,3 g nitrogéntartalmat hordoz magában.

A salétromsav (HNO<sub>3</sub>) sóinak ionizált állapotában létrejövő ammóniumionok (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a cementkő szabad kalcium-hidroxidjával (portlandit, Ca(OH)<sub>2</sub>) a betont korrodáló könnyen oldódó kalcium-vegyületeket és ammóniát (NH<sub>3</sub>) képeznek, ez utóbbi szúrós szagú, mérgező gáz.

A salétromsav ammónium-sói vizes oldatainak egyike az ammóniumnitrát-oldat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O), amelynek hatása a betonra az egyik legkedvezőtlenebb.

A salétromsav-, illetve nitrát-tartalmú vizek a téglá-, habarcs- és betonfelületeken salétromos, például kálium-nitrát (KNO<sub>3</sub>), nátrium-nitrát (NaNO<sub>3</sub>) vagy kalcium-nitrát (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) kivirágzást okoznak.

A korrozív hatású nitrátok hordozói a talajvizek és a felszíni vizek, forrásai többnyire salétrom bányák és tárolók, műtrágya üzemek, trágyalétárolók, szennyvizek stb. (*Biczók* 1956, 1960; *Benedix*, 2008).

Úgy tartják, hogy a kommunális szennyvízben az összes nitrogéntartalom 10 mg/l felett van, ezen belül a szerves anyagból származó nitrogén mennyisége 50% vagy több. *Benedix* (2008) szerint a szennyvizek nitrát-tartalmának csak mintegy egyharmada ered a háztartásokból, a nagyobb rész forrása a mezőgazdaság (állattartás, ásványi trágya, szerves trágya).

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány szerint, ha a beton- vagy vasbetonszerkezet olyan oldódásos betonkorroziót okozó vizekkel, folyadékokkal vagy szennyvizekkel érintkezik, amelyek ammóniumion (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) tartalma ≥ 15 és ≤ 30 mg/liter közé esik, akkor a betont az XA4(H) környezeti osztályba; ha a vizek, folyadékok ammóniumion-tartalma > 30 és ≤ 60 mg/liter közé, vagy szennyvizek esetén > 30 és ≤ 100 mg/liter közé esik, akkor az XA5(H) környezeti osztályba; ha pedig 60 mg/liternél több, vagy szennyvizek esetén 100 mg/liternél több, akkor az XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Lásd még: Nitrát-nitrogén, Nitrit-nitrogén, Nitrifikáció, Denitrifikáció

### Anaerob

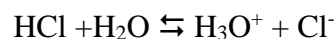
Levegőtől elzárva, oxigén nélkül végbemenő életműködés, illetve megélő szervezet.

### Anhidrid

Lásd: Savanhidrid, Bázisanhidrid

### Anion

Anionoknak a vizes oldatban lévő negatív töltésű ionokat nevezzük. Az anionok elektromos áram hatására az anódhoz vándorolnak. Például a sósav (HCl) hidroxóniumionok (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) és kloridionok (Cl<sup>-</sup>) alkotta vizes oldatában a Cl<sup>-</sup> kloridion az anion



A savak anionja voltaképpen a savmaradék.

Lásd még: Anód, Elektrolitos disszociáció, Savak, Savmaradék

**Anód**

Az anód pozitív töltésű elektród (pozitív pólus), amelyen keresztül az áram belép az elektrolitba. Az áram áthaladásakor az anionok az anódhoz vándorolnak, ott elvesztik töltésüket, miközben egyes esetekben anódos oxidáció is végbemegy (*Neumüller* et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Anion, Elektrolitos disszociáció

**Anódos oxidáció**

Anódos oxidáció elektrolízis során akkor játszódik le, ha az ionok töltésének elvesztésekor az anódon keletkező oxigén egyes, különösen reakcióképes, anódként alkalmazott fémeket oxidál, azaz egy vékony oxidréteget hoz létre a megtámadható fém felületén. Az anódos oxidáció ipari alkalmazása például az alumínium elektrolitikus oxidálása, az ún. eloxálás.

Az anódos oxidáció ellentéte a katódos redukció (*Neumüller* et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Anód, Elektrolízis, Katódos redukció

**Anyagmennyiség**

Az *anyagmennyiség alapegysége* 1 mol. A hagyományos SI-mértékegységrendszer szerint a mol az atomok, atomcsoportok és ionok azon mennyiségét jelöli, amelyek ugyanannyi részecskét tartalmaznak, mint 12 g <sup>12</sup>C-szénizotóp. A 2019. május 20-án érvénybe lépett módosított SI-mértékegységrendszer szerint egy mol pontosan  $6,02214076 \times 10^{23}$  elemi egységet, azaz atomot, atomcsoportot, iont tartalmaz. Ez a szám az  $N_A$  Avogadro-állandó molban kifejezett numerikus értéke, amelyet Avogadro-számnak neveznek (BIPM/2019):

$$1 \text{ mol} = \left( \frac{6,02214076 \times 10^{23}}{N_A} \right)$$

Lásd még: Atomtömeg, Anyagmennyiség koncentráció

**Anyagmennyiség-koncentráció**

Egy térfogat-egységnyi (dm<sup>3</sup>) oldatban lévő, moláris tömegű oldott anyag mólokban kifejezett kémiai anyagmennyisége. Mértékegysége: mol/dm<sup>3</sup>. Ha az 1,0 dm<sup>3</sup> (1,0 liter) oldatban lévő oldott anyag anyagmennyisége például 0,002 mol, akkor az anyagmennyiség-koncentráció  $c = 0,002 \text{ mol/dm}^3$  (mol/liter).

Jele: c(X), (= concentration, latinul)

Lásd még: Anyagmennyiség, Koncentráció

**Anyagmodell**

Lásd: Mechanikai anyagmodell

**Anyagsűrűség**

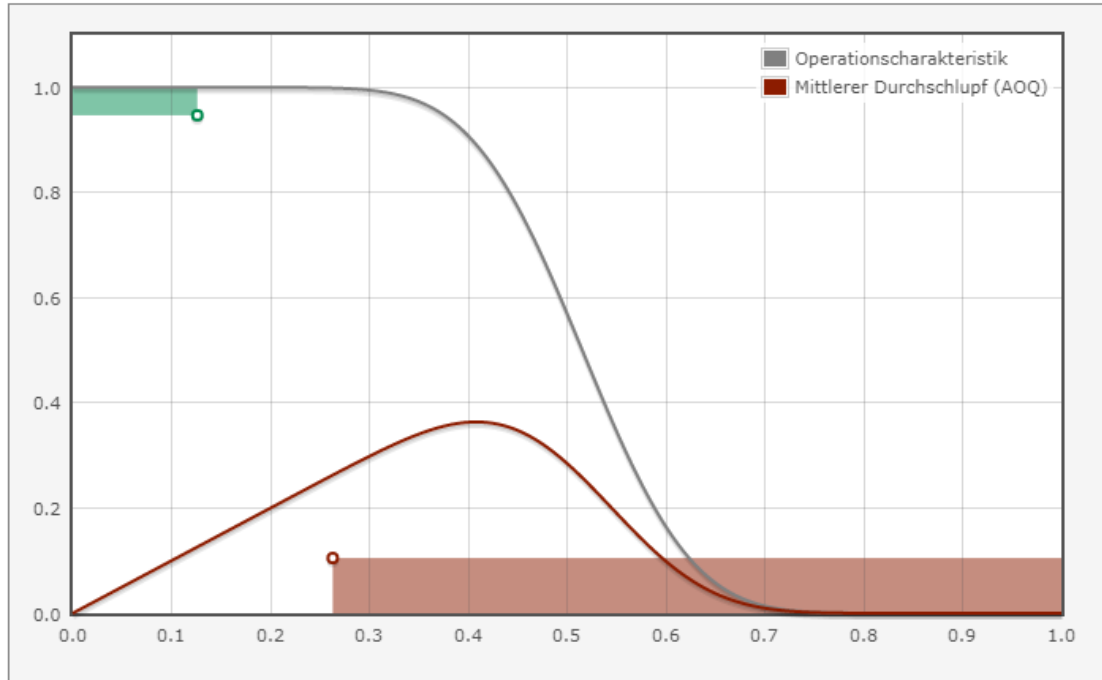
Az anyag tömegének és tömör (pórus- légbuborék- hézag- stb. mentes) térfogatának hányadosa. Az anyagsűrűség piknométeres vizsgálatát cementek esetén triklór-etilén (C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>) mérőfolyadékban az MSZ EN 196-6:2010 szabvány szerint, kőlisztek esetén az MSZ EN 1097-7:2008 szabvány szerint, pigmentek esetén az MSZ EN ISO 787-10:2000 szabvány szerint kell végezni. A kőszertű anyagok anyagsűrűségét az MSZ 18284-2:1979 szabvány alapján a teljes egészében 0,2 mm alá aprított átlagmintán, szintén piknométerben kell meghatározni.

Mértékegysége: kg/m<sup>3</sup>, g/cm<sup>3</sup>

A +4 °C hőmérsékletű víz sűrűsége 1,0 g/cm<sup>3</sup>, a +20, +21, +22, +23, +24 és +25 °C hőmérsékletű vízé 0,998230; 0,998019; 0,997797; 0,997565; 0,997323 és 0,997071 g/cm<sup>3</sup> (lásd például MSZ EN 1097-6:2013).

A cementek hozzávetőleges anyagsűrűsége a következő: portlandcement  $3,10 \text{ g/cm}^3$ ; kohósalak-portlandcement  $3,05 \text{ g/cm}^3$ ; kohósalakcement  $3,0 \text{ g/cm}^3$ ; puccolán-portlandcement  $2,9 \text{ g/cm}^3$  (Jankó 2007, Révay 2008).

**AOQ (Average outgoing quality, mittlerer Durchschlupf eines Stichprobenplanes)**  
 Átlagos kimenő hibaszint (MSZ 4798:2016)



#### Verteilungsfunktion, die der Operationscharakteristik zu Grunde liegt

Verteilung:

#### Gutgrenze (Acceptable Quality Level, AQL)

$1-\alpha=0,947$

$p_{1-\alpha}=0,126$

#### Schlechtgrenze (Limiting Quality, LQ)

$\beta=0,105$

$p_{\beta}=0,263$

Itt ki is lehet az értékét számítani:

<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/durchschlupf/>

### Apoláris kötés

Lásd: Atomos kötésű

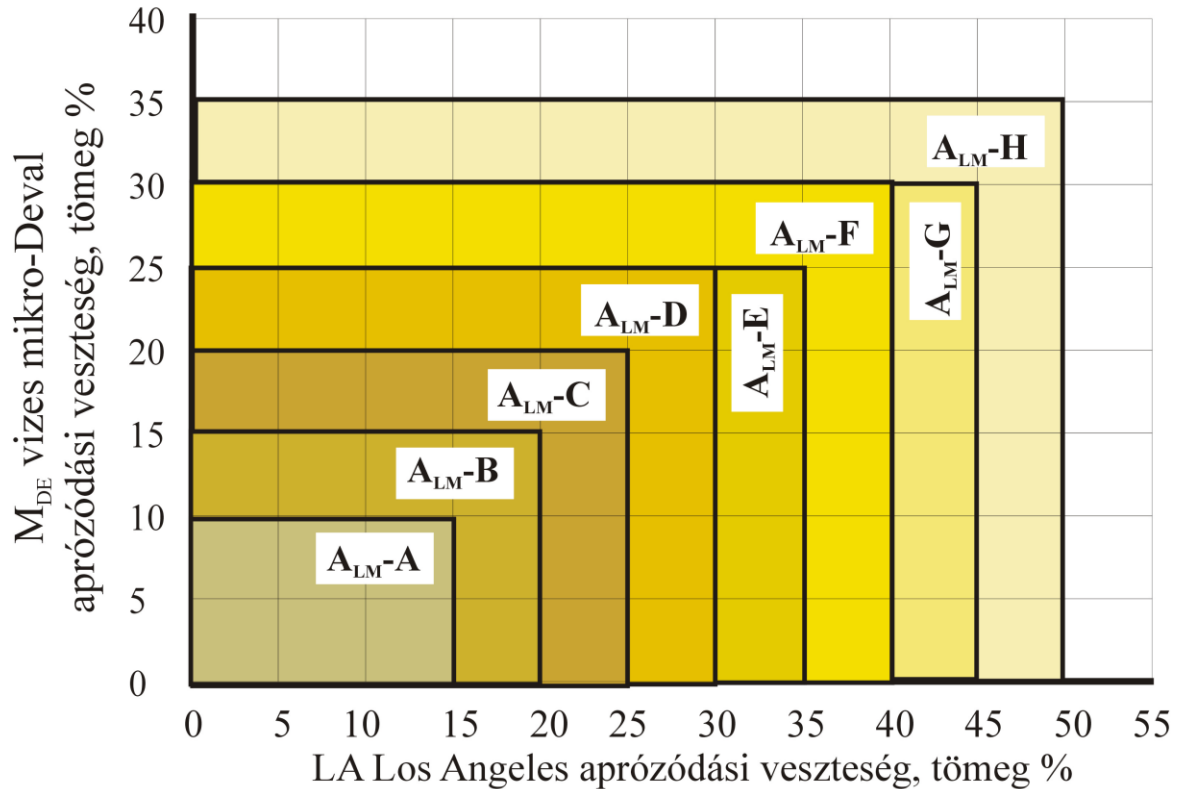
### Aprózódási csoport

Kavics, homokos kavics, zúzottkő, zúzottkavics és újrahasznosított vagy visszanyert durva betonadalékanyagok Los Angeles és vizes mikro-Deval aprózódási veszteségét kifejező szemhalmaz szilárdsági (fizikai-mechanikai) jellemző. A betonadalékanyag abba az aprózódási csoportba sorolható be, amelyben előírt követelményeknek a Los Angeles és a vizes mikro-Deval aprózódási vesztesége alapján egyidejűleg megfelel (1.2. ábra). Termék-frakció esetén az aprózódási veszteséget nem a közet-előfordulás in situ anyagán kell referencia-vizsgálattal, hanem alternatív-vizsgálattal magán a terméken kell meghatározni.

Alkalmazza például a 4/2019. ÉPMI „Építési és bontási inert hulladékok feldolgozásából előállított kőanyagalmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben” című építésügyi műszaki irányelv.

Jele:  $A_{LM}$  (L = Los Angeles, M = mikro-Deval)

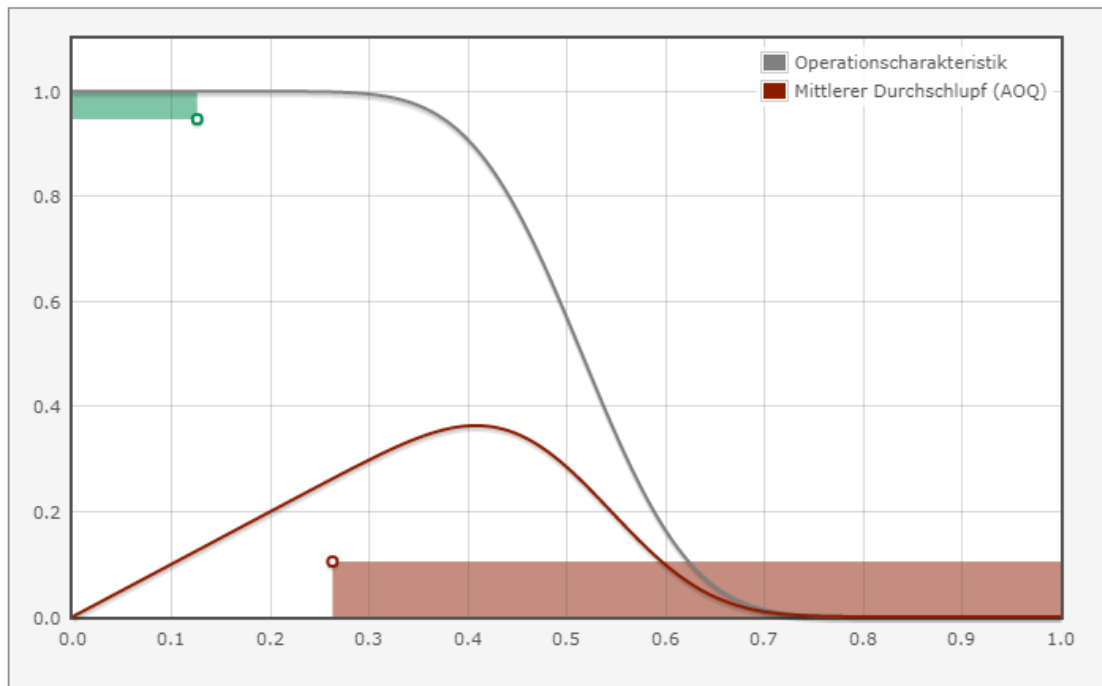
Lásd még: Kőzetfizikai tulajdonság, kőzetfizikai csoport



**1.2. ábra:** Betonadalékanyagok aprózódási csoportjának mezeje és A, B, C stb. osztályba sorolása

**AQL (Acceptable Quality Level, Gutgrenze)**

Elfogadható minőségi szint vagy megfelelési határ



#### Verteilungsfunktion, die der Operationscharakteristik zu Grunde liegt

Verteilung:

#### Gutgrenze (Acceptable Quality Level, AQL)

$1-\alpha=0,947$

$p_{1-\alpha}=0,126$

#### Schlechtgrenze (Limiting Quality, LQ)

$\beta=0,105$

$p_{\beta}=0,263$

Itt ki is lehet az értékét számítani:

<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/durchschlupf/>

### Aragonit

Az aragonit a kalcium-karbonátok ( $\text{CaCO}_3$ ) rombos kristályrendszerű módosulata. A sósav még könnyebben oldja, mint a sósavban könnyen oldódó kalcitot (mészpát), amely a kalcium-karbonátok trigonális (romboéderes) kristályrendszerű módosulata (Vendl 1953).

A levegőben lévő szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) hatására karbonátosodó cementkőben képződő kalcium-karbonátot ( $\text{CaCO}_3$ ) elektronmikroszkópos és röntgen-felvételek alapján Grofcsik János<sup>11</sup> munkatársaival az 1950-es években aragonitként határozta meg (Székely, 1961).

Lásd még: Karbonátosodás

### Arányossági határ

<sup>11</sup> Grofcsik János (1890, Pápa – 1977, Budapest) okl. vegyészmérnök (1912), egyetemi tanár, a kémiai tudományok doktora (1960). 1913-tól volt a budapesti Felsőipariskola tanára, és emellett 1920-tól a Városlódi Kőedénygyárban, 1940-1948 között a Drasche Kőszénbánya és Téglagyár Társulatban, 1948-tól a Mész-, Cement- és Üvegipari Igazgatóságban dolgozott különböző vezetői beosztásokban. 1951-ben lett a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszékének egyetemi tanára. Tanácsadója volt a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetnek, elnöke az SZTE Szilikátipari Tudományos Egyesületnek, valamint az MTA Szilikátkémiai Albizottságának. Több mint 50 szilikátkémiai közleménye jelent meg. (Magyar Életrajzi Lexikon, 1982)

Arányossági határ az a feszültség, ameddig a *Hooke*-törvény szerint a szilárd anyagok alakváltozása és a vele kapcsolatos feszültség összefüggése lineáris. Az arányossági határt rugalmassági határnak is nevezik.

### ASCEM-kötőanyag, alkáli-aktivált kötőanyag

Az ASCEM-kötőanyag az alternatív kötőanyagok csoportjába tartozik. Előnye, hogy másodlagos nyersanyagforrások felhasználásával állítható elő, és sokkal kisebb CO<sub>2</sub>-kibocsátással gyártható, mint a portlandcementek. Az ASCEM kötőanyag cement-klinkert nem tartalmaz, nyersanyaga granulált kohósalak, pernye és metakaolin, amelyek előkészített keveréke aktivátor hatására megszilárdul.

Az alkáli-aktivált kötőanyagok kalcium-oxid-tartalma alapján két főváltozatát különböztetik meg (*Dehn et al. 2017, Tänzler et al. 2011*):

- Alkáli-aktivált kötőanyag nagy kalcium-oxid-tartalommal ( $\text{CaO} > 10$  tömeg%). Nyersanyaga granulált kohósalak és kalciumban gazdag pernye. Aktivátorként alkáli-hidroxid-oldat (NaOH, KOH), nátrium-karbonát-oldat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) vagy alkáli-szilikát-oldat, más néven vízüveg (NaO×nSiO<sub>2</sub>, ahol  $0,4 \leq n \leq 4,0$ , például: Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) használatos. A reakciótermékek láncalakú kalcium-szilikát-hidrát (C-S-H) fázisok, viszonylag kis Ca/Si hányadossal (0,9 – 1,2), valamint kalcium-alumínium-szilikát-hidrátok (C-A-S-H) beépült alkálifémmel (nátrium vagy kálium) vagy anélkül.
- Alkáli-aktivált kötőanyag kis kalcium-oxid-tartalommal ( $\text{CaO} \leq 10$  tömeg%), amelyet *geopolimernek* is neveznek. Nyersanyaga szilíciumban gazdag pernye és metakaolin. A granulált kohósalakos aktivált kötőanyaghoz hasonlóan aktiválható azzal a különbséggel, hogy erőteljesebb gerjesztést igényel, ezért aktivátorként töményebb alkáli-hidroxid- vagy alkáli-szilikát-oldatot kell használni. A reakciótermékek háromdimenziós hálózatot képződő alumoszilikátok (alkotói tetraederes SiO<sub>4</sub> és tetraederes AlO<sub>4</sub>).

Alkáli-aktivált kötőanyagot a két főváltozat nyersanyagainak keverékéből is szokás előállítani. Megjegyezzük, hogy az MSZ 17213-1:1989 szabványban vízüvegbetonnak – máshol lúgbetonnak – nevezik a vízüveg kötőanyag, ásványi adalékanyag és adalékszer keverékéből készített korrózió-álló, „saválló” betont; szilikonozásnak pedig az eljárást, amelynek során a beton korrózió-állóságát nátrium- vagy kálium-szilikát oldatos (vízüveges) kezeléssel javítják. Az alkáli-aktivált kötőanyagokkal nagyszilárdságú betonok, fokozottan szulfátálló és kis CaO-tartalom (geopolimer) esetén fokozottan saválló betonok, klorid behatolásnak fokozottan ellenálló betonok készíthetők. Az alkáli-aktivált kötőanyagú betonok fagyállóságát illetően vannak kedvező kutatási eredmények, bár a szükséges légbuboréktartalom létrehozása jelenleg még bizonytalan. Az alkáli-aktivált kötőanyagú betonok rugalmassági modulusa kisebb, mint az ugyanolyan szilárdságú portlandcement-betonok rugalmassági modulusa; karbonátosodással szembeni ellenállása csekély.

Az alkáli-aktivált kötőanyagok hazai nyersanyagkutatásáról *Soósné Balczár Ida* (2018) adott hírt. Sikerült például kristályos kaolinit agyagásványt hőkezelés helyett intenzív őrléssel reakcióképes amorf kaolinná, kristályos kohókövet intenzív őrléssel reakcióképes amorf kohósalakká alakítani. Eredményeket értek el például a metakaolin és a kohósalak hidrogén-peroxid-oldatos (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldatos) habosításával, amelyek szennyvíztisztításban szerepet játszó nyitott pórusú mikroszerkezetű katalizátorhordozók kialakítására lehetnek alkalmasak.

Lásd még: Geopolimer

### Atomi tömegegység

Lásd: Atomtömeg

### Atomos kötés

Az atomos kötésű (apoláris kötésű, kovalens kötésű) molekulák nem ionokból állnak, és így nem vezetnek az áramot sem kis, sem nagy hőmérsékleten. Ilyen molekula például a H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> stb. és a legtöbb szerves vegyület. Az apoláris kötésű molekulákban a vegyértékelektronok összege többnyire páros szám, például a H<sub>2</sub>-ben 2, a H<sub>2</sub>O-ban  $2 \times 1 + 1 \times 6 = 8$ , a szén-dioxidban (CO<sub>2</sub>)  $1 \times 4 + 2 \times 6 = 16$  vegyértékelektron van. Az ilyen molekuláknak a legkülső elektronhéjban lévő elektronjai elektron-párok alkotására törekszenek, hogy magányos elektron az elektronhéjon lehetőleg ne maradjon. (Neumüller et al. 2. kötet 1982)

Lásd még: Ionos kötés

### Atomsúly

Elavult fogalom, amelyet a relatív atomtömeg fogalma váltott fel.

Lásd: Atomtömeg

### Atomtömeg

A kémiai elem *atomtömege* alatt az adott elem atomjának átlagos tömegét kell érteni, amelyet a relatív atomtömeg és az atomi tömegegység (*Da*) szorzataként szoktak megadni. Például az oxigén atomtömege  $15,9994 \times Da$ .

A *relatív atomtömeg* viszonyszám, az adott elem atomja átlagos tömegének és a <sup>12</sup>C-szénizotóp tömege 1/12-ed részének hányadosa<sup>12</sup>. Jele: *A*

A <sup>12</sup>C-szénizotóp tömegének 1/12-ed része az *atomi tömegegység*:  $1 Da = 1,6605389 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1,6605389 \times 10^{-24} \text{ g}$ , amelyet *Dalton*<sup>13</sup> iránti tiszteletből jelöltek *Da*-val (olykor jelölik *u*-nak

---

<sup>12</sup> Az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) 1960-ban megrendezett konferenciáján abban állapodtak meg, hogy a <sup>12</sup>C tömegének 1/12 része legyen az a tömeg, amelyhez minden atom tömegét viszonyítják.

<sup>13</sup> *John Dalton* (1766, Eaglesfield, Cumberland – 1844, Manchester) angol kémikus, természetkutató, egyetemi tanár, több tudományos akadémia és tudományos társaság tagja. Matematikát és fizikát tanított Manchesterben. Az újkori atomelmélet megalapozója. Atomelméletének kifejlesztése kvantitatív tudománnyá tette a kémiát. Fizikai kutatásainak főbb területei: gázkeverékek, gőzerő, gőzök összenyomhatósága, gázok kiterjedése hőhatásra. *Dalton* fedezte fel, hogy minden elemnek meghatározott atomsúlya (mai értelemben relatív atomtömege) van, és atomi súlyegységként (tömegegységként) a hidrogén atom súlyát (tömegét) javasolta alkalmazni. Felfedezését Londonban, 1808-ban tette közzé.

is, régebbi jelölése: ATE). Ez közelítőleg egy proton, vagy egy neutron tömege. A dalton (*Da*, jelölik *u*-nak is) atomi tömegegység elfogadott nem-SI-mértékegység.

A *moltömeg* vagy *moláris tömeg* a kémiai elem vagy vegyület tömegének és anyagmennyiségének hányadosa. Mértékegysége kg/mol, de a gyakorlatban általában a g/mol mértékegységet használják, mert ennek számértéke jól megközelíti a *Dalton* által bevezetett atomsúlyt, illetve a mai periódusos rendszerben ennek megfelelő, többnyire az elem vegyjele alatt feltüntetett relatív atomtömeget. Például a  $15,9994 \times Da$  g atomtömegű, illetve  $15,9994$  relatív atomtömegű oxigén moltömege  $15,9994$  g/mol. Összetett anyagi rendszerek (például a levegő) moláris tömegét az összetevők moláris tömegének részarány szerint súlyozott összege adja.

Az *anyagmennyiség alapegysége* 1 mol. A mol a külfönféle atomok, atomcsoportok és ionok azon mennyiségét jelöli, amelyek ugyanannyi részecskét tartalmaznak, mint  $12$  g  $^{12}\text{C}$ -szénizotóp. Minthogy egy  $^{12}\text{C}$ -szénizotóp tömege  $12 \times Da = 12 \times 1,6605389 \times 10^{-24}$  g, következik, hogy 1 mólnyi, azaz  $12$  g  $^{12}\text{C}$ -szénizotóp  $12 / (12 \times 1,6605389 \times 10^{-24}) = 6,0221413 \times 10^{23}$  darab részecskéből (számú atomból) áll. Bármely atom, atomcsoport és ion egy mólnyi anyagmennyisége (például  $12$  g  $^{12}\text{C}$ -szénizotóp)  $6,0221413 \times 10^{23}$  darab részecskét tartalmaz.

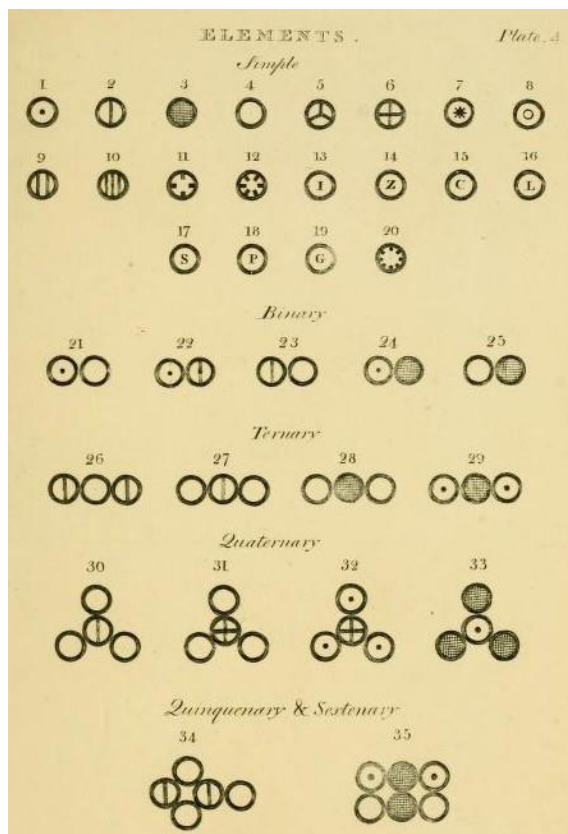


PLATE IV. This plate contains the arbitrary marks or signs chosen to represent the several chemical elements or ultimate particles.

Fig.	Fig.
1 Hydrog. its rel. weight 1	11 Strontites ..... 46
2 Azote ..... 5	12 Barytes ..... 68
3 Carbone or charcoal... 5	13 Iron ..... 38
4 Oxygen ..... 7	14 Zinc ..... 56
5 Phosphorus ..... 9	15 Copper ..... 56
6 Sulphur ..... 13	16 Lead ..... 95
7 Magnesia ..... 20	17 Silver ..... 100
8 Lime ..... 23	18 Platina ..... 100
9 Soda ..... 28	19 Gold ..... 140
10 Potash ..... 42	20 Mercury ..... 167
21 An atom of water or steam, composed of 1 of oxygen and 1 of hydrogen, retained in physical contact by a strong affinity, and supposed to be surrounded by a common atmosphere of heat; its relative weight = ..... 8	
22 An atom of ammonia, composed, of 1 of azote and 1 of hydrogen..... 6	
23 An atom of nitrous gas, composed of 1 of azote and 1 of oxygen..... 12	
24 An atom of olefiant gas, composed of 1 of carbone and 1 of hydrogen ..... 6	
25 An atom of carbonic oxide composed of 1 of carbone and 1 oxygen..... 12	
26 An atom of nitrous oxide, 2 azote + 1 oxygen... .. 17	
27 An atom of nitric acid, 1 azote + 2 oxygen..... 19	
28 An atom of carbonic acid, 1 carbone + 2 oxygen 19	
29 An atom of carburetted hydrogen, 1 carbone + 2 hydrogen ..... 7	
30 An atom of oxynitric acid, 1 azote + 3 oxygen ... 26	
31 An atom of sulphuric acid, 1 sulphur + 3 oxygen 34	
32 An atom of sulphuretted hydrogen, 1 sulphur + 3 hydrogen..... 16	

Az elemek relatív súlya *Dalton* Londonban, 1842-ben másodszor is kiadott „A New System of Chemical Philosophy” című könyvének 219. oldalán és az elemek ábrázolása a könyv IV. tábláján (részlet) <http://archive.org/stream/newssystemofchemi01dalt#page/237/mode/2up>



Ezt a számot ( $6,0221413 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ), *Avogadro*<sup>14</sup> emlékére *Avogadro*-számnak<sup>15</sup> nevezik. Az egy mólnyi anyagmennyiséget kitevő részecskék tömegének összegét 1 mollaal osztva az anyag moltömegét kapjuk. Például egy mólnyi,  $6,0221413 \times 10^{23}$  darab atomból álló <sup>12</sup>C-szénizotóp tömege 12 g, és moltömege 12 g/mol; vagy egy mólnyi – ugyancsak  $6,0221413 \times 10^{23}$  darab atomból álló – oxigén tömege 15,9994 g ~ 16 g, és moltömege 15,9994 g/mol ~ 16 g/mol, továbbá 1 oxigén részecske (atom) tömege  $15,9994 / (6,0221413 \times 10^{23}) = 15,9994 \times 1,6605389 \times 10^{-24} = 15,9994 \times Da \sim 16 \times Da$  g. A mól (mol) az SI-mértékegységrendszer egyik alapegysége.

Lásd még: Tömeg

### Általánosított extrémérték-eloszlás (GEV)

Lásd: Extrémérték-eloszlás, extrémális-eloszlás

### Átadás-átvételi vizsgálat

Független laboratórium vagy a megrendelő laboratóriuma által (többnyire a gyártó bevonásával, illetve tudtával), az átadás-átvétel folyamán végzett azonosító vizsgálat annak megállapítására, hogy a beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak megfelelő-e (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

Lásd még: Nyomószilárdság azonosító vizsgálata

### Áteresztés

A két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: áteresztés; a két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd (1988. évi I. tv. 47. § j. pont).

### Áteresztőképesség

Lásd: Permeabilitási együttható

### Átformálási idő

Lásd: VEBE mérték

### Átlag, átlagérték, számtani átlag

A várható érték elnevezése, ha nem elméleti, hanem tapasztalati érték. A mindennapok gyakorlatából ismert fogalom. Jele például:  $\bar{x}$

Lásd még: Várható érték

<sup>14</sup> Gróf Lorenzo Romano *Amedeo* Carlo DeMarkus *Avogadro* di Quaregna e di Cerreto (1776, Torino – 1856, Torino) olasz fizikus és kémikus, jogtudományi doktor. 1806-ban a torinói Collegio delle Province korrepetitora, 1809-ben a vercelli gimnázium fizika tanára lett. 1820-ban a Torinói Egyetem matematika-fizika tanszékére hívták meg, ahol – megszakítással – nyugállományba vonulásáig, 1850-ig dolgozott. Az *Avogadro*-törvényt – amely szerint azonos hőmérsékleten és nyomáson a gázok térfogata anyagmennyiségükkel (a részecskék számával) arányos – *Journal de Physique* 72. kötetében 1811-ben tette közzé (*Simonyi* 1978).

<sup>15</sup> A 2002. évi mérések szerint az *Avogadro*-szám értéke  $6,02214199 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Az *Avogadro*-számmal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy jelenleg tulajdonképpen nem tekinthető alapvető állandónak, mert fogalma a mól fogalmán, ezen belül a kilogramm fogalmán alapszik. A kilogramm az SI mérekegység-rendszer alapegységei közül 2019. május 20 előtt az egyetlen volt, amelyet nem természeti mennyiséggel, hanem mesterséges etalonnal, a Párizs mellett, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, Svèvres-ben őrzött őskilogrammmal határoztak meg (definiáltak). A kilogramm fogalmát a *Planck*-állandóval, a fény vákuumbeli sebességével és a cézium másodpercenkénti rezgésszámával 2019. május 20-án fejezték ki.

### Átmenetifémek

Az átmenetifémek a periódusos rendszer középső mezejében az alkáliföldfémek és a földfémek csoportja között helyezkednek el. Az átmeneti fémeket az jellemzi, hogy vegyértékhéjuk telítetlen, és a kötésben nem csak a vegyértékhéjon található vegyértékelektronok, hanem a belső héjon mozgó elektronok is képesek részt venni (*Krenkler* 1980).

Építőanyag-tani szempontból fontos átmenetifém a vanádium (V), króm (Cr), molibdén (Mo), wolfram (W), mangán (Mn), vas (Fe), nikkell (Ni), réz (Cu), cink (Zn).

Lásd: Fémek, Vegyérték-héj, vegyértékelektron

### Bacillus

Pálcika vagy fonal alakú baktérium. Ilyenek a beton kénsav-korróziójában szerepet játszó kénbacilusok, például a thiobacilus.

Lásd még: Biogén kénsav korrózió

### Bázikus pernye

A barnaszén tüzelésű erőművek égési maradéka. A bázikus pernye reakcióképes (aktív) mész (CaO)-tartalma legalább 10 tömeg%. Ha a bázikus pernye reakcióképes kalcium-oxid-tartalma 10-15 tömeg% között van, akkor legalább 25 tömeg% reakcióképes szilícium-dioxidot (SiO<sub>2</sub>) kell tartalmaznia. A 30 tömeg% bázikus pernyét és 70 tömeg% referencia cementet tartalmazó pépen a *Le Chatelier* módszerrel meghatározott duzzadás nem lehet nagyobb, mint 10 mm. A bázikus pernye rejtett (latens), gyengén hidraulikus tulajdonságú por. Jele: W

### Bázisanhidrid

*Bázisanhidridnek* (anhidrid = vízmentes) a fémoxidokat (fémek oxidjait) nevezzük. Bázisanhidrid például a kalcium-oxid: CaO. (*Gróh* 1940).

A kisebb vegyértékű fémoxidok bázisos jellegűek, a három vegyértékűek amfoterek, a nagyobb vegyértékű fémoxidok pedig savas jellegűek.

Lásd még: Savanhidrid, Amfoterek

### Bázisállandó

A bázisok erősségét kifejező  $K_B$  disszociációs egyensúlyi bázisállandó alakja az oldat koncentrációjának ( $c$ ) függvényében a következő:

$$K_B = \frac{c[\text{OH}^-] \cdot c[\text{BH}^+]}{c[\text{B}]}$$

ahol:

$c[\text{OH}^-]$  = hidroxidion-koncentráció, mol/dm<sup>3</sup>

$c[\text{BH}^+]$  = a protolizált (a hidroxidionokat leadott) bázis koncentrációja (a BH<sup>+</sup> kation, azaz a bázisgyök koncentrációja), mol/dm<sup>3</sup>

$c[\text{B}]$  = bázis-koncentráció (a BH<sup>+</sup> kation tartalmú bázis koncentrációja), mol/dm<sup>3</sup>

Az irodalomban előfordul, hogy a szögletes zárójelek helyett gömbölyű zárójeleket, a BH<sup>+</sup> helyett HB<sup>+</sup> jelölést alkalmaznak.

Lásd még: Disszociációs egyensúlyi állandó, Savállandó

### Bázisgyök

A bázisnak a hidroxil-csoport (n·OH<sup>-</sup>), azaz a hidroxidionok leválás utáni része, pozitív töltésű kation.

**Bázisok**

*Bázisok* a fémek (fémes elemek) és hidroxilgyök alkotta vegyületek. Bázis például a kalcium-hidroxid:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Mind a bázisok, mind a bázisanhidridek savakkal *sókat* alkotnak oly módon, hogy a bázis (például  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) hidroxilgyökét, illetve a bázisanhidrid (például  $\text{CaO}$ ) oxigénjét savmaradék (például  $\text{CO}_3^{2-}$ ) helyettesíti. Só például a kalcium-karbonát:  $\text{CaCO}_3$ . (Gróh 1940).

Lásd még: Fémek, Savak, Lúgok

**Bázisos sók**

Ha valamely bázisban nem minden hidroxilgyököt helyettesítünk savmaradékkal, illetve ha több vegyértékű fémes elemet (például kalciumot:  $\text{Ca}^{2+}$ ) tartalmazó bázist (például kalcium-hidroxidot:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) kevesebb savval (például szénsavval:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) hozunk össze, mint amennyi a teljes telítéshez elegendő volna, akkor *bázisos sót* nyerünk. A bázisos só hidroxilgyököt ( $\text{OH}^-$ ) is tartalmaz. Bázisos só például a kalcium-hidrogén-karbonát vagy más néven kalcium-hidrokarbonát:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  és például a magnézium-hidrogén-karbonát vagy más néven magnézium-hidrokarbonát:  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , amelyek a vizek *változó keménységét* (karbonát-keménységét) meghatározzák. A bázisos sók savakkal még továbbegyesülni képesek (Gróh 1940).

Lásd még: Savak, Hidrogén-karbonát

**Bedolgozott friss beton**

A formában vagy zsalutzatban tömören elhelyezkedő friss beton, amelyben a cement kötése még nem kezdődött el.

**Belit**

A belit a portlandcement-klinker ásványok egyikének neve, a dikalcium-szilikát négyféle módosulata közül a legfontosabb, a  $\beta$ -módosulat ( $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , röviden:  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ ). Mennyisége a portlandcementben 15-37 tömeg%. Kezdeti szilárdulása lassú, utószilárdulása nagy, hőfejlesztése kicsi.

**Benmaradt levegő, levegő zárvány**

Levegővel kitöltött pórusok, kisebb üregek a bedolgozott friss betonban, amelyek szándékunk ellenére képződtek. A kiszaluzott beton felületén lévő kisebb üregek esetén a betont fészkesnek nevezzük.

**Beton**

A beton egy cement kötőanyagú, négyfázisú, heterogén, durva diszperz rendszer, amely friss állapotában inkoherens, durva szuszpenzió (szilárd részek folyékony közegben), megszilárdult állapotában pedig koherens, kvázivizkózus fázissal (cementkő) és rugalmas fázissal (adalékanyag) rendelkező viszkóelasztikus anyag.

A beton cementből, adalékanyagból és vízből, esetleg adalékszerből és kiegészítőanyagból álló keverék, amely levegőn vagy víz alatt köt és szilárdul, és nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értéke 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt  $\text{Ø}150\times 300$  mm méretű próbahengeren legalább  $8 \text{ N/mm}^2$ , nyomószilárdsági osztálya legalább C8/16.

Az 1951 évi H.1.SZ. számú Vasúti Hídszabályzat 7. §. I. F) fejezetének 7.160 szakaszában a B 100, B 140, B 220, B 300, B 400 és B 600 jelű betonokat különböztették meg.

Az 1956-ban kiadott KPM Sz. HI/I-56 R számú Közúti Hídszabályzat G) fejezetének 1.25. szakaszában úgy rendelkeztek, hogy a teherhordó vasalatlan betonszerkezetekhez B 50, B 70, B 100, B 140, illetve B 200 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. A K) fejezet

2. szakasza szerint a felszerkezetekhez előregyártott vasalatlan betonelemek B 140 nyomószilárdsági osztályú betonból készültek.

Az 1968. január 1-jén alkalmazásba vett KPM Sz. HI/I-67 számú Közúti Hídszabályzatban a B 50 és B 70 nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazását már nem engedték meg.

KPM Sz. HI/I-67 számú Közúti Hídszabályzat II. rész F. fejezet 1.5. szakasza szerint közúti hidak alépítményének készítéséhez legalább B 140 minőségű, az alaptestek, felmenőfalak, szárnyfalak, 2 m-nél kisebb nyílású átereszek vagy boltozatok készítéséhez legalább B 200 minőségű, a helyszínen készített felszerkezetek, szerkezeti gerendák betonozásához B 200 és B 280 minőségű betont kellett használni. Az előregyártott vasbetonelemek helyszíni előregyártás esetén legalább B 200 minőségű, gyári előregyártás esetén legalább B 280 minőségű betonból készültek. A felszerkezet helyszínen előregyártott vasbetonelemeihez legalább B 280 minőségű, gyárilag előállított vasbetonelemeihez pedig legalább B 400 minőségű betont alkalmaztak. Helyszínen előregyártott elemekhez B 400 vagy annál jobb, gyárilag előregyártott elemekhez pedig B 560 vagy annál jobb minőségű betont csak a KPM Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium engedélyével volt szabad használni.

Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat szerint a vasbeton szerkezetek betonjának előírt legkisebb cementadagolása

- 400-as jelű cement esetén B 140 betonminőségű alépítmény készítéséhez  $275 \text{ kg/m}^3$ ,
- 500-as jelű cement esetén általában  $250 \text{ kg/m}^3$ ,  
B 140 betonminőségű alépítmény készítéséhez  $250 \text{ kg/m}^3$ ,  
B 200 betonminőségű alaptest, felmenőfal, szárnyfal, átereszt, boltozat készítéséhez  $270 \text{ kg/m}^3$ ,
- 600-as jelű cement esetén általában  $225 \text{ kg/m}^3$ ,  
B 200 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez  $270 \text{ kg/m}^3$ ,  
B 280 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez  $350 \text{ kg/m}^3$ ,  
B 400 minőségű felszerkezet és szerkezeti gerenda készítéséhez  $400 \text{ kg/m}^3$  volt.

Az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat-tervezet III. fejezetének „Beton és kőanyagú szerkezetek” című 1. füzet 1.8. és 2.1. szakasza szerint a helyszínen, kavics vagy zúzottkő adalékanyagú tömör betonból, acélbetétek alkalmazása nélkül készülő szerkezetek anyagául B 50, B 70, B 100, B 140 és B 200 szilárdsági jelű betonokat volt szabad alkalmazni. A vasbetonszerkezetek betonját nem B, hanem VB betűjellel jelölték (lásd a Vasbeton címszót).

A MÁV Vezérigazgatósága 1984-ben H.2.Sz. számú utasítást adott ki a vasúti beton és vasbetonhidak építésére, amelynek 3.2.3.4. szakaszában a nyomószilárdsági osztály jelölésére a B betűjel után a nyomószilárdságra utaló számjegyet már SI-mértékegységben adták meg, és az már nem a 200 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakocka előírt átlagos nyomószilárdságát, hanem a 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság jellemző értékét (abban az időben minősítési értéknek nevezték) fejezte ki. A 3.4. szakaszban az 1983-ig érvényben volt nyomószilárdsági osztályok összehasonlítására kissé átszerkesztett formában ugyanaz a táblázat és ábra szerepel, mint amely az egykori MSZ 4719:1982 szabványban megtalálható, és amelyek mindegyike visszautal az 1983-ig érvényben volt B 50, B 70, B 100, B 140, B 200, B 280, B 350, B 400, B 450, B 500 és B 560 jelű nyomószilárdsági osztályra (MÁV H. 2. sz. 1984).

A MÁV H. 2. sz. (1984) utasítása szerint a betonszerkezetek készítéséhez általában C 4 – C 10 (B 50 – B 100), gyengén vasalt betonszerkezetek készítéséhez C 12 (B 200) nyomószilárdsági osztályú betont használtak.

A visszavont MSZ 15022-3:1986 szabvány 1.1. szakaszában azt írták elő, hogy vasalatlan betonszerkezethez legalább C 4, C 6, C 8, C 10 vagy C 12, talajjal érintkező és fagy hatásának kitett szerkezetet legalább C 12 (MSZ 4719:1982) nyomószilárdsági jelű betont kell tervezni.

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési ütügyi műszaki előírás 1. táblázata és az e-UT 07.02.14:2011 közúti hídépítési ütügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza szerint a hídszerkezetek készítéséhez alkalmazott betonok nyomószilárdsági osztálya legalább C20/25 legyen.

A „beton” szót először *B. F. de Bélidor*<sup>16</sup> használta 1729-ben, a „La Science des Ingénieurs” című, Párizsban, a Jombert kiadónál megjelent könyvében.

Lásd még: Betontermék, Monolit szerkezet betonja; Előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton

### Betonadag

A betonkeverőgép egy műveleti ciklusa alatt előállított vagy a folyamatosan működő betonkeverőgépből 1 perc alatt ürített friss beton mennyiség.

### Betonfedés

A betonfedés vasbeton vagy feszített vasbeton esetén a vasszerelés szélső pontja és a szerkezeti elem legközelebbi felülete közötti betonréteg vastagsága, illetve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakasza (1)P pontjának megfogalmazásában „a vasalás (beleértve – ha vannak ilyenek – az összekötő vasalást, a kengyeleket és a kéregvasalást is) legközelebbi betonfelület felé eső felületének és a legközelebbi betonfelületnek a távolsága”. Mértékegysége: mm

### Betonfedés, előírt legkisebb

A betonfedés előírt legkisebb értéke ( $c_{min}$ ), amely a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyással megnövelve az előírt névleges betonfedést ( $c_{nom}$ ) adja.

Az előírt legkisebb betonfedés ( $c_{min}$ ) a tapadási követelmények miatt szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,b}$ ) és a betonacélok és a feszítőacélok korrózióvédelme, illetve a tartósság, valamint a tűzvédelem és a kopásállóság érdekében szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,dur}$ ) közül a nagyobb érték, de legalább 10 mm. Mértékegysége: mm

Ha kivitelezéskor teljesül a legkisebb betonfedés előírt értéke, akkor a vasszerelés átvehető.

<sup>16</sup> *Bernard Forest de Bélidor* (1697, Katalonia – 1761, Párizs) francia hadmérnök és építész. Az 1729-ben megjelent „La Science des Ingénieurs” című könyvét *C. L. M. H. Navier* kiegészítéseivel 1830-ban újra kiadták. Az 1737–1753 között kiadott, „Architecture hydraulique” című négy kötetes műve elsőként foglalkozott a hidraulikával. Ebben elsőként írt a beton előállításáról és alkalmazásáról víz alatti alapozások céljára.

*Claude Louis Marie Henri Navier* (1785, Dijon – 1836, Párizs) francia mérnök és fizikus, a mechanika tudósa. Tanulmányait a École Polytechnique főiskolán végezte. Hídépítéssel foglalkozott. A francia Tudományos Akadémiának 1824-ben lett a tagja, 1830-ban a École Nationale des Ponts et Chaussées főiskola, 1831-ben az École Polytechnique főiskolán az analitika és mechanika professzora lett.

*Gróf Széchenyi István* (1791, Bécs – 1860, Döbling) az angol tervezőmérnök *William Tierney Clark* (1783, Bristol – 1852, Hammersmith, London) és a skót kivitelezőmérnök *(Adam) Clark Ádám* (1811, Edinburgh – 1866, Buda) vezetésével 1838 és 1849 között megépült a Lánchíd, amelynek a hídfőknél, föld alatt lévő kamráiban a lánchorgonyzótömbök betonból készültek, és amelynek alapjaihoz a helyszínen égettek és golyósmalomban öröltek románcementet.

*Mihálik János (Johann von Mihálik)*, 1818, Arad – 1892, Budapest) mérnök 1854-1856 között megépítette a Ferenc-csatorna bezdáni torkolatának kamarazsilipét, amely az első önálló betonépítmény volt hazánkban és egész Európában. A Ferenc József zsilip építéséhez a helyszínen égettek a románcementet. *Mihálik János* a zsilip építéséről „Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens” címmel könyvet írt, amelynek első kiadása 1858-ban jelent meg.

**Betonfedés, kötelező ráhagyás**

Kötelező ráhagyás ( $\Delta c_{dev}$ , deviation = eltérés), amellyel az előírt legkisebb betonfedést ( $c_{min}$ ) meg kell növelni, miáltal az előírt névleges betonfedést ( $c_{nom}$ ) kapjuk. Mértékegysége: mm

**Betonfedés, névleges**

A névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) az előírt legkisebb betonfedésnek ( $c_{min}$ ) a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyással megnövelt, előírt értéke ( $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ ). A szerkezeti terveken a névleges betonfedést kell feltüntetni. Mértékegysége: mm

**Betonfedéspalást (Opferbeton, Sacrificial concrete)**

A  $c_{nom}$  névleges betonfedéshez hozzáadandó  $\Delta c_{Opfer}$  vastagságú, a betonfedést védő, kémiai és mechanikai károsodását csökkentő, „feláldozható kármentő” réteg, amelyet elsősorban Németországban alkalmaznak a kémiai korrózió és a koptató hatás okozta betonfedés, illetve szerkezeti elem méretcsökkenés kiegyenlítésére. A kémiai korrózió környezeti osztályában a DBV-Merkblatt „Chemischer Angriff” (2014) műszaki útmutató, a kopásállósági környezeti osztályban a DIN 1045-1:2008 szabvány alkalmazza.

**Betonfedést csökkentő összetevő**

A bevonattal ellátott beton legkisebb betonfedését  $\Delta c_{dur,add}$  összetevővel, de legfeljebb 20 mm-rel szabad csökkenteni. Korrózióálló betonacélok alkalmazása esetén a legkisebb betonfedést a  $\Delta c_{dur,st} = 5$  mm összetevővel szabad csökkenteni. Mértékegysége: mm

**Betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma)**

A betonkeverék értelmezése az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint a következő:

- szakaszos betonkeverőgépben egy keverési ciklusa alatt megkevert friss beton mennyisége;
- folyamatos betonkeverőgépben 1 perc alatt megkevert friss beton mennyisége;
- mixer gépkocsiban szállított és megkevert friss beton mennyisége, ha az több, mint a szakaszos vagy folyamatos betonkeverőgép fenn értelmezett betonkeveréke.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

**Betonköbméter**

A betonköbméter a bedolgozott, tömör friss beton egy köbmétere (térfogat).

**Betonoszkóp**

Roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálatához használt műszer, amely azt a  $t_{ultrahang}$  időt méri, amely alatt az ultrahang impulzus a betonban az adófej és a vevőfej közötti  $L_{ultrahang}$  távolságot megteszi.

**Betonösszetétel**

Az 1 m<sup>3</sup> bedolgozott friss betonban lévő cement, víz, adalékanyag, kiegészítőanyag és adalékszer tömege. A betonösszetételt minden alkotóra tömegben (kg/m<sup>3</sup>) és térfogatban (liter/m<sup>3</sup>) is meg kell adni. A betonösszetételbe a bennmaradt levegő térfogatának tervezett értéke is belértendő, amellyel az 1 m<sup>3</sup> bedolgozott friss beton összetevői térfogatának összege 1000 liter. A betonösszetétel a betontervezés eredménye.

**Beton szállítmány**

Egy járműben vagy szállítótartályban szállított, egy vagy több adagból álló friss beton mennyiség.

### **Betontermék, betongyártmány**

Termék: minden ingó dolog – akkor is, ha utóbb más ingó vagy ingatlan alkotórészévé vált –, valamint a villamos energia (1993. évi X. tv. 1. § (1) bek.).

A 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet 2. § 1. pontja szerint építési termék minden olyan anyag, szerkezet, berendezés vagy több, különböző részből összeállított elem, amelyet azért állítanak elő, hogy építménybe állandó jelleggel beépítsék.

E könyvben a „betontermék” kifejezést a „betongyártmány” szinonimájaként értelmezzük, beleértve a félkészbetonterméket is, függetlenül az előállítás közvetlen céljától és a hasznosulás módjától.

A beton-építőanyagipar alapvetően kétféle betonterméket állít elő: friss beton keverékeket és megszilárdult beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemeket. Az ezek felhasználásával monolitbetonból és/vagy előregyártott elemekből készített beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek építése nem a beton-építőanyagipar, hanem az építőipar tevékenységi körébe tartozik (1.3. ábra).

Friss betont a transzportbetongyárakban, a betonelemgyárakban és az esetleg építéshelyen működtetett betonüzemekben állítanak elő. A transzportbetonból általában monolit beton és vasbeton szerkezetek készülnek, de a transzportbeton az építéshelyen előregyártott vasbetonelemeknek is alkotóanyaga lehet. A betonelemgyárak a friss beton keverékből elsősorban előregyártott beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemet gyártanak, de a friss betont akár transzportbetonként is hasznosítják. Az építéshelyen azért szoktak néha betonkeveréssel is foglalkozni, hogy a szükségből odatelepített építéshelyi előregyártó-üzemet friss betonnal kiszolgálják, de nem kizárt, hogy az építéshelyen kevert friss betonból monolit beton vagy vasbeton szerkezet rész is készül.

A beton, vasbeton-, feszített vasbetonelemek előregyártásához a betonelemgyárban vagy az építéshelyen kevert friss beton a betonkeverés telephelyét el nem hagyván, nem transzportbeton.

A friss betonból általában monolit beton, vasbeton vagy előregyártott beton-, vasbeton-, feszített vasbetonelem készül. A monolit betonok és az előregyártott elemek tömörítése, illetve tömörítettsége közé általában nem tehető egyenlőségjel. A monolit szerkezetek betonja végleges beépítési helyén, az ott uralkodó építési (ha nincsenek külön intézkedések, akkor általában az időjárási) körülmények között; az előregyártott elemek betonja a betonelemgyári vagy az építéshelyi előregyártó-üzem szabályozott körülményei között szilárdul.

A betongyártás teljes folyamatát tekintve úgy véljük, hogy a betonelemgyárakban és az építéshelyi előregyártó-üzemekben könnyebb kiemelt szintű minőségellenőrzést végezni, mint a monolit szerkezetek készítése esetén, ezért e könyvben ezt a különbséget tekintjük a vasbetonszerkezetek – betonfedés (6. fejezet) szempontjából fontos – szerkezeti osztályba sorolása egyik feltételének (5. fejezet).

Ismert, hogy a friss betonból, sablonban készülő vizsgálati próbatesteket az MSZ 4798:2016 szabvány szerint szabályozott laboratóriumi körülmények között kell tömöríteni és utókezelti, amely körülmények mindenképpen eltérnek a monolit betonok és az előregyártott betonok tömörítési és szilárdulási körülményeitől, beleértve a megépült monolit vagy előregyártott szerkezetekből kifűrt vagy kivágott minták tömörítési és szilárdulási körülményeit is.

A transzportbetont és a betonelemgyári beton-, vasbeton- és feszített vasbetonelemeket piaci áruforgalomban értékesítik, ezért ezeket piaci termékeknek nevezzük.

A betonelemgyártási célra előállított friss betont, az építéshelyen helyszíni beépítés vagy előregyártás céljából készített friss betont, a helyszíni előregyártással készült előregyártott elemeket nem hozzák piaci áruforgalomba, ezért ezeket, bár termékek, nem tekintjük piaci termékeknek (adás-vétel tárgyát képező árunak).

A műszaki szabályozásban ezzel szemben termék, illetve betontermék alatt általában piaci áruforgalomba kerülő vagy került betonterméket értenek. Ez azért zavaró, mert a termékszabványok nem csak ezekre, hanem a piaci értékesítésre nem szánt, a gyártó maga végezte további feldolgozás céljából előállított gyártmányokra (termékekre) is vonatkoznak. Ilyen például a betonelemgyárban kevert friss beton, amelyből a betonelemgyárban előregyártott betonelemek készülnek, és amelyre ugyanaz a betontermékszabvány érvényes, mint a piaci terméket képviselő transzportbetonra (MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018). Ennek folyománya lehet, hogy az előregyártott elemek MSZ EN 13369:2013 és MSZ EN 13369:2018 termékszabványa a felhasználható friss betonok között azok kereskedelmi megítélése alapján nem tesz különbséget.

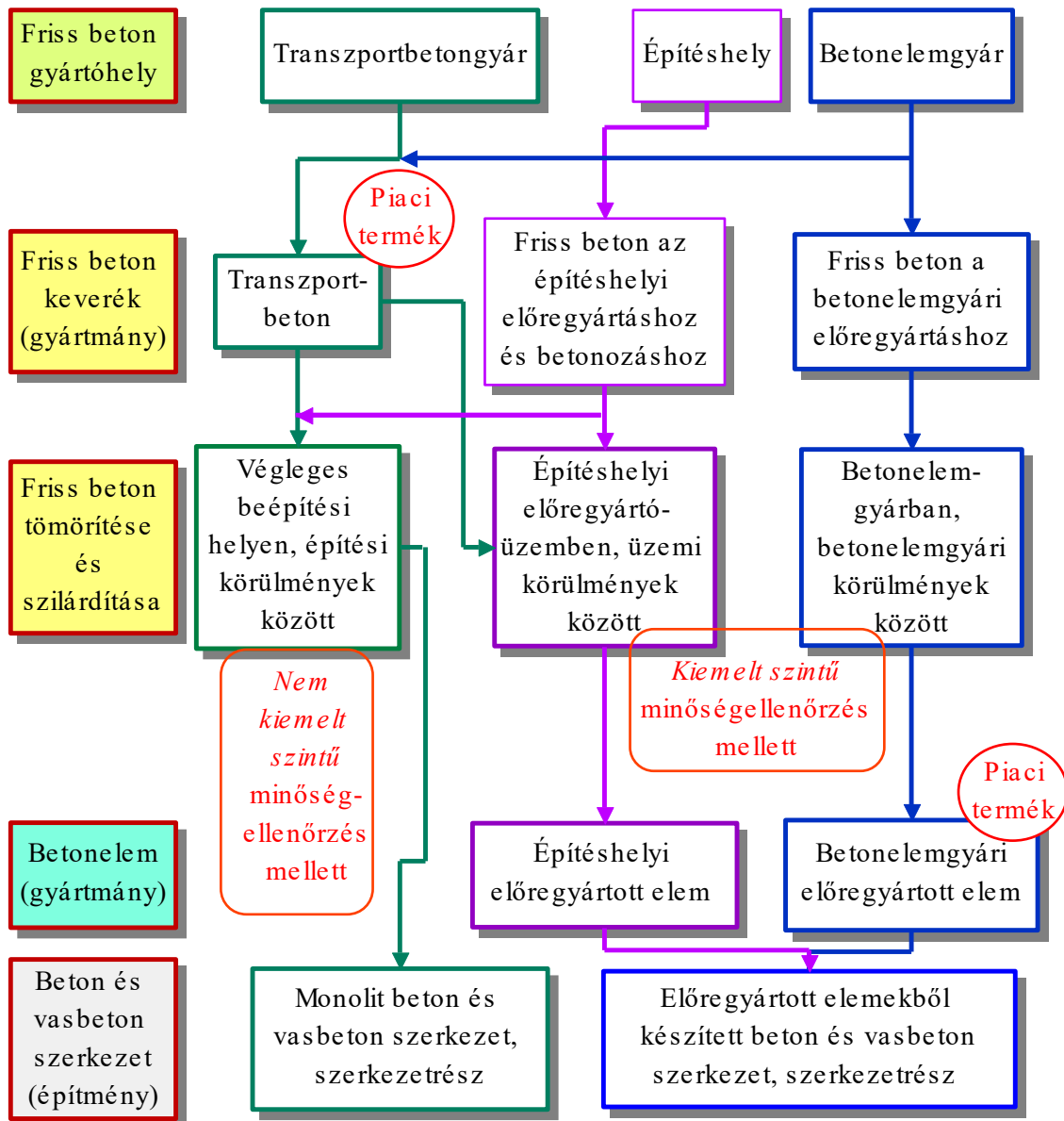
A betongyártmányok (betontermékek) fogalmi rendszerét bemutató *1.3. ábra* első oszlopában zárójel használatával érzékeltetjük, hogy termék alatt a gyártósorról lekerülő gyártmányt értjük, felhasználásától függetlenül, tehát akár piaci termék, akár nem.

Érdeemes emlékeztünkbe idézni a visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelvben szereplő, e szócikk fogalomköréhez tartozó fontosabb meghatározásokat is:

- Transzportbeton: az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv szerint készített friss betonkeverék, amelynek alapanyagait a transzportbeton-üzemben mérik ki, telepített vagy mobil keverőberendezésben keverik, szállítóeszközben szállítják és a vevő felelős képviselőjének készre kevert állapotban adják át.
- A betonkeverő-üzem akkor is transzportbeton-üzemnek minősül, ha betonját nem adja el betonárúként, hanem vállalata építéshelyére szállítja.
- Ha egy vállalaton belül más termelési egység keveri meg a betont mint amelyik bedolgozza, akkor a szerkezetet (műtárgyat) készítő szervezet (építésvezetőség) a megrendelő (vevő).
- Az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv szerint a betonkeverék átvételét követő tevékenység a vevő érdekkörébe tartozik, ezért ennek megfelelően végrehajtása nem a szállító felelőssége.

Az MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelvben a fentiekén kívül részletesen foglalkoztak a transzportbeton-üzemekkel és azok vezetésével, az üzemi berendezésekkel, a szállítóeszközökkel és a szállítással, a beton alapanyagaival, azok átvételével, továbbá a friss és a megszilárdult betonnal, a betonösszetétellel, valamint a beton készítésével szemben támasztott követelményekkel, a beton megrendelésével és szállításával, a beton átadásával és átvételével, a beton minőségének és az üzemi berendezések ellenőrzésével, a minőség tanúsításával és az adatok nyilvántartásával.





**1.3. ábra:** Betongyártmányok (betontermékek) fogalmi rendszerének vázlata

Lásd még: Építési termék, Transzportbeton, Előregyártott beton

### Betontechnológiai munkamenetterv

A beton építéshelyi bedolgozási, utókezelési, kizsaluzásának stb. munkálatainak terve (*Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.*)

### Bikromátos kémiai oxigénigény

Szinonim megnevezése: Kálium-bikromátos kémiai oxigénigény, dikromátos kémiai oxigénigény, kálium-dikromátos kémiai oxigénigény

Lásd még: Kémiai oxigénigény, dikromátos kémiai oxigénigény

### BIM

Építési információs modell, épületinformáció menedzsment.(folyamatirányítás)

A „BIM” betűszó eredetileg a „Building Information Modeling” kifejezés kezdőbetűiből keletkezett, vagyis többletinformációval rendelkező virtuális háromdimenziós modellek

készítését jelentette. Ma inkább a „Building Information Management” (épületinformáció menedzsment) rövidítéseként használják.

A BIM olyan CAD-alapú tervezésmódszertani folyamatok és irányelvek alkalmazásának összessége, amely lehetővé teszi az építmények létrehozásában és üzemeltetésében érdekelt szereplők számára a virtuális térben történő együttműködést és információátadást, illetve az építménnyel kapcsolatos adatok gyors és hatékony megjelenítését.

Több, egymással kapcsolatban álló elem információközpontú, háromdimenziós és parametrikus épületelemekből virtuális térben épített, többletinformációval rendelkező vizuális geometrikus modelljét „BIM-modell”-nek nevezik. A többletinformációt a virtuális épületelemek egymáshoz való viszonya és a hozzáadott paraméterértékek jelentik, amelyek a 3D-modellben rendeződnek adatbázisba. A 3D BIM-modell alapján az egyes modellelemek egyértelműen azonosíthatók és anyagmennyiségük meghatározható (Zagoráczy – Szabó 2018).

### Binomiális valószínűségi eloszlás

Annak valószínűsége, hogy az  $N$  elemű,  $M$  nem megfelelő elemet tartalmazó,  $p = M/N =$  konstans alulmaradási hányadú halmazból visszatevéses reprezentatív mintavétellel nyert  $n$  elemű mintában a nem megfelelő elemek száma  $k$ , a  $B_k$  binomiális valószínűségi eloszlással számítható ki:

$$B_k = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$$

ahol  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ ;  $0 \leq p \leq 1,0$  és a binomiális együttható:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} = \frac{n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot (n-k+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot k}$$

A binomiális eloszlást e könyvben az OC-görbe levezetéséhez használtuk.

### Biofilm, biohártya

A biofilm egymáshoz tapadó mikroorganizmusok alkotta, valamely felületen egybefüggő bevonatot képező réteg. A szennyvíz tisztító telepek biológiai medencéjének betonfalán található biofilm hidrogénion koncentrációja helyenként például  $\text{pH} = (4 - 5)$  értékre is süllyedhet, annak ellenére, hogy a szennyvíz hidrogénion koncentrációja mintegy  $\text{pH} = 7$ , amely körülmény a beton oldódásos korrózióját okozza.

### Biogén kénsav korrózió

A biogén kénsav korrózió (BSK) a szennyvíz csatornák, szennyvíz tisztító medencék falán, a szennyvíztükör felett áll elő azáltal, hogy bizonyos mikroorganizmusok (kénbacilusok) képesek szulfátból közvetlenül kénhidrogént előállítani (szulfátlégzés), míg mások a kénhidrogént képesek visszaalakítani szulfáttá. A jelenséget mikrobiális kénkörforgalomnak is nevezik.

A szennyvíz csatorna oxigén hiányos részén élő anaerob baktériumok a szennyvízben oldott szulfátionokat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) kénhidrogénné ( $\text{H}_2\text{S}$ ) redukálják, és ezáltal a szulfátionokat betonkorrózióra tulajdonképpen veszélytelenné teszik. Ugyanakkor a csatorna falán a biofilmben élő aerob baktériumok (thiobacilusok) oxigén jelenlétében a kénhidrogént ( $\text{H}_2\text{S}$ ) szulfátionná ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), kénsavvá ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) oxidálják, és ez betonkorrózióra vezet.

Lásd még: Szulfifikáció, Deszulfifikáció

### Biokémiai oxigénigény

A biokémiai oxigénigény (BOI) az oxigénigény mérőszámok egyike, amelyet a szennyvizek szerves anyagainak összetett jellegére tekintettel, az egyedi szerves összetevők minőségi és

mennyiségi meghatározása helyett, a szennyvizek szervesanyagtartalma és oxidálható szervesetlen anyag tartalma együttes mennyiségének kifejezésére használnak (*Percsich* 2005).

A biokémiai oxigénigény (biológiai oxigénigény, oxigénigény, oxigénfogyasztás) az az oxigénmennyiség, amely a vízben levő szerves anyagok és oxidálható szervesetlen vegyületek mikroorganizmusokkal való lebontásához, 20 °C hőmérsékleten szükséges. Nagysága függ a vízben levő mikrobák fajától és számától, a szerves anyagok minőségétől, a mikrobák tápanyag- és oxigénellátottságától, az emésztés időtartamától, a megvilágítástól, és a biológiai folyamatokra gátlóan vagy mérgezően ható anyagok jelenlététől. Általában szabványos körülmények között öt napos (BOI<sub>5</sub>), vagy húsz napos (BOI<sub>20</sub>) biokémiai oxigénigényt szokás meghatározni.

A szennyvíztisztítás technológiájában az öt napos biokémiai oxigénigény (BOI<sub>5</sub>) szolgál a kémiai oxigénigény (KOI<sub>k</sub>) mellett a lebontandó szerves anyag biológiai lebonthatóságának, illetve mennyiségének mértékéül. A mérést megelőzően a vizsgálandó szennyvízminztát olyan pufferoldattal hígítják, amely a bakteriális szaporodás tápanyag szükségletét és a megfelelő pH-értéket is biztosítja. Az öt napos biokémiai oxigénigény meghatározása során mintavételkor megméri a hígított szennyvízminztát oldott oxigéntartalmát, majd 5 nap múlva ismét. A két mérés között elfogyott oxigén mennyiségét nevezzük az öt napos biológiai oxigénigénynek (*Percsich* 2005).

Szennyvizek esetén a biokémiai oxigénigényt az MSZ EN 1899-1:2000 szabvány szerint kell vizsgálni.

A biokémiai oxigénigény mutatóinak meghatározása hosszas vizsgálatot igényel, ezért az oxigénigény lényegesen gyorsabb meghatározására vezették be a kémiai oxigénigény (KOI) mérőszámot. A KOI mérés egyszerűsége és kisebb időigénye miatt jobban elterjedt a gyakorlatban, mint a BOI meghatározás, annak ellenére, hogy a természetben lejátszódó folyamatokat a BOI értéke modellezi jobban (*Burucs* 2011).

A biokémiai oxigénigény angol jele BOD (Biochemical oxygen demand), német jele BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf).

Lásd még: Kémiai oxigénigény (KOI)

### **Biztonsági (parciális) tényező**

A beton  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője a parciális tényező (osztott biztonsági tényező) méretezési eljárás esetén, értéke teherbírasi határállapot vizsgálata során, tartós és ideiglenes tervezési állapotban általában  $\gamma_c = 1,5$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint). Jele:  $\gamma_c$

### **C<sup>3</sup>-beton (Carbon Concrete Composite, Carbon-BetonVerbundwerkstoff)**

A C<sup>3</sup>-beton szénszálaból szőtt textil-erősítésű (szénszálszövet-, szénháló-erősítésű) beton, amelynek kutatására Németországban nagyszabású kísérletsorozatot indítottak abból a célból, hogy általa a vasbetonszerkezetek készítéséhez használt betonacélokat kiváltsák. A szénszálszövet előnye a betonacéllal szemben, hogy gyártása energiatakarékos, anyagsűrűsége a betonacélnak mintegy ötöde, nem korrodál. A kutatás két irányú, egyrészt a szénháló-erősítésű beton tulajdonságainak megismerésére, másrészt a szénszál-gyártás mai nyersanyagának, a kőolajnak a kiváltására irányul.

A C3-beton kutatására – amely jelenleg a legnagyobb német építőipari kutatási program – a Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium (Bundesministerium für Bildung und Forschung) támogatásával és több mint 130 német kutatóhely részvételével 2015-ben konzorciumot hoztak létre, amelynek vezetője a drezdai Műszaki Egyetem (TU-Dresden, Technische Universität Dresden).

Mindemellett a szénszálszövet-erősítésű betont már ma is alkalmazzák meglévő épületek földemei (például Koblenzben), tetőszerkezetei (például Templinben), hidak (például Nailában,

Zürichben) vagy ipari építmények (például az uelzeni cukorsiló) megerősítésére, valamint új építmények, így például gyalogos és kerékpáros hidak (például Albstadt-Ebingenben), homlokzatképzések (például Düsseldorfban), tartószerkezetek (például a drezdai Cube kerékpárgyár megbízásából várhatóan 2020-ra megépülő Ergebnishaus, azaz „eredmény-ház”) stb. készítése során (<https://www.bauen-neu-denken.de>).

Magyarországon szénszálat a nyergesújfalvai Zoltek Zrt. (a japán Toray Industries Co. csoport tagja) gyárt.

## **CAD**

A CAD (Computer Aided Design) rövidítés számítógéppel segített tervezést jelent.

A jelenleg használatos CAD programok a 2D (síkbeli) vektor-grafikaalkalmazásán rajzoló rendszerektől a 3D (térbeli) parametrikus felület- és szilárdtest modellező rendszerekig széles számítógépes mérnöki tervtervezési lehetőséget kínálnak.

A számítógépes tervezést és rajzolást az építőmérnök épületek, hidak, utak, vasutak, alagutak, vízi és geotechnikai létesítmények stb. tervezésére használja.

Az építészeti CAD szoftverek köre magába foglalja az építészeti, épületgépészeti, épületvillamossági, belső építészeti tervezői egységeket, és olyan szolgáltatásokat is érint, mint a 3D látványtervezés, épületek virtuális körüljárásáról animáció készítése stb.

A számítógépes CAD programok megjelenése a hagyományos műszaki rajzoló feladatkört – a ceruzával készített tervrajzok átrajzolását tussal (tuskihúzóval) sokszorosítható (fénymásolható) pausz-papíron – lényegében megszüntette.

## **CE-jel, CE-jelölés**

A CE-jel az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerint a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő vagy európai műszaki értékeléssel rendelkező termékek megkülönböztetésére való jel. A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (1) bekezdése szerint a CE-jelölésre a 765/2008/EK számú rendelet 30. cikkében megállapított általános elvek vonatkoznak. (A 765/2008/EK számú rendelet a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszeréről szóló, 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat kiegészítése.) Megjegyzendő, hogy a CE-jelölés szabályait első ízben a 93/465/EGK tanácsi határozat véglegesítette, majd ezt a tanácsi határozatot a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat helyezte hatályon kívül.

A 765/2008/EK számú rendelettel összhangban a 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (2) bekezdése értelmében CE-jelölést csak olyan építési termékeken szabad elhelyezni, amelyekről a gyártó a rendelet II. fejezete szerinti megfelelőségi tanúsítványt, illetve nyilatkozatot (2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozatot) állított ki. A CE-jelölés elhelyezésével vagy elhelyeztetésével a gyártó vállalja felelősségét, hogy az építési termék megfelel a nyilatkozatban szereplő minőségnek (teljesítménynek), valamint a jelölés alkalmazását előíró uniós harmonizációs jogszabályokban szereplő valamennyi alkalmazandó követelménynek. A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (3) bekezdése szerint a CE-jelölés az egyetlen olyan jelölés, amely tanúsítja, hogy az építési termék alapvető jellemzői megfelelnek a nyilatkozatban szereplő, az adott harmonizált szabvány vagy az európai műszaki értékelés szerinti minőségnek (teljesítménynek). A 305/2011/EU számú rendelet 8. cikk (5) bekezdése szerint, ha a termék minősége megfelel (teljesítmény-nyilatkozatban foglaltak megfelelnek) az érintett tagállamban az adott felhasználásra vonatkozóan megállapított követelményeknek, a CE-jellel ellátott termékek használatát akadályozni nem szabad.

A CE-jelölés (megfelelőségi jelölés) fogalmát a termékek piacfelügyeletéről szóló 2012. évi LXXXVIII. törvény a 765/2008/EK számú európai és tanácsi rendeletre hivatkozva értelmezi.

## **Celit**

A celit a portlandcement-klinker ásványok egyikének neve, tetrakalcium-aluminát-ferrit ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , röviden:  $\text{C}_4\text{AF}$ ). Mennyisége a portlandcementben 10-18 tömeg%. Szilárdsága igen kicsi, lassan köt. Ennek a klinkerásványnak a mennyiségét növelve a cement szulfátállósága javul.

### **Cement**

Víz hatására levegőn vagy víz alatt, önmagában szilárdulni képes, mesterséges, finomra őrölt ásványi anyagkeverék, ún. hidraulikus kötőanyag, amely szilárdságát és állékonyságát víz alatt is megtartja.

### **Cementbacilus**

Az addig egyebek mellett *Candlot*<sup>17</sup>-*Michaelis*<sup>18</sup>-féle sónak nevezett, a szulfátos talajvíz hatására a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből képződő, a megszilárdult betont szétrepesztő másodlagos ettringit kristályokat tú alakjuk és romboló hatásuk folytán *Michaelis* 1892-ben cementbacilus-nak nevezte.

### **Cementgél**

Cementgélnek a cement hidratációja során keletkező fázisokat először *Powers*<sup>19</sup> nevezte. A cementgél szilárd, pórusos anyag, amelynek térfogata a hidratálatlan klinker térfogatának mintegy kétszerese.

### **Cementhabarcs**

Cement, homok és víz friss vagy megszilárdult keveréke.

### **Cementkő**

Megszilárdult cementpép.

### **Cementkőben lévő víz**

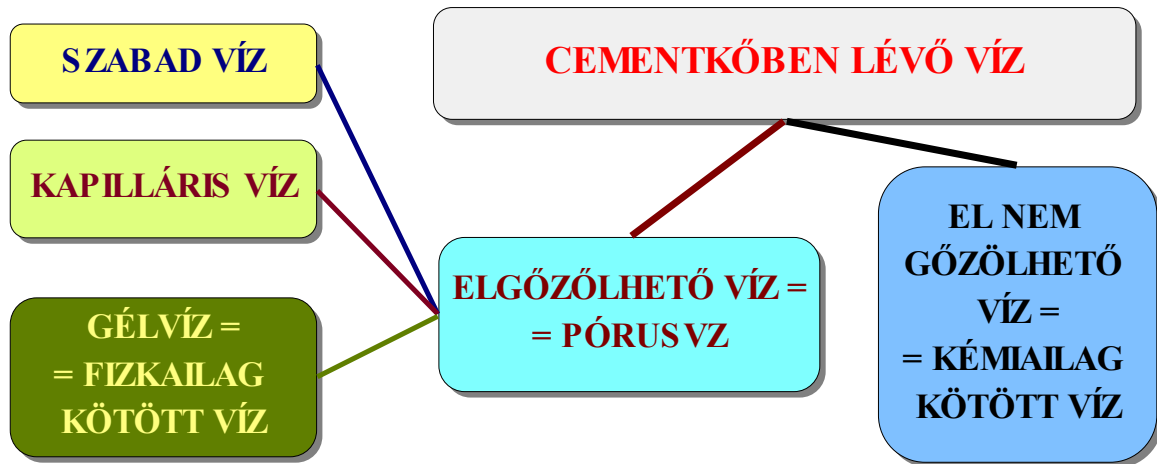
A cementkőben lévő víz összetevőit az 1.4. ábrán látható módon szokás csoportosítani.

Lásd még: Egyensúlyi víztartalom

<sup>17</sup> *Édouard Louis Candlot* (1858-) francia cementkutató. Híres könyve „Ciments et chaux hydrauliques. Fabrications, propriétés, emploi” címmel Párizsban jelent meg 1891-ban, és 1891-1906 között világszerte számos kiadást ért meg.

<sup>18</sup> *Wilhelm Michaelis* (1840-1911) német cementkutató, építőmérnök, 1907-ig a Berlin-lichterfeldi cement- és habarcs technológiai intézet (Zement- und Mörteltechnische Institut) vezetője volt. 1868-ban megjelent "Die hydraulischen Mörtel" című könyvében elsőként adta meg a cementgyártási nyers keverék kedvező összetételét. Közel tíz évi kutatómunkája nagyban hozzájárult a tengervíz klorid- és szulfát tartalmának ellenálló, aluminát szegény, nagy vasoxid és mangánoxid tartalmú szulfátálló cement kifejlesztéséhez, amelynek az aluminátmodulusa minden valószínűség szerint  $AM < 0,3$  volt. Ezt a cementet mészkő vagy kovasavban gazdag meszesmárga és barna-, vagy pát- vagy más vasérc vagy nagy vastartalmú üledékes kőzet („Raseneisenstein” vagy „Rasenez”) felhasználásával gyártották, ezért *Michaelis* „Erzzement”-nek („ércement”-nek) nevezte. Huszonkilenced magával 1888 decemberében a Neckar-menti Lauffenben portlandcement gyártására megalapította a „Württembergisches Portland-Cement-Werk zu Lauffen am Neckar“ részvénytársaságot. A lauffeni cementgyárat 1891-ben helyezték üzembe. Az „Erzzement”-et 1901-ben a magdeburgi Grusonwerk AG szabadalmaztatta, 1903-tól pedig mintegy 25 éven át a Portland-Zement-Fabrik in Hemmor gyártotta. (*Stark – Wicht* 2001).

<sup>19</sup> *Treval Clifford Powers* (1900-1997) amerikai kutató és szakíró, aki munkásságával megalapozta a portlandcement pépek és betonok szövetszerkezetének és tulajdonságainak tudományos megismerését. Harmincöt éven át (1930-1965) az amerikai Portlandcement Kutató Intézetben (Research Department of the Portland Cement Association) dolgozott. Tudományos közleményeinek száma mintegy 200.



1.4. ábra: A cementkőben lévő víz összetevőinek csoportosítása

### Cementpép

A cement és víz friss állapotú keveréke. A megszilárdult cementpépet cementkőnek nevezzük. Lásd még: Adalékanyag pépigénye

### CF-szám

Lásd: Tömörödési tényező, *Glanville*-féle

### Cusum minőségsszabályozási módszer

Az MSZ 4798.2016 szabvány H melléklete eljárást mutat be a Cusum minőségsszabályozási kártya alkalmazására.

Az MSZ 4798.2016 szabvány H mellékletében háttér irodalomként a CEN/TR 16369:2012 európai műszaki jelentést és *Caspeele et al. (2009)* tanulmányát ajánlják.

Lásd még: Shewhart minőségsszabályozási módszer

### Csúcsossági együttható

Lásd: Lapultsági együttható

### Csúszósúrlódás

Más szóval csúszásbiztonság

### Csúszató feszültség

Lásd: Nyírófeszültség

### Darcy-féle törvény

A természetes szűrőkön átfolyó vízmennyiség *Darcy*-féle<sup>20</sup> törvény segítségével határozható meg. Valamely állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt átfolyó  $Q$  vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] arányos a szűrőanyagot jellemző  $K$  szivárgási tényezővel [ $\text{m}/\text{s}$ ], az  $A$  keresztmetszeti felülettel [ $\text{m}^2$ ], a  $h$  nyomómagassággal [ $\text{m}$ ], és fordítva arányos a szűrőrétegben a megtett út  $l$  hosszával [ $\text{m}$ ], vagyis a szűrőréteg vastagságával:

<sup>20</sup> *Henry Philibert Gaspard Darcy* (1803, Dijon – 1858, Párizs) francia vízépítőmérnök, hidrogeológus, aki a felszín alatti vizeknek a kőzetek pórusain keresztül való áramlási tulajdonságait kísérleti tapasztalatok alapján matematikai formában 1856-ban írta le.

$$Q = K \times A \times h / \ell \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad \text{és}$$

$$q = Q/A = K \times h / \ell = K \times i \quad [\text{m}/\text{s}]$$

A  $K$  szivárgási tényezőt *Darcy*-féle vízáteresztési együtthatónak, víz-áteresztőképességi tényezőnek, víz-áteresztőképességi együtthatónak, permeabilitási együtthatónak [m/s] nevezzük.

A  $q$  látszólag sebesség dimenziójú [m/s] – innen ered a *Darcy*-sebesség elnevezés – valójában fajlagos térfogati hozam vagy áramlási intenzitás, térerő, fluxus.

Az  $i = h/\ell$  a hidraulikus gradiens, egységnyi hosszra jutó nyomómagasság, nevezetlen szám.

A *Darcy*-féle törvény a cementkő, illetve a beton víz-áteresztőképességének (hidrodinamikai permeabilitásának) leírására is alkalmas.

Lásd még: Hidrodinamikai permeabilitás, permeabilitási együttható

### Denitrifikáció

Kémiai folyamat, amelynek során a denitrifikáló baktériumok redukáló hatására, oxigén hiányos környezetben, adott hőmérsékleti tartományban, a nitrogénvegyületek, például salétromsavas sók (például kálium-nitrát,  $\text{KNO}_3$ ; nátrium-nitrát,  $\text{NaNO}_3$ ), nitrátionok ( $\text{NO}_3^-$ ) átalakulnak nitritionná ( $\text{NO}_2^-$ ), dinitrogén-oxidá ( $\text{N}_2\text{O}$ ), nitrogéngázzá ( $\text{N}_2$ ). A denitrifikáló baktériumok talajban, fekáliában, trágyában élnek.

Lásd még: Nitrifikáció

### Deszulfifikáció

Kémiai folyamat, amelynek során az oxigén hiányos környezetben élő anaerob, szulfátredukáló (deszulfifikáló) baktériumok a szulfátionokat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) kénhidrogénné ( $\text{H}_2\text{S}$ ) redukálják, és ezáltal a betonkorrózió szempontjából a szulfátokat mintegy veszélytelenekké teszik.

Lásd még: Szulfifikáció, Biogén kénsav korrózió

### Determinációs együttható

A determinációs együttható lineáris függvénykapcsolat esetén megegyezik a *Pearson*-féle lineáris korrelációs együttható négyzetével, ezért a *Pearson*-féle korrelációs együttható négyzetét determinációs együtthatónak is szokták nevezni.

Lásd még: Korrelációs együttható

### Diffúzió

A diffúzió latin eredetű szó (diffundere = kiönteni, elárasztani, elterjeszteni).

A diffúzió az egymással érintkező gázok, folyadékok vagy szilárd anyagok fokozatosan bekövetkező elegyedése külső erők behatása nélkül, amelyet az ionok, atomok, molekulák vagy kolloid részecskék hőmozgása – koncentráció kiegyenlítődés mellett – okoz.

A jelenségre a *Fick*-törvények<sup>21</sup> érvényesek (*Neumüller* et al. 1. kötet 1981).

Diffúziós jelenség például a nedves beton kiszáradása, a beton karbonátosodása, a kloridion-behatolás a betonba vagy a beton radon-sugárzása (*Müller – Wiens* 2016).

---

<sup>21</sup> *Adolf Fick* (1829, Kassel – 1901, Blankenberge/Westflanden) a fiziológia professzora Zürichben (1852-1868) és Würzburgban (1868-1899). Eleinte matematikát tanult, majd érdeklődése az orvostudományok felé fordult. Doktorátust 1851-ben szerzett. A diffúzióra vonatkozó két törvényét tapasztalati alapon 1855-ben írta fel. A *Fick*-törvényeket termodinamikai alapon *Albert Einstein* (1879, Württemberg – 1955, Princeton, New Jersey) a XX. század elején igazolta.

A vízgőz-, levegő- és széndioxid-diffúzióval például *Kropp és Hilsdorf*<sup>22</sup>(1995) foglalkozott. Lásd még: *Fick*-törvények, diffúziós együttható, hidrodinamikai permeabilitás, „huckepack-transport”, migráció

#### **Diffúziós együttható, tényező, állandó; diffúzióállandó**

A  $D$  diffúziós együttható az  $A$  [ $\text{m}^2$ ] egységnyi képzeltek felületen  $\Delta c$  [ $\text{g}/(\text{m}^3 \times \text{m}) = \text{g}/\text{m}^4$ ] egységnyi  $\text{kmol}/\text{m}^4$  koncentrációgradiens hatására egységnyi idő alatt átdiffundáló anyag  $m$  [ $\text{g}/\text{s}$ ] tömegét fejezi ki (*Müller – Wiens* 2016):

$$D = m \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{\Delta c}$$

Az összefüggésben a  $\Delta c$  koncentrációgradiens [ $\text{g}/\text{m}^4$ ] a moláris kémiai anyagkoncentráció [ $\text{g}/\text{m}^3$ ] változása a távolság [ $\text{m}$ ] függvényében.

A Model Code 1990 szerint a

- C12 nyomószilárdsági osztályú karbonátosodó beton diffúziós együtthatója szén-dioxid áthatolása esetén mintegy  $D_{\text{szén-dioxid}} = 8 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ,
- C50 nyomószilárdsági osztályú karbonátosodó beton diffúziós együtthatója szén-dioxid áthatolása esetén mintegy  $D_{\text{szén-dioxid}} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ .

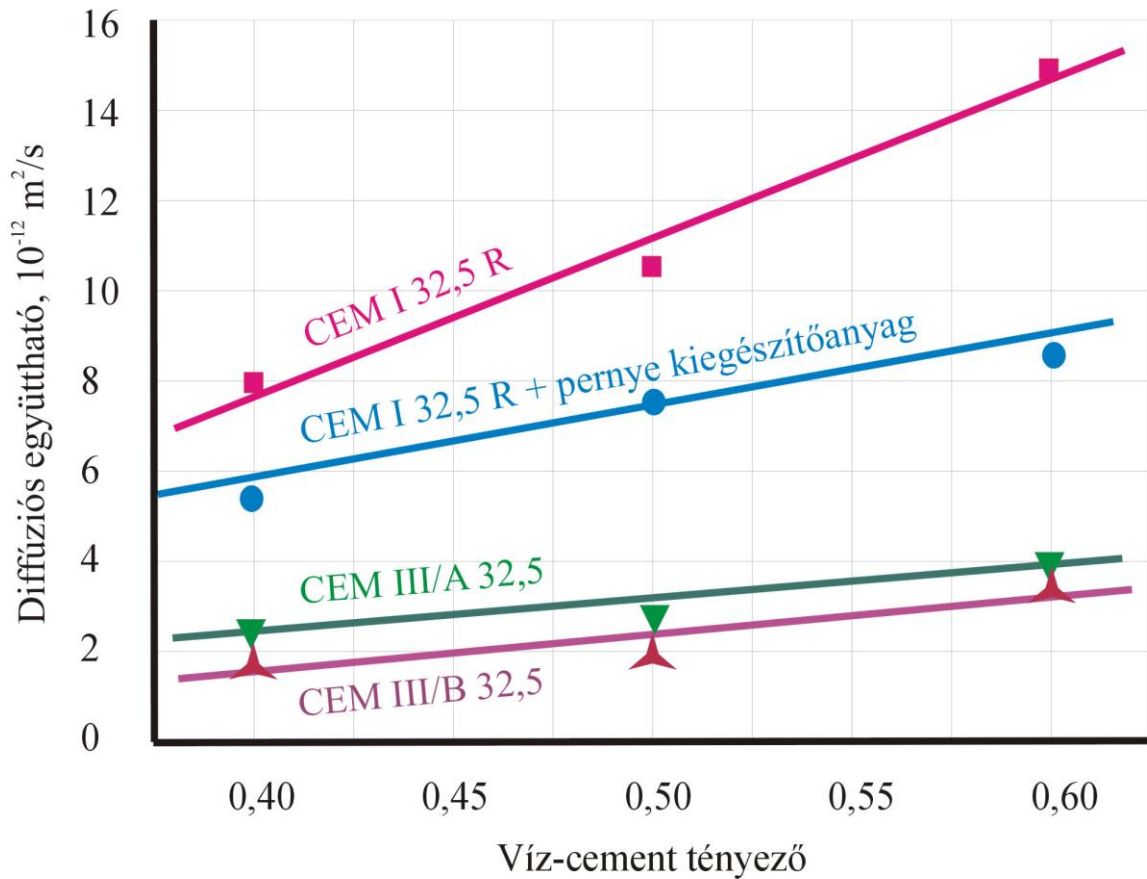
Ezek az értékek a beton nyomószilárdsági osztályától és porozitásától függően erősen ingadoznak (*Müller – Wiens* 2016).

A nátrium-kloridionok behatolási folyamatát *Dahme* (2006) különböző összetételű betonokon a norvég NT-Build 492 előírás szerint vizsgálta. Megállapította, hogy a nátrium-klorid diffúziós együtthatót a víz-cement tényező és a cementfajta egyaránt befolyásolja (*1.5. ábra*), és ebből arra következtetett, hogy a beton áteresztőképessége elsősorban a pórusszerkezettől függ.

---

<sup>22</sup> *Hubert K. Hilsdorf* (1930, München – 2010, München) német építőmérnök, egyetemi tanár. Doktori fokozatot 1964-ben szerzett. 1965-től az Illinoisi Egyetem (University of Illinois) docense, 1968-tól építőmérnök professzora, 1971-től a Karlsruhei Műszaki Egyetem (Technische Universität Karlsruhe) professzora volt. 1996-ban a Braunschweigi Műszaki Egyetem (Technische Universität Braunschweig) tiszteleti Dr.-Ing. címmel ruházta fel, 1997-ben a Deutscher BetonVerein *Emil Mörsch* emlékéremmel tüntette ki.





**1.5. ábra:** A beton nátrium-klorid diffúziós együtthatója a víz-cement tényező és a cementfajta függvényében (Dahme 2006)

A diffúziós együttható mértékegysége:  $m^2/s$

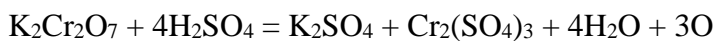
(CGS-egysége:  $cm^2/s$ , átszámítás:  $1 cm^2/s = 10^{-4} m^2/s$ )

Lásd még: Diffúzió, moláris kémiai anyagkoncentráció, permeabilitási együttható

### Dikromátos kémiai oxigénigény

Szinonim megnevezése: Kálium-dikromátos kémiai oxigénigény, bikromátos kémiai oxigénigény, kálium-bikromátos kémiai oxigénigény

Azt az oxigén mennyiséget jelenti meg  $dm^{-3}$  koncentrációban kifejezve, amely a mintában lévő szerves anyag kálium-dikromátos ( $K_2Cr_2O_7$ ) oxidációjakor elhasználódik:



Az egyenlet szerint egy dikromát három oxigénnel, azaz 1 mol bikromát 4800 mg oxigénnel egyenértékű.

Lásd még: Kémiai oxigénigény

### Dinamikai rugalmassági modulus

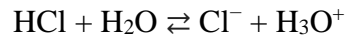
A dinamikai rugalmassági modulus a rezgőmozgás hatására a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe általában nagyon kis feszültséghez tartozó pontján keletkező hiszterézis hurok átlója hajlászögének iránytangense. A feszültség jellegétől függően megkülönböztetjük a hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulus (E<sub>din,L</sub>), a hajlítás (flexiós) dinamikai rugalmassági modulus (E<sub>din,F</sub>) és a csavarási (torziós) dinamikai rugalmassági modulus (E<sub>din,T</sub>).

### Direkciós állandó

A direkción állandó a lineáris erőtörvényben ( $D = F_{\text{rugó}}/\Delta s$ ) a rugóállandó ( $c = 1/D$ ) reciproka, ahol  $F_{\text{rugó}}$  a lineáris rugóerő,  $\Delta s$  a megnyúlás, tehát az egységnyi megnyúlást létrehozó rugóerő. Mértékegysége: N/m

### Disszociáció

Disszociációnak a megfordítható kémiai reakciókat nevezik. A disszociáció során a vegyület más vegyületekre esik szét, de a disszociáció nem bomlás, mert a vegyület szétesése nem végleges. Disszociáció például ahogy a sósav ( $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ ) a hidrogénjét (kation) ledja a vízmolekulának, miáltal klórion (savmaradék) és oxóniumion keletkezik:



### Disszociációs egyensúlyi állandók

A disszociációs egyensúlyi állandóval a kémiában a savak és bázisok erősségét lehet kifejezni. Lásd Savállandó, Bázisállandó

### Duroplasztok

Lásd: Műgyanták

### Duzzadásos korrózió

Például szulfátduzzadás, alkáli reakció

Lásd még: Oldódásos korrózió

### Egybevágóság

Két függvény, illetve görbe vagy felület geometriailag (alakzatát tekintve) akkor egybevágó, ha azok egymásra fektetve fedik egymást. Az  $A$  és  $B$  alakzat egybevágóságának szokásos jelölése:  $A \cong B$ .

Lásd még: Hasonlóság, Transzformáció, transzformálás

### Egyedi minta

Az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint az egyedi (egyes) minta az a friss beton mennyiség, amelyet a megkört betonból a mintavevővel vagy hasonló eszközzel egy mozdulattal kivesznek.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint az egyedi minta vagy egyesminta az adalékanyag (kőanyag) mennyisége, amelyet az alaphalmazból a mintavevő berendezés egy műveletével kivesznek.

### Egyedi vizsgálati minta

Nevezik vizsgálati adagnak is.

A mintából vett anyagmennyiség, amelyet egyetlen vizsgálat során teljes egészében felhasználnak.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

### Egyenlőtlenségi együttható

Az adalékanyag egyenlőtlenségi együtthatója az adott finomsági modulusú, de eltérő elhelyezkedésű szemmegoszlási görbék megkülönböztetésének eszköze, finom vagy durva voltak, szemnagyság tartományuk terjedelmének, szórásának, fajlagos felületének, hézagterfogatának egyik lehetséges közvetett kifejezője.

Az adalékanyag szemmegoszlásának egyenlőtlenségi együtthatója, amelyet

- az építési kőanyagok szemmegoszlásjellemzőinek MSZ 18288-5:1981 szabványa szerint – a talajmechanikai (geotechnikai) gyakorlathoz hasonlóan – a szemmegoszlási görbe 60 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{60}$ ) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{10}$ ) hányadosaként;
- a MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3.2.1.1.5. szakasza szerint pedig a szemmegoszlási görbe 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{70}$ ) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemmagyság ( $d_{10}$ ) hányadosaként kell kiszámítani.

Jele ennek megfelelően:  $U_{60/10}$ , illetve  $U_{70/10}$

### **Egyensúlyi állandó**

Lásd: Disszociációs egyensúlyi állandó

### **Egyensúlyi szénsav (tartalékos szénsav)**

Egyensúlyi (tartalékos) szénsav az oldatban lévő összes szabad szénsavnak ( $\text{CO}_2$  vizes oldata) az a része, amely a kalcium-hidrogén-karbonát ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) és magnézium-hidrogén-karbonát ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) oldatban tartásához szükséges. Egyensúlyi szénsav = összes szabad szénsav – agresszív szénsav (Hunkár 1940, Biczók 1956).

Lásd még: Agresszív szénsav, Összes szénsav

### **Egyensúlyi víztartalom**

Egyensúlyi víztartalomnak a beton keverővizének a párolgás után a cementkőben visszamaradt részét nevezzük.

Lásd még: Cementkőben lévő víz

### **Ekvivalens (equivalens) víz-cement tényező**

Lásd: Víz-kötőanyag tényező

### **Elasztomer**

Eredeti hosszúságának akár kétszeresére nyújtható rugalmas műanyag.

### **Elektródpotenciál**

Nevezik elektromos potenciálnak, normálpotenciálnak, redoxi potenciálnak is.

Az elektródpotenciál azt fejezi ki, hogy mekkora elektromos feszültség szükséges az elektróda elektrolit oldatba viteléhez, illetve valamely folyamat, például elektrolízis, meghatározott állapotban tartásához. Mértékegysége: mV

Lásd még: Redoxi potenciál

### **Elektrolit**

Olyan anyagok gyűjtőneve, amelyek vizes oldata (más tudományágakban az olvadéka is) vezeti az elektromos áramot.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció

### **Elektrolitos disszociáció**

Elektrolitos disszociációnak (bomlásnak) azt a jelenséget nevezzük, amelynek lejátszódásakor a vízben vagy más oldószerben oldott savak, bázisok és sók (egy szóval: elektrolitok) molekulái

teljesen vagy részben elektromos töltésű részecskékre hasadnak (disszociálnak). Egyenáram hatására a negatív töltésű részecskék (anionok) a pozitív töltésű elektródhoz – az anódnak nevezett pozitív pólushoz – és a pozitív töltésű részecskék (kationok) a negatív töltésű elektródhoz – a katódnak nevezett negatív pólushoz – vándorolnak, ezért ezeket a részecskéket ionoknak (görögül „vándorló”-knak) nevezik.

Az elektrolitos disszociáció elmélete szerint például a konyhasó-oldatban nem NaCl-molekulák, hanem pozitív elektromos töltésű kationok, azaz nátrium-ionok ( $\text{Na}^+$ ) és negatív elektromos töltésű anionok, azaz klorid-ionok ( $\text{Cl}^-$ ) vannak. (Neumüller et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Anion, Anód, Kation, Katód

### **Elektrolízis**

Az elektrolízis a vegyületek felbontása a rajtuk átvezetett elektromos áram segítségével.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció

### **Elektronhég**

Lásd: Vegyértékelektron

### **Elektrosztatikus kötés**

Lásd: Ionos kötés

### **Elfogadási görbe**

Az elfogadási görbe, a tétel  $A(p)$  elfogadási valószínűségét a  $p$  alulmaradási hányad függvényében mutatja meg. Függvény alakja:  $p \times A(p) = \text{konstans}$

### **Elfogadási valószínűség**

Az elfogadási valószínűség a  $p$  alulmaradási hányadú (általában  $p = 0,05$ , azaz 5%) betontérfogat (tétel) elfogadásának valószínűsége. Jele:  $A(p)$

### **Elgőzölhető víz**

Az elgőzölhető vizet pórusvíznek is nevezik.

Az elgőzölhető víz az a víz, amelynek gőznyomása  $23\text{ °C}$  hőmérsékleten nagyobb, mint  $6 \times 10^{-4}$  Torr ( $= 79,99\text{ N/m}^2 = 7,89 \times 10^{-7}$  atm).

Ez lényegében hagyományosan  $105\text{--}110\text{ °C}$  hőmérsékleten tömegállandóságig szárítás vagy fagyasztásos szárítás (általában először megfagyasztják a víztelenítendő anyagot, majd vákuumot idéznek elő, és így vonják ki a vízmolekulákat a jégkristályból) során a testből távozó víz. Napjaink felfogása szerint a cementkövet és a betont  $60 \pm 5\text{ °C}$  hőmérsékleten kell kiszárítani.

A cementkőből elgőzölhető víz (pórusvíz) szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből (adszorpciós víz, fizikailag kötött víz) áll.

Gyakorlatban a betonok  $0,35 - 0,75$  közötti víz-cement tényezővel készülnek, de  $1,0\text{ g}$  cement teljes hidratációja során cementfajtától függően csak  $(0,21 - 0,24)\text{ g}$  vizet köt meg. A cementkőből elgőzölhető, lényegében kémiaiilag meg nem kötött „felesleges” víz a pórusvíz, amely a cementkő pórusaiban (pórus-rendszerében) helyezkedik el folyékony állapotban.

Az elgőzölhető víz (pórusvíz) a hidratálatlan cement-klinker szemek hidratációjához szükséges víz forrása. A pórusvíz összetétele időről időre változik, és egyensúlyban van a hidráttermékek, a hidratálatlan cement-klinker szemek, a kiegészítőanyagok és az adalékanyagok vízoldható részeivel.

### **El nem gőzölhető víz**

Az el nem gőzölhető vizet a pórusmentes szilárd anyag alkotó elemének tekintjük.

Nevezik kémiaileg (szerkezetileg) kötött víznek is, bár a cementkőből el nem gőzölhető víz mennyisége valamivel kevesebb, mint a kémiaileg kötött víz mennyisége, amely a cement mennyiségének legalább mintegy 15-18 tömeg%-a.

Az el nem gőzölhető víz a hidratáció során épül be a cementkőbe, és a hagyományos 105-110 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítás során az elgőzölhető víz távozása után a cementkőben marad. Általában az 1000 °C hőmérsékleten meghatározott izzítási tömegveszteséggel fejezik ki, a szén-dioxid-tartalom figyelembevételével.

### **Elméleti kúszási tényező**

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.4. szakasza szerint a kúszási tényezőnek a kúszás nem-lineáris jellegét figyelembe vevő végértéke, ha a tartós nyomófeszültség a megterhelés  $t_0$  időpontjában a  $0,45 \times f_{cm,cyl}$  értéket meghaladja. Jele:  $\varphi_{nl}(\infty, t_0)$ ,  $\varphi_k(\infty, t_0)$ . Megjegyzés: Elméleti kúszási tényezőnek nevezik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány B1. szakaszának (1) bekezdésében a  $\varphi_0$  kúszási tényezőt is.

### **Elméleti vastagság**

Lásd: Hatásos vastagság

### **Előíró**

A friss és megszilárdult beton műszaki feltételeit meghatározó személy vagy szervezet.

### **Előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton**

Az előregyártott<sup>23</sup> beton, vasbeton, feszített vasbetonelemek és -termékek nem monolit szerkezeti elemként a létesítmény helyén zsaluzat között készülnek és szilárdulnak, hanem működési helyükre szilárd vagy bizonyos mértékben megszilárdult állapotban kerülnek.

A telepített betonelemgyári körülmények között előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbetonelemek kereskedelmi forgalomba kerülnek, piaci termékek; szemben az építéshelyen készített előregyártott elemekkel, amelyek az építéshelyről ki nem kerülve kicsi termékeknek nem nevezhetők.

Az előregyártott betonelemek (beton, vasbeton és feszített vasbetonelemeket és ezeken belül termékeket értve alatta) általános szabályaival, nevezetesen a tulajdonságokkal, a követelményekkel, a vizsgálati módokkal és a megfelelés-igazolással az MSZ EN 13369:2013 és MSZ EN 13369:2018 szabvány foglalkozik. Érvénye a normál betonból, könnyű- és nehézbetonból, a mechanikai tulajdonságokat nem befolyásoló<sup>24</sup> acél, polimer vagy

<sup>23</sup> Megjegyezzük, hogy a magyar helyesírás szabályainak tizenegyedik, 1984. évi kiadása szerint az „előre” szót igeekötőként irányt jelölve az igével egybe, míg határozószóként időt jelölve az „előre” szót és a bővítményt külön kellett írni, így címszavunk „előre gyártott elemek” formájában szerepelt annak 186. oldalán. Ezt a szabályt a magyar helyesírás szabályainak tizenkettedik, 2015. évi kiadása is megtartotta, de a hétköznapi szóhasználathoz igazodva címszavunk már „előregyártott elemek” formájában szerepel annak 231. oldalán. Ez a magyarázata annak, hogy a 2015 előtt bevezetett európai szabványok címében és ha lefordították, akkor a szövegében, valamint az ebben az időszakban kiadott magyar nemzeti szabványokban az „előre gyártott beton” kifejezést használták, míg az 2015 után kiadott szabványokban már az „előregyártott beton” kifejezés szerepel (lásd az MSZ EN 13369 szabvány 2013. és 2018. évi változatát).

<sup>24</sup> Szabványadta magyarázat hiányában ez a feltétel nehezen értelmezhető, hiszen az erősítő szálak adagolásának célja éppen a beton mechanikai tulajdonságainak megváltoztatása, nevezetesen az állékonyság javítása, a szívósság, a fáradási szilárdság, az ütőmunkabírás, a repedésáthidaló-képesség növelése, a repedésérzékenység csökkentése. A szabványalkotó megjegyzésével valószínűleg a beton, illetve a felhasználásával készült szerkezeti elem mechanikai tulajdonságait – anyagminőségéből, méretéből, alakjából, szilárdságából, rugalmassági

egyéb szálakat tartalmazó szálerősítésű betonból készített előregyártott betonelemekre egyaránt kiterjed, de a nagyhézagterefogatú könnyűbetonból előregyártott betontermékek nem tartoznak az érvénye alá.

A bevezetés szerint a szabvány az előregyártott betonelemek nagy részére vonatkozik, illetve vonatkoztatási alapja lehet további, előregyártott betonelemekkel foglalkozó szabványoknak, ezzel csökkentve, de nem tiltva az eltéréseket. Az MSZ EN 13369:2013 szabvány nem harmonizált szabvány, ezért e szabvány alapján nem szabad az előregyártott betontermékeket CE-jellel ellátni.

Az MSZ EN 13369:2013 szabványt az adatlap szerint 2021. április 30-án fogják visszavonni. Mint helyettesítő szabvány 2018. szeptember 1-jén érvénybe lépett az MSZ EN 13369:2018 szabvány, amelynek az adatlapján az MSZ EN 13369:2013 szabványt helyettesített szabványként jelölik meg. Jelenleg tehát két MSZ EN 13369 szabvány van érvényben.

Az MSZ EN 13369:2013 szabvány alapján elvárható, hogy az előregyártott vasbetonelemek legalább C20/25, az előregyártott feszített vasbetonelemek legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból készüljenek. Hazai gyakorlatban az előfeszített vasbeton szerkezeti elemeket sok esetben C30/37 nyomószilárdsági osztályúnál nagyobb fokozatú betonból tervezik meg.

Fontos kiemelni, hogy az MSZ EN 13369:2013 szabványban az előregyártott betonelemek betonpróbatestjeinek közvetlen vagy közvetett módon meghatározott nyomószilárdságát az előregyártott betonelemek közvetlenül vagy közvetetten meghatározott nyomószilárdságaként jelölik meg.

A szabvány 4.2.2. szakasza értelmében

- *közvetlen* nyomószilárdság vagy az előregyártott termék végtermékéből az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány szerint kifűrt és vizsgált magminta próbahengereken meghatározott nyomószilárdság, vagy az előregyártott termék végtermékéből kivágott próbakockákon mért, a 150 mm élhosszúságú próbakocka vagy a Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámított nyomószilárdság. A végterméken sz MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerint végzett *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat eredménye is közvetlen nyomószilárdságnak minősül, ha a vizsgálat megfelel az MSZ EN 12390-3 szabvány szerinti feltételeinek.
- *közvetett* nyomószilárdság a laboratóriumi sablonban az előregyártott betonelem betonjával azonos betonból készített, az előregyártott betonelemmel azonos módon utókezelt és tárolt próbatestek nyomószilárdsága, feltéve, hogy a közvetett és a közvetlen nyomószilárdság közötti összefüggést típusvizsgálattal (előkísérlettel) igazolták. Az összefüggés léte a testsűrűségek összevetésével vizsgálható. A közvetett nyomószilárdságot próbatesteken azon folyamatos előregyártási folyamatok esetén szabad meghatározni, amelyek alatt a betonösszetétel és az utókezelés változatlan marad.
- az utókezelés és a tárolás tekintetében a szóban forgó előregyártott termék környezeti körülményeivel azonos módon utókezelt<sup>25</sup> próbatestek nyomószilárdság vizsgálati

modulusából, keveréstűréséből kifolyólag – kedvezőtlenül befolyásoló szálak alkalmazását kívánta megtiltani. Ugyanakkor a szabványban nem szólnak arról, hogy szálak hatékony működése a szilárd betonban a beton összetételétől, keverésmódjától, keverési idejétől, bedolgozási módjától, tömörítési idejétől is jelentős mértékben függ. E tárgyban *Czoboly Olivér* (2016) végzett kísérleteket. A mechanikai tulajdonságokról ennek a könyvnek ebben a fejezetében alább lehet olvasni.

<sup>25</sup> A 12. oldalon lévő szöveg így szól: Die mittlere Druckfestigkeit  $f_{c,cure}$  ist an Betonproben zu bestimmen, die auf die gleiche Weise wie das Produkt gegen Austrocknen geschützt sind.

MAGYARÁN: Az  $f_{c,cure}$  átlagos nyomószilárdságot a kiszáradástól az előregyártott termékkel azonos módon megvédett betonpróbatesteken kell meghatározni.

eredményeit értik.

- Megjegyezzük, hogyha következetesen akarunk lenni, akkor a nyomószilárdsági osztály MSZ 4798:2016 szabvány szerinti fogalom-meghatározásából kifolyólag az előregyártott elemek és termékek betonjának nyomószilárdsági osztálya az MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti *közvetlen* vagy *közvetett* módon nyert nyomószilárdság vizsgálati eredményekből – az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti „szabványostól” eltérő utókezelés miatt – nem határozható meg.

Az 1956. évi Közúti Hídszabályzat (KPM Sz. HI/I-56 R) K) fejezete szerint az előregyártott beton elemekhez legalább B 140, a helyszínen előregyártott vasbetonelemekhez általában B 280, a gyárilag előállított vasbetonelemekhez (termékekhez) általában B 400 minőségű betont kellett előírni. Az alépítmény és a korlát helyszínen előregyártott vasbetonelemeinél B 200, a gyárilag előregyártott elemeinél B 280 minőségű beton is előírható volt. Helyszínen előregyártott elemeknél B 400 vagy annál jobb, gyárilag előregyártott elemeknél B 560 vagy annál jobb minőségű beton csak a KPM engedélyével volt előírható.

Annak idején az előregyártott elemekkel együttműködésnek számított, helyszínen készített szerkezetek betonjának megkívánt 28 napos kockaszilárdsága nem lehetett kisebb, mint a csatlakozó előregyártott elem kockaszilárdságának 0,7-szerese. A kapcsolatokban alkalmazott, helyszínen készített beton előírt kockaszilárdsága pedig nem lehetett nagyobb, mint az előregyártott elem kockaszilárdságának 1,5-szerese.

Lásd még: Betontermék, Feszített vasbeton, Nyomószilárdsági osztály, Próbatestek „szabványos” tárolása

### **Eltarthatóság**

Lásd: Friss beton eltarthatósága, Műgyanták eltarthatósága

### **Emelkedő, emelkedés, lejtő, lejtés, meredekség**

A betonutak és más betonfelületek emelkedését, illetve lejtését az emelkedő, illetve lejtő magassága és alaphossza hányadosának százszorosával, százalékban fejezik ki. Az emelkedő, illetve lejtő magasságának és alaphosszának hányadosa az emelkedő, illetve lejtő hajlásszögének tangense. Ha például egy betonút 100 méter alaphosszon 10 métert emelkedik, illetve lejt, akkor az út emelkedése, illetve lejtése 10%, és az út hajlásszöge  $\arctg(10/100) = 5,71^\circ$ .

A betonutak és más szabadban lévő betonfelületek fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági környezeti osztályba sorolásakor az 5%-os emelkedést, illetve lejtést tekintik határértéknek. Az 5%-os emelkedésű, illetve lejtésű út hajlásszöge  $\arctg(5/100) \sim 2,86^\circ$ .

Lásd még: Iránytangens

### **Equivalens tömeg**

A sók vízben ionokra disszociálnak. Az „equivalens” tömeg azt a grammban kifejezett monovalens  $H^+$  tömeget jelenti, amellyel az adott iont helyettesíteni lehet. Az equivalens tömeg (Eq) iontöltésre vonatkoztatott fajlagos értékének jele: val (valencia). A monovalens (egy kötőhelyes, illetve egy vegyértékű vagy egyértékű, azaz egy iontöltésszámú) ionok, (például  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ) esetén 1 equivalens azonos az ion grammban kifejezett tömegével, így például  $Na^+$  esetén  $val_{Na} = 23,0/1,0 = 23,0$ ; míg a divalens (két kötőhelyes, illetve két vegyértékű vagy kétértékű, azaz két iontöltésszámú) ionok (például  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) esetén 1 equivalens egyenlő az ion grammban kifejezett tömegének a felével, így például  $Ca^{2+}$  esetén  $val_{Ca} = 40,1/2,0 = 20,05$ . Jele: val = Eq/iontöltés = iontömeg/iontöltés, ezredrésze a mval = mEq/iontöltés (milliequivalens/iontöltés).

Ionizált anyagok koncentrációját vagy mmol/literben adják meg, vagy az ionizációt figyelembe véve mval/liter értékben. Az angol szakirodalom a milliequivalens/liter elnevezést használja,

rövidítése mEq/liter; az SI-ben nem használatos sem a mval, sem a mEq mértékegység. Egyértékű ionok esetében a mmol/literben megadott koncentrációk számszerűen megegyeznek a mval/literben megadott koncentrációkkal (mmol/liter = mval/liter). Kétértékű ionok esetében a mmol/liter értéket a töltések számával (a példákban kettővel) kell megszorozni a mval/liter érték megadásához (mmol/liter = 2 mval/liter).

### Ernyedés, relaxáció

Időben csökkenő tartós feszültségváltozás

#### Ernyedési (relaxációs) idő

Az időt, amely alatt az ernyedés végértékének ( $\sigma_{e,max}$ ) bizonyos hányada ( $\sigma_{rel}$ ) bekövetkezik, ernyedési (relaxációs) időnek hívják. Jele:  $t_{rel}$

#### Esővíz

„Az esővíz a légkörben bizonyos vegyi tulajdonságokat vesz fel. Ezek egy része természetes elváltozás, a másik része a légszennyezés következménye. A leghalmozottabb elváltozás az esővíz savas jellege.

A levegő természetes szén-dioxid-tartalma miatt, az esővíz még légszennyezés nélkül is savas kémhatású, pH-értéke 5 és 6 között van. A természetes szén-dioxid ( $CO_2$ ), illetve szénsav ( $H_2CO_3$ ) mellett a levegő gyakran tartalmaz más, savas kémhatású, a szennyezésből eredő gázokat. A kőolaj és kőszén magas hőmérsékletű elégetésénél különböző nitrogénoxid molekulák kerülnek a levegőbe. Ezeket gyújtóneveikön  $NO_x$  elnevezéssel illetik. Ezekhez adódik még a kéntartalmú energiahordozók elégetésekor felszabaduló kén-dioxid ( $SO_2$ ), ami az esővízben kénessav ( $H_2SO_3$ ) formájában oldódik. A nitrogénoxid a vízzel salétromos savat ( $HNO_2$ ) képez. A kénes- és salétromos sav a levegő oxigénjével egyesül és kénsavat ( $H_2SO_4$ ), illetve salétromsavat ( $HNO_3$ ) alkot. Erősen szennyezett levegőben az eső pH-értéke ezek miatt 4 alá is süllyedhet.” (*Ország József* munkáin alapuló tanulmány, 2011)

A betontechnológus számára az *Ország József* munkáin alapuló tanulmány további része is igen figyelemre méltó, annak előrebocsátásával, hogy amíg az esővíz és a beton kölcsönhatása az esővíz tárolása szempontjából előny, a beton oldódásos koróziója szempontjából – például esőnek kitett betonfelületek, szennyvíz elvezető csatornák, szennyvíz tisztítómedencék esetén – hátrány: „A savas kémhatású esővíz a mészkőből épült műemlékeket erősen rongálja, de a fenyves erdők is megsínylik a behatását. Ezzel szemben a savas jelleg az esővíz felhasználás szempontjából nagy előnynek számít. Ha a begyűjtött esővíz nem lenne savas, felhasználás előtt vegyileg kezelni kellene.

A nap által desztillált esővíz, bár savas, ásványi sókat csak nyomokban tartalmaz. Ilyen formában háztartási használatra alkalmatlan. A betonanyagú földalatti esővíz tárolók betonfalából kioldott ásványi sók szükségesek a felhasznált víz jó biológiai tulajdonságához. A betontárolóban történő semlegesítés tulajdonképpen a kezelés első lépése. A betonanyagú esőtároló tulajdonképpen nem más, mint egy földalatti sziklás természetes víztároló üreg utánzata.

Az esővízben lévő szén-, salétrom- és kénsav a betonanyagú víztárolóban a betonból bázikus elemeket old ki. Ez a semlegesítési reakció kalcium, magnézium, nátrium- és káliumionok mellett hidrogén-karbonát, karbonát, szulfát és nitrátionokat juttat a vízbe. Az így feloldott ásványi sók több, mint 90 százaléka kalcium-hidrogén-karbonát ( $Ca(HCO_3)_2$ ). A légszennyezésből származó nitrogén oxidok nitrát- ( $NO_3^-$ ), a kén-dioxid pedig, szulfátionok ( $SO_4^{2-}$ ) formájában oldódnak be a vízbe. A nitrátionok kivételével a betonanyagú esővíztároló falaiból kioldott anyagok az egészségre ártalmatlanok, sőt jelenlétük hasznos. Az évek alatt végzett több száz elemzés folyamán a tárolt esővízben soha nem mértünk több mint 9 mg nitrátot literenként. Az érvényben lévő szabványok szerint az ivóvíz literenként 50 mg nitrátot



(vagy 11,3 mg nitrát-nitrogént) tartalmazhat. Az esővíztárolókban mért értékek 3 és 5 mg/liter körül forognak.

Az esővíz ásványi sótartalma a betonanyagú tárolóban történő semlegesítés következtében közepesen, 80 mg/liter értékre emelkedik. Ebből a mészkő kb. 30 mg/litert tesz ki. A tárolt víz tehát lágú marad. A helyesen épített esővíz-tárolókban az esővíz vegyileg semleges (pH-értéke 6,5 és 8,5 között van) és (50 – 80) mg oldott ásványi anyagot tartalmaz literenként. A 10 mg/liter alatti ásványi anyag tartalmú ivóvíz ásványi anyagban túl szegény, és hosszú távon károsíthatja az egészséget, a 200 mg/liter feletti már ásványi anyagban túl gazdag, bár egy egészséges szervezet még 800 mg/liter ásványi só tartalmat is elbír.”

Az esővíz keménysége általában (2 – 3) nk°, tehát az esővíz nagyon lágú víz.

Lásd még: Savas eső

### Ettringit

Kalcium-aluminát-triszulfát ( $6\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{SO}_3 \times 32\text{H}_2\text{O} = \text{C}_3\text{A} \times 3\text{CaSO}_4 \times 32\text{H}_2\text{O}$ ). Hidratációs termék, amely a trikálcium-aluminát (felit) és a kalcium-szulfát reakciójaképpen alakul ki.

A hidratáció során keletkező ettringitet *elsődleges ettringitnek*, a külső szulfát-hatásra a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből (egyik trikálcium-aluminát-hidrát fázis) keletkező ettringitet *másodlagos ettringitnek* nevezzük. Az elsődleges ettringit a betonban nem káros. A másodlagos ettringit kristályosodása során a térfogatát mintegy 2,5-szeresére növeli, és a betont szétrepeszti. Ez a szulfátkorrózió vagy szulfátduzzadás jelensége. Az ettringit ritkán a természetben is előfordul, a természetben *Lehmann* fedezte fel a német Laacher tó vidéki bazaltlávának, az Ettringen város mellett fekvő Bellerberg hegy – németül: Ettringer Bellerberg – üregeiben víztiszta, hatszögös rendszerbeli tűs kristályokban<sup>26</sup>

### Európai értékelési dokumentum

Az „európai értékelési dokumentum” (EAD) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének megfogalmazásában a műszaki értékelést végző szervek (TAB) európai szervezete által – valamely gyártó kérelmére – az európai műszaki értékelés kiadása céljából elfogadott dokumentum. A 305/2011/EU számú rendelet 19. cikk (1) bekezdése szerint a műszaki értékelést végző szervek szervezete európai értékelési dokumentumot olyan építési termék esetén dolgoz ki és fogad el, amely nem vagy nem teljes mértékben képezi harmonizált szabvány tárgyát, és amelynek minőségét (teljesítményét) alapvető jellemzőinek tekintetében nem lehet teljes mértékben valamely meglévő harmonizált szabvány alapján értékelni. Az olyan építési termék minőségéről (teljesítményéről), amelyet harmonizált szabvány nem vagy nem teljeskörűen szabályoz, a gyártó az európai műszaki értékelés alapján nyilatkozik.

Az európai értékelési dokumentum, illetve európai műszaki értékelés – a harmonizált szabvány mellett – a harmonizált műszaki előírások alfaja.

### Európai műszaki engedély

Az ETA (European Technical Approval, újabban European Technical Assessment; Europäische Technische Zulassung) európai műszaki engedély (újabban európai műszaki értékelés) az építési termék alkalmazhatóságát igazoló okirat, amelyet vizsgálatok, kísérletek

<sup>26</sup> Az ettringit ásvány felfedezéséről *Johannes Lehmann* (1851-1925) német mineralógus 1874-ben számolt be „Über den Ettringit, ein neues Mineral in Kalkeinschlüssen der Lava von Ettringen (Laacher Gebiet)” című tanulmányában (megjelent: Neues Jahrbuch für Mineralogie. Geol. Paläont. 6, pp. 273-275.). Az ettringitet *Candlot* és *Michaelis* azonosította 1890-ben trikálcium-aluminát-triszulfát-hidrát ásványként (*Eick* 1964, *Bollmann* 2000). Ismert előfordulási helyeinek száma világszerte mintegy 60, előfordul például Belgiumban, Németországban, Franciaországban, Ausztriában, Dél-Afrikában, az USA-ban.

eredményei és a kijelölt tanúsító szervezet értékelése alapján adtak ki olyan termékekre, amelyeknek nem volt harmonizált szabványa, vagy tulajdonságaik a harmonizált szabványtól eltértek. A termék használhatóságának az értékelését vagy az európai műszaki engedély útmutatója (ETAG) szerint – amelyet a műszaki engedélyeknek a termék vonatkozásában illetékes európai szervezete (EOTA, European Organization for Technical Approvals) adott ki –, vagy más EOTA-k értékelési feltételei szerint végezték. Az európai műszaki engedély feljogosítja a gyártót, hogy a terméket CE-jellel lássa el.

Az európai műszaki engedély (ETA) szerepét az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének értelmében 2013. július 1. óta az európai műszaki értékelés tölti be. A 2013. június 30-ig kibocsátott ETA-k (úgynevezett európai engedélyek) érvénye 2018-ban megszűnik. 2013. július 1-jétől az ETA-k az elfogadott európai értékelési dokumentumokon (EAD-ken) vagy az EAD-ként használt ETAG-okon alapulnak. Az EAD-ként használt ETAG-ok alapján kiadott ETA-k továbbra is érvényesek az ETAG-ok EAD-okra váltása után.

Lásd még: Európai műszaki értékelés, Európai értékelési dokumentum

### **Európai műszaki értékelés**

Az építési termék tulajdonságainak (teljesítményének) az alapvető jellemzői vonatkozásában a megfelelő európai értékelési dokumentummal összhangban végzett dokumentált értékelése (305/2011/EU rendelet)

Lásd még: Európai értékelési dokumentum, Európai műszaki engedély

### **Európai műszaki jelentés**

Az európai műszaki jelentés tájékoztató kiadvány például egy felmérés eredményéről vagy valamely szakterület technikai állapotának adatairól.

Jele: CEN/TR (Technical Report)

### **Európai műszaki specifikáció**

Az európai műszaki specifikáció olyan szabályozási ügyirat (dokumentum), amely az adott időpontban még nem rendelkezik az európai szabvánnyá váláshoz elegendő feltétellel, de belátható időn belül szabvánnyá válhat.

Jele: CEN/TS (Technical Specification)

Lásd még: Specifikáció

### **Extrémérték-eloszlás, extrémális-eloszlás**

Az extrémérték-eloszlás vagy más szóval extrémális-eloszlás egy eloszláscsaládot leíró gyűjtőfogalom, amely azért figyelemre méltó, mert a műszaki tudományokban is elterjedten alkalmazott *Gauss*-eloszlással és *Student*-eloszlással szemben az extrémérték-eloszlás általában nem – vagy csak kivételes esetekben, és akkor is csak közelítőleg – szimmetrikus, és ezért a tényleges valószínűségi előfordulások modellezésére széleskörben alkalmazható.<sup>27</sup>

A matematikai statisztikában extrémérték-eloszlás alatt a független és azonos eloszlású  $x_i$  valószínűségi változójú  $n$  elemű minták ( $\mathbb{R}$  halmazok) nagyság szerint sorba rendezett

<sup>27</sup> Például:

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely ritkán fellépő értékek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg;
- az acél fáradási élettartamát az extrémérték-eloszláscsaládba tartozó *Weibull*-eloszlással szokás jellemezni (*Braml* 2010);
- *Mistéth Endre* méretezéselmélete az extrémérték-eloszláson alapul (Lásd: *Weibull*-eloszlás).

mintaelemei szélsőértékeinek, azaz a minták legnagyobb ( $M_n$ ) vagy legkisebb ( $m_n$ ) értékeinek (vizsgálati adatainak), az ún. extrémértékeknek a valószínűségi eloszlását értik (Rinne 1995, Murthy et al. 2004, Rinne 2008, Kabluchko 2015).

Az extrémérték-eloszlás nem csak a szélsőértékek, hanem a jellemző értékek (karakterisztikus értékek) valószínűségi eloszlásának leírására is alkalmas (Rinne 1995).

Más értelemben például a normális eloszlás eloszlás esetén kiugró értékeknek azokat tekintik, amelyek a szórás háromszorosánál jobban eltérnek az átlagtól.

Lásd még: Az extrémérték-eloszlás fogalmát részletesen az *FI. függelékben* tárgyaljuk.

### **Építési helyszín**

A beton, vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet építésének helyszíne.

### **Építési termék**

Építési termék minden olyan piaci forgalomba hozott gyártmány, amelyet valamely építménybe vagy annak részébe tartósan beépítenek oly módon, hogy tulajdonságai az építmény tulajdonságaira az építmény alapvető követelményei szempontjából kihatnak (Springborn 2016).

Ugyanakkor a Magyar Értelmező Kéziszótár (Juhász et al. 1972) szerint az áru az adás-vétel útján forgalomba kerülő termék, illetve mindaz, ami adás-vétel tárgya. Eszerint nem minden termék kerül piaci forgalomba, azaz a termék tágabb fogalom, mint az áru. Ezért célszerű a piaci forgalomban értékesülő terméket (árut) piaci terméknek nevezni.

Lásd még: Betontermék

### **Építési termék rendelet**

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú építési termék rendelete (amely a Tanács 89/106/EGK irányelvét hatályon kívül helyezte) az építési termékek forgalmazását, illetve ennek érdekében a forgalmazás harmonizált feltételeit szabályozza, és nem vonatkozik az építési termékek alkalmazására, amelynek szabályozása a CEN tagállamok illetékeségébe tartozik.

### **Építési termékek „alapvető” jellemzői, „lényeges” jellemzői**

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerint az építési termékek alapvető jellemzői azok a termékjellemzők, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függnek össze. Az építési termékek alapvető jellemzőit a harmonizált műszaki előírások határozzák meg. Az építési termékek „alapvető” jellemzői meg kell feleljenek az „alapvető” követelményeknek.

Az építési termékek „alapvető” jellemzőit 2013. július 1. előtt „lényeges” jellemzőknek nevezték.

Építési termék bármely olyan termék vagy készlet, amelyet azért állítottak elő és hoztak forgalomba, hogy építményekbe vagy építmények részeibe állandó jelleggel beépítsék, és amelynek teljesítménye befolyásolja az építménynek az építményekkel kapcsolatos alapvető követelmények tekintetében nyújtott teljesítményét (305/2011/EU rend. I. fejezet 2. cikk 1. pont; 275/2013. (VII. 16.) Korm. rend. 2. § 7. pont).

Lásd még: Alapvető követelmények

### **Építmény**

Az építmény az épület és műtárgy gyűjtőfogalma (Építési törvény).

Az építmény szerkezeteivel részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zárja körül.

Az építmény építési tevékenységgel létrehozott, illetve késztermékként az építési helyszínre szállított, – rendeltetésére, szerkezeti megoldására, anyagára, készütségi fokára és kiterjedésére tekintet nélkül – minden olyan helyhez kötött műszaki alkotás, amely a terepszint, a víz vagy az azok alatti talaj, illetve azok feletti légtér megváltoztatásával, beépítésével jön létre. (2012. évi CLVII. törvény)

### Építménybeton

Az építménybeton az építménybe, szerkezetbe, szerkezeti elembe beépített szilárd beton megnevezése. Az építménybeton fogalmilag az építménybe transzportbetonként, monolit eljárással beépített, megszilárdult beton és a beépített előregyártott elemek betonjának összefoglaló megnevezése.

Az építménybeton szó a német DIN EN 13791:2020 szabványban használt „die Druckfestigkeit von Bauwerksbeton” (az építménybeton nyomószilárdsága) kifejezésben szereplő „Bauwerksbeton” szónak a szó szerinti megfelelője. Az építménybeton fogalma az angol nyelvű MSZ EN 13791:2019 szabványban az ott szereplő „in situ compressive strength” kifejezés folytán csak rejtetten jelenik meg.

Lásd még: Építménybeton nyomószilárdsága

### Építménybeton nyomószilárdsága

Az MSZ EN 13791:2019 szabvány értelmezésében az „építménybeton” nyomószilárdságát kifúrt magmintákból kivágott próbahengerek (magminta-próbahengereken) vizsgálatával és/vagy roncsolásmentes nyomószilárdság-vizsgálattal (Schmidt-kalapácsos vizsgálat, ultrahang terjedési sebességének mérése) lehet meghatározni.

### Építőanyag-gyártási hulladék, építőanyag-gyártási selejt

Építőanyag-gyártás közben keletkező olyan selejt – például friss vagy megszilárdult beton, téglatörmelék – amely feldolgozva beton adalékanyagául újrahasznosítható.

Lásd még: Újrahasznosított adalékanyag

### Épület

Az épület jellemzően emberi tartózkodás céljára szolgáló építmény, amely szerkezeteivel részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zárja körül meghatározott rendeltetés vagy rendeltetésével összefüggő tevékenység, avagy rendszeres munkavégzés, illetve tárolás céljából.

### Érintőmodulus

Az érintőmodulus valamely  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe lineáris szakaszán kívül eső – például  $\sigma/\sigma_t = 0,6$  relatív feszültséget ébresztő – terhelési értéket megelőző és követő teherből számítható feszültségek különbségének és ezekhez a feszültségekhez tartozó alakváltozások különbségének a hányadosa. Az érintőmodulus a rugalmassági modulus egyik fajtája. Jele:  $E_T$

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány az  $E_0$  kezdeti rugalmassági moduluszt nevezi  $E_c$ ,  $E_c(28)$ , illetve  $E_c(t)$  érintőmodulusnak.

$E_c$ ,  $E_c(28)$  a normál testsűrűségű beton érintőmodulusa  $\sigma_c = 0$  feszültségnél 28 napos korban és  $E_c(t)$  a normál testsűrűségű beton érintőmodulusa  $\sigma_c = 0$  feszültségnél  $t$  napos korban

Az  $E_c$  érintőmoduluszt az  $E_c = 1,05 \times E_{cm}$  értékre lehet felvenni, ahol  $E_{cm}$  a beton szelőmodulusa.

Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa, jele:  $E_c$ ,  $E_c(28)$ ,  $E_c(t)$ ,  $E_T$

Lásd még: Szelőmodulus

### Fabeton

A fabeton faapríték adalékanyaggal készülő cementkötésű könnyűbeton, amely kiváló hő- és hangszigetelő-képességgel rendelkezik (Kovács I. – Hajdu, 2015). Az MSZ 4798.2016 betonszabvány a fabetonra nem vonatkozik.

### Fagyvédelmi idő

Téli betonozás során azt az időt, amely a beton  $5 \text{ N/mm}^2$  nyomószilárdságának eléréséig eltelik, „fagyvédelmi időnek” (németül: Schutzzeit, illetve Frostschutzzeit) nevezik, amely alatt törekedni kell arra, hogy a beton felületi hőmérséklete  $+3 \text{ °C}$  alá ne essék. Ugyanis az egyszeri megfagyás a fiatal betonban akkor nem okoz károsodást, ha a beton nyomószilárdsága a megfagyás előtt az  $5 \text{ N/mm}^2$  értéket elérte (lásd az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 14.4.1 szakaszát).

### Fajlagos alakváltozás

A test valamely hatásra (például terhelő erő, hőmérséklet, zsugorodás, kúszás stb.) bekövetkező méretváltozásának és eredeti méretének hányadosa. Például a fajlagos hosszváltozás a test hosszváltozásának és eredeti hosszúságának a hányadosa, a fajlagos térfogatváltozás a test térfogatváltozásának és eredeti térfogatának a hányadosa. Nevezetlen szám, amelyet sokszor százalékban vagy ezrelékben fejeznek ki. Jele:  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon\%$ ,  $\varepsilon\text{‰}$

### Fajlagos alakváltozás végértéke

A  $t_0$  időponttól működő  $\sigma_{c,cyl}$  tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás  $t_\infty$  időben számításba veendő értéke (kúszási határ). Jele:  $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$

### Fajlagos felület

A fajlagos felület a szemhalmaz szemei külső felülete összegének és a szemhalmaz tömegének hányadosa. Mértékegysége:  $\text{m}^2/\text{kg}$ ,  $\text{cm}^2/\text{g}$

A fajlagos felületet ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) megszorozva a kiszáritott állapotú szemhalmaz szemek átlagos testsűrűségével ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) térfogati fajlagos felületet ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) kapjuk. A fajlagos felület az anyag testsűrűségének is függvénye, ezért – a térfogati fajlagos felülettel ellentétben – nem tekinthető kifejezetten szemmegoszlási jellemzőnek, hiszen a fajlagos felület csak az azonos testsűrűségű szemek halmazai felületének közvetlen összevetésére alkalmas. (Kausay 2004).

A fajlagos felület laboratóriumi mérését finom eloszlású anyagokon, főképp porokon szokták végezni. Az építőanyagiparban a cementek őrlésfinomságát (MSZ EN 196-6:2010) lehet a fajlagos felülettel jól kifejezni, követelmény nincs rá. A cementek fajlagos felület mérésének legegyszerűbb és legelterjedtebb módszere a légáteresztő-képesség vizsgálatán alapú Blaine-féle eljárás, amelynek leírása az MSZ EN 196-6:2010 szabványban megtalálható. A Blaine készülékkel mért értékek 1994-ig cementek termékminősítő értékei voltak (MSZ 4702-2:1981, MSZ 4702-4:1982), ma már nem azok (MSZ EN 197-1:2011). A portlandcementek és a kohósalakcementek Blaine-féle fajlagos felülete általában  $2900\text{--}4500 \text{ cm}^2/\text{g}$  közé esik. A cementtechnológiai kutatások során eredményesen használják a BET eljárást (Brunauer et al. 1938). A BET módszerrel a porfelület beborításához szükséges gázmennyiségből következtetnek a fajlagos felületre, amelybe a nyílt pórusú szemcsék belső felülete is beleértendő. A BET értékek a Blaine-féle értékeknél nagyobbak.

### Fajlagos súly fogalomköre

A fajsúly, térfogatsúly, halmazsúly fogalmak összefoglaló elnevezése.

### Fajlagos sűrűség fogalomköre

A tömörség és a porozitás fogalmak összefoglaló elnevezése.

**Fajlagos torzulási szögváltozás**

A fajlagos torzulási szögváltozás a terhelés előtt egymással 90°-os szöget bezáró irányok szögváltozása. A nyírófeszültség ( $\tau$ ) és a fajlagos torzulási szögváltozás ( $\gamma$ ) hányadosa a nyírási (csúszási) modulus ( $G = \tau/\gamma$ ). Jele:  $\gamma$

**Fajsúly**

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogat alatt az anyag légpórus, légbuborék, hézag stb. nélküli tömör térfogatát kell érteni, amelyet teljes egészében 0,2 mm alá aprított átlagmintán piknométerben kell meghatározni.

Mértékegysége: N/m<sup>3</sup>

Megjegyzés: Az 1 kg/m<sup>3</sup> anyagsűrűségű test fajsúlya 9,81 N/m<sup>3</sup>.

Lásd még: Anyagsűrűség

**Faktoriális**

Az  $n$  nem-negatív egész szám faktoriálisának az  $n$  és  $n$ -nél kisebb egymás után következő pozitív egész számok szorzatát nevezzük. Jelölése:  $n!$  Például  $4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24$ . Az  $n!$  jelölést *Kramp*<sup>28</sup> vezette be 1808-ban. Az  $n!$  faktoriális függvény alakja minden  $n \geq 0$  egész számra:

$$n! = \prod_{k=1}^n k$$

**Fazékidő, edényidő, felhasználhatósági idő**

Angolul: pot life, németül: Topfzeit

Tulajdonképpen fazékideje csak a hidegen keményedő kétkomponensű polimereknek (öntőgyantáknak, lakkoknak, ragasztóknak), általában poliésztereknek, epoxigyantáknak van. Jelentése az az idő, ami eltelhet az edző/térhálósító/katalizátor polimerhez való hozzákeverésétől a felhasználásig. Ez az idő többnyire jól érzékelhető, jelentős viszkozitás növekedés vagy gélesedés jelzi a fazékidő leteltét. A fazékidő leteltével (a gélesedés megindulásával) a kétkomponensű polimer gyakorlatilag felhasználhatatlanná válik.

A fazékidő a felhasználásra kész állapotban megvásárolható egykomponensű ragasztók esetén az eltarthatóság idejét jelenti.

Lásd még: Nyitott idő.

**Felit**

A felit a portlandcement-klinker ásványok egyikének neve, trikálcium-aluminát ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , röviden:  $\text{C}_3\text{A}$ ). Mennyisége a portlandcementben: 7-15 tömeg%. Kezdeti szilárdulása gyors, hőfejlesztése nagy, zsugorodásra hajlamos. Ha hiányzik vagy kicsi a mennyisége a cementben, akkor a cement szulfátálló. Ellenkező esetben a cement kevésbé szulfátálló, mint a portlandcementek általában.

**Felületi nedvesség**

<sup>28</sup> *Christian Kramp* (1760, Strassburg – 1826, Strassburg) elzászi francia orvos, matematikus és fizikus. 1809-ben a Strassburgi Egyetem matematika professzora, 1817-ben a Párizsi Tudományos Akadémia tagja lett. Egyebek mellett elsősorban a matematika orvosi alkalmazásait kutatta.

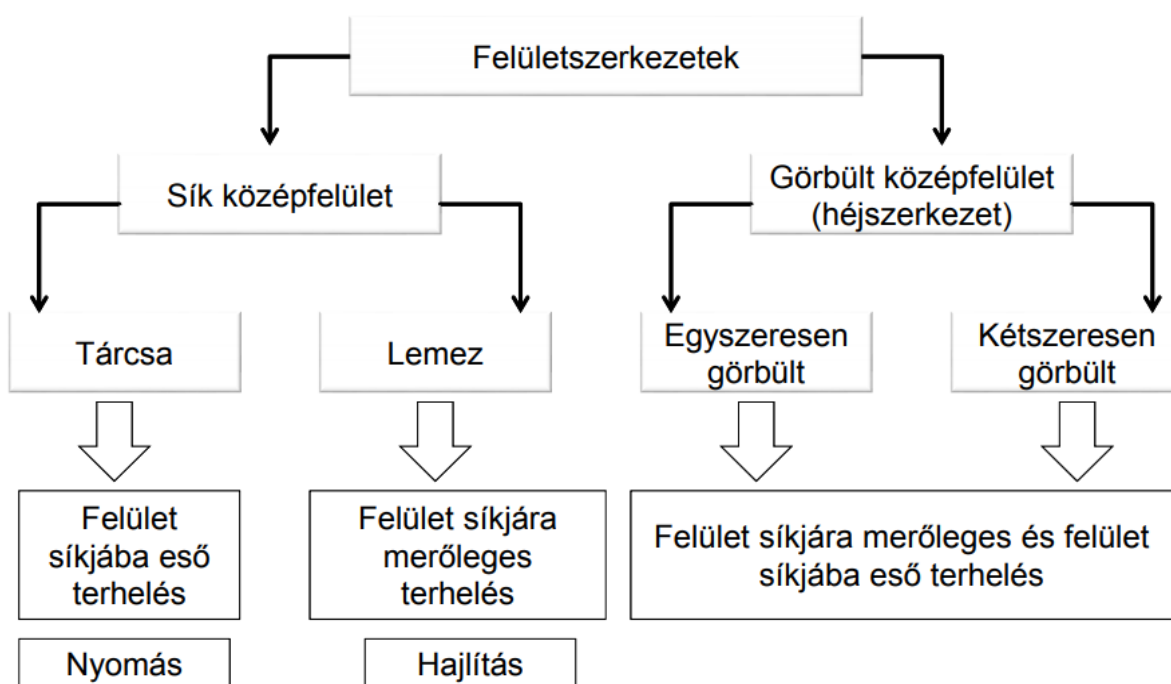
Lásd: Adalékanyag felületi nedvessége

### Felületszerkezet

Azokat a felületszerkezeteket, amelyeknek a párhuzamos határoló felületei síkok, lemezek vagy tárcsának, azokat, amelyeknek a párhuzamos határoló felületei görbült felületek, héjszerkezetnek, rövidebben héjnak nevezzük (1.7. ábra). A mérnöki felületszerkezetek egy része lemez, tárcsa vagy héj, vagy ezekből összetett felületszerkezet. Ezeknek a szerkezeteknek a többségénél ki lehet jelölni egy kiterjedést – a vastagságot – amely „mellékszereplő” a középfelületet meghatározó másik kettő mellett, ezáltal a feszültség- és alakváltozás-állapot meghatározásának háromdimenziós feladatát kétdimenziós feladat megoldására lehet egyszerűsíteni. A lemezek és tárcsák sík középfelületű felületszerkezetek, a héjak görbült középfelületűek.

([http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSMC01/2-mernoki\\_hejelmelet.pdf](http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSMC01/2-mernoki_hejelmelet.pdf))

Lásd még: Lemezalakú szerkezeti elem



1.7. ábra: Felületszerkezetek csoportosítása.

([http://www.sze.hu/~szepj/Tartoszerkezetek\\_II/2013/el%F6adas/02\\_EA.pdf](http://www.sze.hu/~szepj/Tartoszerkezetek_II/2013/el%F6adas/02_EA.pdf))

### Ferde eloszlás (valószínűségi eloszlás), ferdeség

A ferdeség (skewness) mértékét a ferdeségi együtthatóval fejezzük ki, amelynek tapasztalati értéke az  $x$  valószínűségi változó harmadik ( $k = 3$ ) centrális nyomatékának ( $\mu_3$ ) és a tapasztalati szórás ( $s_n$ ) köbének a hányadosa (Vincze I. 1968). A ferdeségi együttható képlete a következő ((Hartung et al. 2009, Vincze E. 1972, Vincze I. 1968):

$$\gamma_{skewness} = \frac{\mu_3}{s_n^3} = \frac{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3\right)}{\sqrt[3]{\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^3}}$$

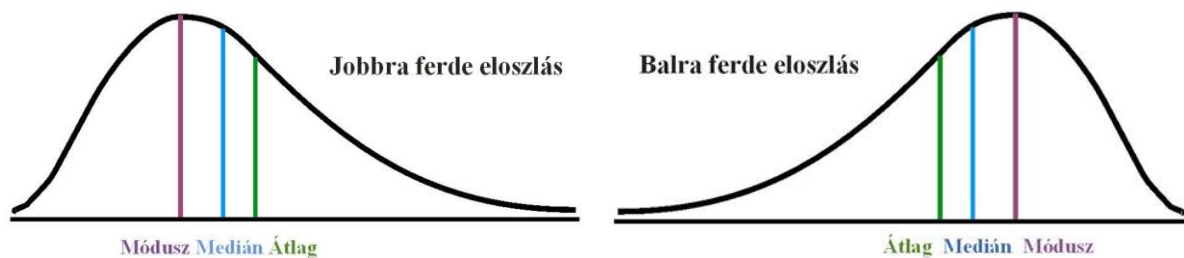
ahol  $n$  a minta elemszáma,  $x_i$  az  $i$ -edik valószínűségi változó,  $\bar{x}$  a valószínűségi változók átlagértéke.

Ferde (nem szimmetrikus) az eloszlás, ha a ferdeségi együtthatója zérustól különböző szám:  $\gamma_{skewness} \neq 0$ .

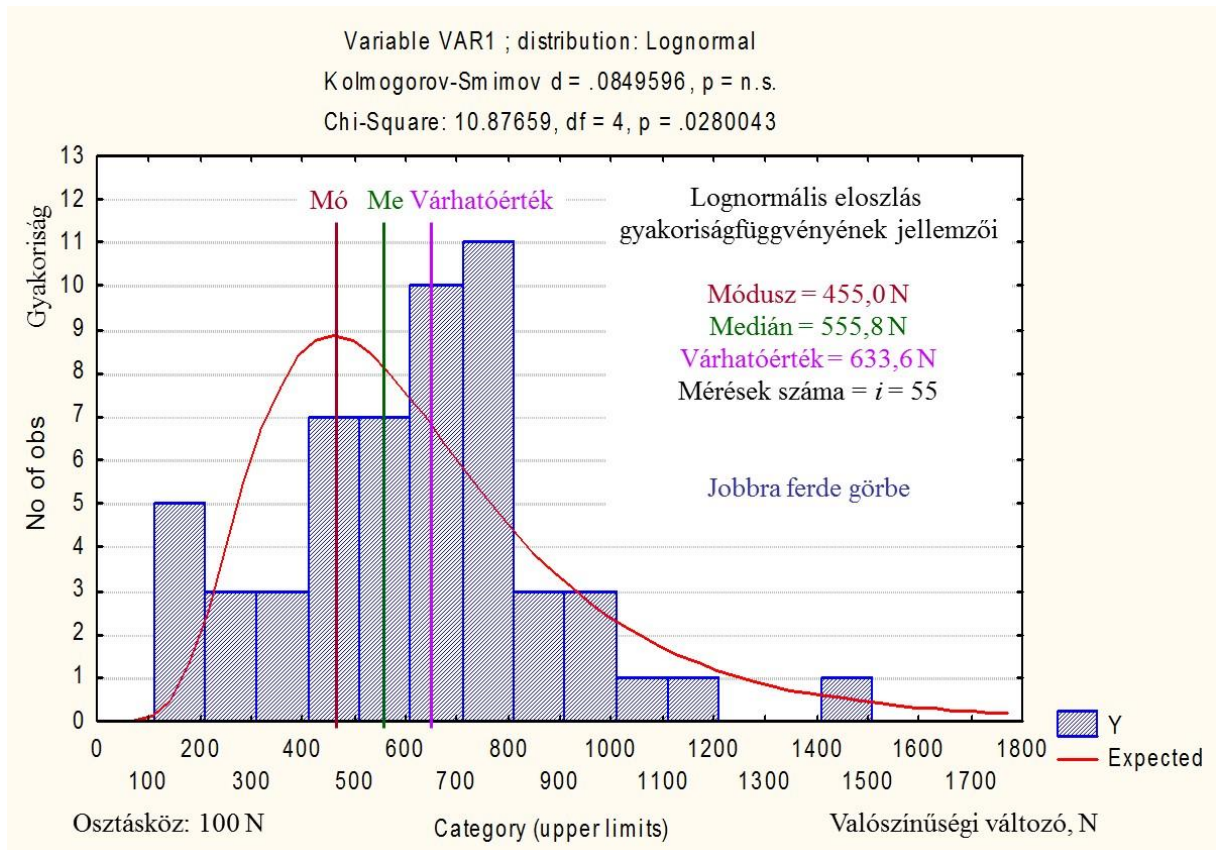
Ha a ferde eloszlás gyakorisági görbéje, illetve relatív gyakoriságfüggvénye, más néven sűrűségfüggvénye hosszan *jobbra elnyúlik*, akkor azt mondjuk, hogy jobbra dől, jobbra ferde (pozitív) az eloszlás, ekkor *ferdeségi együtthatója pozitív szám*:  $\gamma_{\text{skewness}} > 0$  (általában ilyen a kisebb szilárdságú betonok szilárdsági eloszlása). Minél nagyobb pozitív szám a ferdeségi együttható, a gyakorisági függvény annál inkább elnyúlik jobbra.

Ha a ferde eloszlás gyakorisági görbéje hosszan *balra elnyúlik*, akkor azt mondjuk, hogy balra dől, balra ferde (negatív) eloszlás, ekkor *ferdeségi együtthatója negatív szám*:  $\gamma_{\text{skewness}} < 0$  (általában ilyen a nagyobb szilárdságú betonok szilárdsági eloszlása). Minél kisebb negatív szám a ferdeségi együttható, a gyakorisági függvény annál inkább elnyúlik balra.

Ferde eloszlás esetén a medián (középső valószínűségi változó) a gyakorisági görbe csúcsától – a módusztól – a ferdeség irányába esik. A medián mindig a módusz és a számtani átlag (várható érték) között helyezkedik el. Jobbra ferde eloszlás esetén a számtani átlag (várható érték) nagyobb, mint a medián, a *Pearson-féle aszimmetria-mutató*  $A = (\text{Átlag} - \text{Módusz})/\text{Szórás} > 0$ . Balra ferde eloszlás esetén a számtani átlag (várható érték) kisebb, mint a medián, a *Pearson-féle aszimmetria-mutató*  $A = (\text{Átlag} - \text{Módusz})/\text{Szórás} < 0$  (1.8. – 1.9. ábra).



1.8. ábra: Valószínűségi eloszlásfüggvény ferdesége



1.9. ábra: Példa a jobbra ferde logaritmus normális eloszlás gyakoriságfüggvényének jellemzőire

Az 1980. július 15-én érvénybe lépett és 2004. szeptember 1-jén visszavont MSZ 4720/2:1980 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati eredmények  $R_m$  átlagértékéből és  $s$  szórásából a



$t_n$  Student-tényező felhasználásával az  $R_k$  jellemző értéket az

$$R_k = R_m - k \times t_n \times s$$

kifejezéssel kellett meghatározni, ahol  $k$  a szilárdság eloszlásának ferdeségét figyelembevevő, a vizsgálati eredmények átlagától függő, következő alakú tényező:

$$k = 0,54 + 0,1027 \sqrt{R_m}$$

A  $k$  tényező a  $t_n \times s$  alulmaradási tágasság szorzója, értéke  $R_m = 20,0$  N/mm<sup>2</sup> átlagos nyomószilárdság esetén  $k = 1,00$ ;  $R_m < 20,0$  esetén  $k < 1,00$  és  $R_m > 20,0$  esetén  $k > 1,00$ , és annak feltételezésén alapult, hogy

- $R_m = 20,0$  N/mm<sup>2</sup> átlagos nyomószilárdság esetén a vizsgálati eredmények eloszlása szimmetrikus;
- $R_m < 20,0$  N/mm<sup>2</sup> esetén jobbra ferde, az alulmaradási tágasság csökken és a jellemző érték nagyobb értéket vesz fel, az átlaghoz közelebb kerül;
- $R_m > 20,0$  esetén N/mm<sup>2</sup> pedig balra ferde, az alulmaradási tágasság növekszik és a jellemző érték kisebb értéket vesz fel, az átlagtól távolabb kerül.

A  $k$  ferdeségi tényező eredetéről bizonyosat nem tudunk. A  $k$  ferdeségi tényező szerzőjének kilétére nem, de az eloszlásfüggvény ferdeségre és a  $k$  ferdeségi tényező értelmezésére található utalás *Ujhelyi János* dolgozataiban:

- „Érdemes idézni *György László*<sup>29</sup> szellemes gondolatát: minden betonkeverék – természetéből adódóan – arra törekszik hogy 280 kp/cm<sup>2</sup> szilárdságú legyen. Ha kisebb szilárdságúra készítjük, akkor *Pearson*-eloszlást vagy szélsőséges esetben logaritmikusan normális eloszlást vesz fel. Ha lényegesen nagyobb szilárdságúra készítjük, akkor eloszlása jobbra (sic!, helyesen: balra ferdül, azaz balra nyúlik el) ferdül.” (*Ujhelyi* 1977)
- „Átlagos színvonalú betonkácsítás esetén a nyomószilárdság eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B50 – B140) tartományában, vagy erősen képlékeny konzisztencia esetén logaritmikusan normális eloszlással közelíthető, míg a nagyobb szilárdságok tartományában (B400 – B560), vagy földnedves konzisztencia esetén a második alsó extrémális eloszlással. A közepes szilárdságok (B200 – B280) tartományában normális lehet a nyomószilárdság eloszlása.” (*Ujhelyi* 1978)
- „*Korda János* mutatta ki, hogy plasztikus alakváltozás esetén az eloszlás kissé jobbra ferdülő (*Pearson*-típusú eloszlás), míg *Mistéth Endre* részben rideg, részben plasztikus alakváltozást feltételezve határozta meg a valószínűségi eloszlás normálistól eltérő alakját.” (*Ujhelyi* 1978)
- „Magyarázat: Valamely tulajdonság – mint valószínűségi változó – eloszlása akkor normális, ha a tulajdonság kialakulását számos apró, véletlen tényező befolyásolja. A betonok készítésekor azonban lehetnek olyan tényezők is (például az adalékanyag szemmegoszlása, a hőmérséklet változása), amelyek rendszeresen csak pozitív vagy negatív irányba torzítják el a nyomószilárdság változását. Az MSZ 4720/2 – vizsgálati

<sup>29</sup> Dr. *György László* (1923, Rákosliget – 2016, Budapest) okl. építőmérnök. Fiatal korában katonai pályára készült, érettségi után, 1942-től a Honvéd Ludovika Akadémián tanult, ahol 1944-ben hadnaggyá avatták. 1946-ban iratkozott be a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemre és 1950-ben építőmérnöki mérnöki oklevelet szerzett. Első munkahelye az Építéstudományi Intézet volt. 1963-ban az akkor alakult Építésügyi Minőségellenőrző Intézet Matematikai és Fizikai Osztályára került, majd 1991. évi nyugalomba vonulásáig a Mechanika Osztályon, annak vezetőjeként dolgozott. „A betonszilárdság ellenőrzésének néhány matematikai statisztikai kérdése” című értekezésével 1974-ben műszaki doktori címet nyert, majd 1987-ben a BME címz. egyetemi docense lett. Az építőanyagok gyakorlati kérdéseit a BME Építőanyagok Tanszékén 1960-tól és 1968-1984 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskolán oktatta. A KGST, a RILEM, az EOQC munkabizottsági tagjaként részt vett a beton vizsgálati módszerek kidolgozásában (*Balázs* 2003).

eredmények és gyakorlati tapasztalatok alapján – azt tételezi fel, hogy a nyomószilárdság valószínűségi eloszlása általában a 26. ábra szerinti. a beton minősítési szilárdsága az 5% valószínűségi szinthez tartozó küszöbérték.

Normális eloszlás esetén a minősítési szilárdság  $R_k = R_m - 1,645 \times s$ , ahol  $s$  a nyomószilárdság szórása [ $\text{N/mm}^2$ ].

Ha az eloszlás a normálistól eltérő, akkor  $R_k = R_m - k \times 1,645 \times s$ , ahol  $k$  az MSZ 4720/2:1980 szabvány szerinti ferdeségi tényező.

Lehetnek azonban olyan munkahelyek, ahol a szilárdság eloszlása nem a 26. ábra szerinti, például az üzem képes  $R_m = 56 \text{ N/mm}^2$  átlagos nyomószilárdságú betont is normális eloszlással előállítani. Ha az üzem ezt vizsgálatokkal igazolja, akkor a minősítési szilárdságot az  $R_k = R_m - 1,645 \times s$  összefüggéssel számíthatja ki.” (MI-04.19-1981 műszaki irányelv 2.4.2.4.. szakasz, kissé rövidítve)

- „Magyarázat: A betonszilárdság eloszlásának alakja a szilárdság átlagértékétől függ: kisebb szilárdságú betonok esetében log-normál eloszlással közelíthető, nagyobb szilárdságú betonok esetén a második alsó extrémális eloszlással. Ezt fejezi ki a  $k$  tényezőnek az  $R_m$ -től függő, a 29. táblázat szerinti értéke (lásd a 26. ábrát).” (MI-04.19-1981 műszaki irányelv 4.2.4.3. szakasz)

Megjegyzés: Az MI-04.19-1981 műszaki irányelvet *Ujhelyi János* irányításával az ÉTI Építéstudományi Intézet Betontechnológiai Osztálya dolgozta ki, és azt 1981 májusában – mintegy egy évvel az MSZ 4720/2:1980 szabvány érvénybe lépte után – hagyták jóvá.

*Ujhelyi János, György László, Korda György, Mistéth Endre* tanulmányai között olyan, amelyben a  $k$  ferdeségi tényezőről szó esik, nem találtunk.

A  $k$  ferdeségi tényező bevezetése nagyon leegyszerűsítette az MSZ 4720/2:1980 szabvány szerinti  $R_k$  jellemző érték kiszámítását, mert mentesítette a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelőjét a *Pearson*-eloszlás vagy lognormális eloszlás, illetve extrémális eloszlás használatától.

Lásd még: Medián, módusz, szórás

### Ferrocement

A ferrocement olyan hálókkaal vagy egyedi betétekkel és hálókkaal erősített, finom szemű adalékanyaggal készített beton (habarcs), amelynek vastagsága legfeljebb 30 mm. A ferrocement-építészet megalapozója, első, világhírű alkalmazója *Nervi*<sup>30</sup> volt, akinek leghíresebb ferrocement-alkotása az 1949-ben épült, 91 m fesztávolságú torinói kiállítási csarnok (*Balázs* 2010).

### Feszített vasbeton

A feszített vasbeton olyan szerkezet vagy szerkezeti elem, amelyben a hatásokból eredő húzófeszültségeket megfeszített betétek (többnyire acél anyagú feszítő huzalok vagy pászmák) ébresztette nyomófeszültségekkel csökkentik, miáltal karcsúbb, nagyobb fesztávolságú,

---

<sup>30</sup> *Pier Luigi Nervi* (1891, Sondrio – 1979, Róma) olasz szerkezettervező mérnök. Diplomát 1913-ban a Bolognai Egyetemen szerzett, 1946-1961 között a római Universitát La Sapienza Egyetem professzora volt. Tervezői-kivitelezői munkásságát merész, rendkívül karcsú monolit és előregyártott vasbeton szerkezetek, hangárok, csarnokok, raktárak, templomok fémjelzik elsősorban Olaszország-szerte, de épített például New Yorkban buszpályaudvart, Montrealban felhőkarcolót. 1960-ban az American Academy of Arts and Sciences tagja lett, 1963-ban a Harvard Egyetem díszdoktorává avatták, 1964-ben elnyerte az American Institute of Architects aranyérmét, 1973-ban a francia Académie des Beaux-Arts felvette tagjai sorába. 1968-ban a legmagasabb olasz tudományos és kulturális díjnak minősülő nemzetközi Antonio-Feltrinelli-díjjal tüntették ki. *Nervit* a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 1970-ben avatta díszdoktorrá, és erre emlékezve, előadásokkal kísérvé 2016-ban Budapesten is bemutatták a „Pier Luigi Nervi – Art and Science of Building” című vándorkiállítást (*Balázs L. – Sajtos – Bódi* 2015).

repedésre kevésbé hajlamos elemek készíthetők. Ha az acélbetéteket a beton szilárdulása előtt feszítik meg, akkor előfeszített, ha a beton szilárdulása után feszítik meg, akkor utófeszített vasbeton szerkezetéről beszélünk.

Az MSZ EN 13369:2013 szabvány 4.2.2.1. szakasza szerint előfeszített vasbeton készítéséhez legalább C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni. A hazai tervezői gyakorlatban előfeszített vasbetonszerkezetet C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból viszonylag ritkán készítenek, általánosabb a C40/50 nyomószilárdsági osztályú beton használata. A külön nyírási vasalással nem rendelkező szerkezeti elemeket, mint például a hosszúpadon gyártott üreges födémpaneleket, C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonból gyártják. A hídgerendák általában ugyancsak C50/60, de előfordul, hogy C60/75 nyomószilárdsági osztályú betonból készülnek.

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési utógazdálkodási műszaki előírás 1. táblázata szerint feszített vasbeton hídszerkezetek, üzemben előregyártott hídgerendák készítéséhez legalább C40/50 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. Ugyanakkor az e-UT 07.02.14:2011 közúti hídépítési utógazdálkodási műszaki előírás 2.2.1. szakasza a feszített vasbetonelemek legkisebb betonnyomószilárdsági osztályaként a C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályt jelöli meg.

Koris Kálmán és Péczely Attila tervezési segédletének (2000) 1.1. fejezetében lévő táblázat megjegyzése szerint az előfeszített vasbeton tartókat legalább C30/37 nyomószilárdságú osztályú betonból kell készíteni. A hivatkozott tervezési segédlet 1.3. fejezetének táblázatában látni, hogy a feszítőbetétek számításba veendő erőátadódási (lehorgonyzási) hossza a nyomószilárdsági osztályok csökkenésével nő<sup>31</sup>, tehát kis nyomószilárdságú osztály alkalmazása ezért sem hatékony. A kisebb nyomószilárdsági osztályú beton kúszási tényezőjének közepes végértéke nagyobb szám (visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. táblázata, visszavont MSZ 15022-3:1986 szabvány 1. táblázata)<sup>32</sup>, ami a feszítőbetétek feszültségvesztését növelő tényező.

Az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 7. §. IV. H) fejezetében az előfeszített vasbeton szerkezetek készítéséhez legalább B 600 (kockaszilárdság 600 kp/cm<sup>2</sup>) nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazását írták elő.

Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat (KPM SZ HI/1-67) G. fejezete szerint előfeszített vasbeton szerkezetekhez legalább B 400 (kockaszilárdság 400 kp/cm<sup>2</sup>), utófeszített vasbeton szerkezetekhez legalább B 280 nyomószilárdsági osztályú (kockaszilárdság 280 kp/cm<sup>2</sup>) betont kellett alkalmazni.

A visszavont MSZ 15022-2:1986 szabvány 1.2.1. szakaszának előírása szerint annak idején a tapadással lehorgonyzott acélbetétekkel készülő feszített vasbetonszerkezetekhez legalább C 20, más módon (például véglehorgonyzással) lehorgonyzott feszített szerkezetekhez legalább C 16 nyomószilárdsági jelű betont (MSZ 4719:1982) kellett előírni.

A feszített vasbetonszerkezetek készítése előhírnökeinek W. Döhring, M. Koenen, K. Wettstein<sup>33</sup> tekinthető, az első korszerű feszített vasbetonszerkezetek megalkotója pedig M. E.

<sup>31</sup> A feszítőbetétek erőátadódási (lehorgonyzási) hossza:  $l_{bp} = \beta_b \times \Phi$ , ahol  $\Phi$  a pázsma helyettesítő átmérője. A  $\beta_b$  értékeit a következő táblázat tartalmazza:

Beton nyomószilárdsági osztálya	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$\beta_b$	75	70	65	60	55	50

<sup>32</sup> A kúszási tényező közepes végértéke ( $\Phi_0$ ) az MSZ 15022-1:1986 és MSZ 15022-3:1986 szabvány szerint:

Beton nyomószilárdsági osztálya	C 4	C 6	C 8	C 10	C 12	C 16	C 20
Kúszási tényező végértéke ( $\Phi_0$ )	3,3	2,95	2,7	2,5	2,35	2,1	1,9
Beton nyomószilárdsági osztálya	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Kúszási tényező végértéke ( $\Phi_0$ )	1,7	1,55	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

<sup>33</sup> Der erste Vorschlag, Beton vorzuspannen wurde 1886 von dem Amerikaner Jackson gemacht. 1888 meldete W. Döhring aus Berlin ein Patent an, welches zur Rissminimierung im Spannbett gespannte Drahteinlagen in

*L. Freyssinet*<sup>34</sup> volt.

### Feszültség

Az igénybevétel hatására a tartó keresztmetszetének valamely pontján ébredő, az anyag ellenállóképességéből származó húzó-, nyomó-, nyíróerők felületegységre vonatkoztatott fajlagos értéke, amely eszerint húzó-, nyomó- nyírófeszültség lehet. Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup>

A feszültségnek a felületelemre merőleges összetevőjét (húzó- nyomófeszültség, jele:  $\sigma$ ) normális vagy derék feszültségnek, a felületelem síkjába eső összetevőjét (nyírófeszültség, jele:  $\tau$ ) pedig tangenciális feszültségnek is nevezik. A normális vagy derék feszültség húzó, nyomó vagy hajlító igénybevétel, a tangenciális feszültség nyíró vagy csavaró igénybevétel hatására ébred. (*Korányi 1957, Ujhelyi 2006*).

Eredetük szerint meg szokták különböztetni (*Springenschmid 2007*) a terhekből származó feszültségeket (Lastspannung), a gátolt alakváltozásból eredő feszültségeket (Zwangsspannung), a sajátfeszültségeket (Eigenspannung), a szövetszerkezeti feszültségeket (Gefügespannung).

*Teherből származó feszültséget* az állandó teher (a tartó és a tartót terhelő szerkezetek tömege, földnyomás), a hasznos teher (álló, helyben mozgó, mozgó teher), a járulékos teher (hóteher, szélteher, fékező erő) ébreszt.

*Gátolt alakváltozásból eredő feszültség* kényszer mozgásból eredhet. Gátolt alakváltozás jön létre például a háromtámaszú tartó középső támaszának süllyedése esetén, hőmérséklet változás (például a hidratációs hő távozása, befogott tartó egyenletes felmelegedése külső hatásra) esetén, autogén zsugorodás (alapszugorodásnak is nevezik) és száradási zsugorodás esetén, vízfelvételre vagy kémiai okra visszavezethető duzzadás esetén. Az előregyártott tartó beépítés előtti alakváltozása nem gátolt alakváltozás.

*Sajátfeszültség* a keresztmetszeten belüli, egymással egyensúlyban lévő hőmérséklet és a nedvesség különbségek, illetve változások hatására keletkezik, és amelyet nem külső erők vagy alakváltozások ébresztenek. Sajátfeszültség például a keresztmetszet peremének lehülése vagy

Platten, Latten und Balkchen vorsah. Ab 1907 wurden auf Vorschlag von [Mathias Koenen](#) an der [TH Stuttgart](#) erste Versuche mit einer im gespannten Zustand einbetonierten Bewehrung durchgeführt. Allerdings war die aufgebrachte Vorspannkraft aufgrund einer niedrigen Stahlspannung von 60 N/mm<sup>2</sup> durch [Schwinden](#) und [Kriechen](#) fast völlig wirkungslos. 1919 verwendete der böhmische Ingenieur Karl Wettstein für dünne Betonbretter [Klaviersaiten](#) aus hochfestem Stahl mit hoher Spannung und hatte Erfolg, dessen Gründe er jedoch nicht sah. Erst der Amerikaner Dill erkannte 1923, dass hochfeste Drähte mit hoher Spannung notwendig sind.

<sup>34</sup> *Marie Eugène Léon Freyssinet* (1879, Objat – 1962, Saint-Martin-Vésubie) francia mérnök. A párizsi Ecole des Ponts et Chaussées főiskola tanulója volt. Első feszített vasbeton ívhídját 1907-ben építette meg, amelyet 1910-1911 között több is követett a franciaországi Allier folyó felett. Hídjain 1911 tavaszán a zsugorodás és kúszás jelenségére lett figyelmes, majd 1928-ban felismerte, hogy azok feszítőerő-csökkentő hatását legalább 400 N/mm<sup>2</sup> nagyságú előfeszítéssel tudja kiegyenlíteni. 1917-ben feltalálta a beton mechanikai tömörítését. Feszítési eljárásait számos kísérlet elvégzése után 1928-1936 között szabadalmaztatta. Megalapította az első előregyártó-üzemet, amelyben különféle előfeszített vasbetonelemeket gyártottak. 1921-1923 között Orlyban léghajóhangárokat, 1925-1929 között Bretagne-ban az Elorn folyó felett 3\*172 m fesztávolságú ívhídat, 1930-ban Le Havre-ban pályaudvarépítet épített, 1936-ban Algeriában, 1941-ben Tunéziában, 1952-1953-ban Venezuelában is tevékenykedett.

Említésre méltó, hogy *Franz Dischinger* (1887, Heidelberg – 1953, Berlin) német építőmérnök előfeszítési módszere tette lehetővé 1937-ben a németországi Aueban a 69 m fesztávolságú vasútállomási felüljáróhid megépítését. *F. Dischinger* 1907 és 1911 között a karlsruhei Technische Hochschule hallgatója volt, ahol kitüntetéssel diplomázott. 1913-1933 között Wiesbaden-Biebrichben a Dyckerhoff & Widmann építőipari cégnél dolgozott statikusként. 1933-ban a berlini Technische Hochschule „Massivbau” tanszékének professzora lett. Nevezetes építményei közé tartozik a Frankfurt am Mein-beni (1926-1928), a lipcsei (1927-1929), a baseli (1929) nagyvásárcsarnok, a koblenzi (1932-1934), a strömsundi (1953-1956) híd.

zsugorodása folytán ébredő húzófeszültség a keresztmetszet szélén és nyomófeszültség a keresztmetszet közepén. A gátolt alakváltozásból eredő feszültség sokszor sajátfeszültség, és a kettő nem egyszer együtt lép fel.

*Szövetszerkezeti feszültség* belső alakváltozási okokból ébred. Szövetszerkezeti feszültséget okoz például, ha lehüléskor a finomhabarcs a durva adalékanyagnál jobban összehúzódik, vagy a fagyhatásra bekövetkező hosszváltozás, a szulfátos duzzadásos betonkorrózió, az adalékanyagok alkálifém-oxid reakciója (alkáli reakció), a rozsda az acélbetét korróziója esetén (betonfedés lerepesztése).

### Feszültség-alakváltozási diagram

Az anyag alakváltozása ébresztette feszültség, illetve az anyagban lévő feszültség létrahozta alakváltozás kapcsolatát kifejező  $\varepsilon$ - $\sigma$  görbe, amelyet a gyakorlatban általában  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbének neveznek.

### Félfémek

A félfémek csoportjába a periódusos rendszer 13.-17. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti III.-VII. főcsoportjában) a földfémek és nemfémek között helyet foglaló, szilárd halmazállapotú bór (B), szilícium (Si), germánium (Ge), arzén (As), antimon (Sb), tellúr (Te), polónium (Po) és asztácium (At) elem tartozik. A félfémek kémiai tulajdonságai átmenetet képeznek a fémek és a nemfémek kémiai tulajdonságai között. Ezek legfontosabbika a szilícium, amelynek oxidja ( $\text{SiO}_2$ ) a kőzetek jelentős alkotóanyaga.

Lásd még: Fémek, Nemfémek

### Fémek, fémes elemek

*Gróh* (1940) szerint a fémek (fémes elemek) a pozitív jellemű ionok, amelyeket bázisképzőnek is neveznek. A fémek vegyületeik elektrolízise alkalmával a negatív sarokhoz vándorolnak, és ott az oldatból kiválnak. A fémek vízzel egyesülve bázissá alakulnak. Fémes elem például a kalciumion:  $\text{Ca}^{2+}$ .

*Neumüller* et al. (2. kötet 1982) szerint a fémek szűkebb értelemben azoknak a kémiai elemeknek a gyűjtőneve, amelyek tisztán, szilárd állapotban átlátszatlanok és esetenként színesek, nagy fényvisszaverő-képességük következtében erősen csillognak, a villamos áramot és a hőt nagyon jól vezetnek, képlékenyen alakíthatók, atomrácsot alkotnak, kristályrácsukat a fémes kötés tartja össze stb. A tiszta (ötvözetlen) fémek mindennemű szerves oldószerben oldhatatlanok.

A fémek előfordulása igen gazdag, a ma ismert 118 elem közül 81 a fémek száma. A fémek a periódusos rendszer baloldalán, a régi jelölés szerinti I. II. III. főcsoportban és a mellékcsoportokban helyezkednek el (újabbban a jelölésre oszlopszámokat használnak). Főbb csoportjaik az alkálifémek, alkáliföldfémek, átmenetifémek, földfémek, félfémek.

A fémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással bázissá válnak, ezek a fémek hidroxidjai. Például:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ezzel szemben a nemfémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással savvá válnak (*Kenkler* 1980).

Lásd még: Bázisanhidrid, Alkálifémek, Alkáliföldfémek, Átmenetifémek, Földfémek, Félfémek, Nemfémek

### Fémhidrid

Fémhidrid a hidrogén fémekkel alkotott vegyületeinek összefoglaló elnevezése.

### Fémoxidok

Lásd: Bázisanhidrid

**Fészkes beton**

Fészkes a kiszaluzott beton, ha a felületén kisebb üregek láthatók.

Lásd még: Bennmaradt levegő, levegő zárvány

**Fick-törvények**

A *Fick*-törvények kvantitatív összefüggést fejeznek ki a diffúziós áram és a koncentrációgradiens között. *Fick* I. törvénye szerint az  $x$  helyen lévő  $A$  felületen  $dt$  idő alatt átáramló részecskék  $dN$  száma arányos az  $A$  képzeletbeli felülettel, a  $dt$  idővel és a  $dx$  hosszban lejátszódó  $dn$  koncentráció-változással:

$$dN = -D \times A \frac{dn}{dx} dt$$

és *Fick* II. törvénye szerint a koncentráció időbeli változása arányos a koncentrációgradiens  $\left(\frac{\partial n}{\partial x}\right)$  hely szerinti változásával:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$$

ahol  $D$  az anyagi minőségtől függő diffúziós együttható (*Szilágyi M.* 1977).

Lásd még: Diffúzió, diffúziós együttható, hidrodinamikai permeabilitás

**Fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom**

A víz/(cement +  $k \times$ kiegészítőanyag) =  $M_{\text{víz}} / (M_{\text{cement}} + k \times M_{\text{kiegészítőanyag}})$  alakban felírható víz-kötőanyag tényező kifejezés nevezőjében lévő számérték ( $M_{\text{cement}} + k \times M_{\text{kiegészítőanyag}}$ ), szemben az 1,0 m<sup>3</sup> friss beton tényleges kötőanyagtartalmával ( $M_{\text{cement}} + M_{\text{kiegészítőanyag}}$ ). Ha a  $k$  értéke  $k \neq 1,0$ , akkor a fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom a tényleges kötőanyagtartalomtól eltérő érték.

Lásd még:  $k$ -érték elve, Víz-kötőanyag tényező

**Finomsági modulus**

A finomsági modulus az adalékanyag szemmegoszlásának jellemzője, amelyet a 0,063 mm nyílású szitával kezdve a „duplázódó” szitákon fennmaradt összes anyag tömegarányának (tömegszázalék/100), eltérő testsűrűségű adalékanyagok (például homok, agyagkavics, újrhasználított adalékanyag, vassőrét stb.) esetén térfogatarányának (térfogatszázalék/100) összegeként kell kiszámítani. Jele:  $m$ .

**Finompép**

Víz és a 0,125 mm-nél finomabb szemek keveréke. A szuszpenzióként viselkedő finompép reológiai folyáshatára és dinamikai viszkozitása a finompép mozgékonyágát alapvetően meghatározó a víz-finomrész tényező függvénye. A víz és a *finomrész* tömegének hányadosa a víz-finomrész tényező, amely hatással van a finompép reológiai folyáshatára és dinamikai viszkozitására.

**Finomrész**

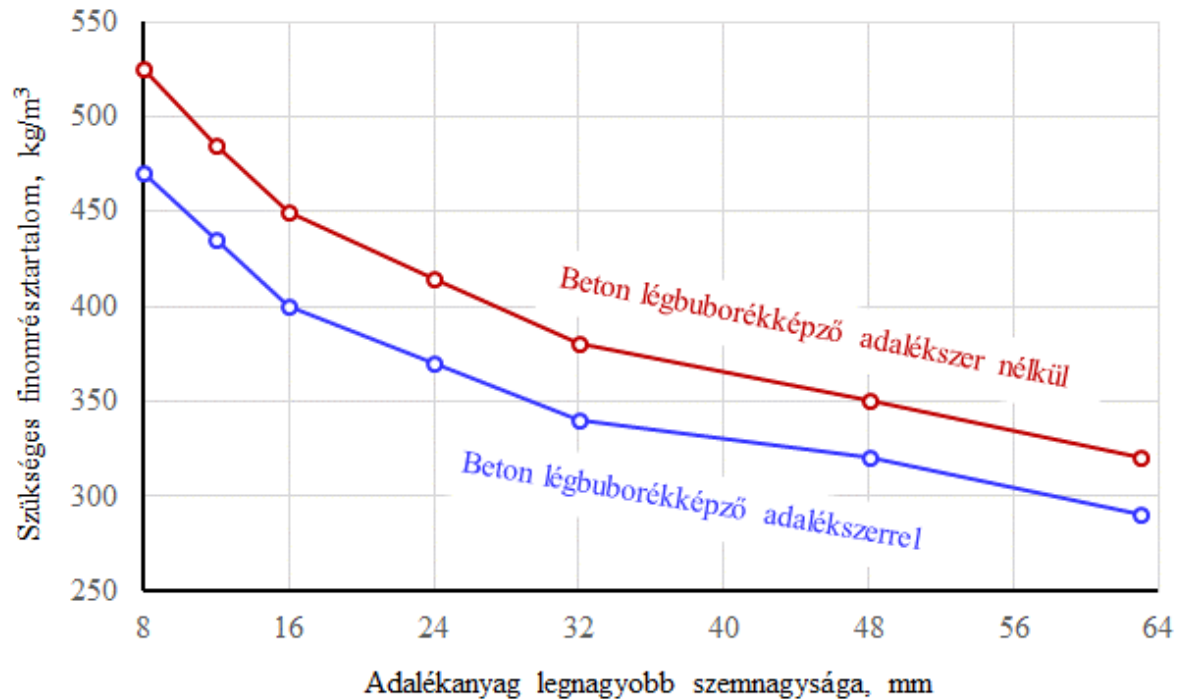
A beton azon szilárd összetevőinek összegét, amelyek szemnagysága  $\leq 0,25$  mm finomrésztartalomnak nevezik.

A finomrész a vízzel finompépet képez, amely szuszpenzióként viselkedik.

Az MI-04.19:1981 építésügyi ágazati irányelvben, az MSZ 4719:1982 szabványban, a MÉASZ-ME-04.19:1995 műszaki előírásban, a MÁV vasúti beton és vasbetonhidak építésére kiadott utasításában (MÁV H. 2. sz. 1984), a TL BetonStB 07 (2007) német szállítási

feltételekben a betonkeverék *finomrésztartalmának* a cement és a 0,25 mm alatti finomhomok mennyiségének összegét tekintik.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerint vízzáró beton készítéséhez az 1.10. ábra szerinti finomrésztartalomra van szükség.



**1.10. ábra:** Szükséges finomrésztartalom (legfeljebb 0,25 mm nagyságú szemek) vízzáró beton készítéséhez a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerint

A finomrésztartalommal részletesebben a Beton című könyv M2. mellékletében foglalkoztunk (Kausay 2013).Fu

Lásd még: Lisztfinomságú szemek

### Fizikailag kötött víz

Lásd: Gélvíz

### Fluiditás, folyékonyság

A fluiditás a viszkozitás reciproka ( $1/\eta$ ).

### Fokozatos víztelítés

Az MSZ 18284-3:1979 szabvány szerint a fokozatos víztelítés kezdetén a kőanyag (adalékanyag) próbatestet úgy kell a tárolóedénybe helyezni, hogy a víz a próbatest magasságának  $\frac{1}{4}$ -éig érjen. Ezután fokozatosan annyi vizet kell a tároló edénybe vezetni, hogy a víz 6 óra alatt lepje el a próbatestet, majd 15 perc alatt a tárolóedényben a víz szintjét további 10 cm-rel meg kell növelni, és a próbatestet így kell tovább tárolni. Az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint a megszilárdult beton próbatestet 30 mm mélyen kell vízbe állítani és a próbatest vízszint feletti része ne legyen több 200 mm-nél. A víz szintjét óránként úgy kell arányosan emelni, hogy a vizsgálat kezdetétől számított 3 óra múlva a próbatest legmagasabb pontja felett mintegy 10 magasan álljon a víz. A vizsgálat befejezéséig a víz szintjét ezen a magasságon kell tartani.

### Folyamatos gyártás

A folyamatos gyártás a kezdeti gyártást követő, legalább 15 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, az utolsó vizsgálat előtti legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

### Folyáshatár, folyási határ, folyási feszültség

Szilárdságtani értelmezés:

Például melegen hengerelt acéloknak az a névleges húzófeszültsége, amelyben az acél fajlagos alakváltozása (fajlagos megnyúlás) viszonylag állandó húzófeszültség mellett is növekszik. Átmeneti állapot, amelyben az anyagban viszonylag állandó húzófeszültség mellett képlékeny alakváltozások lépnek fel. A fajlagos alakváltozásnak ezt a terjedelmét *Saint-Venant*<sup>35</sup> szakasznak nevezik. A folyáshatárt elérő feszültség hatására az anyag képlékenyen viselkedik, a képlékeny alakváltozás során az atomsíkok egymáson elcsúsznak, és a jelenséget a rácshibák befolyásolják. Jele:  $f_y$  ( $y = \text{yield} = \text{folyás}$ )  
Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa

Reológiai értelmezés:

A folyáshatár ( $\tau_0$ ) az a nyírófeszültség ( $\tau$ ), amely ahhoz szükséges, hogy a gázok, folyadékok és folyadékszerű anyagok (például szuszpenziók, emulziók, kolloid rendszerek, esetünkben például a cementpép, zöldbeton, öntömörödő beton stb.) folyása meginduljon. E könyvbenben megkülönböztetésül a szilárdságtani értelmezéstől reológiai folyáshatárnak ( $\tau_0$ ) nevezzük. A *Bingham*<sup>36</sup>-törvény szerint, ha  $\eta$  [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ] a dinamikai viszkozitás és  $dv/dl$  [ $1/\text{s}$ ] a sebesség-gradiens, akkor a reológiai folyáshatár  $\tau_0 = \tau - \eta \times (dv/dl)$ .

Mértékegysége: Pa

Lásd még: Viszkozitás

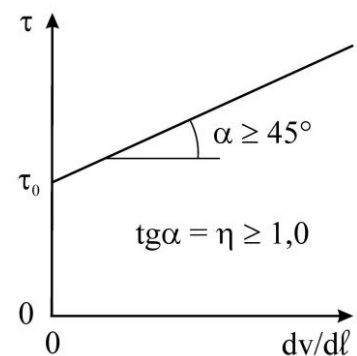
### Folyósítható beton

Adalékszerrel akkor folyósítható a friss beton, ha a víztartalma (keverővíztartalma) eléri a

<sup>35</sup> *Adhémar Jean Claude Barré de Saint-Venant* (1797, Villiers-en-Bière – 1886, Saint Ouen) francia vízépítő mérnök, matematikus, az École des Ponts et Chaussées egyetem mechanika tanára, a Francia Tudományos Akadémia tagja, az elméleti mechanika tudósa. A rugalmasságtani számításokba bevezette a *Poisson*-tényező használatát. Csavarási feladatokkal kapcsolatos tanulmánya 1855-ben jelent meg. A feszültségek és alakváltozások eloszlására vonatkozó tételét *Saint-Venant*-elvként ismerjük. Megfogalmazta a képlékeny síkbeli alakváltozás alapegyenleteit. (*Bojtár* é.n.)

<sup>36</sup> *Eugene Cook Bingham* (1878, Cornvall – 1945, Easton) amerikai fizikus, 1916-1945 között az 1826-ban alapított pennsylvaniai Lafayette College egyetem professzora. „Fluidity and Plasticity” című könyve 1922-ben jelent meg, és 2010-ben a Nabu Press (Charleston, USA) reprint kiadásban újra elérhetővé tette. *Bingham*, aki 1929-ben megalapította a „The Society of Rheology” társaságot, a modern reológia megeremítője.

Az ideálisan képlékeny (plasztikus) testek esetén a folyás megindulásához szükséges, az ábrán ( $\tau_0$ ;  $dv/dl = 0$ )-val jelölt nyírófeszültséget a fizikában alsó folyáshatárnak nevezik ( $\tau_a$ ;  $dv/dl = 0$ ). A reálisan képlékeny testek folyásgörbéjének kezdeti szakasza – az ideálisan képlékeny testekétől eltérően – nem lineáris, hanem görbe, és azt a nyírófeszültséget, ahol a görbe lineárisává válik, felső folyáshatárnak ( $\tau_f$ ;  $dv/dl \neq 0$ ) nevezik. A *Bingham*-féle ideálisan képlékeny testek az alsó folyáshatár ( $\tau_a$ ;  $dv/dl = 0$ ) felett, a reálisan képlékeny testek a felső folyáshatár ( $\tau_f$ ;  $dv/dl \neq 0$ ) felett követik a newtoni testek folyásának lineáris törvényszerűségét.



A *Bingham*-féle ideálisan képlékeny (plasztikus) testek folyásgörbéje



folyósításhoz szükséges vízigényt.

Lásd még: Vízigény, Kiindulási beton, Konzisztencia lágyítása

### Fonalfinomság

A fonalfinomság (fonalerősség) a szálak, rostok hosszegységre vonatkoztatott tömegének kifejezője. Mértékegysége a tex.  $1 \text{ tex} = (1 \text{ gramm})/(1000 \text{ méter})$ ,  $1 \text{ dtex (decitex)} = (1 \text{ gramm})/(10000 \text{ méter})$ . Ha a szál testsűrűsége ismert, akkor a fonalfinomságból a szál sugara kiszámítható:

$$r = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot \rho} \cdot \frac{\text{tömeg}}{\text{hosszúság}}}$$

A fonalfinomság a szálak, illetve rostok szilársságáról nem ad tájékoztatást.

### Földfémek

Földfémeknek a periódusos rendszer 13. oszlopának (a régi jelölés szerinti III. főcsoportjának) elemeit nevezik. Vegyértékelektronjaik száma, így vegyértékük 3. A földfémek legfontosabbika a könnyű fémnek számító alumínium (Al).

### Friss beton eltarthatósága, Eltarthatósági időtartam

Az MSZ 4798:2016 szabvány 7.7. szakasza szerint a friss beton eltarthatósága az az időtartam, amelyen alatt a betonkeverék a víz hozzáadásától számítva eredeti bedolgozhatóságából csak annyit veszít, hogy a friss beton az adott körülmények (hőmérséklet, víz-cement tényező, cementtípus, szállítási távolság stb.) között még kellő tömörségűre bedolgozható, azaz nem kezdődött meg sem a beton merevedése, sem a cement kötése.

A friss beton eltarthatósági időtartamát, illetve kellő bedolgozhatóságát külső körülményként a környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, belső körülményként a beton összetétele, mint például a cementfajta, a cementtartalom, a víz-cement tényező, az adalékszerhatás befolyásolja.

A friss beton eltarthatóságát a gyakorlatban a hőmérséklet függvényében a konzisztencia-, a testsűrűség- és nyomószilárdság-változás függvényeként szokás kifejezni.

Folyósítószeres beton esetén az eltarthatósági idő múltával a beton konzisztenciája lényegében meg kell feleljen a kiindulási beton konzisztenciájának, testsűrűségének és a megszilárdult beton tulajdonságainak.

Lásd még: Transzportbeton

### Friss beton hatékony víztartalma

A friss beton hatékony víztartalma a keverővíznek és az adalékanyag felületi nedvességének az összege (MSZ 4798:2016). A hatékony víztartalmat szükség esetén a párolgási veszteséggel csökkenteni szokták. Mértékegysége:  $\text{kg/m}^3$

### Fuller-görbe

A Fuller-görbe<sup>37</sup> a legtömörebb, gömbölyű szemekből álló szemhalmaz (például homokos kavics) idealizált szemmegoszlási görbéje, amely  $y_{\text{Fuller}} = (d/D_{\text{max}})^{0,5}$  alakú úgynevezett irracionális függvény (tulajdonképpen vízszintes tengelyű parabola). Tapasztalatok szerint a szögletes (hosszúkás és lemezes) alakú, tört szemekből álló zúzottkő legtömörebb szemhalmazának szemmegoszlását jobban leírja a  $y_{\text{Fuller, módosított}} = (d/D_{\text{max}})^{0,4}$  alakú függvény, mert a zúzottkőhalmaz hézagainak kitöltéséhez több finom szemre van szükség, mint a kavics-halmaz esetén.

Lásd még: Halmaztömörség

### Gamma-függvény

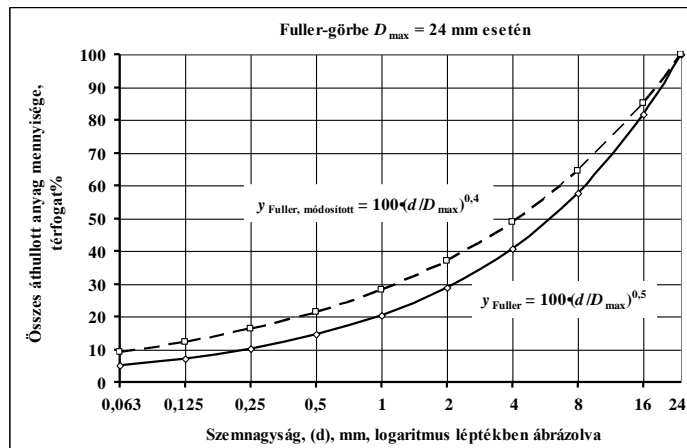
A  $\Gamma(p)$  integrál az Euler-féle<sup>38</sup> gamma-függvény, amelynek képlete:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} t^{p-1} \times e^{-t} dt$$

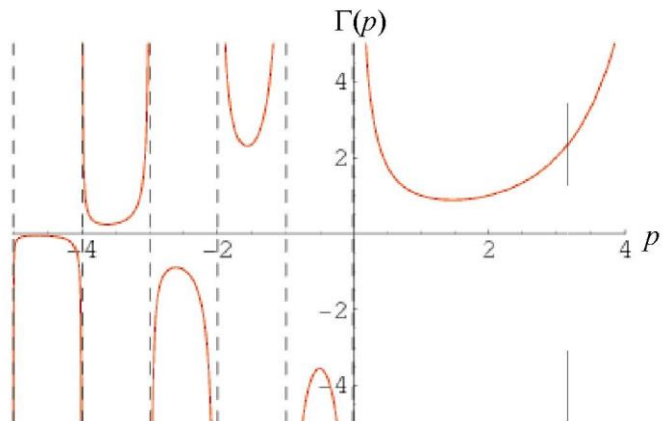
Ha  $p$  egész szám, akkor  $\Gamma(p) = 1 \times 2 \times 3 \dots (p-1) = (p-1)!$  (! a faktoriális jele)

A gamma-függvény segítségével írható le számos fontos valószínűségi eloszlás, például a gamma-eloszlás, a  $\chi^2$ -eloszlás, a Student-eloszlás ( $t$ -eloszlás). Jele:  $\Gamma$

<sup>37</sup> William Barnard Fuller és Stanford Eleazer Thompson amerikai mérnök kutatók publikációja a Fuller-görbének nevezett ideális szemmegoszlási görbéről 1907 márciusában, más források szerint decemberében, New Yorkban jelent meg.



<sup>38</sup> Leonhard Euler (1707, Bazel – 1783, Szentpétervár) svájci matematikus és fizikus, a matematikatörténet egyik legjelentősebb és legtermékenyebb és alakja. A bázeli egyetemen teológiát, orvostudományt és keleti nyelveket, majd matematikát tanult, és 1726-ban diplomát szerzett. 1727-1741 és 1766-1783 között a Szentpétervári Tudományos Akadémián, 1741-1766 között a Berlieni Tudományos Akadémián tevékenykedett. A matematika számos ágában maradandót alkotott. Többek között bevezette a koordináta-rendszert, felírta a karcsú rudak rugalmas kihajlásának képletét. Ismert munkáinak száma 866, nagyobb műveinek száma 28. Forrá [http://hu.wikipedia.org/wiki/Leonhard\\_Euler](http://hu.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler)



Euler a gamma-függvény összefüggését 1729-ben írta fel. A gamma-függvény elnevezést Adrien-Marie Legendre (1752, Párizs – 1833, Párizs) francia matematikus vezette be 1808-ban.

### Gamma valószínűségi eloszlás

Az  $x$  valószínűségi változó ( $a$ ,  $p$ ) együtthatójú (paraméterű) gamma-eloszlású, ha a sűrűségfüggvény alakja:

$$f(x) = \frac{a^p}{\Gamma(p)} \cdot x^{p-1} \cdot e^{-a \cdot x}, \quad \text{ha } x \geq 0$$

és  $f(x) = 0$ , ha  $x < 0$ , ahol  $a > 0$  és  $p > 0$  állandók. A gamma-eloszlás várható értéke:  $p/a$ , szórásnégyzete:  $p/a^2$ .

### Gauss-eloszlás, Gauss-féle valószínűségi eloszlás

A normális valószínűségi eloszlást szokták röviden normál eloszlásnak, *Gauss*<sup>39</sup>-eloszlásnak is nevezni. Alkalmazásának előnye szimmetrikus voltában és abban rejlik, hogy a *Gauss* valószínűségi eloszlásfüggvényeinek megadásához elég a várható érték ( $m$ ) és a szórási (D(x)) ismerete.

A *Gauss*-eloszlás azt fejezi ki, hogy az  $x$  valószínűségi változó normális eloszlást követ, amely a következő sűrűségfüggvénnyel fejezhető ki (1.23. ábra):

$$p'(x; M(x); D(x)) = f(x; M(x); D(x)) = \frac{1}{D(x) \times \sqrt{2 \times \pi}} \times e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(x-M(x))^2}{D(x)^2}}$$

ahol  $M(x)$  az  $x$  valószínűségi változó várható értéke és  $D(x)$  az  $x$  valószínűségi változó szórási (Hartung et al. 2009, Mosostory 2002, Rényi 1966, Vincze E. 1972, Vincze I. 1958, Vincze I. 1968).

A *Gauss*-eloszlás sűrűségfüggvényének grafikonját alakja miatt haranggörbének is szokás nevezni.

A *Gauss* eloszlás sűrűségfüggvényének fontos tulajdonsága, hogy az  $(M(x) - \lambda \times D(x)) - (M(x) + \lambda \times D(x))$  közötti intervallum – ahol  $\lambda$  az alulmaradási tényező és  $\lambda \times D(x)$  az alulmaradási távolság – a sűrűségfüggvény adott nagyságú görbe-alatti részterületét jelöli ki (1.24. ábra).

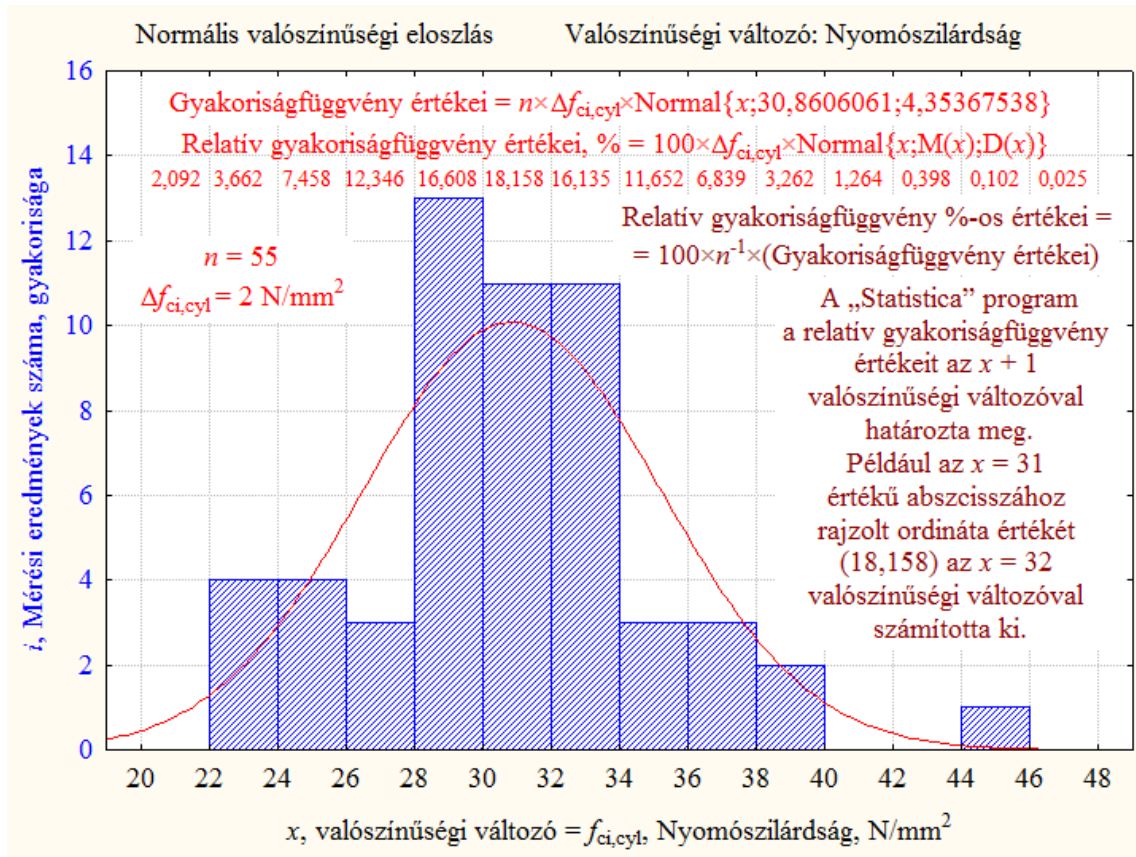
A  $D(x) = \sigma$  szórási  $\lambda = 1,645$ -szeresét az  $M(x) = m$  várható értékből levonva az 5%-os alsó „küszöbértéket” („jellemző értéket”, „karakterisztikus értéket”) kapjuk meg, amelynél kisebb valószínűségi független változó értékek ( $x$ ) előfordulásának valószínűsége 5% (1.24. ábra).

<sup>39</sup> Carl Friedrich Gauss vagy Gauß (1777, Braunschweig – 1855, Göttingen) német matematikus, fizikus, csillagász, geodéta, számos tétel megalkotója. Tevékenysége nagy mértékben hozzájárult a számelmélet, az analízis, a differenciálgeometria, a geodézia, a mágnesség, az asztronómia, az optika fejlődéséhez. Gauss főműve „Disquisitiones Arithmeticae” (Számelméleti vizsgálódások) címmel 1801-ben jelent meg. A normális valószínűségi eloszlást az 1820-as években dolgozta ki. Nevéhez fűződik az abszolút fizikai mértékegységrendszer kidolgozása is (1832), amelyet az alapegységek kezdőbetűi után cgs-mértékrendszernek nevezünk. Nagysága előtt tisztelegve a 2001-ig forgalomban volt német 10 márkás papírpénzt Gauss arcképével, a normális valószínűségi eloszlás görbéjével és függvényalakjával díszítették.

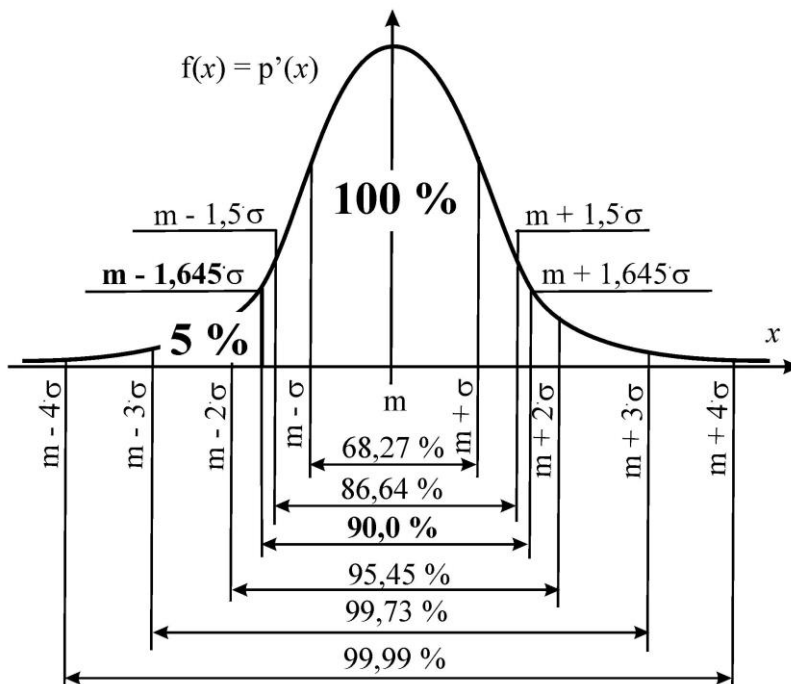


A normális eloszlású  $x$  valószínűségi változó eloszlásfüggvényének alakja a következő:

$$p(x; M(x); D(x)) = F(x; M(x); D(x)) = \frac{1}{D(x) \times \sqrt{2 \times \pi}} \times \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(x-M(x))^2}{D(x)^2}} dx$$

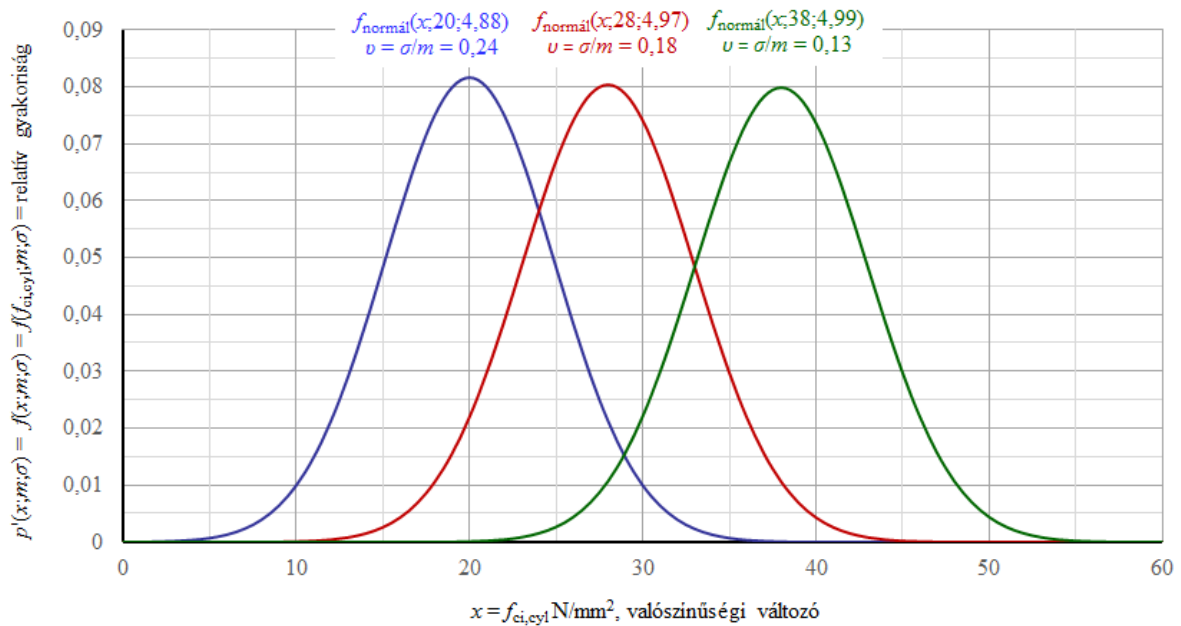


1.23. ábra: Példa a Gauss-féle normális eloszlás hisztogramra rajzolt gyakoriság-, illetve relatív gyakoriságfüggvényére (sűrűségfüggvényére)

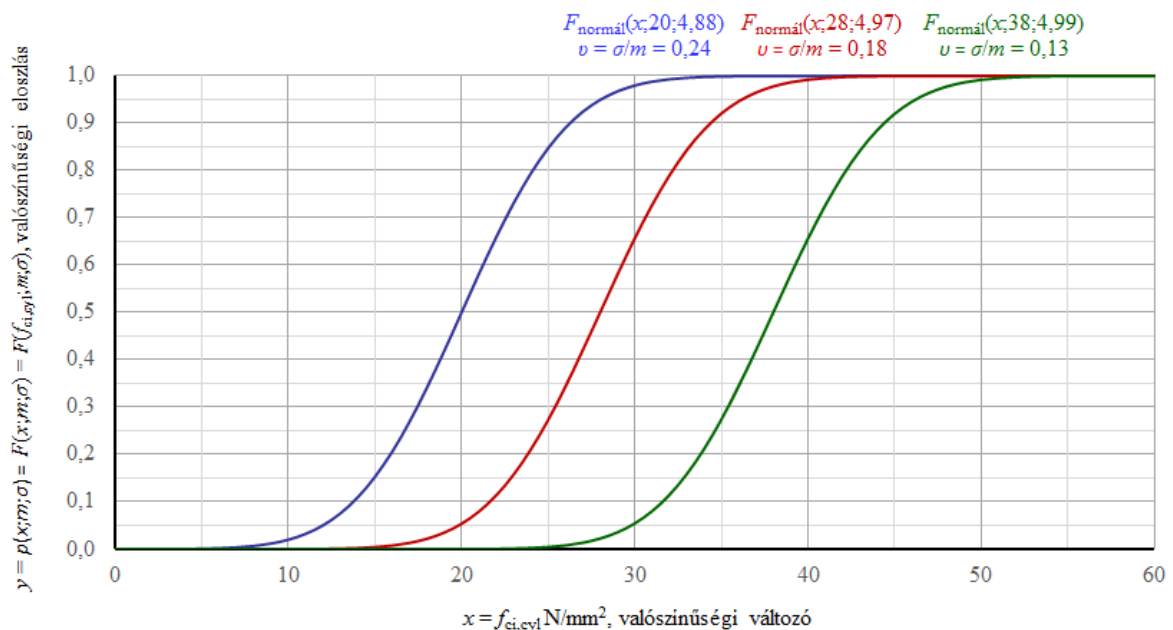


1.24. ábra: Összefüggés az  $\lambda \times \sigma$  alulmaradási tágasság és a Gauss-féle haranggörbe alatti terület nagysága között  $n = \infty$  esetén

Az 1.25. ábrán olyan normális eloszlású sűrűségfüggvények, az 1.26. ábrán pedig ezen eloszlások eloszlásfüggvényei láthatók, amelyek  $D(x) = \sigma$  szórása és a  $v$  relatív szórása megfelel a 20.1.4.4. ábra szerinti  $f(f_{cm})$  Rüsche-féle összefüggésnek



**1.25. ábra:** Példa a beton nyomószilárdsága normális vagy Gauss-eloszlásának sűrűségfüggvényére. Az ábrán szereplő sűrűségfüggvények  $D(x) = \sigma$  szórása és a  $v$  relatív szórása megfelel a 20.1.4.4. ábra szerinti  $f(f_{cm})$  Rüsche-féle összefüggésnek



**1.26. ábra:** Példa a beton nyomószilárdságának normális vagy Gauss-eloszlás eloszlásfüggvényére. A  $D(x)$  szórás és a  $v$  relatív szórás megfelel a 20.1.4.4. ábra szerinti  $f(f_{cm})$  Rüsche-féle összefüggésnek

L. Fischer (1995) szerint a normális eloszlás  $v = 0,2$  relatív szórásig hűen leírja a nyomószilárdság vizsgálati eredmények eloszlását, ennél nagyobb relatív szórás esetén azonban a logaritmikus normális eloszlás alkalmazása javasolt. Rüsche és szerzőtársai (1969) szerint az  $f_{cm} = 25 \text{ N/mm}^2$  értéknél kisebb átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdságának relatív szórása nagyobb, mint  $v = 0,2$  (20.1.4.4. ábra).

Lásd még: Normális valószínűségi eloszlás, Logaritmikus normális eloszlás

### Geofil

Üveghulladékból magyar szabadalom alapján gyártott duzzasztott üvegekavics, más néven habkavics vagy habüveggyöngy márkanéve. Fő alkalmazási területe: könnyűbetonok könnyű adalékanyaga. A Geofil szemek testsűrűsége a gyártástechnológiától függően 500-2000 kg/m<sup>3</sup> közötti érték, amelynek függvényében a 10%-os összenyomódásához tartozó nyomófeszültség a 6 N/mm<sup>2</sup> értéket is elérheti. Felületi bevonattal is gyártják. Alkalmazásával akár LC35/38 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton is készíthető.

### Geopolimer

A geopolimer kalciumban szegény, szilíciumban gazdag pernyéből és metakaolinból készülő alkáli-aktivált kötőanyag, amelynek kalcium-oxid tartalma legfeljebb 10 tömeg%.

A geopolimer elnevezés *Davidovits-tól* (1994) származik (*Dehn et al. 2017*).

Lásd még: ASCEM-kötőanyag

### Gélpórus

A gélpórusok a hidratált cementszemeken belül, a cementgélben helyezkednek el, és a cementgéllal együtt a cement hidratációja folyamán keletkeznek. A cementgél teljesen össze nem növekvő tábla-, lemez-, szálalakú hidratációs termékekből áll, amelyek között a gélpórusok találhatók. A gélpórusok a folyadékokat és a gázokat gyakorlatilag nem eresztik át. A cementhidratáció előrehaladtával a hidratációs termékek mennyisége növekszik, a gélpórusok mennyisége csökken.

A gélpórusok mérete általában 0,001-0,100 μm = 10<sup>-6</sup>-10<sup>-4</sup> mm.

### Gélvíz

A gélvíz az elgőzölhető víz része. Nevét onnan kapta, hogy a cementkő gélpórusainak szabad felületén helyezkedik el.

A gélvíz többnyire egy molekula vastagságnyi rétegben tapad a hidratációs termékek felületéhez fizikai adszorpcióval (folyadék vagy gáz kapcsolódása szilárd test felületéhez), ezért fizikailag kötött víznek is hívják. A gélvíz kötőereje majdnem eléri a kémiailag kötött víz kötődését, ezért e kapcsolatot olykor kémiai adszorpciónak nevezik. A gélvíz a felületén működő nagy felületaktív erők következtében fagyhatás során a gélvíz csak mintegy -78 °C hőmérsékleten fagy meg.

A gélvíz mennyisége és rétegvastagsága a cement hidratációs fokától, a levegő páratartalmától és a belső víznyomástól függ. Minél nagyobb a határfelület és a relatív vízgőznyomás, annál több a fizikailag kötött víz mennyisége. A gélvíz a cement tömegének 10±5%-át teszi ki.

### Globális megközelítés elve

A termékvizsgálat és tanúsítás rendszerének egységesítése érdekében az EU Tanácsa 1993-ban fogadta el a „globális megközelítés” elvét. Ezen elv szerint a direktívák megadják azokat a megfelelőség-értékelési eljárásokat (2013. július 1. előtt megfelelőség igazolási eljárások, 2013. július 1. óta teljesítmény-állandóság felülvizsgálatának és értékelésének rendszere), amely(ek)en egy terméknek át kell esnie ahhoz, hogy bárhol az EU-ban fogalmazható legyen. Ezek az eljárások áru- és irányelv függőek, és ennek megfelelően jelentősen eltérhetnek egymástól. Sokszor elegendő a forgalmazáshoz a gyártó (szállító, importőr) megfelelőségi nyilatkozata az alapvető követelmények kielégítéséről, míg a hibás működéssel nagyfokú veszélyt jelenthető termékek esetében független szerv (tanúsító) általi típus-, illetve gyártási eljárás, teljes minőségügyi rendszer tanúsítása stb. szükséges.

A megközelítés attól globális, hogy minden termékre vonatkozik, amelyre direktívát adtak ki,

tehát a jogilag szabályozott területre. A követelményeknek való megfelelés igazolására a globális megközelítés bevezette a modul-rendszert (Varga 2007). A megfelelés-értékelési modulokat a 93/465/EGK számú tanácsi határozatban, illetve az MSZ 25051:1996 számú szabványban írták elő.

A „globális megközelítés” kifejezést az Európai Közösségek Tanácsának 93/465/EGK számú határozata – a Tanács 1989. december 21-i állásfoglalására hivatkozva – használta, mint amelyet a megfelelés-értékelés során kellett alkalmazni. A határozat szerint a globális megközelítés elvein alapuló műszaki harmonizációs irányelvek hatálya alá tartozó összes ipari terméken szerepelnie kell a CE-jelölésnek, kivéve, ha az egyedi irányelvek másképp rendelkeznek. A CE-jelölés az egyetlen olyan jelölés, amely igazolja, hogy az ipari termék megfelel a globális megközelítés elvein alapuló irányelveknek, írták a 93/465/EGK számú tanácsi határozatban. A megfelelés-értékelés globális megközelítésére a – 305/2011/EU rendelettel hatályát veszített – 93/68/EGK tanácsi irányelv is hivatkozott. A 93/465/EGK számú tanácsi határozatot a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat hatályon kívül helyezte.

A „globális megközelítés” elvét az 1985-ben bevezetett „új megközelítés” elvével együtt kellett alkalmazni.

### **Graaf-Kaufmann készülék**

Vizsgáló eszköz a cementek zsugorodásának – a 40×40×160 mm méretű cementhabarcs *Haegermann*<sup>40</sup>-hasábok zsugorodásának – MSZ 523-5:1975 szabvány szerinti meghatározására.

### **Gradiens**

Valamely mennyiség helytől függő változása (például sebesség-gradiens a sebesség helytől függő változása).

### **Granulálás, granulált anyag, granulátum**

A granulálás latin eredetű szó, a kohászatban „szemekké alakítás”-t jelent, és az így kialakított szemek halmazát granulált anyagnak vagy granulátumnak nevezik. Például granulálással állítják elő a cement-klinkert (klinkergranulátumot): a kiégett, cementgyártási nyersliszt a forgókemencében, 1200 °C feletti hőmérsékleten, a lejtős pályán, a forgás hatására golyóhoz hasonló formájú szemekké áll össze. Ugyancsak granulálással készül a granulált kohósalak: A mintegy 1430 °C hőmérsékletű, vízárammal hűtött, lejtős csatornába juttatott izzón-folyó kohósalakot vízzel hűtik, aminek hatására az üvegesen megdermed, szemekre aprózódik.

### **Grubbs-próba**

A matematikai statisztikában a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálatára és kezelésére többféle módszert dolgoztak ki. E módszerek összefoglaló elnevezése angolul: „Outlier test”, németül: „Ausreißertest” (Csereháti, 2004), (Hartung et al. 2009). A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelyet a vizsgálati eredmények értékelése során a kiugró mért értékek hatásának figyelembevételére az MSZ EN 13791:2019 szabványban alkalmaznak.

---

<sup>40</sup> *Gustav Haegermann* „Prüfung der Zemente, insbesondere nach den Normen” címmel fejezetet írt a Berlinben 1941-ben, a Verlag von Julius Springer kiadónál megjelent *Erich Siebel*: „Handbuch der Werkstoffprüfung” könyvsorozat „Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe” című harmadik kötetébe. Ebben az időben a Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten (Berlin-Karlshorst) laboratórium igazgatója volt. 1964-ben jelent meg a Bauverlag (Wiesbaden, Berlin) kiadásában a „Vom Caementum zum Spannbeton” című könyv *Haegermann* – *Hubert* – *Möll* jegyezte I. kötetében a „Vom Caementum zum Zement” című tanulmánya.

Lásd még: Kiugró értékek próbája, Outlier próba

### **Gyakoriságfüggvény**

Lásd: Sűrűségfüggvény

### **Gyengén hidraulikus kötőanyag**

Gyengén hidraulikus kötőanyag a hidraulikus mész, a románcementnek, római cementnek, vagy égetett márgának is nevezett románmész és a kőműves cementnek is nevezett mészpuccolán, valamennyien mész alapú és az égetés során keletkező kalcium-szilikát és kalcium-alumináttartalomtól függően többé-kevésbé víz alatt is szilárduló kötőanyagok. A hidraulikus meszet 8-10 tömeg% agyagtartalmú márgás mészkőből vagy 10-20 tömeg% agyagtartalmú mészmárgából, a románmeszet 20 tömeg%-nál nagyobb agyagtartalmú márgából égetik. A mészpuccolán alapanyaga porrá oltott fehérmész vagy darabos égetett mész és természetes puccolán, például trasz.

### **Gyengén vasalt beton, illetve gyengén vasalt vasbeton**

Ha a hajlított tartóban oly kevés acélbetét (vasbetét) van, hogy a legnagyobb nyomatékok szakaszán a beton húzott szélső szálánál induló repedésekor reá hátruló húzóerőt felvenni nem tudja, az acélbetét hirtelen megfolyik, esetleg el is szakad. A gyengén vasalt tartók hirtelen törnek, és éppen ezért az ilyen szerkezetek alkalmazását – a rideg törés veszélye miatt – kerülni kell. A gyengén-vasalt szerkezetek nem is tekinthetők vasbetontartónak, tervezésüket a vasbeton méretezési szabványok az acélbetétek legkisebb mennyiségének előírásával kizárják. A gyengén vasalt betonszerkezeteket általában úgy tekintjük, mint tisztán betonból készült szerkezeteket (*Mihailich et al., 1964*).

Gyengén vasalt vasbeton szerkezetnek kell tekinteni azt a szerkezetet, amelyben a teherbírási követelmények kielégítésének igazolása során számításba vehető teljes acélbetét-keresztmetszet kisebb a teherhordó vasbeton szerkezetek méretezése, illetve szerkesztési előírásai szerint szükséges legkisebb mennyiségnél (MSZ 15022-1:1986).

### **Gyűjtőminta**

Az MSZ EN 12350-1:2009 szabvány szerint a gyűjtőminta azon egyes friss beton minták összessége, amelyet a betonkeverékből vagy más friss beton mennyiségéből vesznek és godosan átkevernek.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint a gyűjtőminta az egyedi (egyed) adalékanyag (kőanyaghalmoz) minták egyesített mennyisége.

Lásd még: Minta, vizsgálati minta

### **Haegermann-hasáb, Hägermann-hasáb**

40×40×160 mm méretű, szabványos összetételű (egy tömegrész cement, három tömegrész szabványos homok, fél tömegrész víz), képlékeny konzisztenciájú cementhabarcs keverékből készített próbatest, amelynek alkalmazásával a cementek MSZ EN 196-1:2016 szerinti hajlító-húzószilárdságát és nyomószilárdságát (testszilárdságát), valamint a zsugorodását (*Graaf-Kaufmann* készülékkel) kell meghatározni.

### **Halmazporozitás vagy összporozitás**

A halmazporozitás az anyagsűrűség és a halmazsűrűség különbségének és az anyagsűrűségnek a hányadosa, más szóval a szemhalmoz szemei pórusa és a szemek közötti hézagok térfogatösszegének és az anyag térfogatának hányadosa. A halmazporozitás és az abszolút halmaztömörség összege 1,0. Térfogatarány.



Halmazporozitás = Összporozitás = Porozitás + Hézagterfogat×Tömörség, ahol a Hézagterfogat×Tömörség szorzat az anyagsűrűsége vonatkoztatott hézagterfogat.

$$\begin{aligned} \text{Halmazporozitás} &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} \times \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_A - \rho_H}{\rho_A} = 1 - \frac{V_A}{V_H} = \\ &= 1 - t_{\text{Abszolút halmaztömör}} = 1 - \text{Abszolút halmaztömörség} \end{aligned}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Abszolút halmaztömörség

### Halmazsúly

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogat alatt a halmaz befoglaló ( szemek közötti hézagokkal és a szemekben lévő légpórusokkal, légbuborékokkal, hézagokkal stb. együtt) térfogatát kell érteni.

Mértékegysége: N/m<sup>3</sup>

Lásd még: Halmazsűrűség

### Halmazsűrűség

A halmazsűrűség a szemhalmaz, például az adalékanyag vagy a kőliszt laza (tömörítetlen) halmaza tömegének és teljes térfogatának (beleértve a szemekben lévő pórusokat és a szemek közötti hézagokat is) a hányadosa. Meghatározása az MSZ EN 1097-3:2000 szerint történik. Mértékegysége: kg/m<sup>3</sup>. Jele: ρ<sub>H</sub>.

A cementek hozzávetőleges halmazsűrűsége lazán, ömlesztett állapotban 900-1200 kg/m<sup>3</sup>, berázott (gyengén tömörített) állapotban 1600-1900 kg/m<sup>3</sup>.

### Halmaztömörség

A halmaztömörség (németül: Packungsdichte) a betömörített szemhalmaz halmazsűrűségének és a szemhalmazt alkotó szemek testsűrűségének hányadosa. A halmaztömörség és a hézagterfogat összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$t_{\text{Halmaztömör}} = \text{Halmaztömörség} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_T} = \frac{M/V_H}{M/V_T} = \frac{V_T}{V_H}$$

A legnagyobb halmaztömörségű szemhalmaz idealizált szemmegoszlási görbéjét *Fuller-görbének* nevezzük.

Lásd még: *Fuller-görbe*

### Harmonizált műszaki előírások

A „harmonizált műszaki előírások” az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete szerinti fogalom, amely a harmonizált szabványok és európai értékelési dokumentumok összességét fejezi ki. A harmonizált műszaki előírások célja az építési termékek minőségének (teljesítményének) értékelése.

### Harmonizált szabvány, harmonizált termékszabvány

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének 17. cikke megfogalmazásában a harmonizált szabvány meghatározza az építési termék alapvető jellemzők szerinti minőségének (teljesítményének) értékelésére szolgáló módszereket és feltételeket.<sup>41</sup> A harmonizált szabvány tartalmazza a minőség (teljesítmény állandóságának) értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszer végrehajtásához szükséges valamennyi műszaki részletet.

Harmonizált szabvány csak termékszabvány lehet. A harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő termékek az „alapvető” (2013. július 1. előtt „lényeges”) követelményeket teljesítő építményekbe beépíthetők, és ezért megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők. A CE-jelölést szabályosan viselő termék forgalmazását az EU tagországokban megtiltani, megakadályozni, korlátozni nem szabad. A harmonizált termékszabvány a szabvány szerves részét képező, az „alapvető” („lényeges”) követelményekkel való kapcsolatot tárgyaló ZA mellékletéről ismerhető fel. Magyarországon bevezetett (honosított) európai termékszabvány csak akkor lehet harmonizált, ha az európai forrás szabvány harmonizált. Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabvány nem harmonizált, ezért a betont nem szabad CE-jellel ellátni.

A harmonizált szabvány hatálya alá tartozó építési termékekre vonatkozó megfelelőségi nyilatkozatot (2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozatot) kizárólag a harmonizált szabvány alapján szabad elkészíteni.

A harmonizált szabványokat a 98/34/EK tanácsi irányelv I mellékletében felsorolt európai szabványügyi testületek (CEN, CENELEC, ETSI) dolgozzák ki az Európai Bizottság által a 98/34/EK tanácsi irányelv 6. cikkének megfelelően és a 305/2011/EU számú rendelet 64. cikkében említett, a tagállamok által kijelölt képviselőkből álló építésügyi állandó bizottsággal folytatott konzultációt követően benyújtott kérelmek (megbízások) alapján. A nemzeti szabványügyi testületek feladata gondoskodni a harmonizált szabványok 98/34/EK tanácsi irányelvnek megfelelő átültetéséről.

A harmonizált szabvány fogalmát a termékek piacfelügyeletéről szóló 2012. évi LXXXVIII. törvény a 765/2008/EK számú európai és tanácsi rendeletre hivatkozva értelmezi.

Az újabb honosított (Magyarországon bevezetett) európai termékszabványok (például MSZ EN 12504-2:2013) első oldalán a következő figyelmeztetés olvasható: „a harmonizált szabvány alkalmazása esetén el kell fogadni, hogy az alkalmazó eleget tett az európai jogszabály, illetve annak megfelelő magyar jogszabály azon követelményeinek, amelyekre a szabvány vonatkozik.” Nem szerencsés, hogy ez a figyelmeztetés a nem harmonizált honosított európai szabványok (például MSZ EN 206:2013+A1:2017) címlapján is olvasható.

A harmonizált szabvány – az európai értékelési dokumentum mellett – a harmonizált műszaki előírások alfaja.

Az Európai Bizottság bejelentése szerint, a 1025/2012/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet alapján a harmonizált szabványok fogalma megváltozott. A harmonizáltság, mint

---

<sup>41</sup> Az építési termékekre vonatkozó harmonizált szabványok létrehozásáról és európai műszaki engedélyek kiadásáról eredetileg az 1988. december 21-i 89/106/EGK tanácsi irányelv (direktíva), majd az ezt módosító 1993. július 22-i 93/68/EGK tanácsi irányelv (direktíva) rendelkezett annak érdekében, hogy az építési termékek kereskedelmét gátló technikai akadályokat felszámolják, és ezzel fokozzák a termékek belső piaci szabad mozgását. A 89/106/EGK és az azt módosító 93/68/EGK tanácsi irányelvet (CPD) a 2011. március 9-i 305/2011/EU számú rendelet (CPR) váltotta fel. A 89/106/EGK és 93/68/EGK tanácsi irányelvet építési termék irányelv (CPD) lévén a tagállamokban külön rendelettel – Magyarországon a 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelettel – kellett bevezetni, szemben a 305/2011/EU számú rendelettel, amely európai építési termék rendelet (CPR) lévén a tagállamokban már külön rendelet bevezetése nélkül is hatályos.

fogalom már nem kötődik a hivatalos közlőnyben való publikáláshoz, minden szabvány harmonizáltnak tekintendő, amely bizottsági megbízásra, az uniós jogszabályok alkalmazásának elősegítésére készül. A CE-jelölés használata és a jogszabálynak való megfelelés vélelmezése azonban továbbra is az Unió hivatalos lapjában való közzététől függ. (MSZT Hírlevél, 2015. január; <http://www.mszt.hu/web/guest/fontos-valtozasok-az-europai-szabvanyositas-eljarasaiban>)

### Hasonlóság

Két függvény, illetve görbe vagy felület (például valószínűségi sűrűséggörbe alatti terület) geometriailag (alakzatát tekintve) akkor hasonló, ha „területtartó transzformációval” (egyik, például független változójukat, illetve ilyen irányú méretüket adott arányossági tényezővel szorozva vagy osztva) egymásba átvihetők. A „hasonló” alakzatok nem egybevágóak, hiszen a „területtartó transzformáció” során egyik irányú méretük rövidülése a másik irányú méretük növekedésével jár, és fordítva. Az  $A$  és  $B$  alakzat hasonlóságának szokásos jelölése:  $A \sim B$ .

Lásd még: Egybevágóság, Transzformáció, transzformálás

### Használati élettartam

A használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. Időtartam, amely alatt a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható. A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartam. A használati élettartam fogalma természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idő fogalmával.

### Határfeszültség

A határfeszültség szilárdságtani fogalom, az anyagot – a vizsgált állapotban – tönkretévő feszültség valószínűen várható legkisebb értékét jelenti. A határfeszültséget az igénybevételi mód, az anyagminőség, a tartóméreték szórása, a tervezés, építés, fenntartás körülményei befolyásolják. (Mihailich et al., 1964).

A határfeszültség fogalma az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 4. §. III. fejezete szerint: A határfeszültség az a feszültség, mely a terv szerinti keresztmetszeti tényezők (terület, keresztmetszeti modulus) figyelembevételével a határigénybevétel hatására számítás szerint keletkezik.

Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa, 1980 előtt  $\text{kp/cm}^2$ , jele:  $\sigma_H$

Lásd még: Határigénybevétel, Húzóhatárfeszültség, Nyomóhatárfeszültség, Relatív szórás

### Határigénybevétel

A határigénybevétel fogalma az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 4. §. III. fejezete szerint a következő: A határigénybevétel ( $Y_H$ ) az igénybevételnek azt az alsó határát jelenti, amelynél a különböző számításba nem vett és a teherbírást kedvezőtlenül befolyásoló tényezők halmozódása esetén a vizsgált tartóelem használhatósága megszűnhet, tehát amely mellett a tartóelem tönkremenetelét jelentő feszültségi vagy egyensúlyi állapot már bekövetkezhet. A határigénybevétel nagysága függ a felhasználandó szerkezeti anyagoknak az anyagvizsgálatnál előírt szilárdsági jellemzőitől, ezeknek valószínű szórásától, a szerkezeti elem méreteitől, a tényleges méreteknél a tervezett és számításba vett méretektől lehetséges eltérésétől, az igénybevétel módjától, a tényleg fellépő igénybevételeknek a számítottaktól feltételezhető eltérésétől.

Lásd még: Határfeszültség

**Hatás**

Az MSZ EN 1990:2011 szabványban hatásnak a tartószerkezetre ható terheket (közvetlen hatás) és a kényszer-alakváltozásokat vagy kényszer-gyorsulásokat (közvetett hatás) nevezik. Közvetlen hatást a hőmérséklet-változás, a nedvességtartalom-változás, az egyenlőtlen támaszmozgás vagy a földrengés vált ki. A hatás következménye az igénybevétel. Jele:  $F$

**Hatásos vastagság, elméleti vastagság**

Szerkezeti elem hatásos vastagsága általában a keresztmetszet kétszeres területének és párologni képes kerületének a hányadosa, kétoldalt párologó szerkezet esetén annak vastagsága. Például a beton kúszására van hatással. Jele:  $v_{ef}, h_0$

**Hatékony alkálitartalom**

Hatékony az az alkálitartalom, amely a beton összetevőiből a beton pórusvizében oldódik. Minél nagyobb az alkáliák koncentrációja a pórusvizben, annál lúgosabb a pórusvíz, és annál nagyobb az alkáli-adalékanyag reakció fellépésének veszélye.

**Hatékony kötőanyagtartalom**

Az  $1 \text{ m}^3$  tömör friss betonban lévő cement tömegének és a II. típusú kiegészítőanyag  $k$  hatékonysági tényezővel szorzott tömegének összege (MSZ 4798:2016 szabvány 3.1.2.25. szakasza).

**Hatékony kúszási tényező**

Egyszerűsített kúszási tényező az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.4. szakasza szerint, amely a kúszási tényező végértékének, valamint a használhatósági és a teherbírási határállapot hajlítónyomatékai arányának a függvénye. Jele:  $\varphi_{ef}$

**Hatékony légbuborék**

A megszilárdult betonban a légbuborékoknak (nevezik képzett levegőnek is) – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek névleges átmérője 0,01 mm és 0,30 mm közé esik (MSZ 4798:2016, ÖNORM B 4710-1:2018). A hatékony légbuborékokot mikrolégbuborékoknak is nevezik. A hatékony légbuborékok mennyiségét a beton térfogat%-ában kifejezve  $A_{300}$  vagy német nyelvterületen  $L300$  jellel jelölik.

**Hatékony víz-cement tényező**

A friss beton víz- és cementtartalmának tömegaránya, ha a víztartalmat a keverővíz és az adalékanyag felületi nedvességének összegeként határozzák meg (MSZ 4798:2016). Nevezetlen szám

**Hatékony víztartalom**

A friss betonban lévő teljes víztartalomnak és az adalékanyag által a beton kötése alatt felszívott víztartalomnak a különbsége.

**Hatékonysági tényező**

A II. típusú kiegészítőanyagnak a kötőanyagtartalomba beszámítható hatékony hányada, amelyet a  $k$ -értékkel fejeznek ki (MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.5. szakasza).

**Hármaspont**

A hármaspont olyan hőmérséklet és nyomás, amely találkozási pontja három termodinamikai halmazállapotnak, első közelítésben a szilárd, a folyékony és a légnemű halmazállapotnak.

**Háromtengelyű igénybevétel**

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

**Helmert-eloszlás**

A  $\chi^2$ -eloszlás szinonim elnevezése egyik megalkotójának<sup>42</sup> neve után.

**Hézagterfogat, szemcsék közötti hézagosság**

A hézagterfogat (a betömörített szemhalmaz szemei közötti hézagosság) a szemhalmazban lévő szemek testsűrűsége és a betömörített szemhalmaz halmazsűrűsége különbségének és a szemhalmazban lévő szemek testsűrűségének a hányadosa. A hézagterfogat és a halmaztömörtség összege 1,0. Térfogatarány.

$$\begin{aligned} \text{Hézagterfogat} &= \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_T} = 1 - \frac{V_T}{V_H} = \\ &= 1 - \text{Halmaztömörtség} \end{aligned}$$

Kifejezhető térfogat%-ban is.

Lásd még: Abszolút halmaztömörtség

**Hiba és hibanégyzetösszeg**

A matematikai statisztikában hibának általában egy adatnak az adathalmaz-jellemzőtől való eltérését nevezik.

Ilyen hiba például az együtt értékelt vizsgálati eredmények átlagának (például:  $m_x$ ,  $\bar{x}$ ) és az  $i$ -edik együtt értékelt vizsgálati eredménynek ( $x_i$ ) a különbsége:  $m_x - x_i$ , vagy más szokásos jelöléssel:  $\bar{x} - x_i$ .

Az  $n$  számú együtt értékelt vizsgálati eredmény hibájának négyzetét összeadva a hibanégyzetösszeget kapjuk, például:

$$\sum_{i=1}^n (m_x - x_i)^2 \quad \text{vagy} \quad \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2$$

Szintén ilyen hiba például az  $i$ -edik együtt értékelt független változóhoz ( $x_i$ ) tartozó függő változó mért értékének ( $y_i$ ) és valamely közelítő regressziós függvény  $x_i$  független változóhoz tartozó  $Y_i$  függvényértékének a különbsége:  $y_i - Y_i$ , amely esetben a hibanégyzetösszeg:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2$$

A hibanégyzetösszeg például a szórásszámítás, a regressziószámítás, a korrelációszámítás, a trendvonal-meghatározás alapfogalma.

Lásd még: Standard hiba, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere, Szórás, Regressziószámítás, Korrelációszámítás, Trendvonal

**Hibás teljesítés**

A hibás teljesítés jogszabályi meghatározása annak, ha valaki nem megfelelően teljesíti a szerződést, vagy munkáját kifogásolható módon végzi. A leggyakoribb szerződészegés az, amikor ugyan teljesíti a fél a megállapodásban foglaltakat, de nem megfelelő minőségben vagy nem a megígért tartalommal (Jámbor 2008., Kriston et al. 2016).

---

<sup>42</sup> Friedrich Robert Helmert (1843, Freiberg – 1917, Potsdam) német geodéta, 1872-1886 között acheni és berlini egyetemi tanár, 1887-től a potsdami Porosz Geodéziai Intézet igazgatója. A  $\chi^2$  valószínűségi eloszlás alapjait 1876-ban fogalmazta meg.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 6:157. § (1) bekezdése szerint a kötelezett hibásan teljesít, ha a szolgáltatás a teljesítés időpontjában nem felel meg a szerződésben vagy a jogszabályban megállapított minőségi követelményeknek. Nem teljesít hibásan a kötelezett, ha a jogosult a hibát a szerződéskötés időpontjában ismerte, vagy a hibát a szerződéskötés időpontjában ismernie kellett.

A hibás teljesítéshez kapcsolódó jogkövetkezményeket a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) szavatossági, jótállási és kártérítési szabályai határozzák meg:

- A kötelezett a hibátlan (szerződésszerű) teljesítésért szavatossággal tartozik. A szavatosság nem más, mint a hibátlan teljesítésért való, kimentést nem ismerő, objektív helytállási kötelezettség. A szavatosság magában foglalja a szolgáltatás fizikai hibátlanságát (kellékszavatosság), másrészt pedig a helytállást azért, hogy a szolgáltatás tárgyán a jogosult korlátozásmentes tulajdonjogot vagy más rendelkezési jogot szerezhessen (jogszavatosság).
- A *kellékszavatosság*<sup>43</sup> a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 2. szakasza (Kellékszavatosság) szerint azt jelenti, hogy olyan szerződés esetén, ahol a felek kölcsönös szolgáltatással tartoznak egymásnak, a kötelezett a szavatossági időn belül köteles az esetlegesen felmerült hibákat kijavítani, vagy egyéb módon a hibát elhárítani, a jogosultat a hibáért kompenzálni. A jogosult a felfedezett hibát haladéktalanul köteles a kötelezettel közölni; a közlés késedelméből eredő károkért a jogosult felel.
- A kellékszavatosság objektív felelősség, ezért csak kivételes esetben mentesülhet a kötelezett a hibás teljesítés miatti jogkövetkezmények alól. A kötelezettet a kellékszavatosság attól függetlenül terheli, hogy felelős-e a dolog, szolgáltatás hibájáért (például tudott vagy nem tudott róla), ezért is minősül objektív jogkövetkezménynek, felelősségnek.
- Hibás teljesítés esetén a jogosult kijavítást, kicserélést vagy árleszállítást kérhet, illetve a hibát a kötelezett költségére maga kijavíthatja, kijavíttathatja, vagy a szerződéstől elállhat.  
A jogosult tehát elsődlegesen kijavítást, vagy kicserélést kérhet, kivéve, ha ezek teljesítése lehetetlen, vagy ha a kötelezettnek aránytalan többletköltséget eredményezne, vagy ha a kötelezett azt nem vállalta. Az aránytalan többletköltség megállapításához figyelembe kell venni a szolgáltatás hibátlan állapotban képviselt értékét, a szerződésszegés súlyát és a jogosultnak okozott érdeksérelmet. Amennyiben a kötelezett a kijavítást vagy a kicserélést nem vállalta, vagy megfelelő határidőn belül és a jogosult érdekeinek figyelembe vételével ennek nem tud eleget tenni, vagy ha a jogosultnak a kijavításhoz vagy kicseréléshez fűződő érdeke megszűnt az ellenszolgáltatás arányos leszállítását igényelheti, a hibát a kötelezett költségére maga kijavíthatja vagy mással kijavíttathatja (kijavítási költségigényét érvényesíti), vagy a szerződéstől elállhat. Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy elállásnak jelentéktelen hiba miatt nincs helye.
- A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 4. szakasza 6:171. § (1) bekezdése szerint aki a szerződés teljesítéséért *jótállást* vállal vagy jogszabály alapján jótállásra köteles, a jótállás időtartama alatt a jótállást keletkeztető jognyilatkozatban vagy jogszabályban foglalt feltételek szerint köteles helytállni a hibás teljesítésért. Mentesül a jótállási kötelezettség alól, ha bizonyítja, hogy a hiba oka a

<sup>43</sup> Kellék alatt a szerződés tárgyát érthetjük.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 3. szakasza a termékszavatosságról szól, termék alatt eladott ingó dolgokat értve. Ebből következik, hogy a Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 2. szakasza szerinti kellékszavatosság az ingatlan dolgokra (vagy azokra is) vonatkozik.

teljesítés után keletkezett. A 6:173. § (2) bekezdése szerint a jótállási igény érvényesítésére egyebekben a kellékszavatossági jogok gyakorlására vonatkozó szabályokat kell megfelelően alkalmazni.

- A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) XXIV. fejezetének 5. szakasza 6:174. § (1) és (2) bekezdése szerint a kötelezett köteles megtéríteni a jogosultnak a *hibás teljesítésből eredő kárát*, kivéve, ha a hibás teljesítést kimenti. A hibás teljesítéssel a szolgáltatás tárgyában bekövetkezett károk megtérítését a jogosult akkor követelheti, ha kijavításnak vagy kicserélésnek nincs helye, vagy ha a kötelezett a kijavítást vagy a kicserélést nem vállalta, e kötelezettségének nem tud eleget tenni, vagy ha a jogosultnak a kijavításhoz vagy kicseréléshez fűződő érdeke megszűnt.

A *betonépítést* tekintve például hibás teljesítésnek minősül valamely transzportbeton-szállítási kötelezettségnek arra a transzportbeton-szállítmányra vonatkozó teljesítése, amelynek az átadás-átvételi eljárása során az MSZ 4798:2016 szabvány szerint készített, tárolt, és a követelményekhez illeszkedő módon vizsgált próbatestek valamely vizsgálati eredménye alapján megállapítható, hogy a szóban forgó friss beton szállítmány a szerződésben szereplő minőségi követelménynek nem felel meg. Ebben az időben a betongyártótól piaci terméként megvásárolt és átvett, a szerkezetbe beépített monolit beton már legalább 28 napos, és a kivitelező tulajdonát képezi vagy kezelésében áll. A kivitelező ezen az alapon érvényesítheti a betongyártó felé a szavatossági kötelezettség teljesítése iránti igényét.

Kívül esik a betongyártó szavatossági kötelezettségén, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány tárgyán a szerkezet állapotának vizsgálati eljárása. Előfordulhat, hogy a beépített beton szilárdsági vagy alakai állapotát a beruházó, a tervező, a műszaki ellenőr vagy maga a kivitelező szemrevételezés alapján megvizsgálni tartja szükségesnek. Aggodalomra például bedolgozási hiányosságok, cementpép kiválások, töppedések, porózus szövetszerkezetű felületek, repedések megjelenése adhat okot. Ilyenkor első lépés a hibagyanús helyek pontos felmérése, roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzése, kismintás szövetszerkezeti (például cementtartalom) vizsgálat elrendelése lehet, amelyek eredménye alapján lehet például a roncsolásos szilárdságvizsgálathoz való magfúrások szükségességét illetően határozni. A kapott eredmények birtokában a szerkezet szilárdságtani, állékonysági megfelelőségének vagy meg-nem-felelőségének megállapítása a tervező statikus felelőse, aki meg-nem-felelőség esetén a szerkezeti rész megerősítését, netán a bontását és újrakészítését is szükségesnek tarthatja. Ennek az eljárásnak azonban a kivitelező a kötelezettje, és a vele szerződésben lévő megbízó (például beruházó, építménytulajdonos) a jogosultja.

Lásd még: Betontermék, Ingatlan, Ingó, Transzportbeton

## Híd

A két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd; a két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: átereszt (1988. évi I. tv. 47. § j. pont).

## Hidralizál

Ha vizes oldatban hidroxil-csoportot fogad be a só molekula, akkor azt mondjuk, hogy hidralizál. Például a kalcium-oxid (oltott mész) vizes oldatban hidralizál, és kalcium-hidroxiddá válik:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$

## Hidraulikus tulajdonság

Hidraulikus tulajdonság a cementnek az a tulajdonsága, hogy reakcióképes szilícium-dioxid-tartalmánál jelentősen nagyobb mennyiségű méshidráttartalmának köszönhetően, víz hatására, víz alatt is, önmagában szilárdulni képes. A hidraulikus tulajdonságú anyag, így a cement méshidraulikus modulusa:  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \geq 1,5$ .

## Hidraulit, hidraulikus kiegészítőanyag

Hidraulitnak vagy hidraulikus kiegészítőanyagának a puccolános és a rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú anyagok összességét nevezik. A hidraulitok amorf, üveges szerkezetű anyagok. (Palotás 1979)

### Hidrát

Hidrátok a hidrátképződéssel és nem hidratációval képződött molekulák, illetve vegyületek elnevezése. A hidrátokban a vízmolekulák az ionokhoz, atomokhoz vagy molekulákhoz mellékvegyértékkel kapcsolódnak. A szilárd hidrátok a vizet ún. kristályvíz formában, sztöcetriai arányban tartalmazzák. Azokat a vegyületeket, amelyekben a hidrogén és oxigén atomok aránya 2:1 – mint például a szénhidrátokban – nem sorolják a hidrátok közé. A mészhidrát (oltott mész, kalcium-hidroxid,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) sem hidrát – tehát a mészhidrát elnevezés helytelen –, mert nem kristályvizet, hanem konstitúciós vizet tartalmaz.

### Hidrid

A hidridek a hidrogén két elemből vagy összetevőből álló (biner) vegyületei fémekkel vagy nemfémekkel. A hidridek csoportjai a következők (Neumüller et al. 2. kötet 1982):

- *Kovalens hidridek* a nemfémek (a periódusos rendszer IV.-VII. főcsoportjának elemei), valamint a bór és a gallium hidrogénnel alkotott biner vegyületei. Ezeket illékony vagy gázhalmazállapotú hidrideknek is nevezik. Kovalens hidridek például a szénhidrogének, a szilícium-hidrogének, a boránok, az ammónia ( $\text{NH}_3$ ), a foszfin, a víz ( $\text{H}_2\text{O}$ ), a hidrogén-halogenidok. A hidrogén ezekben a vegyületekben többnyire elektron-pozitív, de a vegyületek apolárisak.
- *Elektrovalens hidridek* a periódusos rendszer III. főcsoportja egyes elemeinek hidrogénnel alkotott biner vegyületei, mint például a lítium-hidrid ( $\text{LiH}$ ), a nátrium-hidrid, a kálium-hidrid, a kalcium-hidrid ( $\text{CaH}_2$ ). Az elektrovalens hidridek többnyire szilárd, sószerű anyagok, amelyekben a hidrogén elektron-negatív tulajdonságú.
- *Fémes hibrideket* a periódusos rendszer mellékcsoportjainak elemei képeznek. Összetevőik nincsenek sztöchiometriai arányban, és a hidrogén atomokat a kristályrács fellazulása révén veszik fel. Így magyarázható a hidrogén oldhatósága sok fémekben. Egy térfogategységnyi vas például 19 térfogategységnyi hidrogént képes oldani és részben atomrácsába építeni.
- *Nagypolimerizációs hidrideket* a periódusos rendszer II. és III. főcsoportjainak néhány eleme alkot. Ebbe a csoportba tartozik például az alumínium-hidrid.

### Hidrodinamikai permeabilitás, áteresztőképesség

A permeabilitás latin eredetű szó (permeare = áteresztetni, permeabilis = áteresztő).

A permeabilitás több jelentésű szó, a betonanyagtanban elsősorban mint áthatolás, áteresztőképesség, átocsátóképesség hidrodinamikai fogalomként értelmezhető.

A „hidrodinamikai” jelző a szóban forgó permeabilitást megkülönbözteti a mágneses permeabilitás fogalmától. A hidrodinamikai permeabilitás folyadékok és gázok hártán, anyagon való áthatolását, a folyadék- és gáz-áthatolóképességet, az anyag folyadék- és gáz-áteresztőképességét kifejező fogalom. A hidrodinamikai permeabilitás fizikailag nem más, mint az áteresztő hártán keresztül létrejövő diffúzió.

Ha a hártya fél-áteresztő, akkor ozmózisról beszélünk.

A permeabilitás ( $k$ ) mértékegysége a darcy. 1 darcy permeabilitású az a közeg, mely 1 mPa·s dinamikai viszkozitású folyadékot 1 atm/cm nyomásgradiens mellett 1  $\text{cm}^3/\text{s}$  intenzitással enged keresztül (1 darcy =  $9,869233 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ ).

A beton és vasbeton szerkezetek betonjának helyszíni vizsgálatára elterjedt a Germann-típusú víz-permeabilitás (GWT) és a Torrent-típusú lég-permeabilitás vizsgáló készülék (Varga, 2004). A beton helyszíni lég-áteresztőképesség (lég-permeabilitás) vizsgálatát a svájci SIA 262/1:2019



műszaki előírásban elő is írták, és abban a vizsgálati módszer leírása is megtalálható (*Jakobs et al.*, 2009). A nedvesség és a technológiai jellemzők hatását a lég-permeabilitásra például *Gräf* és *Grube* (1986) vizsgálta.

Lásd még: Permeabilitási együttható, *Darcy*-féle törvény, diffúzió, migráció, ozmózis

### Hidrogénion

A hidrogén-atomból, amely egy protonból és egy elektronból áll, az elektron leszakadása után visszamaradó egy vegyértékű ion, a hidrogén-atom magja ( $H^+$ , proton).

### Hidrogénion-koncentráció, hidrogénion-aktivitás, pH-érték, pH-skála

A hidrogénion-koncentráció<sup>44</sup> lényegében egy liter ( $dm^3$ ) vizes híg oldatban lévő hidrogénionok mol-ban kifejezett mennyisége. A pH-érték adott oldat kémhatását (savasságát vagy lúgosságát) jellemzi.<sup>45</sup>

Híg vizes oldatokban a hidrogénion-koncentráció a hidrogénionok molban kifejezett koncentrációja, semleges kémhatású vízben  $10^{-7}$  mol/ $dm^3$ , savanyú oldatban ennél nagyobb (például  $10^{-4}$  mol/ $dm^3$ ), lúgos oldatban kisebb (például  $10^{-12}$  mol/ $dm^3$ ). A gyakorlatban a hidrogénion-koncentráció ( $a_H$ ) helyett általában annak negatív logaritmusát (a 10-es alap negatív hatványkitevőjét) adják meg ( $pH = -\log_{10} H^+$ ), amelyet pH-értéknek neveznek (p = potencia, azaz hatvány latinul). A pH-érték savanyú oldatban  $pH < 7$ , lúgos oldatban  $pH > 7$ .

A tömeghatás fizikokémiai törvényének értelmében egyensúlyban az ionok koncentrációjának szorzata állandó, így szobahőmérsékleten a víz esetén a hidrogénion ( $H^+$ ) és hidroxilion ( $OH^-$ ) koncentrációjának szorzata mindig  $10^{-14}$  (például, ha  $konc_{H^+} = 10^{-6}$  és  $konc_{OH^-} = 10^{-8}$ , akkor  $10^{-6} \times 10^{-8} = 10^{-14}$ ).

A pH-érték valójában a hidrogénion-aktivitástól ( $a_{H^+}$ , molar hydrogenion activity) függ, ami töményebb oldatokban nem egyenlő a hidrogénion-koncentrációval. Tömény oldatok esetén a pH-t a hidrogénion-aktivitás segítségével fejezzük ki ( $pH = -\log_{10} a_{H^+}$ ).

A hidrogénion-aktivitást a koncentrációból az aktivitási együttható (szorzó) segítségével kaphatjuk meg, amely 0 és 1 közé eső viszonyszám, és számos tényezőtől, köztük a hidrogénion-koncentrációtól függ.

Kis hidrogénion-koncentráció mellett az aktivitási együttható magas, értéke jó közelítéssel 1. Így híg oldatban a hidrogénion koncentráció megegyezik a hidrogénion aktivitással, és a pH-érték közvetlenül számolható a koncentrációból.

A pH-érték pontos eredményt adó elektropotenciometriás mérése például az ISO 4316:1977, az MSZ EN ISO 10523:2012, az MSZ 1484-22:2009 szabvány szerint végezhető. Az indikátor papírral (lakmuszpapírral) és összehasonlító pH-skálával (*I.11. ábra*) történő tájékoztató pH-érték mérési módszer leírása az MSZ 260-4:1971 szabványban található.

<sup>44</sup> Koncentráció alatt összetételi arányt, jelen esetben anyagmennyiség-koncentrációt, azaz térfogategységnyi ( $dm^3$ ) vizes oldatban lévő moláris tömegű oldott hidrogénion mólokban kifejezett kémiai anyagmennyiséget kell érteni.

<sup>45</sup> A pH-érték fogalmát *Søren Peter Lauritz Sørensen* (1868, Havrebjerg – 1939, Charlottenlund) dán biokémikus vezette be. Tanulmányait a Koppenhágai Egyetemen 1881-ben fejezte be, ahol 1899-ben Ph.D. fokozatot szerzett. Egyetemi tanulmányait követően a Koppenhágai Műszaki Egyetemen kutatója, majd 1901-től 1938-ig a Carlsbergi sörgyár támogatását élvező Carlsberg-Laboratorium kémiai osztályának vezetője volt. Nevéhez több jelentős kutatási eredmény fűződik, a pH-érték skáláját 1909-ben alkotta meg (Sørensen, S. P. L.: „Enzymstudien. II: Mitteilung. Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkoncentration bei enzymatischen Prozessen”. *Biochemische Zeitschrift*, 1909. 21, pp. 131–304.).

	pH érték	Az H <sup>+</sup> ionok arányszáma			
<b>SAVAS</b> Az H <sup>+</sup> ionok túlsúlya (A lakmuszpapírt pirosra színezi)	0	10 <sup>0</sup>	10 000 000		A <b>Hidrogénionok (H<sup>+</sup>)</b> koncentrációja 10 szerez 100 szoros ...10 000 000 szoros a hidroxidionokhoz képest.
	1	10 <sup>-1</sup>	1 000 000		
	2	10 <sup>-2</sup>	1 00 000		
	3	10 <sup>-3</sup>	10 000		
	4	10 <sup>-4</sup>	1000		
	5	10 <sup>-5</sup>	100		
<b>SEMLEGES</b> (A lakmuszpapír lila)	7	10 <sup>-7</sup>	0		H <sup>+</sup> = OH <sup>-</sup> ionok aránya megegyezik
<b>LÚGOS</b> Az OH <sup>-</sup> ionok túlsúlya (A lakmuszpapírt kékre színezi)	8	10 <sup>-8</sup>	10		A <b>hidroxidionok (OH<sup>-</sup>)</b> koncentrációja 10 szerez 100 szoros .... 10 000 000 szoros a hidrogénionokhoz képest.
	9	10 <sup>-9</sup>	100		
	10	10 <sup>-10</sup>	1000		
	11	10 <sup>-11</sup>	10 000		
	12	10 <sup>-12</sup>	100 000		
	13	10 <sup>-13</sup>	1 000 000		
	14	10 <sup>-14</sup>	10 000 000		
	pH érték	Az OH <sup>-</sup> ionok arányszáma			

1.11. ábra: pH-skála ([http://www.lugositas.info/ph\\_ertek\\_savak\\_lugok\\_sok](http://www.lugositas.info/ph_ertek_savak_lugok_sok))

Lásd még: Lakmuszpapír, Anyagmennyiség-koncentráció

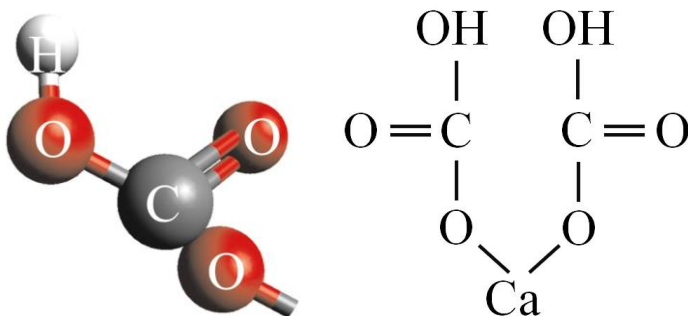
### Hidrogén-karbonát, hidro-karbonát, bikarbonát

A hidrogén-karbonátiont (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tartalmazó vegyületek elnevezése, amelyeket hidro-karbonátoknak is neveznek (1.12. ábra). A bikarbonát a hidrogén-karbonátok elavult neve.

A hidrogén-karbonátok a szénsav (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) bázisos (lúgos) sói. Például a kalcium-hidrogén-karbonát (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), amely bázisos só, kevés szénsav (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) és sok kalcium-karbonát (CaCO<sub>3</sub>) egymásra hatásából keletkezik.

A víz változó keménységét (karbonát-keménységét) a vízben oldott kalcium-hidrogén-karbonát (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) és magnézium-hidrogén-karbonát (Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) mennyisége határozza meg.

Lásd még: Bázisok



1.12. ábra: Hidrogén-karbonátion (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) és kalcium-hidrogén-karbonát (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) kémiai szerkezete

### Hidrolízis

Kémiai folyamat, amelyben a víz az egyik reakciópartner. Ha sót vízben feloldunk, akkor a víz összetevői (OH<sup>-</sup> és H<sup>+</sup>) a felbomlott sómolekula töredékeihez kapcsolódnak. Ha erős bázis és gyenge sav sóját (például nátrium-karbonátot, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) oldjuk vízben, a savmaradék (például CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) a protonnal (H<sup>+</sup> hidrogénionnal) gyenge savvá (például szénsavvá, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) egyesül, az oldat a hidroxidionok (OH<sup>-</sup>) révén bázikus kémhatású lesz. Ha erős sav és gyenge bázis

sója (például ammónium-klorid,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) hidrolizál, a hidroxidionok ( $\text{OH}^-$ ) megkötésével gyenge bázis keletkezik, a megmaradt protonok ( $\text{H}^+$ ) miatt az oldat savas kémhatású lesz.

A hidrolízis szinonímája a protolízis, a hidrolízis a régebbi, a protolízis az újabb kifejezés.

### Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága

Az Eurocode szabvány alapján tervezett közúti hidak építésére alkalmas – az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 2.1. táblázata szerint a tartószerkezeti betonok tervezési élettartam szerinti 5. osztályába tartozó – 100 év tervezési élettartamú tartószerkezeti betonokat hídszerkezeti betonoknak nevezzük.

A tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága fogalmának címszava alatt mondottak a hídszerkezetek betonjának nyomószilárdságára is érvényesek.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány

- 2.4.2.4. szakaszának 2.1.N táblázata szerint a tartós és ideiglenes beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek betonjának biztonsági (parciális) tényezője osztott biztonsági tényezős méretezési eljárás esetén  $\gamma_c = 1,5$  értéket veszi fel, és
- 3.1.6. szakaszához tartozó NA8.1. nemzeti előírás szerint a tartós terhelések hatás tényezőjének értéke 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén  $\alpha_{cc} = 0,85$ ,

amely értékek alkalmazásával a tartószerkezeti betonok tapasztalati (mért) nyomószilárdsága – a *tartószerkezet tervezése során* – számításba vett átlagértékének

$$f_{cm,cyl,test} - 8 = f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \left\lceil \left( \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \right\rceil \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

összefüggése a hídszerkezeti betonok esetén a következő alakot veszi fel:

$$f_{cm,cyl,test} - 8 = f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \left\lceil (1,765 \times \sigma_{cu}) \right\rceil \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

ahol:

$f_{cm,cyl,test}$  = a  $\varnothing 150 \times 300$  mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának a *hídszerkezet tervezése során számításba vett* átlagértéke, [N/mm<sup>2</sup>]

a többi jel tartalma pedig megegyezik a tartószerkezeti betonok nyomószilárdságának tárgyalása során használtakéval.

Vegyünk egy példát: Ha  $\sigma_{cu} = 16,5$  N/mm<sup>2</sup>, akkor  $f_{cd} = 29,1$  N/mm<sup>2</sup>, majd  $f_{ck,cyl} = 30,0$  N/mm<sup>2</sup> és  $f_{cm,cyl} = 38,0$  N/mm<sup>2</sup>. E beton Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata értelmében: C30/37. A példabeli hídszerkezeti beton akkor sorolható az Eurode 2 szerinti C30/37 nyomószilárdsági osztályba, ha a mért (tapasztalati) nyomószilárdságának átlaga ( $f_{cm,cyl,test}$ ) eléri az előírt  $f_{cm,cyl} = 38,0$  N/mm<sup>2</sup> értéket.

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D melléklete szerint kísérlettel – mint például a szabvány D3. fejezetében említett, a leszállított termékek azonosítása vagy minőségellenőrzése, illetve a gyártási jellemzők egyenletességének ellenőrzése, vagy a megépült tartószerkezet, tartószerkezeti elemek viselkedésének megismerése vagy ellenőrzése céljából végzett vizsgálatokkal – segített tervezés esetén a mért anyagjellemzők vagy modellparaméterek értékeléséhez figyelembe kell venni az eredmények szórását, a kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanságot és az előzetes statisztikai ismereteket (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány D5. fejezete).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza szerint a vizsgálati eredményekből az  $f_{ck,cyl,test}$  tapasztalati jellemző értékét az

$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} \times (1 - k_n \times v)$$

összefüggéssel kell meghatározni, ahol:

$v = s_{rel} = s/f_{cm,cyl,test}$  a relatív szórás (variációs tényező, jele az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban:  $V$ )

$s =$  szórás, [N/mm<sup>2</sup>]

$k_n =$  a  $v$  relatív szórás ismert vagy ismeretlen voltának és a vizsgálati eredmények  $n$  számának függvényét képező alulmaradási tényező. Értéke nem egyenlő a *Student*-tényező értékével:  $k_n \neq t_n$ .

Ez az összefüggés formailag megegyezik a visszavont MSZ 15022-1:1971 és a korabeli többi szabványban, szabályzatban a jellemző érték kiszámítására használt  $K_{minősítési} = K_m \times (1 - t \times v)$  összefüggéssel, de a különféle szabványok, előírások formailag megegyező összefüggései is eltérő eredményekre vezetnek, ha az alulmaradási tényezőt, illetve az alulmaradási tágasságot nem egyformán értelmezik.

Az alulmaradási tényező értékei ismert  $v$  relatív szórás esetén az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza alatt a D1. táblázat felső sorában, ismeretlen  $v$  relatív szórás esetén annak alsó sorában található.

Az MSZ EN szabványrendszer sajátága, hogy az MSZ EN 206 betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt átlagos nyomószilárdság ( $f_{cm,cyl,(MSZ EN 206)}$ ) nem azonos az ugyanolyan jelű Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályhoz tartozó előírt átlagos nyomószilárdsággal ( $f_{cm,cyl,(MSZ EN 1992-1-1)}$ ), azaz  $f_{cm,cyl,(MSZ EN 206)} \neq f_{cm,cyl,(MSZ EN 1992-1-1)}$ . Amíg a példabeli C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton előírt átlagos nyomószilárdsága az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerint  $f_{cm,cyl,(MSZ EN 1992-1-1)} = f_{ck,cyl} = 30,0 + 8 = 38,0$  N/mm<sup>2</sup>, addig az ugyancsak C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton MSZ EN 206 és az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti előírt átlagos nyomószilárdsága  $f_{cm,cyl,(MSZ EN 206)} = f_{ck,cyl} = 30,0 + 4 = 34$  N/mm<sup>2</sup>.

A nyomószilárdság elérendő (előírt) átlagértékének ( $f_{cm,cyl}$ ) azért van jelentősége, mert a betontechnológus az előírt átlagos nyomószilárdság alapján határozza meg a gyártásba veendő beton összetételét. Az MSZ EN 206 szabvány, illetve az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti előírt átlagos nyomószilárdságú ( $f_{cm,cyl,(MSZ EN 206)}$ ) beton összetételénél fogva nem alkalmas az Eurocode 2 szabvány (MSZ EN 1992-1-1) szerinti, ugyanolyan jelű nyomószilárdsági osztályhoz tartozó előírt átlagos nyomószilárdságú ( $f_{cm,cyl,(MSZ EN 1992-1-1)}$ ) beton készítésére, mert beépítése esetén a beton szilárdsága és a szerkezet biztonsági tényezője kisebb, használati élettartama rövidebb lesz. tulajdonságai elmaradnak a hídszerkezeti beton szükséges tulajdonságaitól.

Ez abban is megmutatkozik, hogy amíg az 5%-os küszöbértékű, a megfelelőség határán lévő nyomószilárdságú betonok MSZ EN 1992-1-1 szerinti átadás-átvételi valószínűsége mintegy 50:50%, addig a szintén 5%-os küszöbértékű, a megfelelőség határán lévő nyomószilárdságú betonok MSZ EN 206 szabvány és az MSZ 4798 szabvány alapszövege szerinti átadásának, illetve átvételének valószínűsége 70% körüli, és az átvétel visszautasításának valószínűsége csupán 30% körüli érték,

Ezért a hídszerkezeti betonok nyomószilárdságát nem az MSZ 4798 szabvány O melléklete, hanem P melléklete szerint kell értékelni, következésképpen ennek megfelelő minőségű betont kell a hídszerkezetek építéséhez megrendelni és a hídszerkezetbe beépíteni. Az ilyen beton jelében a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC<sub>50</sub>(H) jelet. A példabeli C30/37 nyomószilárdsági osztályú betont ebben az esetben a gyártó nem  $f_{cm,cube} \geq f_{ck,cube} + 4$  N/mm<sup>2</sup>, hanem a C30/37 AC<sub>50</sub>(H) minőséghez tartozó  $f_{cm,cube} \geq f_{ck,cube} + 6$  N/mm<sup>2</sup> átlagos nyomószilárdsággal fogja legyártani, amely esetben a beton szilárdsága megközelítheti az MSZ 1992-1-1 Eurocode szabvány szerinti hídszerkezeti betonok tervezett szilárdságát. Ha a hídszerkezeti betonok tapasztalati nyomószilárdságának jellemző értékét a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórásának felhasználásával számítják ki, akkor a számításához alulmaradási tényezőként az MSZ 4798 szabvány NAD P1. táblázatában található Student-tényezőket kell használni.

Lásd még: Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága, Tervezési élettartam

### Hipergeometrikus valószínűségi eloszlás

Annak valószínűsége, hogy az  $N$  elemű,  $M$  nem megfelelő elemet tartalmazó halmazból visszatevés nélküli reprezentatív mintavétellel nyert  $n$  elemű mintában a nem megfelelő elemek száma  $k$ , a  $P_k$  hipergeometrikus valószínűségi eloszlással számítható ki:

$$P_k = \frac{\binom{M}{k} \cdot \binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

ahol  $k = 0, 1, 2, \dots, n$  és a zárójelben a binomiális együtthatók.

A hipergeometrikus eloszlást e könyvben az OC-görbe levezetéséhez használtuk.

Lásd még: Binomiális valószínűségi eloszlás, OC-görbe.

### Hiszterézis hurok

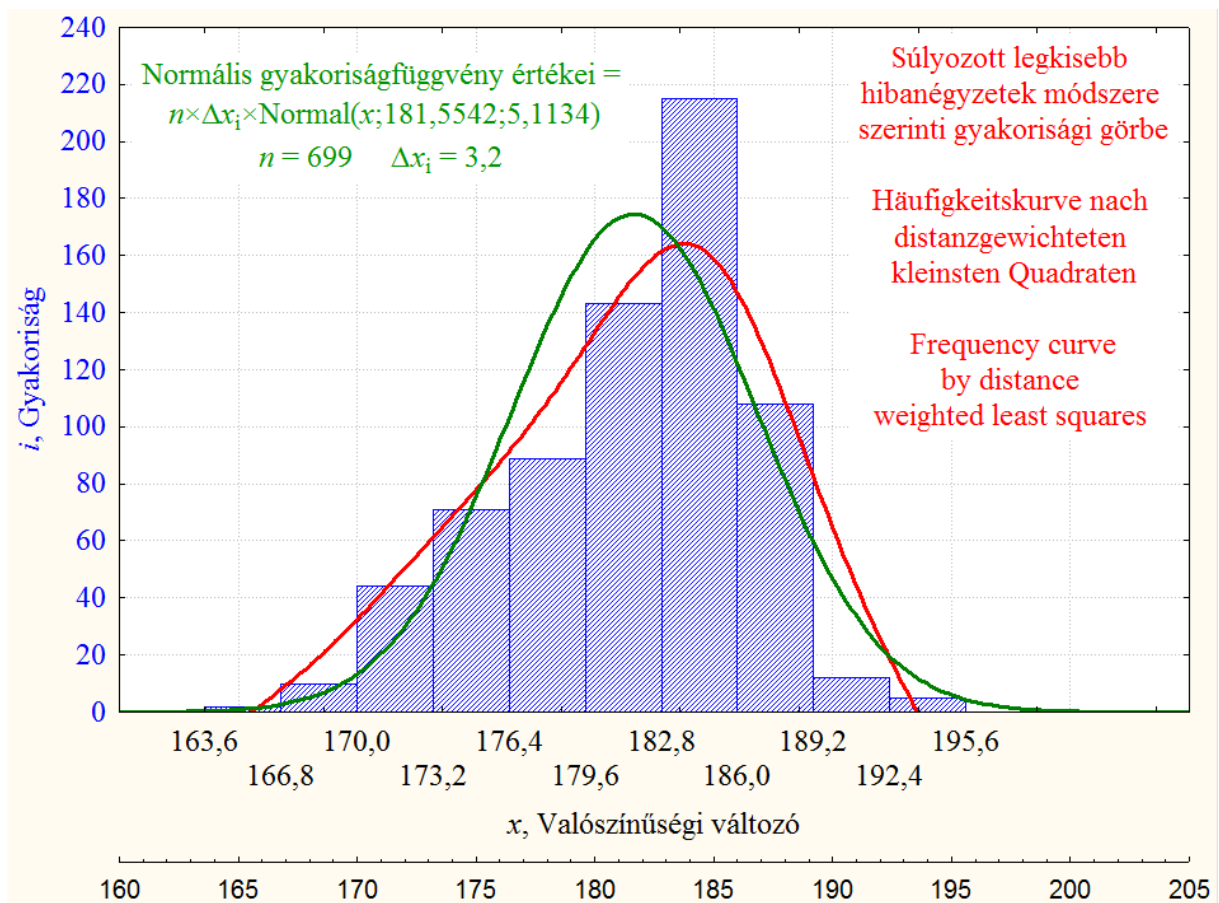
Az ismételt terhelés – tehermentesítés hatására a feszültség-alakváltozási diagramon ( $\sigma$ – $\varepsilon$  görbén) jelentkező hurok, amelynek átlója az első ismétlések során közel párhuzamos a  $\sigma$ – $\varepsilon$  görbe arányossági határ alatti lineáris szakaszával, majd az ismétlődések számának növekedésével hajlásszöge egyre inkább csökken. A hiszterézis hurok felszálló ága érintője hajlásszögének vagy a hurok átlója hajlásszögének az iránytangense a tehermentesítési rugalmassági modulus ( $E_b$ ), amely a  $\sigma$ – $\varepsilon$  görbe adott pontjához tartozik.

### Hisztogram

A hisztogram egy rendezett minta előre kitűzött változó-tartományaiba eső elemek számát vagy gyakoriságát ábrázolja. A hisztogram hasábjainak szélessége a változó-tartományt, magassága az abszolút vagy relatív gyakoriságot ábrázolja.

Az  $x$  abszcissza tengely felosztására nincs pontos szabály, de az osztáspontok megválasztása általában akkor szerencsés, ha minden  $(x_{i+1} - x_i)$  intervallumba körülbelül  $\sqrt[3]{n}$  mintaelem jut, ahol  $n$  a mintaelemek száma.

A vizsgálati eredményeket a hisztogram alapján körülményes értékelni, ezért arra gyakoriságfüggvényt vagy gyakorisági görbét szokás fektetni. A gyakorisági görbe jól szemlélteti a vizsgálati eredmények eloszlásának ferdeségét (1.13. ábra).



**1.13. ábra:** Példa a hisztogramra rajzolt szimmetrikus normális eloszlású gyakoriságfüggvényre és a súlyozott legkisebb hibanégyzetösszegek módszere szerinti balra ferde gyakorisági görbére. Itt a súlyozás a hisztogram értékének ( $y_i$ ) és a gyakoriságfüggvény  $Y$  értékének a különbsége ( $y_i - Y$ ), mint távolság (hiba) szerinti súlyozásra vonatkozik.

Lásd még: Normális eloszlás, logaritmikus normális eloszlás, ferde eloszlás

### Hooke-törvény

A Hooke<sup>46</sup>-törvény szerint a szilárd anyagok alakváltozása és a vele kapcsolatos feszültség összefüggése az arányossági határig lineáris. Az arányossági tényező a kezdeti rugalmassági modulus ( $E_0$ ). A feszültség megszűnésekor az alakváltozás is megszűnik, a test tökéletesen visszanyeri eredeti alakját, tehát a rugalmas tartományban nincs maradó alakváltozás.

### „Huckepack-transport”

A „huckepack-transport” az áruszállítási ágazattól kölcsönzött kifejezés, ahol kombinált szállítási rendszert jelent (például az egyik közlekedési alágazat szállítójárművein továbbítják a másik közlekedési alágazat szállítójárműveit).

Az anyagtanban a vízben oldott ionok, például az acélbetét korrózióját okozó kloridionok kapilláris vízfelszívással betonba jutásának folyamatát szokták „huckepack-transport”-nak nevezni. Gyakori nedvesedés-kiszáradási ciklus esetén a beszívott víz elpárolog, és az oldott

<sup>46</sup> A Hooke-törvényt Robert Hooke (1635, Freshwater, Wight-sziget – 1703, London) angol fizikus, matematikus, természet tudós, csillagász, építész, egyetemi tanár, a Royal Society tagja – a későbbi rugalmasságtan megalapozója – az anyagok rugalmas tulajdonságait tárgyaló, híres, Londonban, 1678-ban megjelent „De potentia restitutiva” című művében vetette papírra: „ut tensio, sic vis”, „amilyen a nyúlás, olyan az erő”. (Herzog 2010, Bojtár é.n.)

részeket a betonban hagyja. A kloridion-behatolás „huckepack-transport”-tal nagyságrenddel nagyobb és gyorsabb, mint a diffúzióval történő kloridion-behatolás (Grübl – Weigler – Karl 2001, Springenschmid 2007).

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás, diffúzió

### Húrmodulus

A húrmodulus a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe valamely, a lineáris szakaszon kívül eső pontját és a koordinátarendszer  $\varepsilon = 0$  pontjában lévő origóját összekötő egyenes iránytangense. Alakváltozási modulusnak is nevezik ( $E_{\text{alakváltozási}}$ ). A húrmodulus a rugalmassági modulus egyik fajtája. Jele:  $E_D$ , mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

### Húzóhatárfeszültség, húzási határfeszültség

A húzóhatárfeszültség vagy húzási határfeszültség az anyag valószínűen várható húzószilárdságának (szakítószilárdságának) legkisebb értéke (Palotás 1979).

A beton húzóhatárfeszültségét a nyomóhatárfeszültség függvényében például az MSZ 15022-1:1971 és MSZ 15022-3:1971 szabványban a következő képlettel írták elő:

$$\sigma_{hH} = 0,6 \times \sqrt[3]{\sigma_{bH}^2} - 3 \frac{\text{kp}^2}{\text{cm}}$$

Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa, 1980 előtt kp/cm<sup>2</sup>, jele:  $\sigma_{hH}$

Lásd még: Határfeszültség, Határigénybevétel, Nyomóhatárfeszültség, Relatív szórás

### Ideális rugalmassági modulus

Az  $E_i$  ideális rugalmassági modulus tartós terhelés esetén az  $E_0$  kezdeti rugalmassági modulus és az  $(1 + \varphi_t)$  osztó hányadosa:  $E_i = E_0 / (1 + \varphi_t)$ , ahol  $\varphi_t$  a kúszási tényező.

Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

### Igénybevétel

Az igénybevétel erő vagy erőpár, a tartó keresztmetszetére ható húzó-, nyomó-, nyíróerők és nyomatékok összessége, illetve eredője. Az igénybevétel a hatás következménye (MSZ EN 1990:2011). Az igénybevétel tervezési értéke ( $E_d$ ) nem haladhatja meg a teherbírás tervezési értékét ( $R_d$ ):  $E_d \leq R_d$ . Mértékegysége: N, illetve Nmm

### Imaginárius szám, képzetes szám

Imaginárius számnak vagy képzetes számnak az olyan számot nevezzük, amelynek önmagával való szorzata negatív előjelű. E számok egysége nem +1, hanem  $i = \sqrt{-1}$ . Az imaginárius szám fogalmához akkor jutunk, ha negatív számból páros gyököt vonunk.

### Indikátor papír

Lásd: Lakmuszpapír

### Ingatlan

A polgári jog rendelkezései szerint ingatlannak minősül: a földterület - amely az ingatlan-nyilvántartás hatálya alá tartozik - és mindaz, ami a földdel tartósan egyesítve, azaz szilárd összeköttetésben van: például a ház, a fák, a lábon álló termés stb.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) IV. fejezetének 5:17. § (1), illetve (2) bekezdése szerint az ingatlanon fennálló tulajdonjog a föld feletti légi térre és a föld alatti földtestre az ingatlan hasznosítási lehetőségeinek határáig terjed, de a föld méhének kincseire és a természeti erőforrásokra nem terjed ki.

A Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény) IV. fejezetének 5:18. § (1), illetve (2) bekezdése szerint az épület tulajdonjoga – ha az épület és a föld tulajdonosa eltérően nem állapodnak meg – a földtulajdonost illeti meg. Az ingatlan tulajdonosa rendelkezhet úgy, hogy a földet és a rajta álló épületet önálló ingatlanokként jegyezzék be az ingatlan-nyilvántartásba.

### **Ingó**

A polgári jogban minden ingónak minősül, ami nem ingatlan. (Polgári Törvénykönyv: 2013. évi V. törvény).

### **Ionizáló sugárzás**

Olyan nagy energiájú sugárzás, amely anyagba hatolva képes abban ionokat létrehozni. Legfontosabb fajtái az alfa-, béta-, gamma-, röntgen- és neutronsugárzás. Az ún. sugárvédő betonnal az ionizáló sugárzás ellen védekezünk.

Lásd még: Sugárvédő beton

### **Ionos kötés**

Az ionos kötésű (poláris kötésű, elektrosztatikus kötésű) molekulák oldott vagy olvadt állapotban kémiai bomlás közben vezetik az elektromosságot, és vízben ionképződéssel többnyire oldhatók. Ilyen kötés van például a nátrium-kloridban, a kalcium-oxidban, a folyópátban stb., azaz a szilárd, nehezen párolgó, ion-rácsokat alkotó kristályos vegyületekben. Ezekben a szervesetlen, sószerű szilárd molekulákban szilárd, kristályos állapotban is ionok vannak. Az ionos kötésben ható erőknek nincs egyértelmű irányuk, hanem minden irányban egyforma mértékben hatnak. A kristályok oldásakor az oldószer molekulái az ionok közé nyomulnak, és ez annál könnyebb, minél kisebb a kristályrácsban az ionokat összetartó erő. Ez az oldhatóság jelensége. (Neumüller et al. 2. kötet 1982)

Lásd még: Atomos kötés

### **Íránytangens**

Az íránytangens az egyenes hajlásszögének ( $\alpha$ ) a tangense ( $\operatorname{tg}\alpha$ ), azaz a derékszögű koordinátarendszerben az egyenes és az abszcissa-tengely ( $x$ -tengely) pozitív iránya által bezárt hajlásszög tangense, más szóval az egyenes meredeksége. Az íránytangens az egyenes egy szakasza magasságának és alaphosszának hányadosa.

Ha a koordinátarendszerben a szóban forgó szakasz magasságának például valamely beton  $\sigma$  feszültsége és alaphosszának ugyanazon beton  $\varepsilon$  fajlagos hosszváltozása felel meg, és például a  $\sigma$  feszültség értéke  $32,2 \text{ N/mm}^2$ , az  $\varepsilon$  fajlagos hosszváltozás pedig  $0,00115$ , akkor a beton rugalmassági modulusa (a magasság/alaphossz hányadosnak megfelelően, mint az egyenes íránytangense)  $E = \sigma/\varepsilon = 32,2/0,00115 = 28000 \text{ N/mm}^2$ ; amelyhez mint íránytangenshez  $\arctg 28000 = 89,99795372^\circ$ -os hajlásszög tartozik ( $\operatorname{tg} 89,99795372 = 28000$ ). Ebben az értelemben a beton rugalmassági modulusa kvázi íránytangens.

Fontos megjegyezni, hogy az íránytangens nem azonos a papíron lerajzolt háromszög ott lemerített magasságának és alaphosszának hányadosával.

Lásd még: Emelkedő

### **Ismeretlen szórás, ismeretlen relatív szórás**

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D6. és D7. fejezete alapján ismeretlennek tekintjük a szórás ( $s_x$ ), ha a relatív szórás ( $V_x$ ) értéke előzetes adatokból még nem ismert, és azt a mintából kell meghatározni.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza szerint az ismeretlen szórás négyzete a szimmetrikus normális-eloszlást (*Gauss*-eloszlást) közelítő *Student*-eloszlás esetén:



$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum (m_x - x_i)^2$$

és a nem-szimmetrikus lognormális-eloszlás esetén:

ahol:

- $n$  = kísérletek vagy vizsgálatok eredményeinek száma,
- $m_x$  = vizsgálati eredmények átlaga (várható értéke),
- $x_i$  = egyes vizsgálati eredmények.

### **Ismert szórás, ismert relatív szórás (ismert variációs tényező vagy együttható)**

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D6. és D7. fejezete alapján ismertnek tekintjük a szórást ( $s_x$ ), ha a relatív szórás ( $V_x$ ) értéke előzetes adatokból már ismert.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7.2. szakasza (2) bekezdésének felfogása szerint ismert a relatív szórás, ha a relatív szórás vagy annak egy valós felső korlátja előzetes adatok alapján már ismert.

Ha a relatív szórás előzetes adatok alapján még nem ismert, és az adott vizsgálati mintából kell meghatározni, akkor az adott minta vizsgálati eredményeit – függetlenül azok  $n$  számától – általában az ismeretlen relatív szóráshoz tartozó alulmaradási tényező ( $t_n$ ) alkalmazásával kell értékelni.

Az ismeretlen relatív szóráshoz tartozó alulmaradási tényező nagyobb, mint az ismert relatív szóráshoz tartozó alulmaradási tényező; a kettő különbsége az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázata szerint  $n \rightarrow \infty$  esetén csökken. A beton szilárdsága jellemző értékének meghatározásához szükséges alulmaradási tényező értéke – ha az alulmaradási hányad  $p = 0,05$  ( $p\% = 5$ ), akkor – mind az ismeretlen, mind az ismert relatív szórás alkalmazása mellett  $n = \infty$  esetén  $t_{n=\infty} = 1,645$ .

Bizonyos, hogy a mélyreható kísérleti terv alapján nyert előzetes adatokból, a később ismertnek tartott szórást és relatív szórást a matematikai statisztika eszköztárának – a szimmetrikus valószínűségi eloszlást feltételező *Gauss*-eloszlás alapú *Student*-, netán az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti *Taerwe*-eloszlásnál – magasabb rendű elemével, például lognormális- vagy extrémérték-eloszlással célszerű meghatározni.

### **Ismétlési feltétel**

Az ismétlési feltétel az a megengedett terjedelem vagy hozzá tartozó megengedett szórás, amelynél egy adott vizsgáló személy, ugyanazon mintán, ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül végezte vizsgálatok eredménye terjedelmének vagy szórásának 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz legfeljebb 5%-os relatív gyakorisággal) szabad nagyobbak lennie. Az ismétlési feltételt kielégítő vizsgálatokat összeférhető vizsgálatoknak nevezzük.

### **Jellemző érték, karakterisztikus érték, jellemző szilárdság, küszöb érték, küszöb szilárdság**

Beton esetén a 0,05 értékű (5%-os) alulmaradási hányadhoz tartozó nyomószilárdság. A jellemző szilárdság lehet előírt érték és tapasztalati érték. Például a 28 napos korú beton nyomószilárdsága esetén:

- a jellemző szilárdság előírt értéke követelmény, amelyet az előíró ad meg. Jele  $f_{ck,cyl}$  a Ø150×300 mm méretű beton próbahenger esetén, illetve  $f_{ck,cube}$  a 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén;
- a jellemző szilárdság tapasztalati értéke mérési eredményekből számított adat. Jele  $f_{ck,cyl,test}$  a Ø150×300 mm méretű beton próbahenger esetén, illetve  $f_{ck,cube,test}$  a 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén.

**Kalcium-hidroxid**

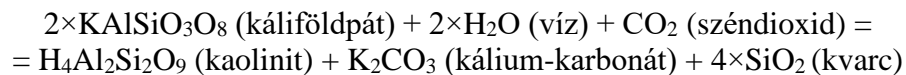
Kémiai jele:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Szinonima elnevezések: kalcium-hidrát, mész, oltott mész, méspép, mésztej, mésvíz, építkező mész, kőműves mész, kémiai mész, simítómész stb.

A kalcium-hidroxid színtelen por, amely vízben némileg oldódik. Vizes oldata lúgos kémhatású. Szerves oldószerekben oldhatatlan. (*Neumüller et al. 2. kötet 1982*)

**Kaolin, kaolinit**

A kaolin, vagy más néven porcelánföld, porcelánagyag, fehéragyag olyan vasmentes, fehér üledékes kőzet, amely főképp kaolinit agyagásványból ( $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$ ) áll. A kaolinit a földpát mállási terméke, például (*Vendl 1953*):

**Kapilláris, kapillárpórus**

A cementkőben a beton keverővizének mennyiségétől függően kapillárpórusok keletkeznek. A cement hidratációja során a cementkőbe legfeljebb a cement mintegy 30-35 tömeg%-át kitevő vízmennyiség épül be, amely 0,30 -0,35 értékű víz-cementtényezőnek felel meg. Ha a beton ennél több vízzel készül, akkor a vízfelesleg finom, hajszálcsoves, gyakran összefüggő pórusrendszert hoz létre, amelynek alkotói a beton felületére is kivezető kapillárpórusok. A kapillárpórusok mennyiségének növekedésével a cementkő és a beton minősége romlik.

A kapillárpórusok mérete általában  $0,1-10,0 \mu\text{m} = 10^{-4}-10^{-2} \text{ mm}$ .

**Kapilláris víz**

A kapilláris víz az elgőzölhető víz (pórusvíz) része.

A kapilláris víz a kapilláris erők hatására a nagyobb kapillárisokban, a pórusokban, a cement hidratációs termékek között helyezkedik el.

A kapilláris víz a vízmolekulák hidrogénhíd-kötése és a kapilláris erők folytán vízfilmet képez a kapilláris falán. Kötési energiája a kapilláris átmérőjével fordítottan arányos. A kapilláris víz tulajdonképpen szabad vízként viselkedik (ezért sok esetben a szabad vízhez számítják), bár mozgása a kapilláris felületi feszültségek miatt a szabad víznél nehezebb, de éppen a felületi feszültségek hatására a nehézségi erő ellenében a kapillárpórusban felemelkedni képes. Ha a levegő relatív páratartalma 40 %-nál kisebb, akkor a cementkő nem tartalmaz sem szabad, sem kapilláris vizet. Fagyhatás esetén a kapilláris víz (sótartalmától függően) általában  $-3 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérséklet alatt megfagy.

**Kapilláris vízfelszívás**

A kapilláris vízfelszívásnak a cementkő pórusrendszerének a kapilláris erők hatására végbemenő víz-, illetve folyadékfelszívását nevezzük. Kapilláris vízfelszívással a diffúziónél és a hidrodinamikai permeabilitásnál gyorsabban hatol be a víz vagy hatolnak be a vízben oldott ionok a betonba. A kapilláris vízfelszívásnak akkor van jelentősége, ha a víz vagy a vizes oldat a beton felületével közvetlenül érintkezik, például talajvízszint alatt lévő alapozások vagy falak, csapóesőnek vagy olvasztósó-oldatnak kitett felületek stb. esetén.

A kapilláris vízfelszívás mértékét a kapilláris vízfelszívási, illetve vízfelvételi együttható fejezi ki.

A kapilláris vízfelszívás  $h_{\text{max}}$  legnagyobb magassága [m] fordítottan arányos az  $r$  névleges kapilláris sugárral [mm] (*1.14. – 1.15. ábra*):

$$r \times h_{max} = 1000 \times \frac{2 \times \sigma_{v\acute{z}} \times \cos\theta}{\rho_{v\acute{z}} \times g}$$

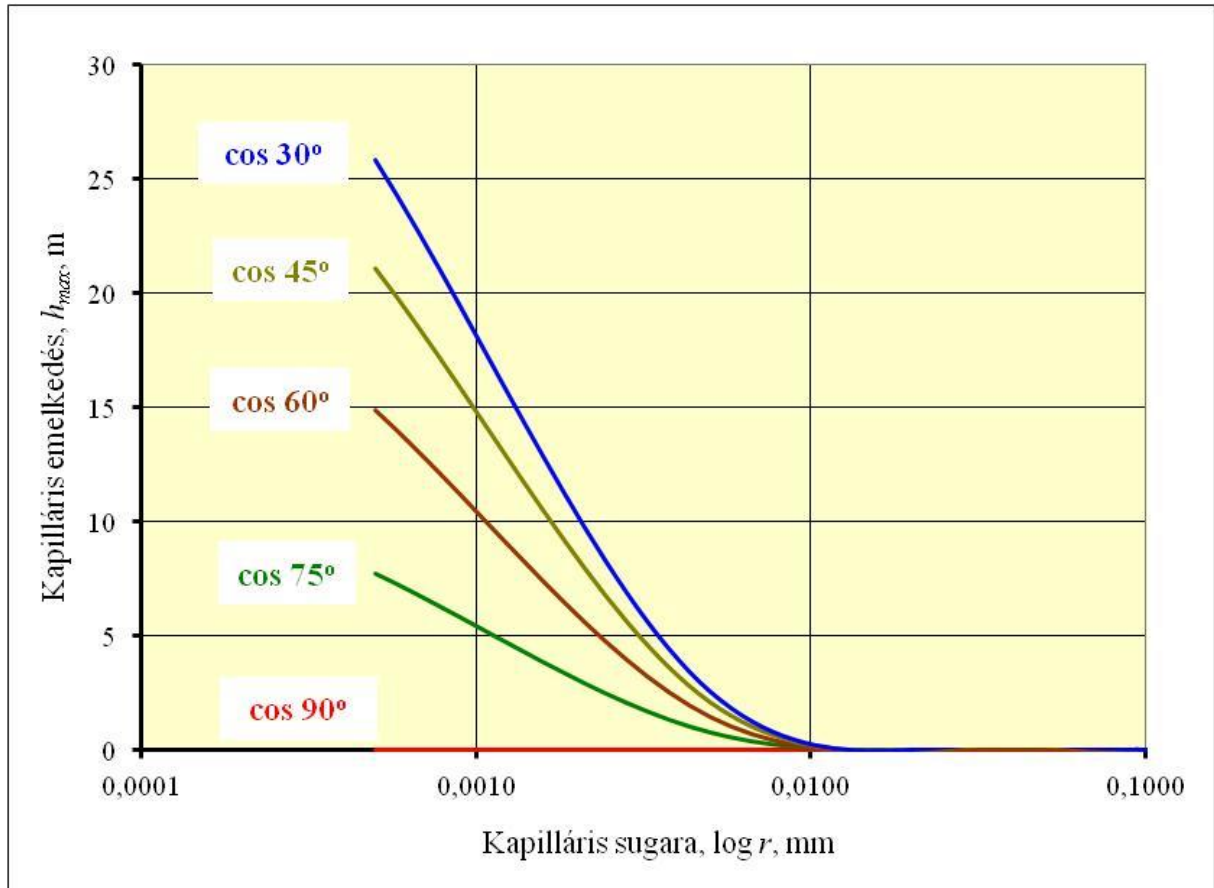
ahol:

$\sigma_{v\acute{z}}$  = a víz felületi feszültsége [N/m],

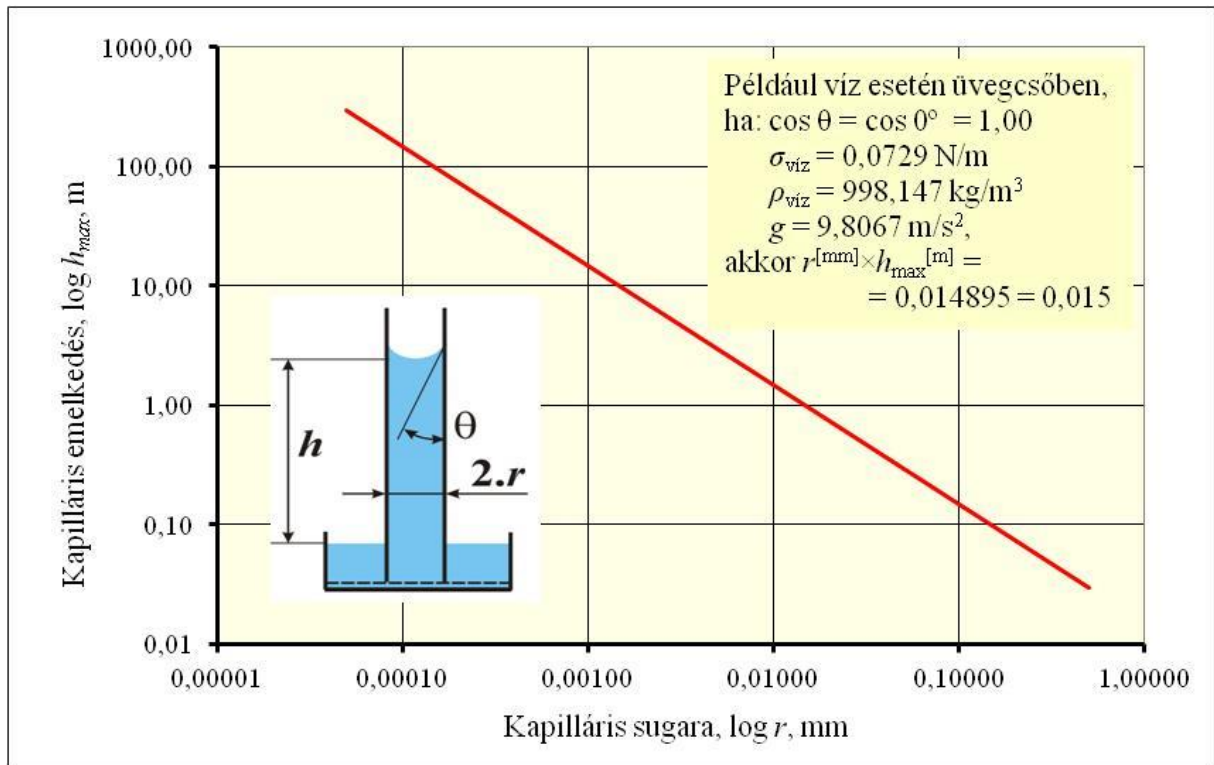
$\theta$  = a nedvesítési (illeszkedési) szög,

$\rho_{v\acute{z}}$  = a víz  $t$  hőmérséklettől függő sűrűsége [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  = a nehézségi gyorsulás [m/s<sup>2</sup>].



**1.14. ábra:** A víz kapilláris emelkedése a kapilláris sugár és a nedvesítési szög függvényében



**1.15. ábra:** Kapillaris vízfelszívás üvegcsőben

A kapillaris vízfelszívás törvényszerűségeit például *Kropp* és *Hilsdorf* (1995) tanulmányozta.

Lásd még: Víz felületi feszültsége, kapillaris vízfelszívási együttható, „huckepack-transport”, nedvesítési szög, diffúzió, hidrodinamikai permeabilitás

#### Kapillaris vízfelszívási együttható, vízfelvételi együttható

Az  $S$  kapillaris vízfelszívási együttható a felszívott víz vagy folyadék  $\Delta m$  tömegével [g] vagy térfogatával [m<sup>3</sup>] egyenesen, a vízfelszívás  $t$  idejének négyzetgyökével [ $\sqrt{s}$ ] és a vízfelszívás  $A$  felületével [m<sup>2</sup>] fordítottan arányos:

$$S = \frac{\Delta m}{\sqrt{t}} \times \frac{1}{A}$$

Növekvő kapillaris porozitás mellett, azaz növekvő víz-cement tényező és kisebb hidratáció fok, valamint fokozottabb mikro-repedezettség esetén a kapillaris vízfelszívási együttható értéke és a vízfelszívási sebesség növekszik. A beton nedvességtartalmának növekedésével a kapillaris vízfelszívási együttható csökken, és a telítettséghez közel nullához tart (*Müller – Wiens* 2016).

A kapillaris vízfelszívási együttható mértékegysége: g/(m<sup>2</sup>× $\sqrt{s}$ ) vagy m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>× $\sqrt{s}$ ).

Lásd még: Kapillaris vízfelszívás

#### Karakterisztikus érték

Lásd: Jellemző érték

#### Karbonát-keményység

Lásd: Vízkeménység

#### Karbonátosodás

A karbonátosodás a levegővel érintkező beton szabad kalcium-hidroxid (Ca(OH)<sub>2</sub>, portlandit) tartalmának a levegőben lévő szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) hatására kalcium-hidrokarbonáttá Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, majd kalcium-karbonáttá (CaCO<sub>3</sub>) – *Grofcsik János* szerint aragonittá – alakulása folyamatának

az elnevezése. A karbonátosodásnak tömörség- és szilárdságnövelő hatása van, miközben a karbonátosodás előrehaladtával a beton pH-értéke csökken és a vasbetonszerkezetek acélbetéteit a korróziótól védő lúgos kémhatása gyengül, esetenként megszűnik.

A levegő szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) tartalma okozta beton-karbonátosodás felgyorsításának betonelemgyári lehetőségét szén-dioxid kezeléssel kombinált gőzölési és autoklavolási kísérletekkel Székely Ádám<sup>47</sup> vizsgálta [1955], és kutatási eredményeit kandidátusi értekezésében foglalta össze (1961).

Megállapította, hogy megfelelő időben kezdett szén-dioxid kezeléssel – a cement fajtájától, a próbatest nedvesség-tartalmától, az utókezeléstől függő mértékben – a próbatestek nyomószilárdsága jelentősen növelhető, a gőzölt próbatestek egyébként fellépő nyomószilárdság-vesztesége pedig pótolható. A hajlító-húzószilárdság növekedése a nyomószilárdság növekedéséhez képest kisebb. A próbatestek szilárdságának növekedése a szén-dioxid kezelés hatására a próbatestek méretével fordított arányban állt. A szén-dioxid kezelésnek a habarcs- és betontömörség fokozásán túl másodlagos szerepe, hogy a gyorsított karbonátosodás kémiai reakciója alatt képződő víz mintegy utókezelésként elősegíti a klinkerásványok hidratációját.

Székely Ádám kísérleti eredményei szerint a szén-dioxid kezelés a közönséges cementekkel készült próbatestek szulfátállóságára kedvező, de a szulfátálló cementekkel készült próbatestek szulfátállóságára kedvezőtlen hatású. A bauxitbeton szén-dioxidos kezelésre alkalmatlan.

Székely Ádám kutatási témája betonkorróziós vizsgálatokra, a beton pH-értéke csökkenésének mérésére, esetleges acélbetét-korrózió megfigyelésére nem terjedt ki.

Az 1990-2000 évek közötti műegyetemi légkör-szennyeződési betonkorrózió kutatás során Balázs György és Deméné Csányi Erika is vizsgálta a beton karbonátosodását, négy hónapon át 4-8 térfogat% koncentrációjú szén-dioxid térben tárolt próbatesteken. A karbonátosodás mértékét az 500 és 900 °C hőmérséklet közötti – derivatográfias módszerrel meghatározott – tömegveszteséggel jellemezték. Megállapították, hogy a felső 5 mm vastag rétegben a tömegveszteség (átlagban mintegy 7,0 tömeg%) a 25-40 mm-es mélységben mért tömegveszteségnek (átlagban mintegy 4,5 tömeg%) mintegy másfélszerese volt.

Az acélbetétet is tartalmazó C12 és C20 nyomószilárdsági osztályú (MSZ 4719:1982) betonpróbahasábok 25-40 mm-es mélységében lévő réteg 11,60-12,45 pH-értéke a felső 5 mm vastag rétegben 9,31-10,21 pH-értékre csökkent. A vizsgálat után kettéhasított C12 nyomószilárdsági osztályú próbahasábokban lévő acélbetéteken rozsdanyomokat is találtak (Balázs 2010).

A beton karbonátosodásából eredő acélbetét-korrózió veszélye tömör és megfelelő XC környezeti osztályú beton (MSZ 4798:2016) készítésével, valamint kellő mértékű betonfedés alkalmazásával csökkenthető.

---

<sup>47</sup> Dr. Székely Ádám (1923, Pálosvörösmarton – 2007, Budapest) okl. építészmérnök. A diploma megszerzése után az ÉTI Építéstudományi Intézet Gáspár Géza vezette Betontechnológiai Osztályán dolgozott, ahonnan az 1953-ban alapított ÉaKKI Építőanyagipari Központi Kutató Intézetbe került. Itt főnöke Soltész Gáspár volt, akiről nem tudjuk, hogy azonos-e a BME-n és Bécsben tanult Soltész Gáspár (1901, Budapest – 1984, Tapolca) vegyész-mérnökkel, aki a Magyar Életrajzi Lexikon (1982) szerint műfordítóként is nevet szerzett magának. Székely Ádámot 1959. július 1-jével nevezték ki az ÉaKKI akkor létrehozott Betonosztályának vezetőjévé, amely feladatot az utód szervezet, a SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztályának élén nyugdíjba vonulásáig (1982. december 31.) ellátta. A műszaki tudományok kandidátusa fokozatot 1961-ben nyerte el. Kutatómunkájáról dr. Balázs Györgynek a kutatás történetét összefoglaló könyve (2004) alapján alkothatunk képet. Első publikációja 1957-ben, és a továbbiak a Magyar Építőipar című, később az Építőanyag című szilikátipari folyóiratban jelentek meg. Az Építőanyag című folyóiratot 1978-1984 között felelős szerkesztőként gondozta. A Mérnöki Továbbképző Intézetben 1959-1962 között tartott előadásokat. 1971-1975 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskolán az Építőanyagok című tárgy előadója volt (Balázs, 2001).

A beton karbonátosodási hajlamának gyorsított vizsgálatát az MSZ EN 12390-12:2020 szabványban fogalmazták meg.

Lásd még: Aragonit

### **Karbonizálás, karbonizáció, karbonatizálás, karbonatizálódás**

A karbonizálás savas tisztítási eljárás a növényi eredetű anyagok eltávolítására a nyersgyapjából, következésképpen helytelen, nem szerencsés a beton karbonátosodását karbonizálásnak, karbonizációnak, karbonatizálásnak, karbonatizálódásnak nevezni.

### **Kaucsuk**

Egyes növények tejnedvéből nyert vagy vegyileg előállított, bonyolult összetételű rugalmas anyag, amely a gumi alapnyaga.

### **Kavaróberendezéses gépkocsi**

A már megkevert friss betont szállítás közben egynemű állapotban tartani képes, de a beton megkeverésére alkalmatlan berendezéssel rendelkező gépkocsi.

### **Katód**

A katód negatív töltésű elektród (negatív pólus). Az elektrolitban az áram áthaladásakor a pozitív töltésű kationok a katódhoz vándorolnak, ott elvesztik töltésüket, ami egyes esetekben katódos redukcióhoz vezet (*Neumüller* et al. 2. kötet 1982).

Lásd még: Kation, Elektrolitos disszociáció, Katódos redukció

### **Katódos redukció**

Katódos redukció az elektrolízis-áramkör katódján végbemenő folyamat, elektronátmenet a redukálható molekulához (*Neumüller* et al. 2. kötet 1982).

A katódos redukció ellentéte az anódos oxidáció (*Neumüller* et al. 1. kötet 1981).

Lásd még: Anódos oxidáció, Elektrolízis, Katód

### **Kálium-dikromátos vagy kálium-bikromátos kémiai oxigénigény (szinonima)**

Lásd: Dikromátos kémiai oxigénigény, kémiai oxigénigény

### **Kálium-permanganátos kémiai oxigénigény**

Lásd: Kémiai oxigénigény

### **Káros vegyi hatások a betonra**

„A betonra káros vegyi hatások akkor és csakis akkor jöhetnek létre, ha a romboló hatású anyag cseppfolyós halmazállapotú, illetve ha ez valamilyen folyadékban oldva jut a betonhoz. Szilárd halmazállapotú anyagok, úgyszintén a száraz gázok vagy gőzök hatástalanok. A káros hatást leggyakrabban a vizes oldatok okozzák.” (*Gáspár*<sup>48</sup>, 1947). Például a száraz kénhidrogén gáz

---

<sup>48</sup> *Gáspár Géza* (1891, Székesfehérvár – 1958, Budapest) okl. mérnök, fővárosi műszaki főtanácsos. 1927-1947 között Budapest Székesfőváros Anyagvizsgáló Laboratóriuma Mechanikai Osztályának, majd 1947-től az abból alakult Építéstudományi Intézetbeli Mechanika, és 1953-tól 1958-ig Építőanyagok Osztálynak volt a vezetője. Tanítómestere volt a kezei alatt dolgozó fiatal *Kunszt Györgynek*, *Ujhelyi Jánosnak*, *Popovics Sándornak*, *Székely Ádámnak*, *Buday Tibornak*, akik a XX. század második felének jelentős betonkutatóivá váltak. *Gáspár Géza* a

önmagában nem káros a betonra, de a levegőn, illetve nedvesség hatására korrozív kénsavvá alakul. Ha a kénhidrogén gáz behatol a betonba, akkor ez a folyamat a beton tömörségétől, nedvességtartalmától függően a beton kapillárisaiban is lejátszódhat, és ez esetben a kénhidrogén már romboló hatású.

### **Kémiailag kötött víz**

A kémiailag kötött víz a cement hidratációs termékek kristály és rétegeközi vize. Minthogy a fizikailag és kémiailag kötött víz közötti határ pontosan nem ismert, azt a vizet szokták kötött víznek tekinteni, amely 11% relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva még a cementkőben marad. (Megjegyzés: Ne tévesszen meg bennünket, hogy az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton hidrotechnikai tulajdonságait  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva kell vizsgálni.)

### **Kémiai oxigénigény**

A kémiai oxigénigény (KOI) az oxigénigény mérőszámok egyike, amelyet a szennyvizek szerves anyagainak összetett jellegére tekintettel, az egyedi szerves összetevők minőségi és mennyiségi meghatározása helyett, a szennyvizek oxidálható szervesanyagtartalmának és oxidálható szervesetlen anyag tartalmának együttes mennyisége kifejezésére használnak. A kémiai oxigénigény azon oxidálószer-mennyiséggel ekvivalens oxigén mennyisége, amely erősen savanyú közegben, magas hőmérsékleten, előírt ideig történő oxidációkor elfogy. (Percsich 2005).

A kémiai oxigénigényt régebben az MSZ ISO 6060:1991 szabvány szerint kellett, ma az ISO 15705:2002 (DIN ISO 15705:2003) szabvány szerint kell meghatározni. A vizsgálat során a szennyvízmintát kálium-dikromát ( $K_2Cr_2O_7$ ) referenciaoldattal kell kezelni, ezért a vizsgálat eredményét dikromátos kémiai oxigénigénynek nevezik.

A kálium-dikromátos kémiai oxigénigény, illetve szinonimájaként kálium-bikromátos kémiai oxigénigénynek nevezve, jele  $KOI_k$ , esetleg  $KOI_d$ , a kálium-permanganátos kémiai oxigénigény jele  $KOI_p$  vagy  $KOI_{ps}$ .

Lásd még: Biokémiai oxigénigény (BOI)

### **Kénbacilusok**

Lásd: Szulfifikáció; Deszulfifikáció; Biogén kénsav korrózió

### **Kénsav korrózió**

Lásd: Biogén kénsav korrózió

---

kedvezőtlen tapasztalatok alapján az 1930-as évek végén elkezdte a szulfáttartalmú talajok és talajvizek károsító hatásainak ellenálló betonok vizsgálatát és kutatását, együttműködve dr. Biczók Imrével (Balázs, 2004), akinek „Betonkorrózió, betonvédelem” című könyvét a Magyar Építőipar című folyóirat 1957. évi 5-6- számának 237. oldalán méltatta. Tanulmányai, írásai jelentek meg az Anyagvizsgálók Közlönyében (Gáspár, 1935), (Tóth, 2012), 1949-ben a cementek gőzölhetőségéről az MTA Építéstudományi Közleményekben, 1952-1953-ban ÉTI kutatási jelentésként a földalatti vasúti tübbingek gőzölhetőségéről (Palotás, 1961, 1980), a betonkorrózióról a dr. Palotás László szerkesztette „A vasbeton” című könyvben (Gáspár, 1947), a „Mérnöki Kézikönyv” 1. kötetében (Gáspár, 1955), a „Műszaki Értelmező Szótár 1. Építőanyag” című könyvben (Palotás, 1958), a Böröcz Imre által szerkesztett „Feszített betonszerkezetek” című könyvben (Böröcz, 1952). Gáspár Géza trasz kiegészítőanyag betonokkal végzett és bauxitbeton tárgyú kísérleteit dr. Palotás László (1952) is említette. Jegyzete jelent meg a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézetének kiadásában (Gáspár, 1942). Részvételével készült például az Építéstudományi Intézet „A téli építkezés” című kiadványa (1948), az MI-7-54:1961 számú „Műszaki irányelv a beton gőzölésére”, az ME-35:1958 számú „Műszaki előírás az agresszív vizek és talajok vizsgálatára és a velük érintkező betonok, vasbetonok és falazatok tervezésére és kivitelezésére”.

**Képzett levegő**

Lásd: Légbuborék

**Kéregvasalás**

Nevezik védővasalásnak, védőhálónak, felületi vasalásnak is. A kéregvasalást a túl vastag betonfedésbe építik be – ha szükséges – repedéskorlátozás céljából, a betonfedés leválása, lepattogzása ellen elsősorban a keresztmetszet húzott övébe, sokszor tűzvédelmi szempontból.

***k*-érték elve**

A *k*-érték a kiegészítőanyag-tartalom azon hányada, amely a víz-cement tényezőben vagy a hatékony kötőanyag-tartalomban a (cement + *k*×kiegészítőanyag) összefüggés alapján hatékony kötőanyagként számításba vehető (MSZ 4798:2016).

**Két ponton átmenő egyenes egyenlete**

Két ponton ((*x*<sub>1</sub>;*y*<sub>1</sub>) és (*x*<sub>2</sub>;*y*<sub>2</sub>)) átmenő egyenes esetén a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

**Kéttengelyű igénybevétel**

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

**Keverési arány**

Adott friss beton adagban vagy szállítmányban levő alkotóanyagok tömegaránya. Általában a cement 1 tömegrészéhez szokták viszonyítani a többi alkotóanyag tömegét (például 1:0,5:6 keverési arány jelentése: 1 tömegrész cement, 0,5 tömegrész hatékony víz és 6 tömegrész száraz adalékanyag). A keverési arányt a beton összetételéből kell kiszámítani úgy, hogy minden alkotóanyag tömegét a cement tömegével el kell osztani. A keverési arányt a megtervezett és a megkevert friss betonra is ki kell számítani, ahol például az adagolt cement, a felületi nedvességével javított adalékanyag és az összes víz (az adalékanyag felületi nedvességével és a beton párolgási veszteségével javított víz) tömegét kell alapul venni, ha a beton adalékszert és kiegészítőanyagot nem tartalmaz.

**Kezdeti gyártás**

A kezdeti gyártás a legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli, azonos feltételekkel készített betonra vonatkozó nyomószilárdság vizsgálati eredmény meghatározásáig tartó, három hónapnál hosszabb, de legfeljebb 12 hónap hosszú betongyártási időszak (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

**Kezdeti rugalmassági modulus**

A kezdeti rugalmassági modulus a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe arányossági határ alatti lineáris szakasza hajlásszögének ( $\alpha_0$ ) iránytangense ( $E_0 = \operatorname{tg}\alpha_0 = \sigma/\varepsilon_{\text{rug}}$ ). E megfogalmazás során elvonatkoztatunk attól, hogy a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe a lineáris szakasz alatt az abszissza tengelyhez közel aszimptotikusan illeszkedik.

Az 1.4. táblázatban a betonok kezdeti nyomási rugalmassági modulusának egyes régi előírásokban szereplő értékeit adtuk meg.



**1.4. táblázat:** A betonok kezdeti nyomási rugalmassági modulusának értéke egyes régi előírásokban

Nyomószilárdsági osztály													
B 50	B 70	B100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 szabvány 4. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$													
–	–	–	100	140	200	–	280	–	400				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-1:1971 szabvány 2. - 4. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $E_{b0}$													
–	–	–	180000	230000	280000	–	320000	–	360000				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-3:1971 szabvány 1. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$													
35	50	70	100	140	–	–	–	–	–				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-3:1971 szabvány 1. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $E_{b0}$													
80000	110000	140000	18000	23000	–	–	–	–	–				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat III. fejezet. 1. füzetében, $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$													
35	50	70	100	140	200	250	280	350	–				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat III. fejezet. 1. füzetében, $\text{kp/cm}^2$ , $E_{b0}$													
80000	110000	140000	180000	230000	280000	305000	320000	350000	–				
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. táblázatában, $\text{N/mm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$													
–	–	–	10,5	15	21	–	30	–	42				
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. táblázatában, $\text{N/mm}^2$ , $E_{b0}$													
–	–	–	18000	23000	28000	–	32000	–	36000				
Nyomószilárdsági osztály vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. – 4. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. és 5. táblázatában													
–	–	–	C 10	C 12	C 16	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 3. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, $\text{N/mm}^2$ , $R_{k0, \text{nom}}$													
–	–	–	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55
Nyomási kezdeti rugalmassági modulus vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. táblázatában, $\text{kN/mm}^2$ , $E_{b0}$													
–	–	–	23,5	26,3	27,8	29,2	30,8	32,3	33,7	35,0	36,2	37,3	38,4

A beton kezdeti rugalmassági modulusát (1.4. táblázat) például

- az MSZ 15022-1:1971 szabványban és például az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban a nyomószilárdság  $K_{\text{minősítési}}$  minősítési értékének függvényében  $\text{kp/cm}^2$  mértékegységben:

$$E_{b0} = 550000 \times \frac{K_{\text{minősítési}}}{K_{\text{minősítési}} + 200};$$

- az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabványban a nyomószilárdság  $R_{\text{minősítési}}$  minősítési értékének függvényében  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben:

$$E_{b0} = 55000 \times \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{0,9 \times K_{\text{minősítési}} + 200};$$

- az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabványban a henger nyomószilárdsága  $R_{k\emptyset, \text{nom}}$  minősítési értékének függvényében  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben:

$$E_{b0} = 70000 \times \frac{R_{k\emptyset, \text{nom}} + 30}{R_{k\emptyset, \text{nom}} + 100};$$

- az MSZ 15022-1:1986 szabványban pedig a nyomószilárdság  $R_{\text{minősítési}}$  minősítési értékének függvényében  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben:

$$E_{b0} = 9,5 \times \sqrt[3]{R_{\text{minősítési}} + 8}$$

adták meg.

Jele:  $E_0$ , mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa, 1980 előtt  $\text{kp/cm}^2$

### Kiegészítőanyag

A kiegészítőanyagok finom szemű szerves anyagok, amelyeket a beton egyes tulajdonságainak javítására, vagy különleges tulajdonságainak kialakítására szokás alkalmazni. Szerves kiegészítőanyagok az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerint az I. típusú inert kiegészítőanyagok és a II. típusú aktív, puccolános és rejtett hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagok. A szerves kiegészítőanyagok közé tartoznak például a műanyag diszperziók.

### Kiemelt szintű minőségellenőrzés

A kiemelt szintű minőségellenőrzés kifejezéssel – fogalom-meghatározás nélkül – az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban találkozunk. A méretezési szabványnak a tartószerkezetek szerkezeti osztályba sorolásával foglalkozó 4.3N táblázatában a kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett gyártott betonból készült szerkezeteknek, a normál szintű minőségellenőrzés mellett gyártott betonból készített szerkezetek szerkezeti osztályánál eggyel alacsonyabb fokú szerkezeti osztályba sorolását javasolják.

Ha a betonokat gyártási mód szerint kell minőségellenőrzési szintekkel társítani, akkor kézen fekvőnek látszik a monolitbetonokat a normál szintű minőségellenőrzés mellett készült, és a folyamatosan termelő, telepített betonelemgyárakban és az építéshelyi betonelőregyártó-üzemekben készített előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonszerkezeteket, termékeket a kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készült szerkezetek csoportjába sorolni. E könyv 5., 6. és 10. fejezetében a szerkezeteket e szempont szerint soroljuk osztályba.

### Kiindulási beton

Kiindulási betonnak folyósító adalékszer nélkül készülő, és képlékenyítésre, folyósításra nem feltétlenül alkalmas összetételű friss betont nevezzük. Ha a kiindulási friss beton kis víztartalma folytán adalékszerrel nem folyósítható, akkor a kiindulási beton konzisztenciáját a megengedett legnagyobb víz-cement tényező megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom növelésével lehet lágyítani úgy, hogy a kiindulási beton egyidejűleg növekvő víztartalma (keverővíztartalma) elérje a képlékenyítéshez, folyósításhoz szükséges vízigényt. (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.)

### Kiküszöbölési kísérleti módszer

A kiküszöbölési kísérleti módszer alkalmazása során valamely tulajdonság (független változó) hatását egy másik tulajdonságra (függő változó) kísérlettel úgy vizsgálják, hogy az összes többi tulajdonságot (betontechnológiai jellemzőt) változtatlanul tartják.

A betontechnológiában hatékony eredményt (például szilárdság növekedést) általában akkor lehet elérni, ha a kiküszöbölési módszer mellőzésével, az összes betontechnológiai jellemzőt egyidejűleg optimálisra választják.

**Kirágódás, szétrágódás**

A kirágódás, szétrágódás régi kifejezés a beton korróziójára, vegyi tönkremenetelére, szétmállására, szétmorzsolódására stb.

A korrózió – mint az anyag felületéről kiinduló, kémiai (vagy elektrokémiai) reakció okozta káros, tehát nem szándékosan előidézett elváltozás – fogalmát régebben csak fémek „szétrágódásának” (latin → *corrodere* = szétrágni) kifejezésére használták, ma azonban már szinte minden anyag kémiai károsodását, – súlyosabb esetben – tönkremenetelét korrózióknak nevezik, akkor is, ha nem az anyag felületéről indul ki (*Neumüller et al.*, 1982). Például:

„A bauxitcementnél pedig még a körülményektől függően létrejövő átkristályosodás a betont a *kirágódásra* fogékonyabbá teszi. Részben fizikai, részben vegyi természetű a *kirágódásnak* az a fajtája, amidőn a víz – különösen a nyomás alatt lévő víz – a portlandcementből kiváló méshidrátot kilúgozza.” (*Gáspár*, 1947)

**Kishőfejlesztésű cement**

Kishőfejlesztésű (LH) a cement, ha hidratációs hőfejlesztése 7 napos korrig  $\leq 270$  J/g (MSZ EN 197-1:2011). Ha a cement hidratációs hőfejlesztése 7 napos korrig  $\leq 220$  J/g, akkor nagyon kishőfejlesztésűnek (VLH) tekintik (MSZ EN 14216:2015).

**Kiugró értékek próbája**

A matematikai statisztikában a kiugró értékek próbájának a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálatának és kezelésének módszerét nevezik (*Csereháti*, 2004), (*Hartung et al.* 2009). A módszer angol elnevezése: „Outlier test”, német elnevezése: „Ausreißertest”. A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelynek alkalmazásával az MSZ EN 13791:2019 szabványban találkozunk. Lásd: Outlier próba, *Grubbs*-próba

**Klinker, cement-klinker**

Kiégetett, granulált cementgyártási nyersliszt, amelynek egyéb anyagokkal kiegészített örleménye a cement.

**Klorid-behatolás, kloridion-behatolás**

Lásd: Diffúzió

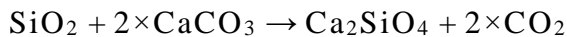
**Kockaszilárdság**

Kockaszilárdságnak főképp a régi szabványokban és szabályzatokban (például az MSZ 15022-1:1971 szabványban, az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, az 1967. évi Közúti Hídszabályzatban) a 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt beton próbakockák 28 napos,  $\text{kp/cm}^2$  mértékegységben kifejezett átlagos nyomószilárdságát nevezték; de ez az elnevezés megtalálható napjaink szabványaiban (például az MSZ 4798:2016 szabványban) is, amelyen kockaszilárdság alatt általában a 150 mm élhosszúságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt beton próbakockák 28 napos korban meghatározott,  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben kifejezett átlagos nyomószilárdságát értik.

**Kohósalak**

A nyersvasat a vasérc redukciójával nagyolvasztókban állítják elő, miközben minden tonna nyersvas mellett mintegy ugyanennyi kohósalak keletkezik. Az építőipari célra alkalmas kohósalak termékek tulajdonságai a forró, 1000 °C feletti hőmérsékletű nagyolvasztó salak hűtési sebességétől és kezelési módjától függenek: Lassú hűtéssel darabos kohósalakot, gyors vízűtéssel üveges szerkezetű granulált kohósalakot, gyenge vízűgárral (kevés vízzel) habosítva és lassan lehűtve habosított kohósalakot lehet előállítani.

A kohósalak fő összetevője ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) lényegében a vasérc ásványi szennyezőiből, nagyrészt szilícium-dioxid-tartalmából ( $\text{SiO}_2$ ) és a nyersvasgyártási mészkőből ( $\text{CaCO}_3$ ) képződik, a következő egyszerűsített alakban:



A kohósalak oxidos összetétele mintegy 35-55 tömeg% CaO és MgO, 30-40 tömeg%  $\text{SiO}_2$ , 10-15 tömeg%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , és kisebb mennyiségben MnO és FeO. A granulált kohósalak összetétele hasonlít a szilikátcement-klinker összetételéhez, csak kalcium-oxidban annál szegényebb, a szilikátcement-klinker CaO-tartalma 60-70 tömeg%. A CaO/ $\text{SiO}_2$  arány növekedésével a granulált kohósalak gyengén hidraulikus tulajdonságai javulnak.

A kohósalakkal nem tévesztendő össze a betontechnológiai felhasználásra alkalmatlan acélgyártási salak (nevezik acélsalaknak, martin-salaknak is).

### **Kommunális szennyvíz**

A kommunális szennyvíz túlnyomórészt az ember házi, munkahelyi, kulturális, stb. tevékenységéből származik, és az esővíz mellett főképp fekáliát, ételmaradékot, mosogatószert és tisztítószert is tartalmaz. A kommunális szennyvíztől meg kell különböztetni az ipari, élelmiszeripari, építőipari, mezőgazdasági technológiai szennyvizet.

### **Koncentráció**

A koncentráció kémiai arányszám valamely oldott anyag és az egész oldat vagy esetleg az oldószer mennyisége, vagyis térfogata, tömege, illetve kémiai anyagmennyisége között.

Más megfogalmazásban: A koncentráció egy összetételi arány, ami lehet tömegkoncentráció, anyagmennyiség-koncentráció, térfogati koncentráció és részecskeszám-koncentráció. A geokémiában elsősorban a tömegkoncentrációt használják, amelynek mértékegysége a tömegszázalék vagy a ppm. A tömegszázalék 100 gramm (hektogramm) anyagban egy adott komponens grammban kifejezett mennyisége. Mértékegysége gramm/hektogramm, jelölése tömeg% vagy m/m%. Az oxidos formában kifejezett főelemek koncentrációját tömegszázalékban adják meg. A nyomelemeket ezzel szemben elemi formában, ppm (parts per million) vagy gramm/tonna (azaz gramm/1000000 gramm) mennyiségben adják meg, azaz 1 millió gramm anyagban hány gramm adott komponens van.

(<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MagmasKozetek/ch04s03.html> és <http://kemiateszt.uw.hu/osszefogl/szamitas.htm>)

Lásd még: Anyagmennyiség-koncentráció, Hidrogénion-koncentráció

### **Konfidenciahatár, küszöbérték**

A konfidenciahatár kétoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) az alsó és felső határa, amelyek közé a valószínűségi változó megfelelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például  $\beta_2 = 90\%$ ) esnek, illetve egyoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) a határa, amely felett a valószínűségi változó megfelelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például  $\beta_1 = 95\%$ ) elhelyezkednek.

Például egyoldali vizsgálat esetén az  $N(\mu; \sigma^2) = N(0; 1)$  standardizált normális eloszlás  $\beta_1 = 95\%$ -os konfidenciaszinthez ( $\alpha_1 = 5\%$ -os szignifikanciaszinthez, illetve 5%-os alulmaradási hányadhoz) tartozó konfidenciahatára -1,645.

Lásd még: Konfidenciaszint, Szignifikanciahatár

### **Konfidenciaszint**

Konfidenciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárokkal vagy egyoldali vizsgálat esetén konfidenciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó megfelelőnek tartott értékei előfordulnak.

Más szóval a konfidenciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt kielégítő minták valószínű részaránya.

Jele általában:  $\beta$ , máshol  $P$ . A konfidenciaszint kapcsolata szignifikanciaszinttel:  $\beta = 1 - \alpha$ , illetve  $\beta\% = 100 - \alpha\%$ , ahol  $\alpha$  a szignifikanciaszint.

Például egyoldali vizsgálat esetén a -1,645 konfidenciahatárú,  $\beta_1 = 95\%$ -os konfidenciaszintű  $N(\mu; \sigma^2) = N(0; 1)$  standardizált normális eloszlás alulmaradási hányada  $\alpha_1 = 1,00 - 0,95 = 0,05$ , illetve 5%.

Lásd még: Konfidenciahatár, Szignifikanciaszint

### Konstitúciós víz

A konstitúció az atomoknak, atomcsoportoknak és vegyértékelektronoknak (kötéseknek) a molekulában fel nem cserélhető és minden vegyületre jellemző elrendeződésének az általános neve, eltekintve a térbeli irányítottságtól. A konstitúciós víz, amelyet szerkezeti víznek is neveznek – ellentétben a kristályvízzel – tehát olyan víz, amelyet a térháló rendszer tart megkötve (Neumüller et al. 2. kötet 1982).

Lásd még: Kristályvíz

### Konzisztencia

A friss megkevert, bedolgozatlan betonnak a formálhatóságát, bedolgozhatóságát befolyásoló állaga, a friss beton viszkozitásának a kifejezője.

### Konzisztencia lágyítása

Lásd: Kiindulási beton

### Korrelációs együttható (hányados, koefficiens), ilyen például Pearson-féle eloszlás lineáris korrelációs együtthatója

A Pearson-féle lineáris korrelációs együttható két valószínűségi változó közötti lineáris kapcsolat szorosságát írja le:

$$r = \frac{\sum(x_i - \sum x_i / n) \cdot (y_i - \sum y_i / n)}{\sqrt{\sum(x_i - \sum x_i / n)^2 \cdot \sum(y_i - \sum y_i / n)^2}}$$

ahol:

$x_i$  = mért független változó,

$y_i$  = mért függő változó,

$n$  = mérési adatpárok száma.

Értéke -1,0 és 1,0 közötti szám, tökéletes pozitív lineáris összefüggés esetén  $r = 1$ , tökéletes negatív lineáris összefüggés esetén  $r = -1$ , míg függetlenség esetén  $r = 0$ .

A Pearson-féle korrelációs együttható négyzete lineáris függvénykapcsolat esetén megegyezik a determinációs együtthatóval.

Lásd még: Pearson-féle valószínűségi eloszlás, Korrelációs számítás

### Korrelációs index

A nem lineáris függvény-kapcsolat szorosságának meghatározására szolgáló fogalom és érték, a kapcsolat-szorosság egyik mérőszáma:

$$I = \sqrt{1 - \frac{\sum(Y_i - y_i)^2}{\sum(y_i - \sum y_i / n)^2}}$$

ahol

$Y_i$  = számított függő változó,

$y_i$  = mért függő változó,

$n$  = mérési adatpárok száma

A korrelációs index értéke 0 és 1 közötti szám, ha  $\Sigma(Y_i - y_i)^2 \leq \Sigma(y_i - \Sigma y_i/n)^2$ , ellenkező esetben imaginárius (képzetes) szám. Jó illeszkedés esetén a korrelációs index értéke 1-hez közelít, míg laza illeszkedés esetén a korrelációs index 0-hoz közelebb eső, vagy imaginárius szám.

Lásd még: Korrelációs számítás

### **Korrelációs számítás**

A korrelációs számítás feladata a valószínűségi változók közötti kapcsolatok jellemzése, a kapcsolatok erősségének kifejezése és ezek meghatározása tapasztalati adatok (vizsgálati, mérési eredmények) alapján.

Tágabb értelemben a regressziós görbék meghatározása is a korrelációs számítás feladata.

Lásd még: Korrelációs együttható, Korrelációs index, Regressziós számítás, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

### **Kovalens kötés**

Lásd: Atomos kötés

### **Kovariancia**

Lásd: Korrelációs függvény

### **Kovasav**

Más néven szilika. A kovasav azoknak a vegyületeknek az általános neve, amelyek szilíciumhoz kötött oxidokat és hidroxilcsoportokat (-OH) tartalmaznak. Változatai például a metakovasav ( $H_2SiO_3$ ), az ortokovasav ( $H_4SiO_4$ ), a dikovasav ( $H_2Si_2O_5$ ) a pirokovasav ( $H_6Si_2O_7$ ).

A kovasav sói a szilikátok, anhidridje a kvarc.

Lásd még: Szilika, szilikagél; szilikát, kvarc

### **Kovasavanhidrid**

Kovasavanhidrid a kvarc (szilícium-dioxid,  $SiO_2$ ), amelyet anhidrosavnak is neveznek.

Lásd még: Kovasav, Savanhidrid

### **Kőanyaghalmoz**

Angolul: Aggregate, németül: Gesteinskörnung

Lásd még: Adalékanyag

### **Kőliszt**

A kőliszt a betonkészítéshez esetlegesen kiegészítőanyagként használt természetes eredetű finomszemű kőanyag. Minőségét egyebek mellett jelentősen befolyásolja az előállítás módja, nevezetesen, hogy aprított (zúzott, tört) szemekből őrléssel, vagy az aprítás során keletkező finomszemekből gyártják.

A visszavont MSZ 18295:1979 szabványban kőlisztnek a természetes, legalább D közetfizikai csoportú kőzetek művi aprításából származó, meghatározott szemmegoszlású, legfeljebb 0,63 mm legnagyobb szemnagyságú kőbányászati terméket neveztek.

Lásd még: Kőörlemény, Kőpor

### **Könnnyű adalékanyag**

Adalékanyag, amely szemeinek a testsűrűsége  $110 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszárított állapotban legfeljebb  $2000 \text{ kg/m}^3$ , és a halmazsűrűsége ugyanígy kiszárított és laza állapotban legfeljebb  $1200 \text{ kg/m}^3$ . Betonanyagú újrahasznosított könnyű adalékanyag esetén a szárítást  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten kell végezni.

### **Könnnyűbeton**

Könnnyűbetonnak összefoglaló néven az adalékanyaggal készített egyszemcsés, nagyhézagterfogatú és a folyamatos szemmegoszlású, tömör, teherbíró (teherhordó), és/vagy hőszigetelő, 28 napos korban,  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszárított állapotban  $2000 \text{ kg/m}^3$ -nél kisebb testsűrűségű, úgy nevezett *adalékanyagos könnnyűbetonokat*, és a (cementes) mészhabarcából, cementpépből, cementhabarcából sejtesítéssel előállított, úgy nevezett *sejtesített könnnyűbetonokat* nevezzük, amelyek lehetséges csoportosítását az 1.16. ábrán mutatjuk be.

A könnnyűbetonok nyomószilárdsági osztálya LC8/9 – LC80/88 közötti.

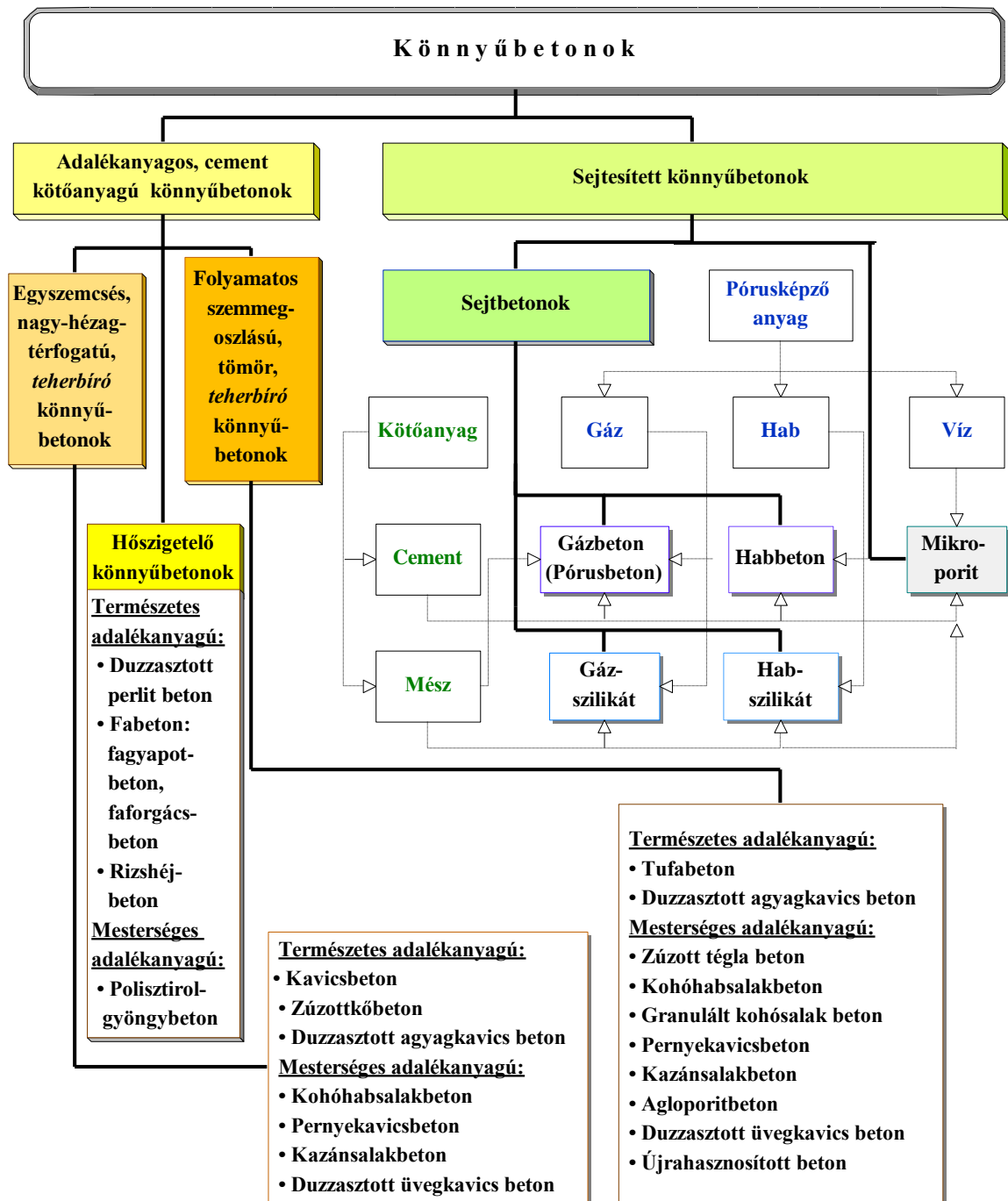
A Model Code 2010 5. fejezete szerint az adalékanyagos könnnyűbetonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya LC8 és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya LC80.

A visszavont MSZ 4719:1982 szabvány szerint az adalékanyagos, teherbíró (teherhordó) könnnyűbetonok testsűrűsége  $600\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$ , a sejtesített könnnyűbetonoké legfeljebb  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány csak a  $800\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$  közötti testsűrűségű, folyamatos szemmegoszlású, adalékanyagos könnnyűbetonokkal foglalkozik, amelyek nyomószilárdsági osztálya LC 8/9 - LC 80/88 közé esik.

A visszavont szabványok közül az MSZ 11404:1992 szabvány és az MSZ 11405:1992 szabványsorozat az adalékanyagos könnnyűbeton kézi falazóelemekkel, az MI 15022-6:1986 műszaki irányelv a teherhordó könnnyűbeton szerkezetek erőtani tervezésével foglalkozott; ma a közlekedési célú, előregyártott könnnyűbeton tartószerkezeti elemeket az e-UT 07.01.21:2016 tervezési útmutató alapján lehet megtervezni és gyártani.

Irodalomként *Rudnai Gyula* (1961) és *Palotás László – Balázs György* (1980) könyve ajánlható.



1.16. ábra: Könyűbetonok csoportosítása

### Kőőrlemény

A kőőrlemény a betonkészítéshez esetlegesen kiegészítőanyagként használt természetes eredetű kőliszteknek azon fajtája, amelyet őrléssel állítanak elő tört, zúzott kőanyagból. Az őrlemény kifejezés minőségi jelzőként is értelmezhető, mert a kőőrlemény általában tisztább, nagyobb önszilárdságú, időállóbb stb. finomszemek halmaza, mint amilyenek a kőanyag törése (aprítása) során keletkező finomrészből előállított kőliszt-féleségeket alkotják.

Lásd még: Kőliszt, Kőpor



**Kőpor**

A visszavont MSZ 18296:1979 szabvány szerint a kőpor természetesen aprózódott osztályozatlan vagy osztályozott, vagy művi aprításból származó, legfeljebb 4 mm legnagyobb szemmagyságú dolomit vagy mészkő kőbányászati termék.

Lásd még: Kőliszt, Kőrlemény

**Környezeti osztály**

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket érő környezeti hatások osztálya, amelyek hatását a tartós szerkezetnek az üzemszerű használat és megfelelő karbantartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül a tervezési élettartam alatt, illetve azon túl is károsodás nélkül kell viselnie.

**Kőzetfizikai tulajdonság, kőzetfizikai csoport**

A kőzetfizikai tulajdonság elsősorban az in situ kőanyagból feldolgozott zúzott termékek anyagtanai sajátja. Az építési gyakorlatban kőzetfizikai tulajdonság alatt általában a zúzottkő és zúzottkavics termékek azon aprózódási (Los Angeles, Deval, mikro-Deval) és időállósági (szulfátos kristályosítás) tulajdonságai értendők, amelyeknek kőzetfizikai csoportba foglalva a visszavont MSZ 1992:1970, MSZ 18291:1978, MSZ-07-3114:1991, MSZ 4798-1:2004 szabvány és az ugyancsak visszavont ÚT 2-3.601:1991, ÚT 2-3.601:1998, ÚT 2-3.601:2006, ÚT 2-3.601-2:2009, ÚT 2-3.710:2008 útügyi műszaki előírás szerint termékminősítő, illetve termékjellemző szerepük volt (Kausay 2008). A kőzetfizikai csoportok létrehozása Kertész Pál<sup>49</sup> érdeme volt.

E szabványok és előírások visszavonásával, és lényegében az európai szabványok bevezetése következtében a kőzetfizikai csoport zúzottkő minősítő szerepe háttérbe szorult, voltaképpen megszűnt, de megújult formában (a magnézium-szulfátos kristályosítás nélkül) aprózódási csoportként az ÉMI-ben napjainkban készült, „Építési és bontási inert hulladékok feldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben” című építésügyi műszaki irányelvben szerepel.

Bár nem termékminősítő tulajdonságként, hanem fogalomként, az e-UT 05.0115:2018 útügyi műszaki előírásban említik a kőzetfizikai tulajdonságokat, mint amelyeket a fedolgozási technológia nem befolyásol. Ez így nagyvonalúan kijelentve elfedi a részleteket, például a szemalak hatását a Los Angeles aprózódási veszteségre (Kausay, 1971).

Lásd még: Aprózódási csoport

**Közönséges (normál, szokványos) adalékanyag**

Adalékanyag, amely szemeinek a testsűrűsége  $110 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban nagyobb mint  $2000 \text{ kg/m}^3$  és kisebb mint  $3000 \text{ kg/m}^3$ . Betonanyagú újrahasonosított szokványos (közönséges, normál) adalékanyag esetén a szárítást  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten kell végezni.

**Közönséges (normál, szokványos) beton**


---

<sup>49</sup> Kertész Pál (1928, Budapest – 2012, Budapest) egyetemi docens, okl. építőmérnök. Műszaki doktori címet 1962-ben szerzett, a műszaki tudomány kandidása fokozatot 1971-ben szerezte meg. Vezetője volt az építési kőanyagok – 1978-1991 között, a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékénél készült, 50 darab szabványból álló, MSZ 18280 – MSZ 18297 jelzetű – magyar nemzeti szabványrendszert kidolgozó bizottságnak. 8 könyvet, 24 könyvfejezetet, 24 egyetemi és főiskolai jegyzetet, 90 folyóirat cikket írt, konferencia kiadványban 54 dolgozata jelent meg (Gálos 2013).

Beton, amelynek a testsűrűsége 28 napos korban,  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban nagyobb mint  $2000 \text{ kg/m}^3$  és legfeljebb  $2600 \text{ kg/m}^3$ , és nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C100/115 közötti.

A Model Code 2010 5. fejezete szerint a közönséges (normál) betonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya C12 és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya C120, hivatkozással az ISO 1920-3:2004 szabványra.

### **Kristályvíz**

A kristályvíz azoknak a vízmolekuláknak a neve, amelyek más molekulákkal sztöchiometrikus arányban kristályosodnak, azaz ezekkel együtt a kristályrácsba beépülnek.

Lásd még: Hidrátok, Konstitúciós víz

### **Kritikus víztelítettség**

Kritikus víztelítettségnek a fagykárosodást okozó víztartalom határértékét nevezik (*Fågerlund* 1973).

### **Kulé kavics**

Túl nagy méretű kavics, amely töréssel, osztályozással, mosással tehető beton adalékanyagkénti felhasználásra alkalmassá. A kulé kavicsból töréssel, osztályozással, mosással előállított termék neve a szemnagyságtól függően zúzottkavics (tört kavics) vagy zúzotthomok.

### **Kumulálás, kumulatív függvény, kumuláns**

A kumulálás latin eredetű szó, összegyűjtést, halmozást jelent. Esetünkben kumulálás például az összes megelőző mérési eredmény összesítése az elsőtől az utolsóig.

Kumulatív görbe, illetve függvény például a szemmegoszlási görbe vagy a valószínűségi eloszlásfüggvény ( $F(x)$ ), amely utóbbit a sűrűségfüggvényből ( $f(t)$ ) kumulálással nyerjük:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt, \quad x \in \mathbb{R} \text{ és}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt = 1$$

Kumuláns a matematikai statisztikában valamely valószínűségi eloszlás jellemző adatát, független változóját jelenti.

### **Kúszás**

A kúszás a beton esetén a tartós (időben változatlan) nyomóerő (nyomófeszültség) hatására fellépő *lassú alakváltozás*, a lassú hosszváltozás és a mérési alaphossz hányadosa, nevezetlen szám. Jele:  $\varepsilon_{\text{kúszás}}$

### **Kúszás rugalmas utóhatása**

Tehermentesítés után, az idő folyamán a kúszás maradó alakváltozásának rugalmasan visszaalakuló része. Jele:  $\varepsilon_{\text{kúszás,r,utóhatás}}$

### **Kúszási határ**

A beton kúszásának azt a végtelen hosszú időhöz (gyakorlatilag 70 év) tartozó legnagyobb értékét, amelyet állandó, tartós terhelőerő mellett a beton éppen törés nélkül képes viselni, kúszási határnak nevezük. A  $t_0$  időponttól működő  $\sigma_{c,cyl}$  tartós feszültség hatására jelentkező fajlagos alakváltozás  $t_\infty$  időben számításba veendő értéke (fajlagos alakváltozás végértéke).

Jele:  $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$

### **Kúszási tényező, kúszási mérték**

A kúszási tényező vagy kúszási mérték ( $\varphi_t$ ) a terhelés okozta pillanatnyi rugalmas alakváltozás ( $\varepsilon_{0,r}$ ) és kúszás ( $\varepsilon_{\text{kúszás}}$ ) hányadosa, nevezetlen szám:  $\varphi_t = \varepsilon_{\text{kúszás}}/\varepsilon_{0,r}$ .

### Kúszási tényező alapértéke

A visszavont MSZ 15022 szabványsorozat szerint az állandó vagy tartós teher, a levegő 70%-os relatív páratartalma, a beton 28 napos korban történő megterhelése, nem nagy kezdőszilárdságú cement alkalmazása és képlékeny friss beton konzisztencia esetén a kúszási tényező  $\varphi_0$  alapértéke egyenlő a kúszási tényező  $\varphi_\infty$  végértékével.

### Kúszási tényező végértéke

A kúszási tényezőnek általában a beton 70 éves korában értelmezett végértéke. Jele:  $\varphi_\infty$ ,  $\varphi(\infty, t_0)$

### Kvantilis

Az a valószínűségi változó, amely adott arányban osztja fel a relatív gyakorisági görbe (sűrűségfüggvény) alatti területet, vagy a rendezett mintát stb. A kvantilis a  $p$  alulmaradási hányadhoz tartozó  $X_p$  valószínűségi változó, küszöb érték, jellemző érték (például  $f_{\text{ck,test}}$ ). A Gauss-eloszlás 5%-os kvantilise az  $f_{\text{ck,test}} = \mu - 1,645 \times \sigma$  összefüggéssel számolható.

### Kvarc

A kvarc (szilícium-dioxid,  $\text{SiO}_2$ ) kovasavanhidrid. A kristályos módosulatokon kívül a szilícium-dioxid amorf alakban is előfordul, például az opál ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ) amorf szilícium-dioxid.

Lásd még: Kovasav, Opál

### Laboratóriumi minta, adalékanyag esetén

A vizsgálandó adalékanyagból a mintavétel szabályai szerint vett és csökkentett reprezentatív minta, amelyből a laboratórium a vizsgálati mintát előállítja.

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint adalékanyag (köanyaghalmoz) gyűjtőmintából nyert, csökkentett minta laboratóriumi vizsgálat céljára.

### Lakmuspapír

Sav-bázis indikátorként használt összetett növényi festékekkel, lakmusszal (eredeti nevén lacca musci) átitatott papírcsík, amelyet a vizes oldatok közelítő pH-értékének meghatározásához alkalmaznak.

Lásd még: Hidrogénion-koncentráció

### Lapultsági együttható

Csúcsossági együtthatónak is nevezik. A lapultsági együttható a szimmetrikus gyakorisági görbének a normális eloszlás alakjától való eltérését fejezi ki. A lapultsági együttható jele:  $\gamma_2 = \gamma_{\text{kurtosis}}$  (kurtosis = csúcsosság), tapasztalati képlete:

$$\gamma_2 = \gamma_{\text{kurtosis}} = \frac{\mu_4}{s^4} - 3 = \frac{n \times (n-1)}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3)} \times \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{x} - x_i}{s} \right)^4 - 3 \times \frac{(n-1)^2}{(n-2) \times (n-3)}$$

ahol:

$n$  = minta elemszáma,

$x_i$  =  $i$ -edik valószínűségi változó,

$\bar{x}$  = valószínűségi változók átlagértéke,

$s$  = tapasztalati szórás.

A normális eloszlás lapultsági együtthatója zérus:  $\gamma_{\text{kurtosis}} = 0$ . A normális eloszlásénál laposabb

gyakorisági görbe lapultsági együtthatója negatív szám:  $\gamma_{\text{kurtosis}} < 0$ . A normális eloszlásnál csúcsosabb gyakorisági görbe lapultsági együtthatója pozitív szám:  $\gamma_{\text{kurtosis}} > 0$ .<sup>50</sup>

### Lágy víz

Lásd: Vízkeménység

### Látszólagos porozitás

A látszólagos porozitás az anyag tömegarányban kifejezett vízfelvételének és az anyag hőmérséklet függő relatív testsűrűségének szorzata ( $p_{\text{látszólagos}} = n \cdot \delta_T$ ), más szóval az anyag térfogatarányban kifejezett vízfelvétele, amely kifejezhető térfogat%-ban is.

A látszólagos porozitás ( $p_{\text{látszólagos}}$ ) és a tömegarányban kifejezett vízfelvétel ( $n$ ) viszonya – ha  $\rho_T$  a kiszáritott anyag testsűrűsége és  $\rho_A$  a víz sűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten – a következő:

$$p_{\text{látszólagos}} > n, \text{ ha } \rho_T > \rho_{\text{víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T / \rho_{\text{víz}} > 1,0$$

$$p_{\text{látszólagos}} = n, \text{ ha } \rho_T = \rho_{\text{víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T / \rho_{\text{víz}} = 1,0$$

$$p_{\text{látszólagos}} < n, \text{ ha } \rho_T < \rho_{\text{víz}}, \text{ mert ebben az esetben } \delta_T = \rho_T / \rho_{\text{víz}} < 1,0$$

Szám példa a látszólagos porozitásra:

Legyen egy anyag

$$\text{anyagsűrűsége: } \rho_A = 3000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{testsűrűsége: } \rho_T = 2400 \text{ kg/m}^3,$$

$$\text{amiből a tömörsége: } t = 2400/3000 = 0,8$$

$$\text{a porozitása: } p = 1 - 0,8 = 0,2$$

$$\text{vízfelvétele (tömegarány) teljes víztelítés esetén: } n = 200/2400 = 0,08333 \leq 0,2 = p$$

$$\text{látszólagos porozitása: } p_{\text{látszólagos}} = n \cdot (\rho_T / \rho_{\text{víz}}) = 0,08333 \cdot 2400/1000 = 0,2$$

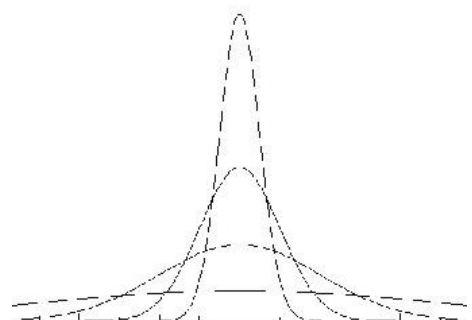
$$\text{vagy } p_{\text{látszólagos}} = \text{vízfelvétel (térfogatarány)} = \text{víztérfogat/testtérfogat} = 200/1000 = 0,2,$$

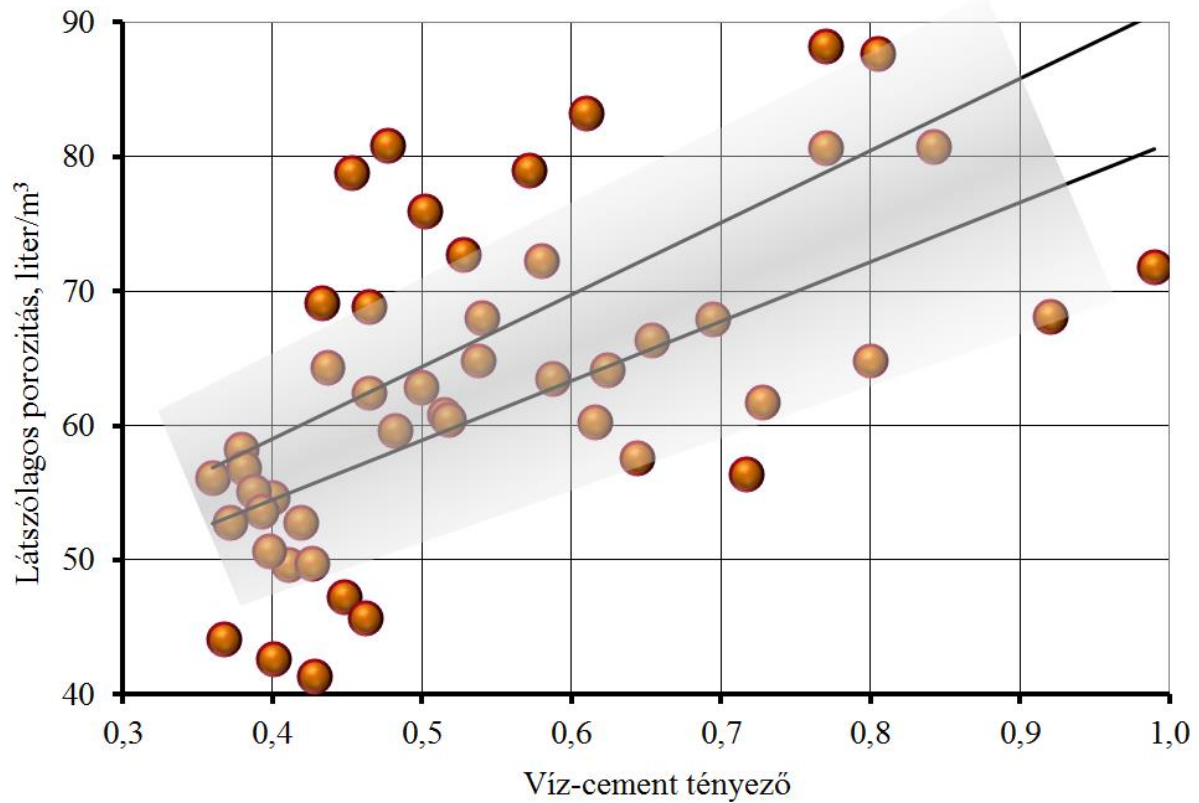
azaz a látszólagos porozitás teljes víztelítés esetén a porozitás közelítő értéke,

Ha az építőanyag testsűrűsége a víz sűrűségénél nagyobb, azaz a relatív testsűrűség 1-nél nagyobb, akkor a látszólagos porozitás ( $p_{\text{látszólagos}} = n \cdot \rho_T / \rho_{\text{víz}}$ ) a vízfelvételnél nagyobb, és fordítva.

Az 1.17. ábrán láthatjuk, hogy a beton látszólagos porozitását alapvetően a víz-cement tényező befolyásolja, növekvő víz-cement tényezőhöz általában növekvő látszólagos porozitás tartozik. Az ábrabeli betonok CEM I 42,5 N jelű portlandcementtel, 150-790 kg/m<sup>3</sup> közötti cementadagolással, 4 mm, 8 mm és 16 mm legnagyobb szemnagyságú, és 3,76-6,62 közötti finomsági modulusú homokos kavics adalékanyaggal, a földnedvestől a folyóság terjedő konzisztenciával készültek (Kausay 1998).

<sup>50</sup> Különböző lapultságú szimmetrikus gyakorisági görbék ábrája





**1.17. ábra:** Példa a beton látszólagos porozitásának tendenciájára a víz-cement tényező függvényében (Kausay 1998)

Lásd még: Relatív testsűrűség

### Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

A legkisebb hibanégyzetösszegek módszere kiválóan alkalmas az együtt értékelt mérési eredmények (vizsgálati eredmények) közötti összefüggéseket legkisebb hibával leíró regressziós görbék meghatározására, feltéve, hogy a hibák véletlen eredetűek.

Ha feltételezzük, hogy két mért mennyiség ( $x$  és  $y$ ) közötti függvénykapcsolatot a felvett  $Y = f(x)$  függvény írja le, és a hiba az  $i$ -edik együtt értékelt független változóhoz ( $x_i$ ) tartozó függő változó mért értékének ( $y_i$ ) és valamely  $Y = f(x)$  közelítő regressziós függvény  $x_i$  független változóhoz tartozó  $Y$  függvényértékének a különbsége:  $y_i - Y$ , amelyből az  $F$  hibanégyzetösszeg-függvény:

$$F = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2$$

akkor előállíthatók az  $F$  függvénynek az  $Y = f(x)$  függvény  $a$ ,  $b$ ,  $c$  stb. együtthatói szerinti deriváltjai:  $\partial F/\partial a$ ,  $\partial F/\partial b$ ,  $\partial F/\partial c$  stb.

Az  $F$  hibanégyzetösszeg-függvénynek ott van szélső értéke, esetünkben minimuma, ahol a deriváltjainak az értéke zérus:  $\partial F/\partial a = 0$ ,  $\partial F/\partial b = 0$ ,  $\partial F/\partial c = 0$  stb. Ezt az egyenletrendszert megoldva megkapjuk az  $Y = f(x)$  függvény  $a$ ,  $b$ ,  $c$  stb. együtthatóinak azon optimális értékeit, amelyek mellett a hibanégyzetösszegek a legkisebbek (1.18. ábra).

Vegyünk egy egyszerű példát, legyen a függvénykapcsolatot feltételezéseink szerint jól leíró, felvett regressziós függvény alakja egyenes:  $Y = a \times x + b$ , és határozzuk meg az  $a$  és a  $b$  együtthatók értékeit:

$$Y = a \times x + b$$

$$F = \sum (y_i - Y)^2 = \sum (y_i - a \times x_i - b)^2 \Rightarrow \min$$

$$\frac{\partial F}{\partial a} = -2 \times \sum (y_i - a \times x_i - b) \times x_i = 0 \quad \frac{\partial F}{\partial b} = -2 \times \sum (y_i - a \times x_i - b) = 0$$

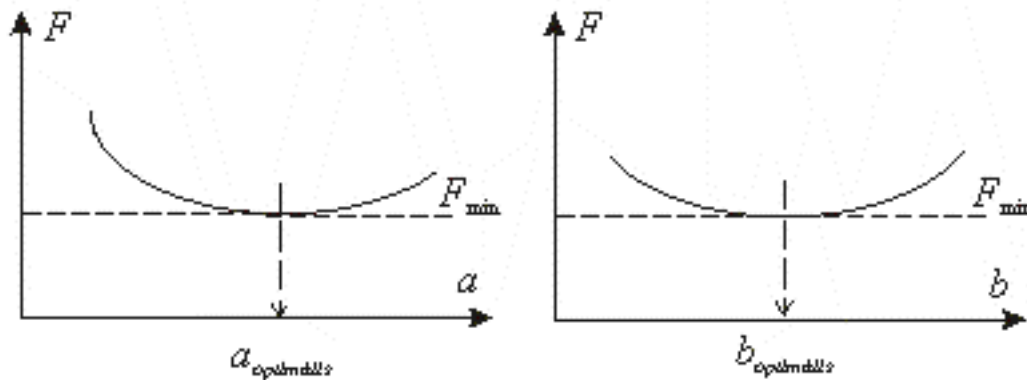
$$\sum x_i \times y_i - a \times \sum x_i^2 - b \times \sum x_i = 0 \quad \sum y_i - a \times \sum x_i - b \times n = 0$$

Meghatározandó részmenntényiségek:  $\sum x_i$   $\sum y_i$   $\sum x_i^2$   $\sum x_i \times y_i$

$$D_a = \begin{vmatrix} \sum x \times y & \sum x \\ \sum y & n \end{vmatrix} \quad D_b = \begin{vmatrix} \sum x^2 & \sum x \times y \\ \sum x & \sum y \end{vmatrix} \quad D = \begin{vmatrix} \sum x^2 & \sum x \\ \sum x & n \end{vmatrix}$$

$$a = \frac{D_a}{D}$$

$$b = \frac{D_b}{D}$$



**1.18. ábra:** Regressziós függvény optimális együtthatóinak meghatározása a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével

Lásd még: Hiba és hibanégyzetösszeg, Regressziószámítás, Korrelációszámítás

### Legkisebb négyzetösszegek módszere

Lásd: Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

### Legnagyobb szemmagyság

Az adalékanyag legnagyobb szemmagysága az adalékanyag szemmegoszlásának egyik legfontosabb geometriai jellemzője. Szokás *névleges* legnagyobb szemmagyságnak is nevezni, illetve a *felső szitamérettel* kifejezni. A betonadalékanyag keverék legnagyobb szemmagyságát a 8, 12, 16, 20, 24, 32, 40, 48, 63 mm nyílású sziták közül annak a legkisebb nyílású szitának a névleges méretével kell jellemezni, amelyik szemmegoszlása a határgörbék feltételének megfelel. Értelmezését részletesebben lásd a 5.3.3.1.3. fejezetben. Mértékegysége: mm, jele:  $D_{max}$ ,  $D$  vagy  $d_{max}$

### Lejtő, lejtés

Lásd: Emelkedő, emelkedés

### Lemezalakú szerkezeti elem

A lemezalakú szerkezeti elemek olyan hajlításra igénybevett sík felületek, amelyekre a felület síkjára merőleges terhelés hat. A lemezalakú szerkezeti elemek kisebb támaszköze a lemez vastagságának legalább kétszerese, és szélessége a lemez vastagságának legalább négyszerese (Lohmeyer et al. 2010).

A vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetek lemezalakú szerkezeti elemei (Member with slab geometry, Plattenförmiges Bauteil) MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti szerkezeti osztályainak fokozata a nem lemezalakú szerkezeti elemek szerkezeti osztályainak fokozatához képest az 5.4., 5.5., 5.7. és 5.8. táblázat szerint csökkenthető.

Lásd még: Felületszerkezet

**Lég-áteresztőképesség**

Lásd: Hidrodinamikai permeabilitás

**Légbuborék**

A légbuborékképző adalékszerrel a beton fagy- és sóállóságának javítására a betonkeverékbe szándékosan bevitt levegő mennyiségét *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak, *légbuboréktartalomnak* nevezik. A légbuborékok közel gömb alakúak és mikroszkópikus méretűek. Átmérőjük általában kisebb, mint 750 µm, alakjuk közel gömb. A megszilárdult betonban a hatékonynak tekintett légbuborékok átmérője 10 µm és 300 µm között van.

Lásd még: Hatékony légbuborék

**Légpórus**

Légpórusnak a szilárduló betonban, illetve cementkőben akarattunk ellenére, gondos tömörítés mellett is visszamaradó, esetleges elrendeződésű, általában 10-1000 µm méretű pórusokat nevezzük.

Az olyan betont, amelyben a pórusok mérete az 1 mm-t erősen meghaladja – például 4 mm-nél nagyobb – és keletkezésük tömörítetlenségre vezethető vissza, fészkes betonnak, az ilyen „pórusokat” például durva pórusnak vagy üregnek nevezzük.

A sejtbetonok (gázképzővel előállított gázbeton, kereskedelmi nevén „pórusbeton”, vagy habképzővel előállított habbeton) zárt sejtjeinek átmérője általában legfeljebb 2 mm.

**Lényeges követelmény**

Lásd: Alapvető követelmény (2013. július 1. óta)

**Lisztfinomságú szemek**

Az MSZ 4798:2016 szabványban a friss beton azon szilárd összetevőinek összegét, amelyek szemnagysága  $\leq 0,125$  mm, azaz a cement, a kiegészítőanyag és az adalékanyag ebbe a tartományba eső szemeinek összegét *lisztfinomságú szemeknek* nevezik.

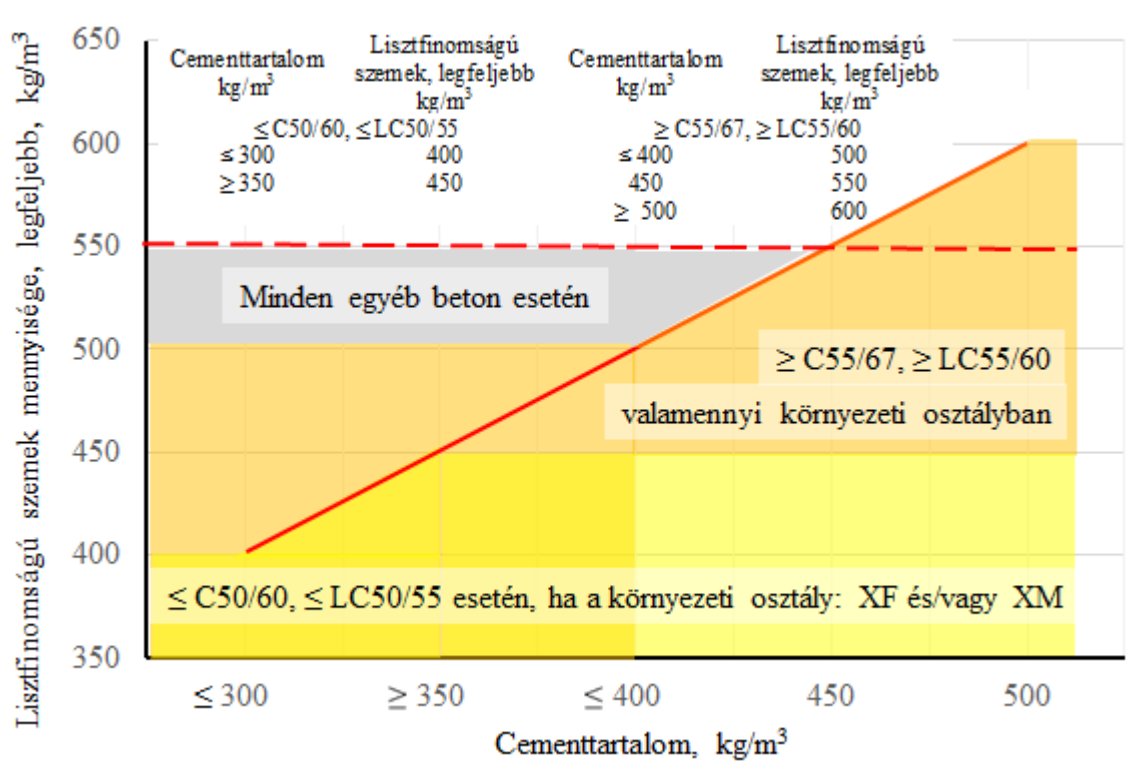
A lisztfinomságú (0,125 mm alatti) alkotóanyagok kellő mennyiségével elérhető, hogy a friss beton ne osztályozódjék szét, és ne eressze el a vizét (kivérzés). A túl sok lisztfinomságú szem megnöveli a vízigényt, és ezáltal megnö a zsugorodás és a repedésképződés veszélye.

Az MSZ 4798:2016 szabvány D melléklete szerint a különleges mélyépítési munkának számító

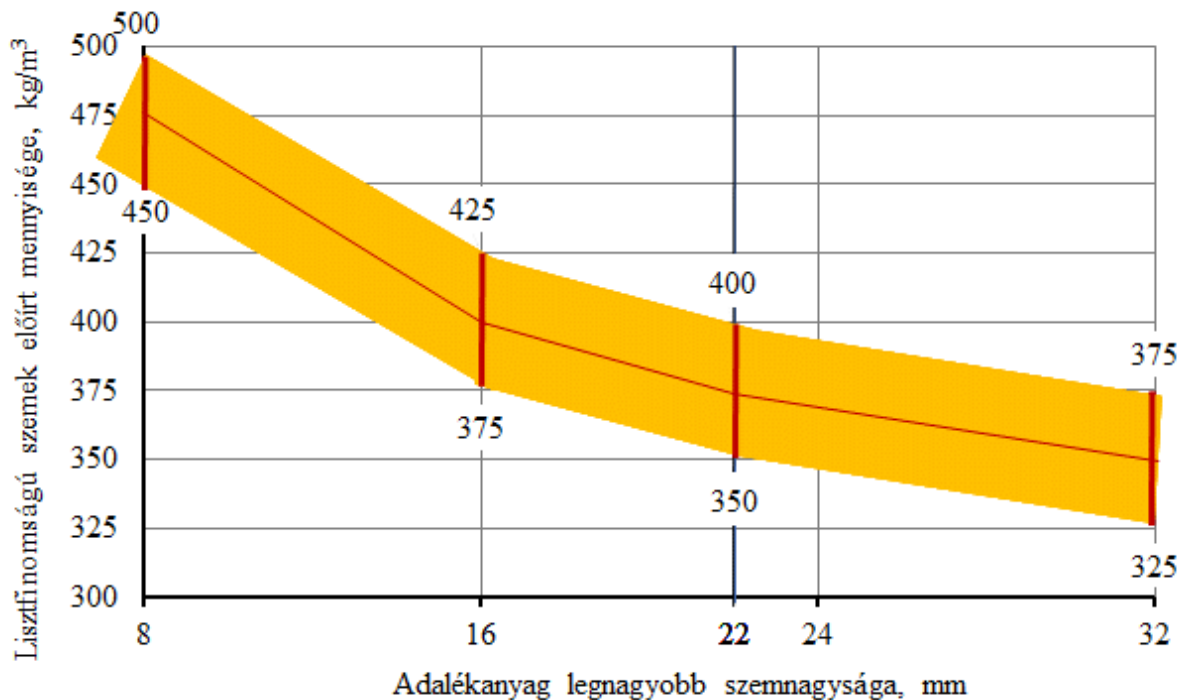
- fűrt cölöpök és talajkiszorításos cölöpök esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége, ha a  $D_{\max} > 8$  mm, akkor legalább 400 kg/m<sup>3</sup>, ha a  $D_{\max} \geq 4$  mm és ha  $D_{\max} \leq 8$  mm, akkor legalább 450 kg/m<sup>3</sup> legyen;
- résfalak esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége 400-550 kg/m<sup>3</sup> között legyen;
- mikrocölöpök esetén a lisztfinomságú szemek mennyisége legalább 375 kg/m<sup>3</sup> legyen.

A DIN 1045-2:2008 szabvány, illetve a DIN-Fachbericht 100:2010 jelentés 3.1.48 szakasza, valamint az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 3.1.47 szakasza szerint a lisztfinomságú szemek alatt szintén a legfeljebb 0,125 mm méretű szemeket értik, amelybe a cement, a legfeljebb 0,125 mm szemnagyságú adalékanyag (finomhomok) és a kiegészítőanyagok tartoznak.

A DIN 1045-2:2008 szabványban a lisztfinomságú szemeknek nem a megkövetelt, hanem a megengedett mennyiségét írták elő a beton és a könnyűbeton nyomószilárdsági osztálya és cementtartalom függvényében (1.19. ábra). Az 1.19. ábrabeli korlátok vízalatti betonozás esetén átléphetők.



**1.19. ábra:** Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek megengedett legnagyobb mennyisége a friss betonban a DIN 1045-2:2008 szabványban, feltéve ha az adalékanyag legnagyobb szemmagysága 16 mm és 63 mm közé esik (XM a kopásállóság környezeti osztályának jele a német szabályozásban)



**1.20. ábra:** Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek kedvező mennyisége a friss betonban az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint F4 (területi mérték: 490-500 mm) konzisztencia osztályú beton esetén

Az F4 konzisztencia osztályú friss beton lisztfinomságú szemei kedvező mennyiségének tartománya az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint az 1.20. ábrán látható. Szivattyúzott beton esetén a lisztfinomságú szemeknek a tartomány középvonala feletti sávba eső



mennyisége alkalmazandó. Az öntömörödő beton lisztfinomságú szemeknek mennyisége legalább  $500 \text{ kg/m}^3$  legyen.

Az osztrák szabvány szerint

- látszóbeton esetén a lisztfinomságú szemeknek a  $\pm$  tartomány középvonala feletti sávba eső mennyisége és annál legfeljebb 10%-kal több lisztfinomságú szem általában elegendő.
- A szabvány D melléklete D.3.2. szakaszának D.1 táblázata szerinti speciális geotechnikai munkákhoz használt beton lisztfinomsági szemeknek mennyisége 8 mm feletti legnagyobb szemmagyság esetén legalább  $400 \text{ kg/m}^3$ , és legfeljebb 8 mm legnagyobb szemmagyság esetén legalább  $450 \text{ kg/m}^3$  legyen.
- A szabvány D.3.2. szakasza szerint mikrocölöpök esetén a lisztfinomsági szemeknek mennyisége  $375 \text{ kg/m}^3$  legyen, amely értéket 16 mm legnagyobb szemmagyság esetén átlépni nem szabad.
- A szabvány D.3.2. szakasza szerint a résfalak bedolgozhatóságát  $400\text{-}550 \text{ kg/m}^3$  lisztfinomságú szem megkönnyíti.

A lisztfinomságú szemekkel részletesebben a Beton című könyv M2. mellékletében foglalkoztunk (Kausay 2013).

Lásd még: Finomrész

### Logaritmikus normális eloszlás, lognormális eloszlás

A logaritmikus normális valószínűségi eloszlás vagy röviden lognormális eloszlás  $\ln x$  alakú valószínűségi változója normális eloszlású. A lognormális eloszlás a normális eloszlásból származtatható jobbra ferde (jobbra elnyúló) eloszlás, amelynek várható értéke és szórása transzformált abszcissa-tengely esetén nem egyezik meg a normális eloszlás várható értékével és szórásával (Hartung et al. 2009, Mosostory 2002, Rényi 1966, Vincze E. 1972, Vincze I. 1958, Vincze I. 1968).

A lognormális eloszlás sűrűségfüggvénye (1.21. ábra):

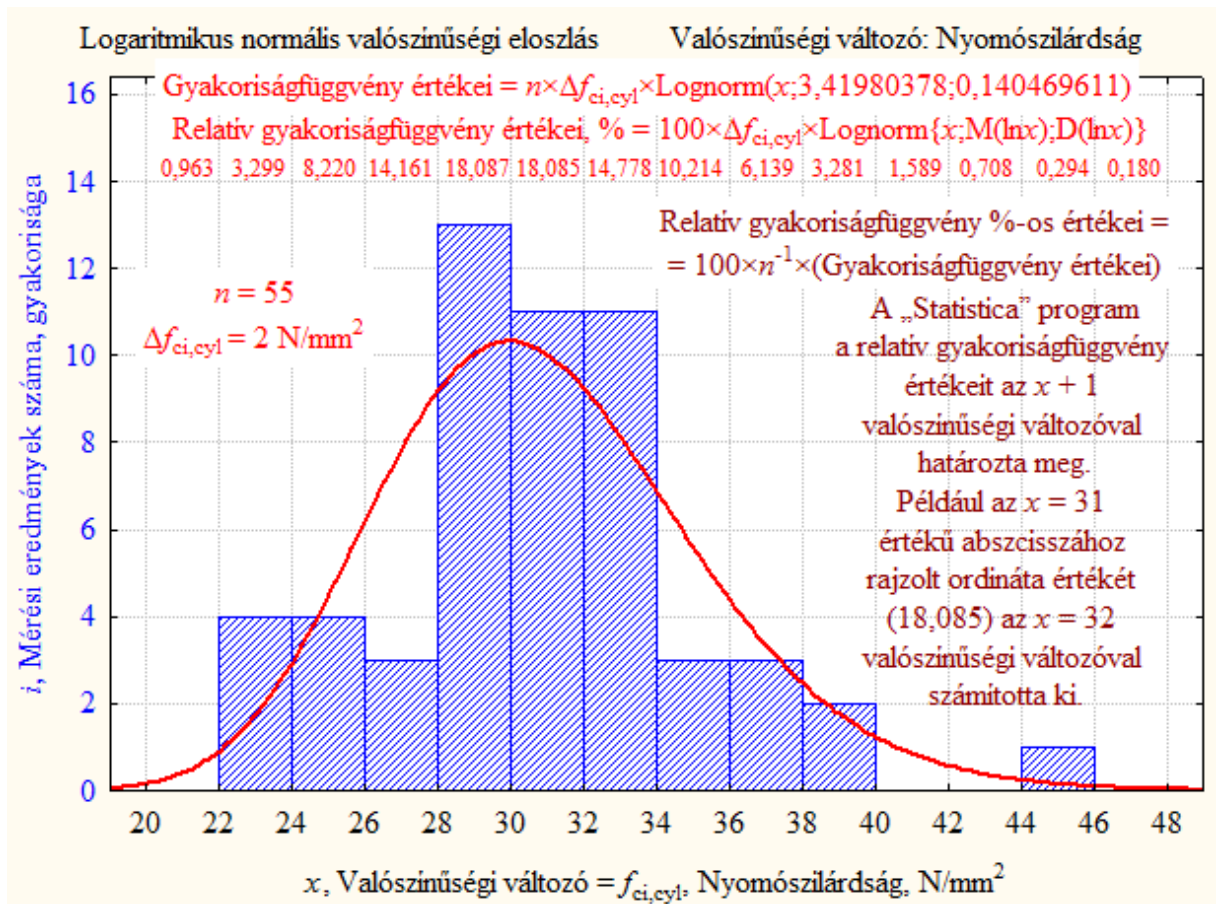
$$p'(x; M(\ln x); D(\ln x)) = f(x; M(\ln x); D(\ln x)) = \frac{1}{x \times D(\ln x) \times \sqrt{2 \cdot \pi}} \times e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(\ln x - M(\ln x))^2}{D(\ln x)^2}}$$

és eloszlásfüggvénye:

$$p(x; M(\ln x); D(\ln x)) = F(x; M(\ln x); D(\ln x)) = \frac{1}{D(\ln x) \times \sqrt{2 \cdot \pi}} \times \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \times \frac{(\ln x - M(\ln x))^2}{D(\ln x)^2}} dx$$

A sűrűségfüggvény alatti terület nagysága 1,0, illetve a relatív gyakoriságokat százalékban kifejezve 100%.

Lutz Fischer (1995) szerint a  $v = 0,2$  relatív szórású logaritmikus normális eloszlás 5%-os küszöbértéke mintegy 5,5%-kal, a  $v = 0,4$  relatív szórású logaritmikus normális eloszlás 5%-os küszöbértéke mintegy 40%-kal nagyobb, mint a normális eloszlás 5%-os küszöbértéke. A logaritmikus normális eloszlás  $v \leq 0,1$  relatív szórás esetén a normális eloszláshoz tart, és átlagértéke az  $M(\ln x) = \ln M(x)$  összefüggéssel viszonylag jól kifejezhető. A normális eloszlás és a logaritmikus normális eloszlás 5%-os küszöbértéke között  $v \leq 0,1$  relatív szórás esetén gyakorlatilag nincs különbség.



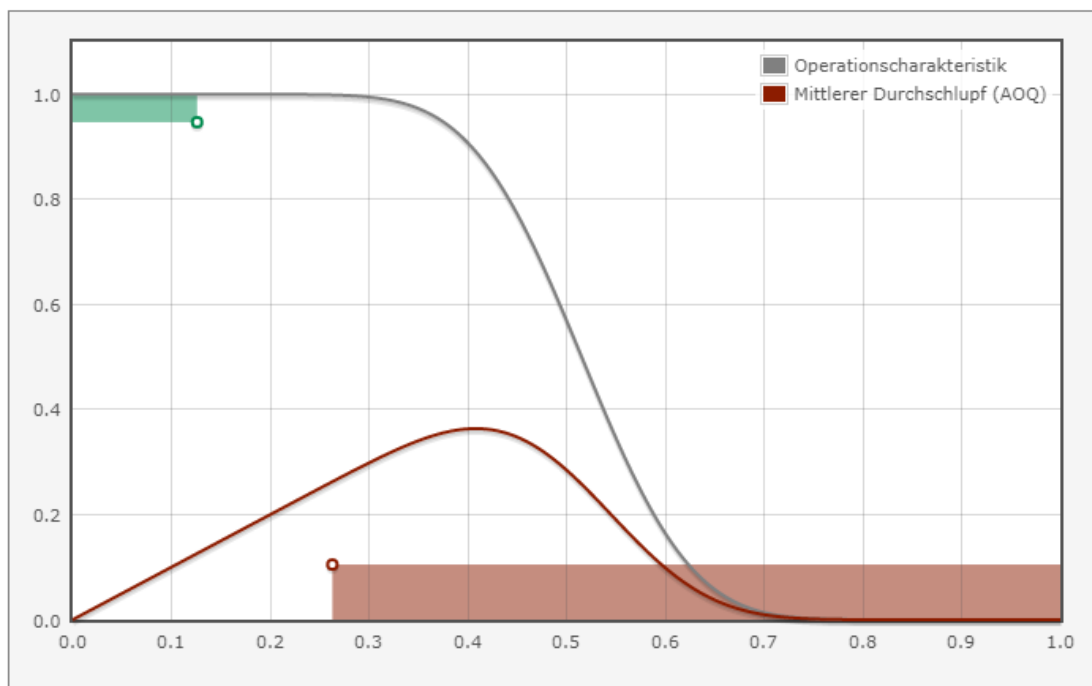
**1.21. ábra:** Példa a logaritmus normális eloszlás (lognormális eloszlás) hisztogramra rajzolt gyakoriság-, illetve relatív gyakoriságfüggvényére (sűrűségfüggvényére)

Ujhelyi János (1978, 1982) szerint a beton nyomószilárdságának eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B 50 – B 140, mai C16/20 alatti betonok) tartományában, vagy erősen képlékeny konzisztencia esetén a jobbra ferde (jobbra elnyúló) logaritmus normális eloszlással közelíthető.

Lásd még: Normális eloszlás

### LQ (Limiting Quality, Schlechtgrenze)

Hibakorlát



#### Verteilungsfunktion, die der Operationscharakteristik zu Grunde liegt

Verteilung:

#### Gutgrenze (Acceptable Quality Level, AQL)

$1-\alpha=0,947$

$p_{1-\alpha}=0,126$

#### Schlechtgrenze (Limiting Quality, LQ)

$\beta=0,105$

$p_{\beta}=0,263$

Itt ki is lehet az értékét számítani:

<https://www.mathematik.tu-clausthal.de/interaktiv/qualitaetssicherung/durchschlupf/>

### Lúgok

Lúgnak általában az olyan bázisok vizes oldatát nevezzük, amely vizes oldat lúgos kémhatású. Más szóval a lúgok a bázisok lúgos kémhatású vizes oldatai.

*Neumüller* et al. (3. kötet 1983) szerint a lúg elnevezést gyakran csak erős bázisok vizes oldatára, sőt legtöbbször csak a nátronlúgra (nátrium-hidroxid: NaOH) és a káliklúgra (kálium-hidroxid: KOH) alkalmazzák. Mivel az erős bázisok gyenge savakkal alkotott sói is lúgos kémhatásúak, ezért gyakran ezek oldataira is használják a lúg kifejezést (például szódalúg, fehérítőlúg). Az iparban sokszor függetlenül a kémhatásuktól lúgnak neveznek mindenféle oldatot (például szennylúg, szulfitszennylúg).

Lásd még: Bázisok

### Lúgos só

Lásd: Sók, Bázisos só

**Magminta**

Megépült szilárd monolit vagy előregyártott szerkezeti elemből kifűrt, legalább 70 mm átmérőjű ép minta, azaz magminta, amelyből vágással egy vagy több például nyomószilárdság-vizsgálatra alkalmas próbahenger alakítható ki.

**Magnézia**

Magnézium-oxid, periklász, MgO.

**Magnéziaduzzadás**

Magnéziaduzzadásra az a cement hajlamos, amelynek klinkerásványai között nagyobb mennyiségben szabad magnézium-oxid (magnézia, periklász) is található. A martin-salak is magnézia hatására duzzad, ha nedvesség éri.

**Magyar nemzeti szabvány**

Ebben a könyvben magyar nemzeti szabványnak azokat a szabványokat tekintjük és nevezzük, amelyek csak Magyarországon érvényesek. Például az MSZ EN vagy MSZ ISO jelű szabványok nem csak Magyarországon érvényesek, azok Magyarországon bevezetett (honosított) európai, illetve nemzetközi szabványok, röviden európai szabványok, illetve nemzetközi szabványok.

**Martin-salak**

Az acélglyártási salak szinonim megnevezése. Betonkészítéshez magnézium-oxid (periklász) tartalma miatt felhasználni tilos.

**Mechanikai anyagmodell**

A rugalmasan (elasztikusan) viselkedő *Hooke*-féle rugó, a viszkózusan viselkedő *Newton*<sup>51</sup>-féle dugattyú és a képlékenyen viselkedő *Saint-Venant*-féle súrlódó test – mint alapmodell – különféle társításával összeállított anyagmodell, amely a külső hatásokra az anyagban ébredő feszültségek és alakváltozások leírására alkalmas. A lineáris viszkoelasztikus anyagok törvényszerűségeit a DIN 13343:1994 szabvány tárgyalja.

**Mechanika ágazata, tárgyköre (Természettudományi Kislexikon 1976)**

A mechanika, pontosabban a klasszikus mechanika – a kvantumfizika (a nanoszkopikus méretekben lejátszódó jelenségek fizikája) és a relativitáselmélet fizikája (a newtoni gravitáció geometriáját meghaladó einsteini geometriai elmélet a gravitációról, a görbült téridő modellben lejátszódó jelenségek fizikája, amelynek fokozatai az általános és speciális relativitás) mellett – a fizika egyik főága.

A mechanika, amely a makroszkopikus anyagi testek mozgásának és nyugalmi állapotának törvényszerűségeivel foglalkozik, három fő részre tagolható: kinematika (mozgástan),

---

<sup>51</sup> *Sir Isaac Newton* (1642, Woolsthorpe, Lincolnshire – 1727, Kensington, ma London) angol fizikus, matematikus, csillagász. 1661-ben a cambridge-i Trinity College-ben tanult, tanulmányit 1665-ben fejezte be, és a cambridge-i egyetem matematika professzora lett. Felfedezte a binomiális tételt, kidolgozta a differenciál- és integrálszámítást, három mozgástörvénye vezetett el az általános tömegvonzás törvényének megfogalmazásához (*Newton*-féle axiómák), dolgozatot írt a végtelen sorokról, a színekről, a fényről, vizsgálta a körmozgást, a gravitációt, a bolygók mozgását stb. Felfedezte a *Newton*-féle színgyűrűket. 1671-ben tükrös távcsövet készített. A *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (a természetfilozófia matematikai alapjai) című háromkötetes könyve, amely a klasszikus mechanika alapműve, 1687-ben jelent meg. 1672-ben a Royal Society (1660-ban alapított angliai királyi tudományos társulat) tagja, majd 1703-ban elnöke lett. Cambridge-ből Londonba költözött, és ott a Pénzverde ellenőrévé (1695), majd vezetőjévé (1699) nevezték ki. (*Simonyi*, 1978)

dinamika (kinetika), sztatika (statika). A fénytant (optika) és a hőtant (termodinamika) is a kinematika tárgykörébe szokás sorolni.

A kinematika a makroszkopikus anyagi testek mozgásának törvényszerűségeit az előidéző erők tekintet nélkül leíró tudományág, amely a *Newton*-féle törvényeken (axiómákon) alapszik, de azokon kívül magában foglalja az égitestek mozgásának magyarázatát adó *Kepler*<sup>52</sup>-féle törvényeket is. A newtoni gravitációs törvények a *Kepler*-féle törvények egységes matematikai leírását adják.

A dinamika a makroszkopikus anyagi testek mozgását az előidéző erők figyelembevételével tárgyalja, azzal a pontosítással, hogy a nagy sebességgel mozgó testek mozgását nem a dinamika, hanem a speciális relativitáselmélet írja le. A dinamika alaptörvénye a 2. *Newton*-féle axióma.

A sztatika a makroszkopikus mechanikai rendszerek és a rájuk ható erők egyensúlyának feltételeit tárgyalja, más szóval az erőrendszerek tulajdonságaival és a nyugalomban lévő merev, szilárd testek erőviszonyaival foglalkozik. A szilárd testek sztatikája a rugalmasságtan és a szilárdságtan, a folyadékok sztatikája a hidrosztatika, a gázok sztatikája az aerosztatika.

A geometria nem a mechanika, hanem a matematika egyik legkorábban kialakult ága

Lásd még: *Newton*-féle axiómák, Mechanikai tulajdonságok

### Mechanikai tulajdonságok

A mechanika tárgyköre alapján az anyag mechanikai tulajdonságai a tömegi, kinematikai, dinamikai, elektromosságtani, fénytani, hőtani, rugalmasságtani, szilárdságtani, hidrosztatikai, aerosztatikai tulajdonságok, így például a tömeg, a sűrűség, a tömegre vonatkoztatott fajlagos felület, az elmozdulás, a tehetetlenség (inercia), a sebesség, a gyorsulás, a rezgés, az erő, a nyomaték, a munka, a teljesítmény, a súly, a fajsúly, az áramerősség, az áramfeszültség, az elektromos ellenállás, az elektromos teljesítmény, a mágneses permeabilitás, a szín, az olvadáspont, a hőtágulás, a hővezetőképesség, a hőszigetelő-képesség, a hőfejlesztés, a rugalmassági modulus, a szilárdság, a fáradás, a kúszás, az ernyedés, a hegeszthetőség, a vízfelvétel, a vízáteresztő-képesség, a vízzáróság, a vízszigetelő-képesség, a vízáramlás, a párolgás, a légáramlás, a szag stb.

A fizikai tulajdonságok köre nem szinonimája a mechanikai tulajdonságok körének, hanem annál tágabb.

A geometriai tulajdonságok, így például a méret, a méreteloszlás (szemmegoszlás), a szemhalmazok legnagyobb szemnagysága és finomsági modulusa, a légbuborékok mérete és távolsági tényezője, az érdesség, a felület, a térfogat, a térfogatra vonatkoztatott térfogati fajlagos felület, az alak, az alakváltozás, a kopási veszteség, a zsugorodás, a tömörség és a porozitás stb. nem mechanikai vagy fizikai, hanem matematikai tulajdonság, mint például az átlagérték, a szórás, a szórásnégyzet, a terjedelem stb. (Szemben például az átlagos tömeggel, a szilárdság szórásával, a levegőtartalom-mérési eredmények terjedelmével stb, amely mechanikai tulajdonság.)

Lásd még: Mechanika ágazata, tárgyköre, Természettudományok ágazata

---

<sup>52</sup> *Johannes Kepler* (1571, Weil der Stadt – 1630, Regensburg) német matematikus és csillagász. 1594-ben meghívták a Grazi Egyetemre, ahol matematikát és csillagászatot tanított. 1600-ban II. Rudolf császár udvari csillagászána segédje lett, majd 1601-ben *Kepler* lett az udvari matematikus és csillagász. II. Rudolf császár halála után, 1612-től Linzben matematikusként tevékenykedett. Optikai találmánya az 1611-ben leírt *Kepler*-távcső. A bolygók mozgásának törvényszerűségeit leíró összefüggéseit, amelyek végső formájukban 1609 és 1619 között születtek meg, I.-III. *Kepler*-törvénynek nevezzük. Harmadik főművének az 1627-ben kiadott „Rudolf-féle” bolygótáblázatot tartják. ( *Simonyi* 1978, [https://hu.wikipedia.org/wiki/Johannes\\_Kepler](https://hu.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler))

**Medián**

A medián latin szó, középsőt jelent. A sorba rendezett valószínűségi változók (például mérési eredmények) közül a középső érték (páratlan számú adat esetén), vagy a két középső érték (páros számú adat esetén) átlaga. Helyzeti középértéknek is tekinthető, robusztus becslőnek is nevezik. A medián a  $p = 0,5$  értékhez tartozó kvantilis. Matematikusok szerint a medián a szélsőségesen eltérő („kilógó”) adatokkal szembeni kis érzékenysége miatt jobban jellemzi a nem normális eloszlásokat, mint az átlag vagy a várható érték. Alkalmazása bizonyos esetekben, például a roncsolásmentes vizsgálatok mérési eredményeinek feldolgozása során előnyös lehet. A medián mindig a módusz és az átlag (várható érték) közé esik.

Lásd még: Ferde eloszlás, módusz

**Megfelelőség igazolás**

Igazolás – általában ellenőrző vagy tanúsító szervezet bevonásával – arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (például a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

A megfelelés igazolás megnevezése 2013. július 1. óta teljesítmény-állandóság igazolás.

**Megfeleléségi nyilatkozat**

A gyártó nyilatkozata a kezdeti vagy a folyamatos vizsgálat eredménye alapján arról, hogy a beton a szabványos követelménynek (például a nyomószilárdsági osztálynak) megfelel (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

A megfeleléségi nyilatkozat megfelelője 2013. július 1. óta teljesítmény-nyilatkozat.

**Meghibásodási ráta**

Megnevezése angolul: Hazard Rate, németül: Ausfallrate vagy Hazardrate. Jele például: HR

A meghibásodási ráta annak valószínűsége, hogy a  $t$  időpontig működő hibahely a következő  $\Delta t$  időegység alatt hibásodik meg.

Lásd: Weibull-eloszlás, *F1. függelék*

**Meredekség**

Lásd: Emelkedő, emelkedés, lejtő, lejtés, iránytangens

**Mester-görbe**

Olyan regressziós görbe (trendgörbe) megnevezése az angol nyelvterületen (master curve), amely bizonyos valószínűséggel valamely mérhető tulajdonság változását írja le az idő függvényében.

**Metakaolin**

Puccolános tulajdonságú kiegészítőanyag, amelyet kaolin hőkezelésével, kalcinálásával (olyan étetéssel, amelyhez levegő nem feltétlenül szükséges) állítanak elő (*Mlinárik et al. 2011*).

Lásd még: Kaolin, kaolinit

**Mész-modulus**

CaO/SiO<sub>2</sub> tömegarány, amely az aktív, II. típusú kiegészítőanyagok és a cement hidratációs hajlamának kifejezője.

**Mészstandard**

A mészstanrd a cement-klinker régebben használt oxidos mutatója:

$$Kst = \frac{100 \times c(\text{CaO})}{2,8 \times c(\text{SiO}_2) + 1,1 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0,7 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

A mézstandard (Kst) előnye a mézszelítési tényezővel (TT) szemben, hogy nem függ az alumínátmodulustól (AM), hátránya viszont, hogy a szabad méz- és a szulfáttartalmat nem veszi számításba. A Kst mézstandard mindig nagyobb, mint a TT mézszelítési tényező (Riesz et al., 1989).

Lásd még: Szilikát-modulus, Alumínátmodulus, Mézszelítési tényező

### Mézszelítési tényező, mézszelítettség

A mézszelítési tényező, más szóval a mézszelítettség (TT) a cement-klinker egyensúlyi mézszelítettségét kifejező hányados.

Ha az alumínátmodulus értéke:  $AM > 0,64$ , akkor:

$$TT(I) = \frac{c(\text{CaO}) - c(\text{szabad CaO}) - 1,65 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0,35 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{SO}_3)}{2,8 \times c(\text{SiO}_2)}$$

és ha az alumínátmodulus értéke:  $AM < 0,64$ , akkor:

$$TT(II) = \frac{c(\text{CaO}) - c(\text{szabad CaO}) - 1,1 \times c(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0,7 \times c(\text{SO}_3)}{2,8 \times c(\text{SiO}_2)}$$

A mézszelítési tényező (mészszelítettség) határértékei:  $0,85 < TT < 0,95$ .

Ha  $TT \geq 1,0$ , akkor a klinker egyensúlyi fázisként szabad kalcium-oxidot (CaO) tartalmaz. A szabad kalcium-oxid vízzel lassan, csak a cement megszilárdulása után, erős térfogatnövekedés közben reagál, és duzadást, repedezést okoz. A klinker égetése során a  $TT = 1,0$  egyensúlyi állapotot gyakorlatilag sohasem éri el, mert ahhoz igen nagy hőmérsékletre és hosszú égetési időre volna szükség. Ezért írják elő a TT fenti elérendő tartományát.

Minél nagyobb a TT, a cement annál több trikálcium-szilikátot (alit,  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) tartalmaz, amely a klinker legértékesebb alkotórésze, és annál kevesebb a kevésbé értékes dikalcium-szilikát (belit,  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) mennyisége.

Az alsó TT határhoz közeli klinker kevesebb szabad meszet, kevesebb trikálcium-szilikátot és több dikalcium-szilikátot tartalmaz.

Régebben a klinker mézszelítési tényezője helyett a mézstandardot használták. (Riesz et al., 1989)

Lásd még: Szilikát-modulus, Alumínátmodulus, Mézstandard

### Migráció

A migráció latin eredetű szó (migratio = vándorlás). Migrációnak nevezzük az ionok mozgását vizes oldatokban (elektrolitokban), elektromos tér hatására.

Lásd még: Diffúzió, hidrodinamikai permeabilitás

### Minőség

A dolgok lényegét jellemző tulajdonságok összessége; valaminek az értékelést is magában foglaló jellege (Juhász et al. 1972).

E könyvben a minőség kifejezést használjuk az angol „performance” főnév szó szerinti fordításaként a szabványosítási és jogalkotási gyakorlatban használatos „teljesítmény” kifejezés helyett is.<sup>53</sup>

<sup>53</sup> Lásd a Teljesítőképeség fogalmához tartozó lábjegyzetet.

### **Minősítési érték**

A minősítési érték az anyag vagy termék valamely tulajdonságára, esetleg tulajdonságaira vonatkozó követelmény, amely lehet előírt érték és tapasztalati érték. A tapasztalati minősítési érték teljesülését előírt módon kell meghatározni. A mért, tapasztalati minősítési érték ne legyen kisebb – illetve értelemszerűen nagyobb – az előírt minősítési értéknél. A minősítési érték lehet például egyedi érték, átlagérték (számtani középérték), legnagyobb vagy legkisebb érték, átlagérték és legkisebb egyedi érték együtt, átlagérték és szórás együtt, jellemző (karakterisztikus) érték.

Például az egykori MSZ 4719:1982 szabvány 3.2.2. szakaszában úgy fogalmaztak, hogy a próbatestek nyomószilárdságának MSZ 4720-2 szerint meghatározott jellemző értéke érje el a nyomószilárdsági osztályra előírt minősítési értéket.

Az e-UT 07.01.14:2011 „Beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 4.” ütiügyi műszaki előírás 2. táblázatában a nyomószilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értékét ma is minősítési értéknek nevezik.

### **Minta, vizsgálati minta**

A vizsgálandó anyagból a vizsgálat céljára elkülönített, az átlagos minőséget képviselő anyagmennyiség, amely elegendő egy vagy több egyedi vizsgálati minta vagy próbatest előállítására.

További értelmezések:

- A minta vagy vizsgálati minta az együtt értékelt vizsgálati eredmények egyedi (egyes) vizsgálati mintái vagy próbatestjei csoportjának a neve. Például a szilárdságvizsgálati minta legalább három próbatestből áll, amely próbatestek vizsgálati eredményének átlaga egy eredménynek számít (MSZ 4798:2016).
- Egy vagy több egyedi (egyes) minta alkotta friss beton szűrőpróba (Spot sample, Stichprobe), amelyet a betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma) egy részéből vesznek és gondosan átkevernek (MSZ EN 12350-1:2009)

Lásd még: Betonkeverék (mint a betonkeverődob tartalma), Gyűjtőminta

### **Mixergépkocsi**

Önjáró alvázra szerelt betonkeverő gép, amely alkalmas homogén beton keverésére és szállítására.

### **Módosított víz-cement tényező**

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében és például a Betonlexikonban (Ujhelyi 2006) módosított víz-cement tényezőnek a víz-cement tényezőnek a péptelítettségtől függő módosított értékét nevezik.

### **Modul-rendszer**

A minőségi követelményeknek való megfelelés igazolására a globális megközelítés elvével az EU-ban bevezették a modul-rendszert. A rendszer nyolc modul tartalmaz, ezek rögzítik a megfelelés igazolás eljárásait és lehetséges változatait. A tanúsítási módszer előírásánál legalább két változat közül választást tesznek lehetővé a gyártó számára: termék tanúsítás vagy rendszertanúsítás (Varga 2007).

A megfelelés-értékelési modulokat Európai Közösségek Tanácsa 93/465/EGK számú határozata mellékletének II. fejezetében fogalmazták meg, és az MSZ 25051:1996 számú szabvány is ezeket veszi alapul. A termeléstől és az azt szabályozó irányelvtől függően a megfelelés-értékelési eljárás igen változatos lehet, kezdve az „A” modul jelentő gyártói nyilatkozattól a teljes minőségbiztosítási rendszer meglétét és tanúsítását igénylő „H” modulig.



Az MSZ 25051:1996 szabványban szereplő eljárások, illetve modulok akkor is alkalmazhatók, ha a megfelelő értékelésének vagy tanúsításának szükségességét nem jogszabály írja elő, hanem például a tanúsításról a felek szerződésben állapodnak meg.

### Módusz

A környezetében a legnagyobb (relatív) gyakorisághoz tartozó valószínűségi változó, azaz a (relatív) gyakorisági görbe csúcsához tartozó abszcissza érték, amelyből akár több is lehet.<sup>54</sup> A módusztól a ferdeség irányában helyezkedik el a medián, azt követően a számtani átlag (várható érték).

Lásd még: Ferde eloszlás, medián

### Moláris kémiai anyagkoncentráció

A moláris anyagkoncentráció az adott tiszta anyag egységnyi térfogatában található molok száma.

Mértékegysége:  $1 \text{ mol/m}^3$

### Molekulasúly

Elavult fogalom, amelyet a relatív molekulatömeg fogalma váltott fel.

Lásd: Relatív molekulatömeg, Atomtömeg

### Moltömeg vagy moláris tömeg

Lásd: Atomtömeg

### Monolit szerkezet betonja, monolitbeton

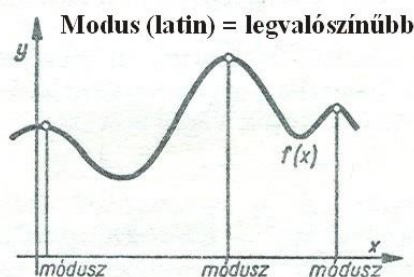
A monolit görög eredetű összetett szó (mono-lithos), egy darabból vésett követ jelent (*Bakos* 1973), a betontechnológiában az „egyetlen darabból” álló szerkezetek, szerkezetrészek elnevezése, amelyeket számtalanszor monolit szerkezetként említünk.

A monolitbeton voltaképpen a monolit beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek készítéséhez használt friss beton elnevezése, amely rendeltetése helyén általában határolófelületek közé öntve, tömörítve, például az építmény zsaluzata között szilárdul meg. A monolitbetont többnyire telepített, több építéshelyet kiszolgáló betongyárban keverik meg, és mint piaci terméket transzportbetonként szállítják az építéshelyre, de készíthetik az építéshelyi, az adott építéshelyet kiszolgáló betonkeverő-üzemben is.

### Monumentális épületek

Az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány 2.1. táblázatában a 100 év tervezési élettartamú (5. osztály) építmények egyik példjaként szereplő kifejezés, amelyben a monumentális jelző korántsem az épületszerkezetek vagy épületek óriási, hatalmas méreteire (*Bakos* 1973), hanem – a hidakhoz és más építőmérnöki szerkezetekhez hasonlóan – az

54



épületek, illetve építmények jelentőségére, értékére, tartósságára utal.

### **Munkameneterv**

Lásd: Betontechnológiai munkameneterv

### **Műanyagok**

A műanyagok olyan mesterségesen előállított anyagok, amelyek mindig több anyag keverékéből állnak, legalább egy komponensük polimer. A többi összetevő: kitöltőanyag, vázanyag, öregedés gátló, feldolgozást segítő anyag, festék stb.

A tulajdonképpeni műanyagok polimerét polimerizált szerves monomerek alkotják.

A szerves szilikon műanyagcsoport polimere például a polidimetil-sziloxán, amelynek szerves atomcsoportjába szilícium- és oxigénatomok épülnek be.

A polimerek nem szinonimája a műanyagoknak, a műanyag = polimer + egyéb összetevő anyag.

Lásd még: Műgyanták, Polimerek, Termoplasztok, Szilikonok

### **Műgyanták**

A szerves műgyanták vagy más néven duroplasztok hőre keményedő (szemben a termoplasztal, amely hőre lágyuló) kétkomponensű polimerek. A műgyanták („A” komponens) a térhálósítóval („B” komponens) keverve, a „B” komponens által elindított kémiai reakcióval, az ún. térhálósodással keményednek meg, szemben például a hagyományos ragasztókkal, amelyek az oldószer elpárologtatásával kötnek meg.

A térhálósodást térfogat-növekedés és hőmérséklet-emelkedés kísérheti.

A keletkező polimer általában erősen hálós szerkezetű, ezért a műgyantákat olykor polimer-szövetnek is nevezik. A műgyanták szinte mindig amorf szerkezetűek.

Az újramelegítés során a műgyanták másodlagos kötése megolvadnak, rugalmassági modulusuk csökken, de a polimer-szövet csomópontjai megakadályozzák, hogy a műgyanta ténylegesen megolvadjon és folyóssá váljon. További melegítés során a műgyanták gumivá alakulnak, majd felbomlanak. Ezért a műgyanták melegen nem alakíthatók, nem újrahaznosíthatók.

A kétkomponensű szerves szilikongyantákból formákat, hő- és hidegálló formákat, szigetelőket, ragasztókat készítenek.

Lásd még: Műanyagok, Polimerek, Termoplasztok, Szilikonok, Műgyanták eltarthatósága

### **Műgyanták eltarthatósága**

Az elkészített ragasztó, megkevert kétkomponensű műgyanta eltarthatóságát (felhasználhatósági idejét) a fazékidő (edényidő) fejezi ki.

Lásd még: Fazékidő, edényidő.

### **Műszaki értékelést végző szervek**

Szervek, amely az európai értékelési dokumentumtervezetek kidolgozásával és az európai műszaki értékelések kiadásával foglalkoznak és műszaki értékelést végeznek. Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendelete bevezető részének (22) bekezdése szerint a műszaki értékelést végző szerveket a tagállamok jelölik ki. Annak érdekében, hogy a műszaki értékelést végző szervek valóban rendelkezzenek az e feladatok elvégzéséhez szükséges hatáskörrel, kijelölésük kritériumait uniós szinten állapítják meg. A (23) bekezdés szerint a műszaki értékelést végző szervezetek létre kell hozniuk egy szervezetet (a műszaki értékelést végző szervek szervezetét) az európai értékelési dokumentumtervezetek kidolgozásának és az

európai műszaki értékelések kiadásának koordinálására, biztosítva ezen eljárások átláthatóságát és a szükséges titoktartást.

### **Műszaki értékelést végző szervek szervezete**

Lásd: Műszaki értékelést végző szervek

### **Műszaki szabály**

Az Európai Parlament és Tanács 98/34/EK számú irányelve szerint műszaki szabály a műszaki leírások és más követelmények vagy szolgáltatásra vonatkozó szabályok, beleértve a vonatkozó közigazgatási rendelkezéseket is, amelyek betartása az értékesítés, a szolgáltatásnyújtás, valamely szolgáltató létrehozása vagy a valamely tagállamban vagy annak nagyobb részén történő használat esetén de jure vagy de facto kötelező, valamint a tagállamok törvényi, rendeleti vagy közigazgatási rendelkezései, kivéve azokaz, amelyek megtiltják valamely termék gyártását, behozatalát, értékesítést vagy használatát, vagy valamely szolgáltatás nyújtását vagy használatát, illetve valamely szolgáltató létrehozását.

### **Műtárgy**

Műtárgy minden építmény, ami nem minősül épületnek és épület funkciót jellemzően nem tartalmaz (például út, híd, torony, távközlés, műsorszórás műszaki létesítményei, gáz-, folyadék-, ömlesztett anyag tárolására szolgáló és nyomvonalas műszaki alkotások) (1997. évi LXXVIII. tv. 2. § 8., 10., 15. pont).

Az egyes sajátos építményfajtáknál külön műtárgy meghatározással is találkozhatunk. Például az út műtárgya: a híd, a pontonhíd, a hajóhíd, a felüljáró, az átereszt, az alagút, az aluljáró, a támfal, a bélésfal, az út víztelenítését szolgáló burkolt árok, csatorna vagy más vízelvezető létesítmény (a két méternél nagyobb nyílású áthidaló műtárgy: híd; a két méternél kisebb nyílású áthidaló műtárgy: átereszt). (1988. évi I. tv. 47. § j. pont).

### **Nagy-teljesítőképességű beton**

Nagy-teljesítőképességű beton (németül: Hochleistungsbeton, angolul: high-performance concrete, franciául: béton très performant) alatt a különleges tulajdonságú, nagyszilárdságú, nagytömörségű, a káros hatásoknak igen ellenálló, tartós betont értik.<sup>55</sup> A nagy-teljesítőképességű beton tágabb fogalom, mint a nagyszilárdságú beton.

Lásd még: Nagyszilárdságú beton

### **Nagyszilárdságú beton**

Nagyszilárdságú a beton, ha C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton vagy LC55/60 – LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton vagy C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú nehézbeton.

A Model Code 2010 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is ismeri.

A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha az átlagos nyomószilárdsága 60 – 150 N/mm<sup>2</sup> között van. A 150 N/mm<sup>2</sup> értékű átlagos nyomószilárdság már az ultra-nagyszilárdságú beton alsó átlagos nyomószilárdsági határértéke.

### **Nátrium-oxid egyenérték, Na<sub>2</sub>O-egyenérték**

A cementek alkáli-tartalmát nátrium-oxid egyenértékben szokás kifejezni. Számításmódja:

---

<sup>55</sup> Lásd a Teljesítőképesség fogalmához tartozó lábjegyzetet.

$\text{Na}_2\text{O}$ -tartalom tömeg% +  $0,658 \times \text{K}_2\text{O}$ -tartalom tömeg%

### Nedvesítési szög, illeszkedési szög

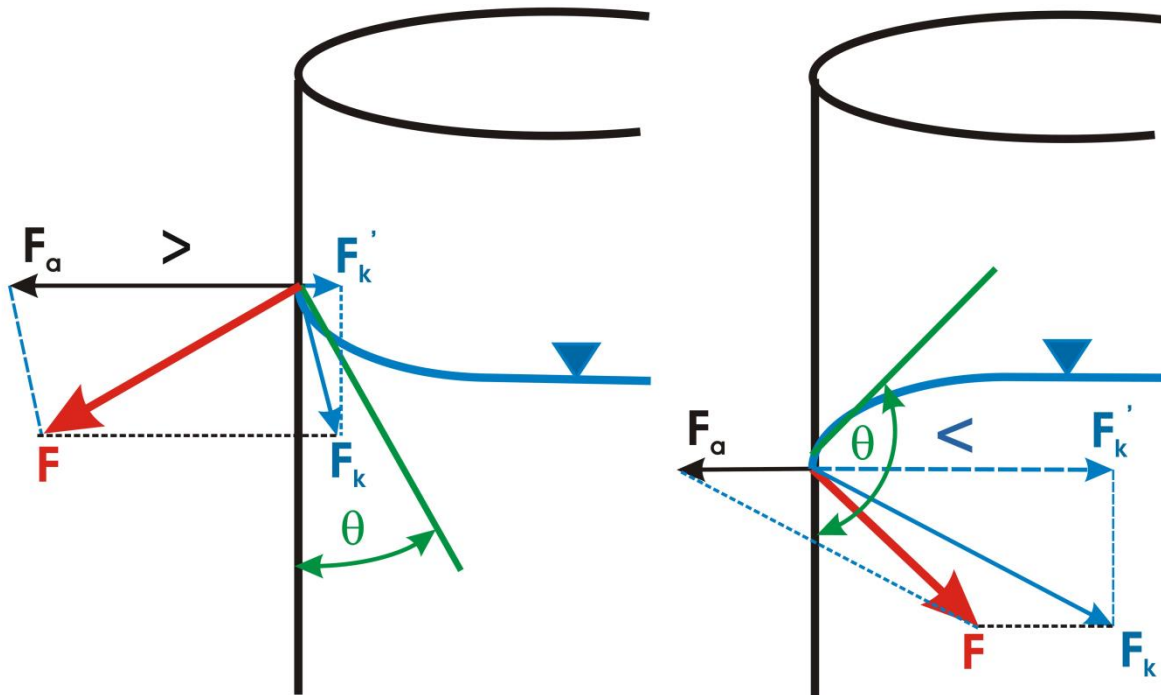
A nedvesítési (illeszkedési) szög a szilárd felülettel érintkező folyadék felszíne érintkezési pontot tartalmazó érintősíkjának a fal érintősíkjával bezárt szöge ( $\theta$ ).

A felületi feszültség és a nedvesítési (illeszkedési) szög hatására a folyadék az edényt *nedvesíti* (hidrofil tulajdonság) vagy *nem-nedvesíti* (hidrofób). Vékony csőben egy *nedvesítő* folyadék szintje magasabb, a *nem-nedvesítő* folyadéké alacsonyabb, mint a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintje.

A folyadék felszínén lévő részecskékre a folyadék belsejéből irányuló eredő erő hat, és a folyadék felszínét csak ezen erő ellenében tudjuk növelni.

Mint az 1.22. ábrán látni lehet, ha a az érintkezési pontban a fal  $F_a$  adhéziós ereje nagyobb, mint a folyadék részecskének  $F_k$  kohéziós erejének a falra merőleges komponense ( $F_k'$ ), akkor az  $F$  eredő erőre merőleges folyadék felszín homorú (például víz az üvegcsőben), ellentétes esetben domború (például higany az üvegcsőben). Ha a két erő egyenlő, a nedvesítési szög  $\theta = 90^\circ$ , és a folyadék felülete merőleges a falra, a vékony csőben a folyadék szintje azonos a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintjével. Ezt az állapotot az „ideális nedvesítés” esetének nevezik.

A víz nedvesítési szöge például üvegen  $0^\circ$ , acélon  $90^\circ$ , a higany nedvesítési szöge üvegen  $140^\circ$  (Tuckermann, 2006).



1.22. ábra: Nedvesítési szög

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás, víz felületi feszültsége

### Nedvességtartalom

Lásd: Víztartalom

### Nehéz adalékanyag

Adalékanyag, amely szemének a testsűrűsége  $110 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban legalább  $3000 \text{ kg/m}^3$ .

A nehéz adalékanyagok sugárvédő és egyéb nehézbetonok, például beton súlytámfalak, hangszigetelő nehézbetonok készítésére is alkalmasak.

Lásd még: Sugárvédő nehézbeton, sugárvédő beton

### Nehézbeton

A nehézbeton testsűrűsége 28 napos korban,  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszáritott állapotban  $2600 \text{ kg/m}^3$ -nél nagyobb, és nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C100/115 közötti. A nem szabványos HC betűjel alkalmazásával érzékeltethető lenne, hogy a beton nehézbeton: HC8/10 – HC100/115. A nehézbeton legalább  $3000 \text{ kg/m}^3$  testsűrűségű nehéz adalékanyaggal készül.

Lásd még: Sugárvédő nehézbeton, sugárvédő beton

### Nemfémek

A nemfémek csoportjába a nemesgázokon kívül a periódusos rendszer 1. csoportjában (oszlopában, a régi jelölés szerinti I. főcsoportjában) és 14.-17. oszlopában (IV.-VII. főcsoportjában) található

- gáznemű hidrogén (H, az 1. oszlopban), nitrogén (N), oxigén (O), fluor (F), klór (Cl);
- folyékony bróm (Br);
- szilárd szén (C), foszfor (P), kén (S), szelén (Se) és jód (I)

tartozik. A nemfémeket az erős ionizálódási hajlam és az jellemzi, hogy sokkal nagyobb erővel szereznek külső elektront (vegyértékelektron) más atomokból, mint ahogy külső, vegyértékelektron más atomoknak átadnának.

A nemfémek, vagy nem-fémes elemek, más néven savképző elemek ionos állapotban negatív kémhatásúak, mert vegyületeik elektrolízisekor, a pozitív sarokhoz vándorolnak. Például a szénion jelölése:  $\text{C}^{4-}$ .

A nemfémek hidrogén felvételével savvá válnak. Például:  $\text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

A nemfémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással savvá válnak. Például:  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ . Ezzel szemben a fémek oxidjai vízfelvétellel, elektron leadással bázissá válnak. Ezzel szemben (Kenkler 1980).

Lásd még: Félfémek, Vegyértékelektron

### Nemzeti szabvány

Lásd: Magyar nemzeti szabvány

### Neoprén

Külső behatásoknak szívósan ellenálló, kaucsukszerű műanyag.

### Newton-féle axiómák (Természettudományi Kislexikon 1976)

1. *Newton-féle axióma* (tehetetlenség törvénye): Minden test megmarad nyugalmi állapotában vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásban, amíg a rá ható erők következtében nem kényszerül állapotának megváltoztatására.

2. *Newton-féle axióma* (dinamika alaptörvénye): Egy test tömegének és gyorsulásának szorzata a testre ható erővel egyenlő.

3. *Newton-féle axióma* (kölcsonhatás törvénye): Ha egy test erőhatást fejt ki egy másik testre, akkor ez utóbbi ugyanakkora, de ellentétes irányú erővel hat az előbbire (akció-reakció, hatás-ellenhatás).

4. *Newton-féle axióma* (erőhatások függetlenségének vagy a szuperpozíció elve): Ha egy testre egy időpillanatban több erő hat, akkor ezek együttes hatása megegyezik a vektori eredőjük

hatásának vonalával. A 4. axióma nem *Newtontól* származik, azt eredetileg *Simon Stevin*<sup>56</sup> fogalmazta meg. ([https://hu.wikipedia.org/wiki/Newton\\_törvényei](https://hu.wikipedia.org/wiki/Newton_törvényei))

Lásd még: Mechanikai tulajdonságok

#### **Nitrát-nitrogén**

Nitrátion ( $\text{NO}_3^-$ )-tartalomból meghatározott nitrogén (N)-tartalom. Jelölése:  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

Lásd még: Ammónium-nitrogén

#### **Nitrit-nitrogén**

Nitrition ( $\text{NO}_2^-$ )-tartalomból meghatározott nitrogén (N)-tartalom. Jelölése:  $\text{NO}_2\text{-N}$ .

Lásd még: Ammónium-nitrogén

#### **Nitrifikáció**

Oxigén jelenlétében, lúgos környezetben ( $\text{pH} > 6,5$ ) végbemenő kémiai folyamat, amelynek során például a szennyvízben lévő nitrifikáló baktériumok (nitrifizierende Bakterien, Nitrifikanten) a szennyvíz ammóniatartalmát (ammónium-hidroxid,  $\text{NH}_3$ , vízben ammóniumion,  $\text{NH}_4^+$ ) először nitritionná ( $\text{NO}_2^-$ ), majd nitrátionná ( $\text{NO}_3^-$ ) oxidálják, miközben  $\text{H}^+$  hidrogénionok válnak szabaddá.

Lásd még: Denitrifikáció

#### **Nitrogénbaktériumok**

Lásd még: Nitrifikáció, Denitrifikáció

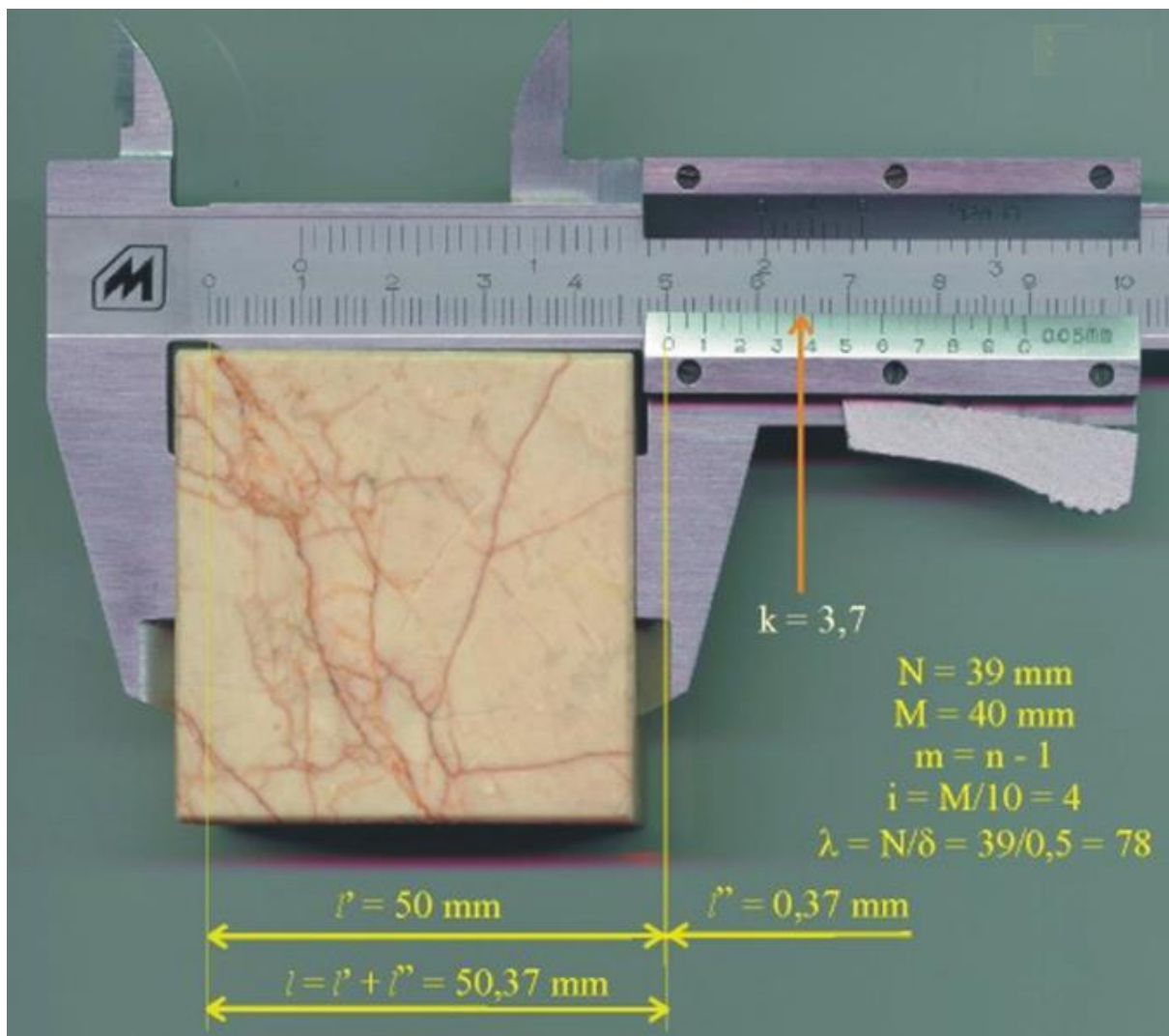
#### **Nóniusz-skála**

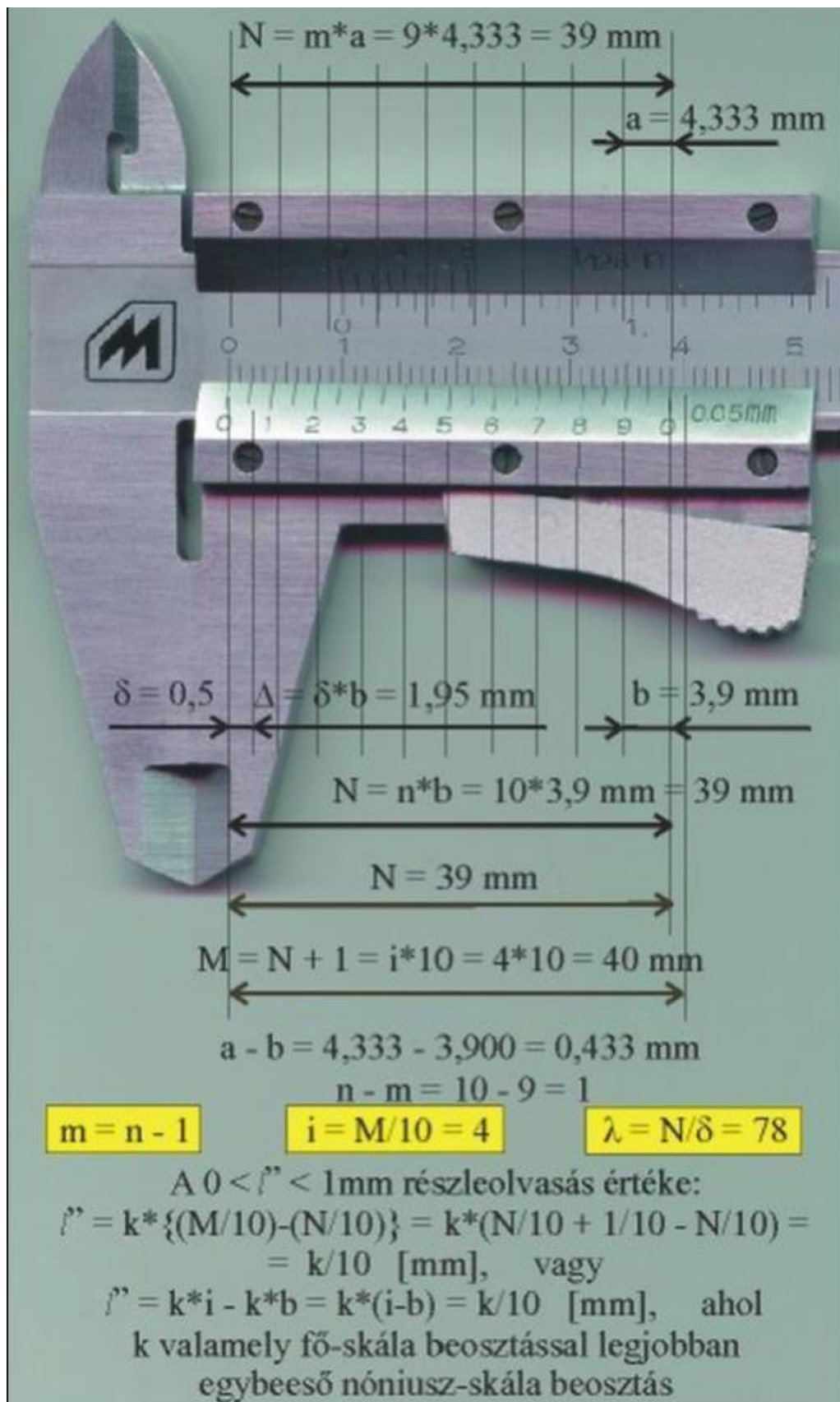
A nóniusz-skála az ezzel ellátott tolómércék mellék-skálája, amelynek segítségével a hosszúság század milliméter pontossággal mérhető.

A nóniusz-skála a nevét *Pedro Nunez* (1492-1577) portugál matematikustól kapta, alkalmazásának első leírása *Pierre Vernier* (1580-1637) francia matematikus 1631-ben kiadott munkájában található.

---

<sup>56</sup> *Simon Stevin* vagy *Stevinus* (1548/1549, Brugge – 1620, Leiden vagy Hága) holland-flamand matematikus, fizikus és katonai mérnök. Számos tudományos munkája jelent meg. Nevét Brugge-ben egy tér, a Holdon egy kráter, és a 2831. számú kisbolygó viseli. ([https://de.wikipedia.org/wiki/Simon\\_Stevin](https://de.wikipedia.org/wiki/Simon_Stevin)).





**Számozatlan ábra:** A Nóniusz-skála alkalmazásának elve  
 (<http://www.betonopus.hu/notesz/noniusz/noniusz.pdf>)



**Normalizálás**

A „normalizálás” a „standardizálás” szinonimája, a „normalizált” a „standardizált” szinonimája. Ugyanakkor a „normalizálás” nem tévesztendő össze a „normálással”, a „normalizált függvény” nem tévesztendő össze a „normált függvényel”, a „függvénynek a normalizálása” nem tévesztendő össze a „függvénynek a normálásával”.

Lásd még: Normálás, Standardizálás, Transzformáció, transzformálás

**Normálás**

A normálás az a matematikai művelet, amelynek során valamely vizsgált halmaz elemeinek (független változó) a mennyiségét (függőváltozó) a vizsgált halmaz mennyiségére (a halmazelemek mennyiségének összegére) vonatkoztatjuk, más szóval: meghatározzuk az egységnyi mennyiségű halmaz elemeinek a részmennyiségét.

Normálás például a szemmegoszlás vizsgálat esetén az egyes szitákon és az alsó tálcán fennmaradt anyag tömegét a vizsgált minta tömegével (az egyes szitákon és az alsó tálcán fennmaradt anyag tömegének összegével) elosztva a részhalmazok tömegarányának kiszámítása; vagy szilárdság vizsgálat esetén a szilárdságértékek előfordulásának gyakoriságát a szilárdságértékek darabszámával (mintaszámmal) elosztva a relatív gyakoriságok meghatározása.

Normált a vizsgált halmaz (minta), ha elemei előfordulásának a gyakoriságát (például tömegét, darabszámát stb.) a minta mennyiségével (például a tömegével, a mintaelemszámmal stb.) elosztva fejezzük ki.

A normált valószínűségi függvény a normált minta elemeinek a valószínűségi függvénye. Más szóval a relatív gyakorisági függvény (sűrűségfüggvény) az eredeti gyakorisági függvény normált formája, és az eloszlásfüggvény (elhagyva a relatív jelzőt) a relatív gyakorisági függvény (sűrűségfüggvény) származéka (kumulált függvénye).

A normálás nem tévesztendő össze a normalizálással, a standardizálással vagy a kumulálással.

Lásd még: Normalizálás, Standardizálás, Kumulálás

**Normálegyenlet**

Lásd: Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere

**Normális eloszlás**

Lásd: Gauss-eloszlás

**Normális eloszlású valószínűségi változók eloszlásfüggvénye**

A matematikai statisztikában gyakran feltételezik, hogy a valószínűségi változó normális eloszlású, és ezt a feltevést normalitásvizsgálattal ellenőrzik.

Normális eloszlású például az ezen az alapon kapcsolatrendszeret alkotó, és a Gauss-eloszlásra visszavezethető folyamatos  $t$ -eloszlás (*Student*-eloszlás),  $\chi^2$ -eloszlás,  $F$ -eloszlás és diszkrét binomiális eloszlás, *Poisson*-eloszlás valószínűségi változója.

A „normális eloszlású valószínűségi változók” kifejezés németül: „Standardnormalverteilte Zufallsvariablen”. (*Stange et al., 1966*), (*Hartung et al., 2009*)

**Normalitásvizsgálat**

Lásd: Normális eloszlású valószínűségi változók eloszlásfüggvénye

**NPK-Beton (Beton im Normenpositionenkatalog)**

Svájci szabványos termékek katalógusában szereplő „egységbeton” (Einheitsbeton; magyarul: ún. „receptbeton”)

**Nyírási (csúszási) modulus**

A nyírási modulus ( $G$ ) a nyírófeszültség ( $\tau$ ) és a fajlagos torzulási szögváltozás ( $\gamma$ ) hányadosa ( $G = \tau/\gamma$ ). A rugalmassági modulus és a nyírási modulus kapcsolata:  $E = 2G \times (1 + \nu)$ . Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$ , illetve MPa

**Nyírófeszültség, csúszató feszültség**

A nyíró igénybevétel által ébresztett feszültség, a vizsgált felület síkjába eső nyíróerő és a keresztmetszeti terület hányadosa. A nyírófeszültség ( $\tau$ ) és a fajlagos torzulási szögváltozás ( $\gamma$ ) hányadosa a nyírási modulus ( $G = \tau/\gamma$ ). Jele:  $\tau$ , mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$ , illetve MPa

**Nyitott idő**

A nyitott idő a ragasztó keverésének befejezése és az összeragasztandó felületek összeillesztése között eltelt, megengedett idő. Az MSZ EN 12189:2000 szabvány szerint a megszilárdult betonfelületek (MSZ EN 1766:2017) szabvány szerint készített,  $40 \times 40 \times 80$  mm méretű „félhasábok”  $40 \times 40$  mm méretű felülete) összeragasztásához használt ragasztóanyag keverésének befejezése és a betonfelületek összeragasztása között eltelt időnek az a leghosszabb értéke, amely alatt a ragasztást elvégezve a későbbi időpontban (legalább 21 nap múlva) végzett harmad-pontos hajlító-húzószilárdság vizsgálat során nem a ragasztóréteg, hanem a beton megy tönkre (angolul: open time, németül: Offenzeit).

Más szóval a nyitott idő az az idő, amely alatt a ragasztást el kell végezni ahhoz, hogy az megfelelő minőségű legyen. Ha a hajlító-vizsgálat során nem a beton törik el, hanem a két félhasáb válik el egymástól, azaz törés a ragasztási rétegben következik be, akkor – ha a ragasztó minősége egyébként megfelelő – a félhasábokat a nyitott időn túl ragasztották össze.

Lásd még: Fazékidő, edényidő.

**Nyomóhatárfeszültség, nyomási határfeszültség**

A nyomóhatárfeszültség vagy nyomási határfeszültség az anyag valószínű várható nyomószilárdságának (törőfeszültségének) legkisebb értéke (Palotás 1979).

A nyomóhatárfeszültségek egykor volt nyomószilárdsági osztályokhoz tartozó szabványos értékeit a korabeli szabványok és szabályzatok – nem feltétlenül egyformán – tartalmazták. A beton egykor előírt nyomóhatárfeszültség-értékeire példák az 1.5. és 1.6. táblázatban találhatók.

**1.5. táblázat:** A beton nyomási (nyomó-) minősítése értéke és nyomóhatárfeszültsége egyes 1982 előtti előírásokban

Nyomószilárdsági osztály										
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560	
Nyomószilárdság átlagértéke, $\text{kp/cm}^2$ , $K_m$										
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560	
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 szabvány 2. - 4. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$										
–	–	–	100	140	200	–	280	–	400	
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-1:1971 szabvány 4. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$										
–	–	–	70	100	140	–	200	–	280	
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-3:1971 szabvány 3. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$										
35	50	70	100	140	–	–	–	–	–	
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-3:1971 szabvány 3. táblázatában, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$										
17	25	35	50	70	–	–	–	–	–	
Nyomószilárdság minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 2. - 4. táblázatában, $\text{N/mm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$										
–	–	–	10,5	15	21	–	30	–	42	
Beton nyomóhatárfeszültsége az MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabvány 4. táblázatában, $\text{N/mm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$										
–	–	–	7	10	14	–	20	–	28	
Beton nyomóhatárfeszültsége) az 1956. évi Közúti Hídszabályzat F) és G) fejezetében, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$										
16	22	30	40	55	← Betonszerkezetek esetén					
Vasbeton szerkezetek esetén →			65	90	115	–	140	–	–	
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1967. évi Közúti Hídszabályzat H) és F) fejezetében, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$ , $\sigma_{\text{H}}$										
–	–	30	40	55	← Betonszerkezetek esetén					
Vasbeton szerkezetek esetén →			60	80	110	–	160	–	–	
Nyomószilárdsági osztály az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban										
–	–	B 100	B 140	B 220	B 300	–	B 400	–	B 600	
Nyomószilárdság átlagértéke az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, $\text{kp/cm}^2$ , $K_m$										
–	–	100	140	220	300	–	400	–	600	
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1951. évi Vasúti Hídszabályzat 7. §-ában, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{N}}$										
–	–	22	30	← Betonszerkezetek esetén						
Vasbeton szerkezetek esetén →				60	80	–	–	–	–	
Nyomószilárdsági osztály az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban (Tervezet)										
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560	
Nyomószilárdság átlagértéke az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat (Tervezet) III. fejezetének 1. füzetében, $\text{kp/cm}^2$ , $K_m$										
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560	
Beton nyomóhatárfeszültsége az 1976. évi Vasúti Hídszabályzat (Tervezet) III. fejezetének 1. füzetében, $\text{kp/cm}^2$ , $\sigma_{\text{BH}}$										
15	22	30	43	60	← Betonszerkezetek esetén					
Vasbeton szerkezetek esetén →				60	80	115	140	155	195	–

**1.6. táblázat:** A beton nyomási (nyomó-) minősítése értéke és nyomóhatárfeszültsége egyes 1982 utáni előírásokban

Nyomószilárdsági osztály vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 2. – 4. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 2. és 5. táblázatában													
–	–	–	C 10	C 12	C 16	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50	C 55
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 3. táblázatában és az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, N/mm <sup>2</sup> , R <sub>k0,nom</sub>													
–	–	–	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55
Beton nyomóhatárfeszültsége vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabvány 4. táblázatában, N/mm <sup>2</sup> , σ <sub>bH</sub>													
–	–	–	8	9	13	16	19	22	25	29	32	35	38
Beton nyomóhatárfeszültsége vasbeton szerkezetek esetén az MSZ 15022-1:1986 szabvány 5. táblázatában, N/mm <sup>2</sup> , σ <sub>bH</sub>													
–	–	–	7,5	9	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5	26	29	32	35
Nyomószilárdsági osztály betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 1. és 2. táblázatában													
C 4	C 6	C 8	C 10	C 12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Henger nyomószilárdságának minősítési értéke (jellemző érték, küszöbérték) betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 2. táblázatában, N/mm <sup>2</sup> , R <sub>bn</sub>													
4	6	8	10	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Beton nyomóhatárfeszültsége betonszerkezetek esetén az MSZ 15022-3:1986 szabvány 2. táblázatában, N/mm <sup>2</sup> , σ <sub>bH</sub> (az MSZ 15022-1:1986 szabványbeli érték γ = 1,5 biztonsági tényezővel osztott értéke)													
2	3	4	5	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–

A beton nyomóhatárfeszültségét az MSZ 15022-1:1971 és MSZ 15022-3:1971 szabványban és az 1976. évi Vasúti Hídszabályzatban – kp/cm<sup>2</sup> mértékegységben – a következő képletekkel állapították meg (1.5. táblázat):

- MSZ 15022-1:1971 szabványban:  $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,25}$ ;
- MSZ 15022-3:1971 szabványban:  $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,80}$ ;
- MSZ 15022-1:1971 M (1980) szabványban:  $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,35}$ ;
- a Vasúti Hídszabályzatban (1976) betonszerkezetek esetén:  $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{2,1}$ ;
- a Vasúti Hídszabályzatban (1976) vasbeton szerkezetek esetén:  $\sigma_{bH} = \frac{0,9 \times K_{\text{minősítési}}}{1,6}$ ;

a  $v = 30$  cm-nél vékonyabb vasbeton szerkezet számításánál a beton határfeszültségét az

$$\alpha_1 = \frac{70 + v}{100}$$

tényezővel csökkenteni kell, ahol  $v$  a vasbeton szerkezet vastagsága cm-ben.

A számlálóban szereplő 0,9 értékű szorzó a hajlító-nyomószilárdság és a kockaszilárdság közötti átszámítási tényező, a nevezőben pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője szerepel.

Az 1970-es évek szabványaiban és szabályzataiban a  $K_{\text{minősítési}}$  minősítési értéket  $t = 2,0$  értékű alulmaradási tényezővel és  $\nu = \frac{s}{K_m} = 0,15$  relatív szórással számították ki  $\text{kp/cm}^2$  mértékegységben:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m - t \times s = K_m - t \times \nu \times K_m = K_m \times (1 - 2 \times 0,15) = 0,7 \times K_m$$

A beton nyomóhatárfeszültségét –  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben – a következő képletekkel állapították meg (1.6. táblázat):

- az MSZ 15022-1:1971 M (1982) szabványban:

$$\sigma_{\text{bH}} = \alpha \times \left( \frac{R_{k\emptyset, \text{nom}}}{1,2} \right)$$

ahol  $\alpha$  hajlító-nyomószilárdságnak és a henger nyomószilárdságának az aránya, amelynek értéke  $R_{k\emptyset, \text{nom}} \leq 20 \text{ N/mm}^2$  esetén:  $\alpha = 0,95$  és  $R_{k\emptyset, \text{nom}} > 20 \text{ N/mm}^2$  esetén:

$$\alpha = 0,75 + \frac{4}{R_{k\emptyset, \text{nom}}}$$

a nevezőben szereplő 1,2 pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője.

- az MSZ 15022-1:1986 szabványban:

$$\sigma_{\text{bH}} = \alpha \times \left( \frac{R_{\text{minősítési}}}{1,3} \right) = \left( 0,75 + \frac{4}{R_{\text{minősítési}}} \right) \times \left( \frac{R_{\text{minősítési}}}{1,3} \right) = \frac{0,75 \times R_{\text{minősítési}} + 4}{1,3}$$

ahol  $\alpha$  hajlító-nyomószilárdságnak és a henger nyomószilárdságnak az aránya, amelynek értéke legfeljebb 0,95; a nevezőben szereplő 1,3 pedig a nyomószilárdság biztonsági tényezője.

Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa, 1980 előtt  $\text{kp/cm}^2$ , jele:  $\sigma_{\text{bH}}$

Lásd még: Határfeszültség, Határigénybevétel, Húzóhatárfeszültség, Relatív szórás

### Nyomószilárdság

Az a legnagyobb feszültség, amelynél a szabályos alakú próbatest a nyomószilárdság vizsgálat során tönkremegy. Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa, jele:  $f$

### Nyomószilárdság azonosító vizsgálata

Független laboratórium vagy a megrendelő laboratóriuma által (többnyire a gyártó bevonásával, illetve tudtával), az átadás-átvétel folyamán végzett vizsgálat annak megállapítására, hogy a beton a gyártó által megadott nyomószilárdsági osztálynak megfelel-e (MSZ EN 206:2013+A1:2017).

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság azonosító vizsgálatát mind gyártásközi ellenőrzés tanúsításával, mind a gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton esetén a szabvány O melléklete (nyomószilárdság megfelelése az átadás átvétel során) szerint kell végezni, de a P melléklete szerint, ha a nyomószilárdságot 50% elfogadási valószínűség mellett értékelik.

Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány (az EN 206-1:2000 európai szabvány osztrák nemzeti alkalmazási dokumentuma) B1. fejezetének első mondata szerint az azonosító vizsgálatot a megrendelő (általában a tervező, építető, kivitelező) kezdeményezésére végzik, és annak nem szabad a gyártó elhatározásán múlnia.

### Nyomószilárdság átlagértéke

Az egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredmények számtani középértéke.

Mértékegysége:  $\text{N/mm}^2$  vagy MPa, jele:  $f_m$

**Nyomószilárdság egyedi értéke**

A nyomószilárdság vizsgálatára készített, egyetlen próbatest vizsgálatából kapott nyomószilárdsági eredmény, vagy az egy mintából készített, azonos korban vizsgált két, illetve több próbatest (általában 3 db) nyomószilárdságának az átlagértéke, amely egy vizsgálati eredménynek számít. Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa, jele:  $f_i$

**Nyomószilárdság a folyamatos gyártás alatt**

A folyamatos gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A folyamatos vizsgálat során a beton nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az átlag és a kezdeti vizsgálattal meghatározott szórás alapján kell, illetve szabad értékelni. Folyamatos vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében (MSZ EN 206:2013+A1:2017). Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

**Nyomószilárdság jellemző értéke**

Az a nyomószilárdsági érték, amely alá az értékelt beton tétel szilárdságvizsgálati eredményeinek legfeljebb 5%-a esik. A nyomószilárdság jellemző értéke lehet előírt érték ( $f_{ck}$ ) és tapasztalati érték ( $f_{ck,test}$ ). Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

**Nyomószilárdság a kezdeti gyártás alatt**

A kezdeti gyártás időszakában végzett beton nyomószilárdság vizsgálat és értékelés. A kezdeti vizsgálat során a nyomószilárdság vizsgálati eredményeket az átlag alapján kell értékelni, és meg kell adni a vizsgálati eredmények szórását. Kezdeti vizsgálatot a gyártó vagy megbízottja végezhet a gyártásközi ellenőrzés keretében (MSZ EN 206:2013+A1:2017). Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

**Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása**

A nyomószilárdság egyedi értéke ingadozásának mértéke, amelyet a nyomószilárdság egyedi ( $f_{ci}$ ) és átlagértéke ( $f_{cm,test}$ ) különbsége vont négyzetgyökkel fejezünk ki, ahol  $n$  a vizsgálati eredmények száma:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm,test})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}^2 - n \cdot f_{cm,test}^2}{n-1}}$$

A beton nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke az MSZ 4798:2016 szabvány szerint 3,0 N/mm<sup>2</sup>.

A beton nyomószilárdságának szórását három vizsgálati eredményből a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint az  $s_3 = \text{Terjedelem}/1,69$  összefüggéssel számítottuk ki. Az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint a beton nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke 2,0 N/mm<sup>2</sup> volt.

Ugyanakkor *Harter* és szerzőtársai (1960), továbbá *Stange* és szerzőtársai (1966) táblázata szerint ismétlési feltételek között három vizsgálati eredmény 95%-os valószínűséggel akkor összeférhető, ha azok terjedelme legfeljebb  $3,31 \times s_3$ , azaz  $s_3 \leq \text{Terjedelem}/3,31$  (lásd a visszavont MSZ 4798:2016 szabvány N4. fejezetét).

Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa, jele:  $s_n$ .

Lásd még: Tapasztalati szórás, Variancia

**Nyomószilárdsági fokozat**

Adott nyomószilárdsági jellemző értékből különböző nyomószilárdság értékelési rendszer szerinti alulmaradási tágassággal meghatározott átlagos nyomószilárdságú betonok az erőtani biztonság és a tartósság szempontjából nem egyenértékűek, hanem különböző

nyomószilárdsági fokozatúak. Így egyazon nyomószilárdsági osztályon belül az átlagos nyomószilárdság meghatározásához alkalmazott  $\Delta_{IV} = 8 \text{ N/mm}^2$  (MSZ EN 1992-1-1:2010),  $\Delta_{IV} = 6 \text{ N/mm}^2$  (MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete) és  $\Delta_{IV} = 4 \text{ N/mm}^2$  (MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete) alulmaradási tágasságtól függően a beton nyomószilárdsági fokozata erős, közepes vagy gyenge.

Napjaink szakirodalmi közleményei nem mindig adnak választ a kérdésre, hogy a szóban forgó nyomószilárdsági osztály mely nyomószilárdsági fokozatú betont fedi; általában sajnos a gyengét, amelyhez mintegy 70%-os elfogadási valószínűség tartozik.

### Nyomószilárdsági osztály

Az MSZ 4798:2016, illetve az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerint – néhány kivételtől eltekintve<sup>57</sup> – a nyomószilárdsági osztály a „szabványos” alakú és méretű sablonban készült, „szabványosan” tárolt (utókezelt), névleges 28 napos korú betonpróbatetek nyomószilárdsági jellemzője, amelyet a 28 napos korú, szabványosan tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ( $f_{ck,cyl}$ ) és 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának előírt jellemző értékével ( $f_{ck,cube}$ ) kell megadni. A fogalom-meghatározás és az elfogadott gyakorlat következtében a névleges 28 napos – de legfeljebb ténylegesen 90 napos – korúnál idősebb betonnak nincs nyomószilárdsági osztálya.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdsági osztály a még be nem épített friss betonból vett, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás esetén 42 napos (például útépitési beton)<sup>58</sup> vagy 56 napos korú (például tömegbeton), esetleg legfeljebb 90 napos korú (például nagyon lassú szilárdulású beton) próbatetekken mért nyomószilárdságból határozható meg. Ha a nyomószilárdsági osztállyal a 28 napostól eltérő, legfeljebb 90 napos korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a körülményt az építmény megvalósítási szerződésében, a betontechnológiai utasításban és a beton szállítólevelén rögzíteni kell.

A beton nyomószilárdsági osztályának meghatározására a vizsgálati eredmény átszámítása nélkül kizárólag a sablonban készített „szabványos” alakú és méretű, „szabványosan” tárolt próbatetek alkalmasak. Ezekről eltérő alakú és/vagy másképp tárolt próbatetek akkor alkalmasak a nyomószilárdsági osztály meghatározására, ha a felhasználásukkal mért nyomószilárdság szabványban rögzített vagy általánosan elfogadott összefüggéssel átszámítható a „szabványos” próbatetek vizsgálatával nagy valószínűséggel adódó nyomószilárdságra.

A betonburkolatok, illetve értelemszerűen a betonburkolatok betonja nyomószilárdsági osztályának fogalma és jele az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet és az MSZ EN 13877-2:2013 szerint fentiekől némiképp eltér. A nyomószilárdságot 28 napos korban, a betonburkolat teljes vastagságában kifűrt magmintákból kivágott  $\text{Ø}150 \times 150 \text{ mm}$  méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengereken kell az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány szerint megmérni, és a  $\text{Ø}150 \times 300 \text{ mm}$  méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámítani. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a betonburkolatok betonja nyomószilárdsági osztályának jele CC betűjelből és a magminták nyomószilárdsága előírt jellemző értékének ( $f_{ck,core}$ ) számjegyéből áll. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat nyomószilárdsági osztálya legalább CC20 legyen.

<sup>57</sup> Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerint például a pályabetonok, a löttbetonok, a tömegbetonok, a szárazon kevert betonok, a legfeljebb 4 mm névleges legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített betonszerű habarcsok, az öntömörödő betonok és a szemcsehézagos betonok szabványai és műszaki előírásai tartalmazhatnak az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványtól eltérő vagy azt kiegészítő előírásokat.

<sup>58</sup> Az útépitési betonok szilárdságát napjainkban már nem 42 napos, hanem 28 napos korban kell meghatározni (lásd könyvünk 9. fejezetét).

Lásd még: Próbatetek „szabványos” tárolása

### OC-görbe

Az OC-görbe (működési vagy elfogadási jelleggörbe) valamely  $p$  alulmaradási hányadú tétel  $A(p)$  elfogadási valószínűségét adja meg, ha a mintavételek  $n$  száma és a megengedett nem megfelelő minták  $k_{\text{megengedett}}$  száma adott.

A beton OC-görbéje a beton  $p$  alulmaradási hányada függvényében annak  $L(p,n,c)$  valószínűségét fejezi, hogy az együtt értékelt,  $n$  számú mintából éppen  $c$  számú vagy ennél kevesebb minta nem felelt meg. A  $c$  ún. döntő szám, az  $n$  mintaszámú vizsgálati eredményben a meg nem felelő eredményt adó minták megengedett legnagyobb száma, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerinti 0,05 értékű alulmaradási hányad esetén:  $0,05 \times n$ . A műveleti jelleggörbe értékeinek számszerű kifejezésére a binomiális valószínűségi eloszlás helyett a könnyebben kezelhető *Poisson*-féle valószínűségi eloszlás eloszlásfüggvényét szokták alkalmazni (*Felix et al.*, 1964).

### Oldódásos korrózió

Az oldódásos korrózió a betonok kémiai korróziójának egyik fajtája.

A természetes talajvizek, valamint a felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata szerint akkor okozhatják a betonok oldódásos kémiai korrózióját, ha szulfátion- ( $\text{SO}_4^{2-}$ )-tartalmuk  $\geq 200$  mg/liter,

Lásd még: Duzzadási korrózió

### Opál

Az opál ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ) amorf szilícium-dioxid, amelynek víztartalma 1-21 tömeg%, tehát tulajdonképpen kovasav, amelyet szilikának is neveznek.

Lásd még: Kvarc, Szilika

### Outlier próba

Az angol „Outlier test” kifejezésből átvett matematikai statisztikai fogalom, amelynek tárgykörébe a kiugró értékű valószínűségi változók vizsgálata és kezelése tartozik (*Csereháti*, 2004), (*Hartung et al.* 2009). A kiugró értékek (outlier) próbájának egyike a *Grubbs*-próba („*Grubbs*-féle módszer”, „*Grubbs*-teszt”), amelynek alkalmazásával az MSZ EN 13791:2019 szabványban találkozunk.

A „Outlier test” német elnevezése például: „Ausreißertest”

Lásd még: *Grubbs*-próba

### Ozmózis

Az ozmózis két különböző telítettségű oldat kiegyenlítődése diffúzió által fél-áteresztő, például a nagy molekulájú oldott anyagot nem, de a kis molekulájú oldószert áteresztő hártyán keresztül.

Lásd még: Hidrotechnikai permeabilitás

### Oxidáció

Az oxidáció – például elektrolitos disszociáció során lejátszódó – elektron-leadást jelent.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció, Redukció

### Oxidációfok

Az oxidációfok fogalmát sokszor az oxidációs szám szinonímjaként értelmezik.



Más értelemben oxidációfok alatt a változó vegyértékű elemek oxidációs számát értik. Vannak változó vegyértékű elemek, amelyeknek az oxidációs száma többféle is lehet. Ha egy molekula tartalmaz legalább két azonos, de különböző oxidációs számú atomot – például a vas(II,III)-oxidban (magnetit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ ) a Fe –, akkor abban az atom oxidációs számainak a súlyozott számtani átlagát oxidációfoknak nevezik.

Lásd még: Oxidációs szám, Redoxi-folyamat

### Oxidációs szám

Az oxidációs szám a csak ionokból álló képzeletbeli molkulában lévő atom elektromos töltésének általános megnevezése, azaz egy elem oxidációs fokát jellemző előjeles egész szám. Az elemi állapotú anyagok oxidációs száma nulla; az oxidálószerké (elektronok leadására képes anyagok) annál nagyobb pozitív előjelű szám, minél könnyebben leadják az oxigénjüket, más anyagokat oxidálnak, ők maguk pedig redukálódnak; a redukálószerké (elektronok felvételére képes anyagok) annál nagyobb negatív előjelű szám, minél inkább felveszik az oxigént, más anyagokat redukálnak, ők maguk pedig oxidálódnak.

Az oxidációs szám kiszámításának főbb szabályai a következők:

- Egyatomos ionoknak az oxidációs száma megegyezik az ion töltésével.
- Több atomból álló atomcsoport (vegyületek, molekulák) esetén az egyes atomok oxidációs számainak összege megegyezik az atomcsoport elektromos töltésével. Tehát a kifelé semleges töltést mutató molekulák esetén az oxidációs számok összege nulla. Ha az oxidációs számok összege nem nulla, akkor a részecske elektromos töltéssel rendelkezik.
- Az elem oxidációs száma vegyületben más és más lehet,
  - például az oxigén legtöbbször  $-2$  oxidációfokú, kivéve a peroxidokat és a szuperoxidokat, ezekben  $-1$ , illetve  $-0,5$ ; valamint a fluorral alkotott vegyületeit, melyekben  $+1$ ,
  - a hidrogént és a periódusos rendszer 1. oszlopa (a régi jelölés szerinti I. főcsoportja) beli elemeket mindig  $+1$  oxidációs számmal jellemezhetjük, kivéve a fémhidridekben (hidrogén fémekkel alkotott vegyületeiben), ahol ez  $-1$ .
  - a fluor mindig  $-1$  oxidációs számot kap a vegyületeiben.

Az oxidációt és a tőle el nem választható redukciót az oxidációs számok változása kíséri. Az ilyen változással járó folyamatokat redoxi-folyamatnak, redoxi-reakciónak nevezzük.

Az oxidációs szám nem azonos a vegyértékkel. (*Neumüller et al. 3. kötet 1983, Wikipédia*)

Lásd még: Oxidációfok, Redoxi-folyamat

### Oxidálószerék

Lásd redoxi-folyamat

### Oxo-vegyületek

Az oxo-vegyületek általában olyan vegyületek, amelyekben az oxigén-atom mindkét vegyértékével, tehát kettős kötéssel kapcsolódik ugyanahhoz az idegen atomhoz. Az oxo-vegyületekben egy vagy több ilyen, kettős kötéssel kapcsolódó oxigén-atom van (*Neumüller et al. 3. kötet 1983*). Oxo-vegyület például a hidrogén-oxo-aluminát ( $\text{H}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ ).

### Összeférhetőség

Valamely adott vizsgálat egyedi (egy) eredményei akkor összeférhetőek, ha terjedelmük vagy szórásuk a megengedett határértéket – például az ismétlési vagy az összehasonlítási feltételek megszabta határértékeket – nem lépi túl, és ezért átlagképzésre alkalmasak.

### Összehasonlítási feltétel

Az összehasonlítási feltétel az a megengedett terjedelem vagy hozzá tartozó megengedett szórás, amelynél több vizsgáló személy, ugyanazon mintán (vizsgálati mintán), anonos típusú, de más-más eszközzel, rövid időn belül, külön-külön végezte vizsgálatok eredménye terjedelmének vagy szórásának 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz legfeljebb 5%-os relatív gyakorisággal) szabad nagyobbak lennie. Az összehasonlítási feltételt kielégítő vizsgálatokat összeférhető vizsgálatoknak nevezzük.

### Összes szervesetlen széndioxid a vízben

A vizekben a szénsav kalcium-karbonát ( $\text{CaCO}_3$ ) és magnézium-karbonát ( $\text{MgCO}_3$ ) alakjában kötött formában, kalcium-hidrogén-karbonát ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) és magnézium-hidrogén-karbonát ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) félig kötött formában és szabad szénsav (széndioxid,  $\text{CO}_2$ ) formájában lehet jelen, amelyet kémiai egyenlettel a következőképpen szokás kifejezni:

$$\text{DIC} = c[\text{CO}_2] + c[\text{HCO}_3] + c[\text{CO}_3]$$

Mértékegysége: mmol/liter

### Összes szénsav (talajban)

A szénsav a talajban a következő alakokban van jelen: kötött alakban (karbonátok:  $\text{CaCO}_3$  és  $\text{MgCO}_3$ ), félig kötött alakban (hidrogén-karbonátok:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  és  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ), szabad szénsav ( $\text{CO}_2$  vizes oldata) alakjában, amely utóbbit az oldatban lévő szabad szénsavnak ( $\text{CO}_2$  vizes oldata) az oldatban tartásához szükséges egyensúlyi (tartalékos) szénsav és az azon felüli agresszív szénsav teszi ki. Összes szénsav talajban = Kötött karbonátok + félig kötött hidrogén-karbonátok + egyensúlyi szabad szénsav + agresszív szabad szénsav (*Hunkár 1940, Biczók 1956*).

Lásd még: Agresszív szénsav, Egyensúlyi szénsav

### Parciális tényező

Lásd: Biztonsági tényező

### Páradiffúziós ellenállás

Megmutatja, hogy egy épületszerkezet adott vastagságú rétege mekkora párafékező-képességgel rendelkezik.

Mértékegysége:  $\text{m}^2 \times \text{s} \times \text{Pa} / \text{kg}$ ,  $\text{m}^2 \times \text{s} \times \text{MPa} / \text{g}$

### Páradiffúziós ellenállási tényező

Anyagjellemző, amely megmutatja, hogy az adott anyagnak hányszor nagyobb a páradiffúziós ellenállása, mint az ugyanolyan vastagságú levegőrétegnek.

Mértékegysége nincs

### Páradiffúziós (párovezetési) tényező

Megmutatja, hogy egységnyi parciális nyomáskülönbség hatására egységnyi idő alatt mennyi vízgőz halad át egységnyi vastagságú anyag egységnyi felületén.

Mértékegysége:  $\text{kg} / (\text{m} \times \text{s} \times \text{Pa})$ ,  $\text{g} / (\text{m} \times \text{s} \times \text{MPa})$

### Pearson<sup>59</sup>-féle aszimetria-mutató

---

<sup>59</sup> *Karl Pearson* (1857, London – 1936, Coldharbour, Surrey, Anglia) angol matematikai statisztikus. A King's College egyetemen matematikát, a Heidelbergi Egyetemen fizikát, majd a Berlini Egyetemen német irodalmat, római jogot, fiziológiát tanult. 1881-től a King's College (London), 1883-tól az University College (London) matematika professzora, majd 1884-től az alkalmazott matematikai és mechanikai tanszék vezetője volt. 1896-ban

Lásd: Ferde eloszlás

### **Pearson-féle valószínűségi eloszlás**

A  $\chi^2$ -eloszlás szinonim elnevezése *Pearsonról*, aki  $\chi^2$ -eloszlás egyik megalkotója.

Lásd még: Korrelációs együttható,  $\chi^2$ -eloszlás

### **Periklász**

Periklász a magnézium-oxid (MgO) ásványtani elnevezése.

### **Permeabilitás**

Lásd: Hidrodinamikai permeabilitás

### **Permeabilitási együttható, átteresztőképesség**

A pórusszerkezet külső nyomás hatására a folyadékokat és gázokat átteresztheti. Az átteresztőképesség a permeabilitási együtthatóval jellemezhető, amely folyadékok esetén a *Darcy-féle* törvénnyel írható le. Gázok esetén figyelembe kell venni a gáz viszkozitását és összenyomhatóságát is, amely a gázátteresztés sebességét határozza meg.

A permeabilitási együttható (hidraulikus vezetőképesség) összefüggése folyadékok esetén:

$$K_{folyadék} = Q \times \frac{1}{A} \times \frac{\ell}{h} = Q \times \frac{1}{A \times i}, \text{ mértékegysége: m/s}$$

ahol:

- $Q$  = az állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt átfolyó víz térfogata [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],
- $A$  = a szűrő keresztmetszeti felülete [ $\text{m}^2$ ],
- $h$  = nyomómagasság [m],
- $\ell$  = a szűrőrétegben a megtett út hossza [m],
- $h/\ell = i$  = a hidraulikus gradiens, egységnyi hosszra jutó nyomómagasság, nevezetlen szám

A permeabilitási együttható összefüggése gázok esetén, például a légátteresztő-képességi együttható:

$$K_{levegő} = Q \times \frac{\ell}{A} \times \frac{p}{(p_1 - p_2) \times \frac{(p_1 + p_2)}{2}} \times \eta = Q \times \frac{\ell}{A} \times \frac{p}{\frac{p_1^2 - p_2^2}{2}} \times \eta, \text{ mértékegysége: m}^2$$

ahol:

- $Q$  = az állandó keresztmetszetű szűrőn egységnyi idő alatt áthaladó gáz, például levegő térfogata [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],
- $\ell$  = a szűrőrétegben a megtett út hossza [m],
- $A$  = a szűrő keresztmetszeti felülete [ $\text{m}^2$ ],
- $p$  = a nyomás a  $q$  mérése során [ $\text{N}/\text{m}^2$ ],
- $p_1 - p_2$  = nyomáskülönbség a szűrő két oldalán, nyomásesés [ $\text{N}/\text{m}^2$ ],
- $\eta$  = a gáz, illetve levegő dinamikai viszkozitása [ $\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$ ]

A betonok folyadék- és gázátteresztő-képességét (permeabilitási együtthatóját) viszonylag egyszerűen és gyorsan meg lehet határozni. Az épületszerkezetek és épületelemek légátteresztő-képességét az MSZ EN 12114:2000 szabvány szerint lehet megvizsgálni. Az építőanyagok páraátteresztő-képességének mérésével az MSZ EN ISO 12572:2016 szabvány foglalkozik.

---

a Royal Society tagjává választották, 1898-ban Darwin-éremmel díjazták, 1911-ben doktori címet kapott a Londoni Egyetemtől. A  $\chi^2$  valószínűségi eloszlást *Helmert* követve, részleteiben 1900-ban dolgozta ki. Nevéhez kötődik a *Pearson-féle* korrelációs együttható fogalmának meghatározása.

A Model Code 1990 szerint az 50-70% relatív nedvességtartalmú

- C12 nyomószilárdsági osztályú beton permeabilitási együtthatója víz esetén mintegy  $K_{\text{víz}} = 2 \times 10^{-11}$  m/s, levegő esetén mintegy  $K_{\text{levegő}} = 2,5 \times 10^{-15}$  m<sup>2</sup>,
- C50 nyomószilárdsági osztályú beton permeabilitási együtthatója víz esetén mintegy  $K_{\text{víz}} = 3 \times 10^{-14}$  m/s, levegő esetén mintegy  $K_{\text{levegő}} = 3 \times 10^{-17}$  m<sup>2</sup>.

Ezek az értékek a beton nyomószilárdsági osztályától és porozitásától függően erősen ingadoznak (Müller – Wiens 2016).

Mint láttuk, a permeabilitási együttható mértékegysége folyadékok esetén m/s, gázok esetén m<sup>2</sup>. Ha gázok esetén a viszkozitást és az összenyomhatóságot nem vesszük figyelembe, akkor a gázok permeabilitási együtthatójának mértékegysége m<sup>2</sup>/s.

Lásd még: Hidrodinamikai permeabilitás, Darcy-féle törvény, diffúziós együttható

### Pernye

A pernye széntüzelésű erőművek portalanító berendezéseiben összegyűjtött szilárd égési maradék, amelyet elektrofilter-pernyének is neveznek. A pernye főbb alkotói a szén éghetetlen ásványi összetevői, így amorf kovasav, agyag, vas-oxid, és kis mennyiségben mész. Jellegét tekintve savas (savanyú pernye) vagy bázikus (mészben gazdag pernye).

### Pépigény

Lásd: Adalékanyag pépigénye

### pH-érték

Lásd: Hidrogénion-koncentráció

### Poisson-féle tényező, Poisson-féle szám

A Poisson-féle<sup>60</sup> tényező, pontosabban haránt alakváltozási tényező ( $\mu$ ) a keresztirányú fajlagos alakváltozás ( $\varepsilon_k$ ) és a hosszirányú fajlagos alakváltozás ( $\varepsilon_h$ ) hányadosa:  $\mu = \varepsilon_k / \varepsilon_h$ . A Poisson-féle szám ( $m_\mu$ ) a Poisson-féle tényező reciproka:  $m_\mu = 1/\mu = \varepsilon_h / \varepsilon_k$ . A Poisson-féle tényező szerkezeti építőanyagok esetén 0,0-0,5 közötti szám, értéke az anyag folyósságának növekedésével a  $\mu = 0,5$ -hez, az anyag szilárdságának növekedésével a zérushoz tart. Meg kell

<sup>60</sup> Siméon Denis Poisson (1781, Pithiviers – 1840, Párizs) francia fizikus és matematikus, a párizsi École Polytechnique műszaki főiskola egyetemi tanára, tanszékvezetője, a londoni Royal Society tagja, a francia akadémián (Académie Française) kívül a berlini, stockholmi, szentpétervári, upsali, bostoni, turini, naplesi stb. akadémia tagja. A Poisson-féle tényezőt az 1829-ben Párizsban, a Mémoires de l'Académie kiadványban megjelent „Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques” című munkájában tárgyalta először. Ugyan ebben a művében minden elméleti követelményt kielégítően vezette le a statikában fontos Lagrange-féle rugalmas lemezegyenletet, és adta meg annak peremfeltételeit. (Az 1736-1813 között élt Joseph Louis Lagrange, olasz-francia matematikus és csillagász az Ecole Polytechnique-en Poisson tanára volt.) A Poisson-féle diszkrét valószínűségi eloszlást valószínűség-számítási munkájában 1837-ben Párizsban publikálta (Recherches sur la probabilité des jugements en matières criminelles et matière civile). Poisson nevét a párizsi Eiffel-torony első emeleti acél konzoltartóján körbe futó, 72 francia tudós nevét őrző relief délkeleti oldalán megörökítették. (Herzog, 2010, Bojtár, é.n.)



azonban jegyezni, hogy a *Poisson*-tényező értéke izotrop anyagoknál  $-1,0$  és  $0,5$  között változhat. A negatív *Poisson*-tényezőjű anyagok – mind különleges szerkezetű hab – belső szerkezete húzás hatására kitágul, az anyag „duzzadni” kezd.

A beton *Poisson*-féle tényezője  $\mu_{\text{beton}} \sim 0,167$ , az acélé  $\mu_{\text{acél}} \sim 0,270$ . Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.3. szakaszának (4) bekezdése szerint repedésmentes beton esetén  $\mu_{\text{beton}} = 0,2$  értékű, berepedt beton esetén  $\mu_{\text{beton}} = 0,0$  értékű *Poisson*-tényezővel szabad számolni.

### **Poisson-féle valószínűségi eloszlás**

*Poisson*-eloszlás egy diszkrét valószínűségi eloszlás, a binomiális eloszlás határeloszlása. A *Poisson*-féle valószínűségi eloszlás sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

ahol  $0 < n \cdot p$  konstans és eloszlásfüggvénye:

$$L(p, n, c) = \sum_{x=0}^c \frac{(n \cdot p)^x}{x!} \cdot e^{-n \cdot p}$$

Ha binomiális eloszlások olyan sorozatát vesszük, melyben az eloszlások  $n$  paramétere úgy tart a végtelenbe, hogy közben az  $n \cdot p$  szorzat konstans marad ( $p$  így nyilván a 0-hoz tart), akkor határeloszlásként *Poisson*-eloszlást kapunk. A *Poisson*-eloszlás annál jobban közelíti a binomiális eloszlást, minél nagyobb az  $n$  és minél kisebb a  $p$  értéke.

Az OC-görbe értékeinek számszerű kifejezésére is a *Poisson*-féle valószínűségi eloszlást szokták alkalmazni.

### **Poláris kötés**

Lásd: Ionos kötésű

### **Polimerek**

Polimerek ismétlődő egységekből, monomerekből felépülő nagyméretű molekulák, melyekben az egységeket kémiai kötések kapcsolják össze. A polimerek elvileg végtelen sok ismétlődő egységből (monomerekből) állhatnak, szemben az oligomerekkel, amelyeket meghatározott számú (10-100) monomer alkot. A polimerek önálló alakkal, térfogattal rendelkeznek.

Két vagy három összekapcsolódó monomer már polimert alkot, de értékes mechanikai tulajdonságokkal rendelkező szilárd anyag előállításához sokkal hosszabb, legalább 500 monomer hosszú láncokra van szükség. Ezeket a „rövid polimerektől” megkülönböztetve, „hosszú polimereknek” nevezzük.

A természetben elő nem forduló, mesterségesen létrehozott vegyületekből szintetizált polimerek lehetnek hőre lágyuló polimerek (termoplasztok) vagy hőre keményedő polimerek (műgyanták, azaz duroplasztok) és rugalmas polimerek, elasztomerek (például a polibutadien = szintetikus gumi, a poliklór-opren = neoprén).

A tulajdonképpeni polimereket szerves monomerek alkotják, amelyek  $C_2H_3$  szerves atomcsoportjába beépülő oldalcsoport egyszerűbb esetben egy  $CH_3$  metil-csoport vagy egy hidrogén atom vagy egy klór atom.

Ezzel szemben a szilikonok szilícium alapú polimereinek, például a polidimetil-sziloxánnak a szerves atomcsoportjába szilícium- és oxigénatomok épülnek be.

A mesterséges polimerek mellett vannak természetes alapú mesterséges polimerek (például viszkóz) és természetesek polimerek, mint például poliszacharidok (például a keményítő), a monoszacharidokból felépülő cellulóz, a polipeptidek, az aminosavakból felépülő fehérjék, a lignin, természetes kaucsuknak is nevezett rugalmas polisopren.

A lignin a növények sejtfalában lerakódó aromás vegyületekből álló szervesanyag. Az első, először 1930-ban alkalmazott beton-képlékenyítő adalékszer bázisa a lignin-szulfonsav sója, amely modifikált természetes polimer.

A műanyagok nem szinonimája a polimereknek, a műanyag = polimer + egyéb összetevő anyag.

Lásd még: Polimerizációs fok, Műanyagok, Műgyanták, Termoplastok, Szilikonok

### Polimerizációs fok

A polimer láncok hosszúsága és relatív molekulatömege (molekulasúlya) a polimer felépítésének fontos jellemzője. A polimerben lévő monomerek számát ( $n$ ) polimerizációs foknak (DP,  $P_n$ ) nevezzük:  $DP = n_0/n$  ahol  $n_0$  a molekulák száma a polimerizáció elején és  $n$  a polimerizáció végén. Ha  $n = 1$ , akkor  $DP = P_n = n$ .

A kereskedelmi forgalomban lévő polimerek polimerizációs foka:  $10^3 \leq P_n \leq 10^5$ .

A polimerek polimerizációs foka a  $P(P_n)$  valószínűségi gyakoriság szerint pontról pontra változik, ezért csak a polimerizációs fok átlagértékéről ( $\bar{P}_n$ ) beszélhetünk:

$$\bar{P}_n = \int_0^{\infty} P_n \times P(P_n) \times d(P_n)$$

Ha a polimerizációs fok átlaga:  $\bar{P}_n < 300$ , akkor a polimernek nincs szilárdsága, mert a rövid molekulák egymás mellett elcsúszhatnak. Például  $\bar{P}_n > 103$  átlagos polimerizációs fok esetén a polietilén már alig munkálható meg.

A polimerizációs fok átlagértékének növekedésével növekszik a szilárdság és a viszkozitás is.

A polimer molekulatömegét a  $P_n$  polimerizációs fokból és a monomer molekulatömegéből könnyen ki lehet számítani. Például az etilén monomer ( $C_2H_4$ ) molekulatömege 28. Ha a polietilén (PE) polimerizációs foka például 104, akkor a polietilén molekula átlagos relatív molekulatömege:  $28 \times 104 = 280000$ .

Lásd még: Polimerek

### Porozitás

A porozitás az anyagsűrűség és a testsűrűség különbségének és az anyagsűrűségnek a hányadosa, más szóval az anyagban lévő pórusok térfogatának és az anyag térfogatának hányadosa. A porozitás és a tömörség összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$\begin{aligned} \text{Porozitás} &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Testtérfogat} - \text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = \\ &= \frac{\text{Hézagok térfogata}}{\text{Testtérfogat}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porozitás} &= 1 - \text{Tömörség} = p_{\text{szemcse}} = \frac{\rho_A - \rho_T}{\rho_A} = \frac{\frac{M}{V_A} - \frac{M}{V_T}}{\frac{M}{V_A}} = \\ &= 1 - \frac{V_A}{V_T} = 1 - t \end{aligned}$$

### Portland, portlandkő

Portland annak az egyesült királyságbeli Dorsetshire grófságban lévő félszigetnek a neve, amelynek szürke színű oolitos mészkőszikláihoz (portlandkő) színben és szilárdságban való hasonlatossága miatt *J. Aspdin* leedszi angol kőművesmester az általa feltalált és 1824-ben

szabadalmaztatott portlandcementet elnevezte [*Neumüller* et al., 3. kötet 1983), (*Riesz* et al., 1989).

### Portlandcement

Lásd: Portland

### Portlandit

Portlandit a kalcium-hidroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ásványtani neve. A természetben szál, por vagy tömör alakban viszonylag ritkán előforduló, színtelen vagy zöldesfehér trigonális vagy hexagonális kristály. *Cecil Edgar Tilley*<sup>61</sup> a Ballygalley közelében fekvő Scawt Hill vulkáni kúpon (Észak-Írország) felfedezett portlanditot 1933-ban írta le, és nevezte el a portlandcementhez való hasonlatossága alapján (*Riesz* et al., 1989).

### Pórusvíz

Lásd: Elgőzölhető víz

### Próbatestek „szabványos” tárolása

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati próbatesteket<sup>62</sup> az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.2. szakasza szerint kizsaluzásuktól szilárdságvizsgálatukig ( $20 \pm 2$ ) °C hőmérsékletű vízben vagy ( $20 \pm 2$ ) °C hőmérsékletű és legalább 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni, és közvetlenül a törés előtt kell a vízből vagy a klímakamrából kivenni. Ez a művelet nyilván valóan csak sablonban készített próbaestekkel végezhető el.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a *próbakockákat* szabad vegyesen, azaz kizsaluzásuktól 7 napos korig víz alatt, utána szilárdságvizsgálatukig laboratóriumi levegőn tárolni, de a vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságát ( $f_{\text{ci,cube,test,H}}$ ) – e könyv 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrája szerint az  $f_{\text{ci,cube,test}} = 0,92 \times f_{\text{ci,cube,test,H}}$  összefüggéssel – át kell számítani a végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdságára ( $f_{\text{ci,cube,test}}$ ). Az átszámítást az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakaszában sem kifogásolják.

Lásd még: Nyomószilárdsági osztály

### Proceq-B görbe

*Proceq SA* több mint 50 évvel ezelőtt vízszintes ütésirányra kidolgozott nyomószilárdság becslő alapösszefüggése hagyományos *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes beton nyomószilárdság vizsgálathoz.

### Protolizálás

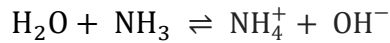
Protolizálás a bázisok és savak proton leadási és felvételi folyamata oldatokban.

### Protolízis

Protolízisnek a proton (hidrogénion) átadás-átvétellel járó kémiai reakciókat nevezzük. Protolízis, ha egy savból és a megfelelő bázisból álló rendszer (például:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ) és egy bázisból és a megfelelő savból álló rendszer (például:  $\text{NH}_3 + \text{H}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$ ) egymással reagál (*Neumüller* et al. 3. kötet 1983):

<sup>61</sup> *Cecil Edgar Tilley* (1894, Adelaide – 1973, Cambridge) ausztrál-brit geológus, 1931-től az University of Cambridge egyetemen az ásvány- és közettan professzora.

<sup>62</sup> Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint „szabványos” alakú és méretű nyomószilárdság vizsgálati próbatest a  $\varnothing 150 \times 300$  mm méretű próbahenger és a 150 mm élhosszúságú próbakocka.



A protolízis szinonimája a hidrolízis, a hidrolízis a régebbi, a protolízis az újabb kifejezés.

### **Puccolános tulajdonság**

Puccolános tulajdonság a víz hatására önmagában szilárdulni nem képes, kevés (vagy zérus) reakcióképes mészhidrátot és jelentős mennyiségű reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidrát (például a cement szabad mészhidrát-tartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és esetleg más ásványok képződése közben, lassan megszilárdul. A puccolános tulajdonságú anyag mészmódulusa:  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 < 0,5$ . Puccolános tulajdonsága van például a természetes traszna és tufának, a savanyú pernyének, a szilikapornak, metakaolinnak, nanoszilikának.

### **Redoxi potenciál**

Nevezik elektródpotenciálnak, standard potenciálnak, normál potenciálnak is.

A redoxi potenciál egy redoxi-pár elektron leadási (oxidáció), illetve felvételi (redukció) képességének mértéke a  $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$  rendszerben.

A redoxi potenciál szennyvizek esetén a szulfid-képződés kifejezője. Például a bomló szerves anyagok a szulfát redukcióhoz használnak el miközben kénhidrogén ( $\text{H}_2\text{S}$ ) képződik.

Jele:  $E^0$  Mértékegysége: mV

Lásd még: Elektródpotenciál

### **Redoxi-folyamat, Redoxi-reakció, Redoxi-rendszer**

Redoxi-folyamatoknak (*redukciós-oxidációs folyamatoknak*) vagy redoxi-reakcióknak nevezzük azokat a kémiai reakciókat, melyek az oxidációfok megváltozásával járnak. Ezekben a folyamatokban az egyik reakciópartner felvesz, a másik pedig veszít, lead elektronokat. Az elektront leadó partner oxidálódik, oxidációs száma nő. Ezek a reakciópartnerek a redukálószeresek. Az elektront felvevő partner redukálódik, oxidációs száma csökken. Ezek az oxidálószeresek. (*Neumüller et al. 4. kötet 1984, Wikipédia*)

Lásd még: Oxidációfok, Oxidációs szám

### **Redukálószeresek**

Lásd redoxi-folyamat

### **Redukált víz-cement tényező**

A redukált víz-cement tényező az alap víz-cement tényező szinonimája.

Lásd: Alap víz-cement tényező

### **Redukció**

A redukció – például elektrolitos disszociáció során lejátszódó – elektron-felvételt jelent.

Lásd még: Elektrolitos disszociáció, Oxidáció

### **Regressziószámítás**

A regressziószámítás a regressziós függvények (görbék, felületek) meghatározásának módszertana. Segítségével lehetőség nyílik a mérési eredmények (vizsgálati eredmények) együtt értékelt halmazát leíró azon regressziós függvények együtthatóinak (paramétereinek) meghatározására, amelyekhez – mint független változóhoz – tartozó hibanégyzetösszegek a legkisebbek.

Lásd még: Hiba és hibanégyzetösszeg, Legkisebb hibanégyzetösszegek módszere, Korrelációszámítás



### Rejtett (latens) hidraulikus tulajdonság

Rejtett hidraulikus tulajdonság a víz hatására önmagában nagyon lassan és kismértékben szilárduló, bizonyos mennyiségű reakcióképes mészhidrátot és reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidrát (például a cement szabad mészhidráttartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és más ásványok képződése közben megszilárdul. A rejtett hidraulikus tulajdonságú anyag mész-modulusa:  $0,5 \leq \text{CaO/SiO}_2 < 1,5$ . Ilyen tulajdonsága van például az örölt, granulált kohósalaknak és a bázikus pernyének.

### Relatív atomtömeg

Lásd: Atomtömeg

### Relatív hiba

A relatív hiba korreláció-számítási fogalom, a függvény-változók közötti kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma, amely a mérés viszonylagos pontosságát mutatja, és ezért százalékban is meg lehet adni. A relatív hiba a standard hiba ( $S_{\text{hiba}}$ ) és a függő változó mért értékei ( $y_i$ ) átlagának hányadosa:

$$H_{\text{hiba}} = \frac{S_{\text{hiba}}}{\frac{\sum y}{n}}$$

Lásd még: Standard hiba

### Relatív molekulatömeg

A relatív molekulatömeg a molekulát alkotó atomok relatív atomtömegének összege. Viszonyszám, amely az adott molekula átlagos tömegének (a molekula atomjai átlagos tömege összegének) és a  $^{12}\text{C}$ -szénizotóp tömege 1/12-ed részének hányadosa.

Lásd még: Atomtömeg

### Relatív szórás

Nevezik variációs tényezőnek vagy variációs együtthatónak is. A relatív szórás a szórás és a beton átlagos nyomószilárdságának a hányadosa, amelyet százalékban is ki lehet fejezni.

A relatív szórás valamilyen értékének felhasználása a világon először az MSZ 15022-1:1971 szabványban jelent meg (*Szalai 2002*) burkolt formában, ugyanis sem ez, sem a többi 2002 előtti szabvány és szabályzat a relatív szórás fogalmát és értékeit nem tartalmazta, de azok a nyomószilárdság átlagértékének ( $K_m$ ) és minősítési értékének ( $K_{\text{minősítési}}$ ) függvényében kiszámíthatók.

A hazai irodalom az MSZ 15022-1:1971 szabvány értékei alapján hivatkozik e könyv 1.7. táblázatában szereplő  $v = 15\%$ -os relatív szórásra (*Szalai 2002*).

Az  $v = \frac{s}{K_m}$  relatív szórás a  $K_m$  kockaszilárdság (a beton nyomószilárdságának átlagértéke), a  $K_m - K_{\text{minősítési}}$  az alulmaradási tágasság és a  $t$  alulmaradási tényező segítségével fejezhető ki:

$$v = \frac{s}{K_m} = \frac{K_m - K_{\text{minősítési}}}{t \times K_m} = \frac{1}{t} \times \left( 1 - \frac{K_{\text{minősítési}}}{K_m} \right)$$

ezért értéke adott  $K_m$  kockaszilárdság és  $K_{\text{minősítési}}$  minősítési érték esetén a  $t$  alulmaradási tényezőtől függ. Az MSZ 15022-1:1971 és a korabeli többi szabványban és szabályzatban  $t = 2,0$  alulmaradási tényezővel és  $v = 0,15$  relatív szórással számoltak, és így határozták meg a  $K_m$  kockaszilárdságból és  $K_{\text{minősítési}}$  minősítési értéket:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m \times (1 - v \times t) = K_m \times (1 - 0,15 \times 2,0) = 0,70 \times K_m$$

Szokás esetenként  $t = 2,0$  helyett  $t = 1,645$  alulmaradási tényezővel számolni (Szalai 2002) – ahol  $t = 1,645$  az  $n = \infty$  vizsgálati eredményhez tartozó *Student*-féle alulmaradási tényező – amely esetben a  $K_{\text{minősítési}}$  minősítési értékre a következő összefüggés adódik:

$$K_{\text{minősítési}} = K_m \times (1 - v \times t) = K_m \times (1 - 0,15 \times 1,645) = 0,75 \times K_m$$

**1.7. táblázat:** A beton relatív szórása az 1982 előtti szabványokban és szabályzatokban

Nyomószilárdsági osztály									
B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 500	B 560
Átlagérték, $\text{kp/cm}^2$ , $K_m$									
50	70	100	140	200	280	350	400	500	560
Küszöbérték (minősítési érték, jellemző érték), ha az alulmaradási tényező $t = 2,0$ , $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$ (Kerekítés nélküli értékek, szemben a szabványokban és szabályzatokban szereplő értékektől)									
35	49	70	98	140	196	245	280	350	392
Relatív szórás, ha az alulmaradási tényező $t = 2,0$ , $v$									
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Küszöbérték (minősítési érték, jellemző érték), ha az alulmaradási tényező $t = 1,645$ , $\text{kp/cm}^2$ , $K_{\text{minősítési}}$ (Kerekítés nélküli értékek, szemben a szabványokban és szabályzatokban szereplő értékektől)									
37,5	52,5	75	105	150	210	262,5	300	375	420
Relatív szórás, ha az alulmaradási tényező $t = 1,645$ , $v$									
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Az 1970-es évek közepén a betonozó munkahelyek besorolása a relatív szórás alapján a következő volt (Palotás – Balázs 1980):

- Kitűnően betonozó munkahely:  $v \leq 10\%$
- Jól betonozó munkahely:  $v = 10\text{-}15\%$
- Rosszul betonozó munkahely:  $v > 20\%$

Megjegyzendő, hogy a relatív szórás fogalma például az MSZ EN 1990:2011 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban szerephez jut. Az MSZ EN 1990:2011 szabvány D7. fejezetében a  $V_x$  relatív szórását a kísérletek vagy vizsgálatok  $n$  száma függvényében fejezik ki, a szilárdság jellemző (karakterisztikus) értékének meghatározásához például  $n = 3$  esetén, ha a relatív szórás ismert, akkor  $V_x = 1,89$ , ha ismeretlen, akkor akkor  $V_x = 3,37$ , és ugyanezek  $n = 5$  esetén  $V_x = 1,80$ , illetve  $V_x = 2,33$ . Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban többek között azt írják, hogy ha a betonszilárdság relatív szórása nem haladja meg a 10%-ot, akkor a beton biztonsági (parciális) tényezőjét  $\gamma_{C,\text{red1}} = 1,4$  értékre lehet csökkenteni.

Jele:  $s_{\text{rel}}$  vagy variációs tényezőről, illetve együtthatóról szólván a  $v$  (görög kis nú betű) vagy  $V$  jel is elterjedt

Lásd még: Nyomóhatárfeszültség

### Relatív testsűrűség

Az anyag testsűrűségének és a víz hőmérséklet függő sűrűségének hányadosa. Azt fejezi ki, hogy az anyag testsűrűsége az adott vizsgálati hőmérsékleten hányszorosa a víz sűrűségének (lásd az anyagsűrűség fogalmát). Nevezetlen szám.

A relatív testsűrűség fogalmával magyar nemzeti szabványban nem találkozunk, de európai és nemzetközi szabványban szerepel (például MSZ EN 934-2:2009+A1:2012, ISO 758:1976).

Lásd még: Látszólagos porozitás

### **Relaxáció**

Lásd: Ernyedés

### **Relaxációs idő**

Lásd: Retardációs idő

### **Reológia**

A reológia a gázok, folyadékok és folyadékszerű anyagok (például szuszpenziók, emulziók, kolloid rendszerek) mozgásával, alakváltozásával, illetve az alakváltozás időbeni és hőmérséklettől függő lefolyásának törvényszerűségeivel foglalkozó tudomány. A reológiai szabványokat a DIN-Taschenbuch 398:2012 foglalja össze.

### **Reológiai anyagmodell**

Lásd: Mechanikai anyagmodell

### **Reológiai folyáshatár**

A folyáshatár (lásd ott) reológiai értelmezése.

### **Repedéstágasság (bemetszéstágasság) változás**

Angolul: CMOD, crack mouth opening displacement. Az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány alapján, 500 mm támaszközön végzett középpontos hajlító vizsgálat során a 150×150×(550-700) mm méretű beton próbagerenda felületén mért, a terhelőerő-vezérléshez használt repedéstágasság értéke a gerenda elem középpontjában létrehozott bemetszésnél értelmezve.

### **Reprezentatív minta**

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint a reprezentatív adalékanyag (köanyaghalmoz) minta a mintavételi terv szerint vett, az alaphalmaz minőségének nagy valószínűséggel megfelelő adalékanyag (köanyaghalmoz) gyűjtőminta.

### **Repülőtéri pályabetonok nyomószilárdsága**

Lásd: Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága

### **Retardációs idő**

A dinamikai viszkozitási tényező ( $\eta$ ) és a rugalmassági modulus ( $E$ ) retardációs (késleltetési), máshol relaxációs időnek nevezett  $\eta/E$  hányadosa, azaz időállandó. A retardációs idő számszerűen azzal az idővel azonos, amely alatt a mechanikai anyagmodell az egyensúlyi deformáció 0,632-szeresét ( $1 - e^{-1}$ ) éri el. Mértékegysége: s

### **Régi megközelítés elve**

A „rég megközelítésű” vagy szektorális irányelvek – szemben az „új megközelítésű” irányelvekkel – az Európai Unióban teljes részletességgel szabályoznak, máig is alkalmazzák ezt a módszert, elsősorban az élelmiszeriparban, gyógyszeriparban, vegyiparban, járművek, mérésügy területén (*Winkler* 2005).

### **Rész minta**

Az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint mintacsökkentési eljárással egyedi mintákból (egyesmintákból) vagy gyűjtőmintából kapott adalékanyag (köanyaghalmoz) minta.

### Rétegekőzi víz

A rétegekőzi víz kémiaiilag kötött és adhézios állapotban található a cementkő kalcium-aluminát-hidrát és kalcium-aluminát-szulfát-hidrát fázisai között. Szárítás során általában a szövet szerkezet rombolása nélkül távozik a cementkőből.

### Rosin-Rammler-Sperling-Bennett valószínűségi eloszlás, RRSB-eloszlás

Az RRSB-eloszlás az aprított halmazok szemnagysága valószínűségének leírására alkalmas exponenciális-függvény. Minthogy az anyagok szilárdságának stb. valószínűsége ugyanezt az exponenciális-függvényt követi, elterjedten nevezik e sajátság felismerője után Weibull-eloszlásnak is. Következésképpen a Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-eloszlás, röviden RRSB-eloszlás a Weibull-eloszlással azonos III. típusú extrémérték-eloszlás.

Lásd még: A Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-eloszlás (RRSB-eloszlás) fogalmát részletesen az F1.4. függelékben tárgyaljuk.

### Roskadási mérték

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati eszköze az Abrams-féle kúp, vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-2:2009. Mértékegysége: mm. Jele: S1 ... S5

### Rugalmas energia

Nevezik deformációs energiának is. A rugalmas energia a rugóban felhalmozott (potenciális) energia, illetve a megnyújtott rugó energiája ( $E_{\text{rugó}}$ ). Egyenesen arányos a hosszváltozás ( $\Delta s$ ) négyzetével, az arányossági tényező a direkciós állandónak ( $D = F_{\text{rugó}}/\Delta s$ ) a fele:  $E_{\text{rugó}} = (D/2) \times \Delta s^2 = F_{\text{rugó}} \times \Delta s/2$ , ahol  $F_{\text{rugó}}$  a  $\Delta s$  hosszváltozást létrehozó „lineáris” rugóerő. Az  $F_{\text{rugó}}$  rugóerő nem konstans, hanem a rugót megfeszítve zérusról lineárisan növekedve éri el a  $\Delta s$  hosszváltozáshoz tartozó  $F_{\text{rugó}}$  értéket, ezért az általa végzett munka, a rugalmas energia: (Legnagyobb erő)  $\times$  (Hozzá tartozó út)/2. A  $E_{\text{rugó}}$  rugalmas energia a hosszváltozás-rugóerő koordinátarendszerben az origóból induló  $F_{\text{rugó}} = D \times \Delta s$  egyenes alatti terület nagysága<sup>63</sup>, ahol  $D$  a direkciós állandó (a  $c = 1/D$  rugóállandó reciproka). Mértékegysége: J

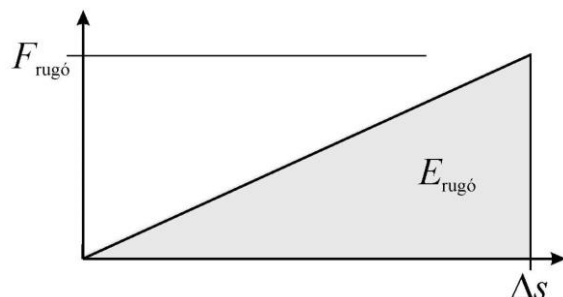
### Rugalmasági határ

Lásd: Arányossági határ

### Rugalmasági modulus, állandó, tényező

A rugalmasági modulus (nevezik Young-modulusnak is) a feszültség ( $\sigma$ ) és a fajlagos alakváltozás ( $\varepsilon$ ) hányadosa:  $E = \Delta\sigma/\Delta\varepsilon$ . A feszültség és fajlagos alakváltozás létrejöhet rövididejű, ismétlődő és tartós nyomó, húzó, hajlító-húzó, nyíró, csavaró-nyíró teher hatására, melyeknek megfelelően nyomási, húzási rugalmasági modulusról, illetve nyírási (csúszási) modulusról (jele:  $G$ ) beszélünk, de a tulajdonképpeni rugalmasági modulus csak húzásra és nyomásra értelmezzük. A tulajdonképpeni rugalmasági modulus a Hooke-törvénynek

<sup>63</sup> Az  $E_{\text{rugó}}$  rugalmas energia a  $\Delta s$  hosszváltozás -  $F_{\text{rugó}}$  rugóerő koordinátarendszerben az origóból induló  $F_{\text{rugó}} = D \times \Delta s$  egyenes alatti terület nagysága:  $E_{\text{rugó}} = F_{\text{rugó}} \times \Delta s/2$ . Az  $F_{\text{rugó}}$  rugóerő nem állandó, hanem lineárisan növekvő erő.



megfelelően az arányossági határon belül a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe (feszültség-alakváltozási diagram) hajlásszögének ( $\alpha_0$ ) iránytangense, tehát  $E_0 = \operatorname{tg}\alpha_0 = \sigma/\varepsilon_{\text{rug}}$ .

A rugalmassági modulusnak a  $\Delta\sigma$  feszültség változás és a hozzá tartozó  $\Delta\varepsilon$  fajlagos alakváltozás tartomány értelmezésétől függően különböző fajtái vannak. Ilyen a kezdeti rugalmassági moduluson ( $E_0$ ) kívül a tehermentesítési rugalmassági modulus ( $E_b$ ), az érintőmodulus ( $E_T$ ) és a húrmodulus vagy szelőmodulus ( $E_D$ ,  $E_{cm}$ ) is, amely utóbbit alakváltozási modulusnak ( $E_{\text{alakváltozási}}$ ) is nevezik.

A beton MSZ EN 1992-1-1:2010 európai szabvány szerinti rugalmassági modulusainak fogalma, megnevezése és jelölése eltér a korábbi hazai gyakorlattól:  $E_c$  érintőmodulus,  $E_{c,\text{eff}}$  kúszási tényezőtől függő alakváltozási tényező,  $E_{cm}$  szelőmodulus stb. Az  $E_c$  érintőmodulus MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban a kezdeti rugalmassági modulusnak megfelelő fogalom.

A régebbi szabványokban és szabályzatokban (például az MSZ 15022-1:1971 szabványban, az 1951. évi Vasúti Hídszabályzatban, az 1967. évi Közúti Hídszabályzatban) a lassú alakváltozást nem okozó terhek alatti alakváltozások és általában a feszültségek számítása során figyelembe veendő kezdeti rugalmassági modulusot a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott átlagos kockaszilárdság ( $K$ ) függvényében adták meg:

$$E_{b0} = 550000 \times \frac{K}{K + 200} \left[ \frac{\text{kp}^2}{\text{cm}} \right]$$

és például az 1984. évi Vasúti Hídszabályzat szerint próbaterhelés esetén lehajlás számításakor a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott kockaszilárdság jellemző értéke ( $R_k$ ) függvényében a következő képlettel határozták meg:

$$E_b = 55000 \times \frac{0,9 \times R_k}{0,9 \times R_k + 20} \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

ahol 0,9 a hajlító-nyomószilárdság és a nyomószilárdság közötti átszámítási tényező.

Mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa (vagy régebben: kp/cm<sup>2</sup>)

Lásd még: Kockaszilárdság

### Rugalmassági modulus hatékony tervezési értéke

A rugalmassági modulus hatékony tervezési értékének a rugalmassági modulusnak a  $\varphi_{\text{ef}}$  hatékony kúszási tényezőtől függő teherbírasi tervezési értékét nevezik.

Jele:  $E_{\text{cd,eff}}$ , mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

Lásd még: Rugalmassági modulus tervezési értéke

### Rugalmassági modulus tervezési értéke

A szokványos (közönséges, normál) beton rugalmassági modulusának teherbírasi tervezési értéke az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 5.8.6. szakaszának (3) bekezdése szerint általában:  $E_{\text{cm}}/1,2$ , ahol  $E_{\text{cm}}$  a beton szelőmodulusa.

Jele:  $E_{\text{cd}}$ , mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

Lásd még: Szelőmodulus

### Rugóállandó

A rugóállandó ( $c = \Delta s/F_{\text{rugó}}$ ) a direkción állandó ( $D = 1/c$ ) reciproka, ahol  $\Delta s$  az elmozdulás,  $F_{\text{rugó}}$  a rugóerő, tehát a rugónak egységnyi erő által létrehozott megnyúlása. Mértékegysége: m/N

### Rugóerő

A „lineáris” rugó  $\Delta s$  hosszváltozást létrehozó ereje ( $F_{\text{rugó}}$ ). Az  $F_{\text{rugó}}$  rugóerő nem konstans, hanem a rugó megfeszítése során zérusról lineárisan növekedve éri el a  $\Delta s$  hosszváltozáshoz

tartozó  $F_{\text{rugó}}$  értéket, ezért az általa végzett munka (rugalmas energia):  $E_{\text{rugó}} = (\text{Legnagyobb erő}) \times (\text{Hozzá tartozó út}) / 2$ . A rugóerő mértékegysége: N

### Sablon

Viszonylag hosszú ideig, sokszor használt forma, amelyet betonelemgyárakban és építéshelyi előregyártó-üzemekben beton, vasbeton és feszített vasbeton elemek gyártásához, laboratóriumokban habarcs- és betonpróbatestek készítéséhez használnak.

Lásd még: Zsaluzat

### Salétromsav

Lásd: Ammónium-nitrogén

### Savak

Savak a nemfémek oxidjainak vízzel és a nemfémek hidrogénnel alkotott vegyületei.

Eszerint a savaknak két csoportját lehet megkülönböztetni, az oxosavak, másnéven oxigénsavak csoportját és a hidrogénsavak csoportját.

Az *oxosavak* (oxigénsavak) a nemfém-oxidok (nem-fémes elemek oxidjainak)  $\text{H}_2\text{O}$  felvételével képezhető vegyületek.

Oxosav például a szénsav:  $\text{H}_2\text{CO}_3$

A *hidrogénsavak* a nemfémek (nem-fémes elemek) hidrogén felvételével képezhető vegyületek, de nem minden hidrogént felvett nemfém savas kémhatású.

Hidrogénsavak képzésére a halogén elemek képesek.

Hidrogénsav például a sósav:  $\text{HCl}$ .

Lásd még: Oxosavak, Hidrogénsavak, Bázisok

### Hidrogénsavak

Hidrogénsavaknak azokat a savakat nevezzük, amelyeknek a molekulái a hidrogénnel kívül csak egy egyedül álló elemet vagy egy meghatározott egyszerű savmaradékot tartalmaznak.

Az előbbire példa a hidrogén-klorid (sósav:  $\text{HCl}$ ), az utóbbira példa a hidrogén-cianid (cián-hidrogén, kéksav:  $\text{HCN}$ ). (*Neumüller et al. 2. kötet 1982*)

Lásd még: Savak, Savak visszamaradt része

### Oxosavak, oxigénsavak

Oxosavaknak – más néven oxigénsavaknak – azokat a szerves savakat nevezzük, amelyeknek az anionjai oxigént tartalmaznak. Szerves oxosav például a salétromsav ( $\text{HNO}_3$ ), amelynek az anionja a nitrátion:  $\text{NO}_3^-$ , vagy a kénsav ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), amelynek az anionja a szulfátion:  $\text{SO}_4^{2-}$  stb.

A szerves oxosavak alatt általában az oxokarbonsavakat értik. Az oxokarbonsavak olyan karbonsavak, amelyek a karboxil-csoporton ( $\text{COOH}$ ) kívül egy karbonil-csoportot ( $\text{CO}$ ) is tartalmaznak. (*Neumüller et al. 3. kötet 1983*)

Lásd még: Savak, Savak visszamaradt része

### S-54 szulfátálló cement

A magyar cementipar története, SZIKKTI, 1970

Egyébként a cement szulfátállóságának feltétele az  $\text{AM} < 0,64$  követelmény teljesülése, amely az egykori hazai "S-54 350" jelű szulfátálló portlandcement esetén az MSZ 4702-4:1982 szabványban, vagy a még korábbi MSZ 4702:1956 szabványban (akkor e cement megnevezése

"S 54 jelű 500-as portlandcement" volt) megkövetelt  $AM \leq 0,70$  értékkel szemben biztonságból  $AM \leq 0,54$  volt. <http://www.betonujsg.hu/userfiles/lapszam/46/pdf/200909.pdf>

A Magyarországon 1937 és 1997 között (a szulfátálló portlandcementek MSZ 4702-4:1982 szabványát felváltó MSZ 4702-2:1997 szabvány bevezetéséig) a Látatlan Cementgyárban (működött: 1868-2013) NEM CSAK OTT, lásd három sorral lejjebb, gyártott S-54 350 pc jelű szulfátálló portlandcement aluminátmodulusa  $AM \leq 0,54$  volt, ahonnan az egykori kiváló magyar cement a nevét is kapta.

Megjegyzés: Az Építőanyag című folyóirat 48. évfolyam, 1996. évi 2. számának 38. oldala szerint a Látatlan Cementipari Kft., a Béalápátfalvi Cement- és Mészipari Rt. és a Hejőcsabai Cement- és Mészipari Rt. az S-54 350 jelű szulfátálló portlandcementet még gyártotta és forgalmazta. Reichard szerint Selypen is gyártották.

Az S-54 350 pc cement megfelelője 1997-ben a CEM I 32,5 S portlandcement lett (MSZ 4702-2:1997 szabvány M4. melléklete).

### Savak visszamaradt része

A savaknak a

- hidrogén atomok (H) nélküli részét savmaradéknak,
- hidroxil-csoportok (-OH) nélküli részét savgyöknek,
- vízmolekula (H<sub>2</sub>O) nélküli részét savanhidridnek

nevezzük. Például a kénsav (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) savmaradéka: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (szulfátion), savgyöke: SO<sub>2</sub><sup>-</sup>, savanhidridje: SO<sub>3</sub> (kén-trioxid). A savmaradék voltaképpen az ionos állapotban lévő sav anionja.

A hidrogénsavaknak összetételüknél fogva nincs sem savgyöke, sem savanhidridje, csak savmaradéka. Például a sósav (HCl) savmaradéka a klóron: Cl<sup>-</sup>.

Lásd még: Savak

### Savanhidrid

A savanhidrid (anhidrid: vízmentes) a nemfémek (nem-fémes elemek) oxidja, más szóval a savak vízmolekula nélküli része. A szénsav (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) savanhidridje például a szén-dioxid: CO<sub>2</sub>. A halogén elemek savjainak nincs anhidridjük.

Lásd még: Bázisanhidrid

### Savanyú só

Savanyú sót akkor kapunk, ha több vegyértékű savmaradékot tartalmazó sav (például kénsav: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) közönbösítésére kevesebb bázist (például nátrium-hidroxidot: NaOH) használunk, illetve áll rendelkezésre, mint amennyi a teljes telítéshez szükséges volna. Savanyú só például a nátrium-hidrogén-szulfát, más néven nátrium-hidroszulfát: NaHSO<sub>4</sub>. A savanyú sók bázissal tovább telíthetők (*Gróh* 1940).

Lásd még: Bázisok, Savmaradék

### Savanyú pernye, savas jellegű pernye

A kőszén tüzelésű erőművek égési maradéka. A savanyú pernye reakcióképes (aktív) mész (CaO)-tartalma legfeljebb 10 tömeg%. A savanyú pernye szabad mész (CaO)-tartalma legfeljebb 1,0 tömeg%, illetve legfeljebb 2,5 tömeg%, feltéve, hogy a 30 tömeg% pernyét és 70 tömeg% referencia cementet tartalmazó pépen a *Le Chatelier* módszerrel meghatározott duzzadás nem nagyobb, mint 10 mm. A savanyú pernye puccolános tulajdonságú por. Jele: V

### Savas eső

A savas eső két, egymástól nehezen elhatárolható folyamat, a természeti változások és az emberi tevékenység (antropogén) hatására jön létre. A gyengébb hatást a szén-dioxidból ( $\text{CO}_2$ ) képződő szén-sav ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) fejt ki, amely a csapadék (eső és hó) hidrogénion-koncentrációját mintegy  $\text{pH} = 5,6$  értékre csökkenti, amelyet általában a tiszta és a savas eső savassága határának is szoktak tekinteni. A nagyrészt emberi tevékenységgel a légkörbe juttatott kénsav ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) és salétromsav ( $\text{HNO}_3$ ) akár  $\text{pH} = 2,4$  értékű savasodást is okozhat. A kénsav kén-dioxid ( $\text{SO}_2$ ) kibocsátásból (például kén tartalmú ércek kohósítása, kőolaj és szén égetés, belső égésű motorok, stb.), a salétromsav nitrogén-dioxid ( $\text{NO}_2$ ) kibocsátásból (például salétromsav-gyártás) keletkezik. Az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen 1997-ben készült tanulmány (<http://kation.elte.hu/tantov97/7/savaseso.htm>) szerint Magyarországon a savas esők nagyobb hányadának hidrogénion-koncentrációja  $\text{pH} = 3,8-5,5$  érték közé esik, így Magyarország Európában savas esővel közepesen szennyezett területnek számít, illetve számított. A savas esők országos átlagos  $\text{pH}$ -értéke 1997-ben 4,6 volt. Környezeti hatásukat illetően ugyanakkor figyelembe veendő, hogy a savas esők időszakosan hatnak, ezért a velük érintkező betont általában elegendő az XA4(H) környezeti osztályba sorolni. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2015. májusi mérése szerint Magyarországon az esők (nem a savas esők) átlagos  $\text{pH}$ -értéke 5,5-6,5 közé esett.

Lásd még: Esővíz

### Savállandó

A savak erősségét kifejező  $K_s$  disszociációs egyensúlyi savállandó alakja az oldat koncentrációjának ( $c$ ) függvényében a következő:

$$K_s = \frac{c[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c[\text{A}^-]}{c[\text{HA}]}$$

ahol:

$c[\text{H}_3\text{O}^+]$  = hidroxóniumion-koncentráció,  $\text{mol}/\text{dm}^3$

$c[\text{A}^-]$  = savmaradék-koncentráció (az  $\text{A}^-$  anion koncentrációja),  $\text{mol}/\text{dm}^3$

$c[\text{HA}]$  = sav-koncentráció (az  $\text{A}^-$  anion tartalmú sav koncentrációja),  $\text{mol}/\text{dm}^3$

Az irodalomban előfordul, hogy a szögletes zárójelek helyett gömbölyű zárójeleket alkalmaznak.

Lásd még: Disszociációs egyensúlyi állandó, Bázisállandó

### Savgyök

A savakban a hidrogénion általában egy oxigén-atomon keresztül kapcsolódik a savgyökhöz, azaz a savgyök a savnak a hidroxilcsoport ( $\text{HO}^-$ ) leválásával képződött része. Például a salétromsav ( $\text{HNO}_3$ ) savgyöke ( $\text{NO}_2^-$ ), a kénsav ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) savgyöke ( $\text{SO}_2^{2-}$ ), a foszforsav ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) savgyöke ( $\text{PO}_3^{3-}$ ), szén-sav ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) savgyöke ( $\text{CO}_2^{2-}$ ). A sósavnak ( $\text{HCl}$ ) nincs savgyöke, csak savmaradéka ( $\text{Cl}^-$ ).

Lásd még: Anion, Savak, Savmaradék

### Savképző elemek

Lásd: Nemfémek

### Savmaradék

A savmaradék negatív töltésű atomok vagy atomcsoportok (anionok) neve, amelyek a savakból a protonok (hidrogén atomok) leválása után visszamaradnak, és amelyek elektromos áram hatására az anódhoz vándorolnak. Például a sósav ( $\text{HCl}$ ) savmaradéka:  $\text{Cl}^-$ , a kénsav ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) savmaradéka a szulfácion:  $\text{SO}_4^{2-}$ , a szén-sav ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) savmaradéka a karbonácion:  $\text{CO}_3^{2-}$  stb.



A szerves kémiában gyakran nem csak a savas hidrogén atomok leválása után visszamaradó molekulamaradékot, hanem egy OH-csoport leválása után visszamaradó atomcsoportot is savmaradéknak nevezik. Például nem csak a  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , hanem a  $\text{CH}_3\text{CO}^-$  atomcsoportot is az ecetsav ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) savmaradékának nevezik. (Neumüller et al. 4. kötet 1984).

Lásd még: Anion, Savak, Savgyök

### Schmidt-kalapács

A szerkezetbe beépített beton nyomószilárdságának közvetett meghatározására alkalmas, roncsolásmentes szilárdságvizsgáló eszközök egyike.

### Screening-próba, Screening-Test, Szűrési próba

A Screening-próba matematikai statisztikai módszer.

### Shewhart minőség szabályozási módszer

Walter Andrew Shewhart (1891, Illinois – 1967, New Jersey) amerikai fizikus, mérnök, statisztikus által kifejlesztett, a nevét viselő módszer.

Az MSZ 4798.2016 szabvány H melléklete eljárást mutat be a Shewhart minőség szabályozási kártya alkalmazására.

Az MSZ 4798.2016 szabvány H mellékletében háttér irodalomként a CEN/TR 16369:2012 európai műszaki jelentést és Caspeele et al. (2009) tanulmányát ajánlják.

Lásd még: Cusum minőség szabályozási módszer

### Sóder

A homokos kavics közhasználatú elnevezése. Német eredetű szó (Schotter), amelynek használatát a szabatos szakmai beszédben és szövegekben kerülni kell.

### Specifikáció

Latin eredetű szóból (specialis) eredő kifejezés, amelyet sajátos technikai szabályozásként lehet értelmezni. A specifikáció az 1970-es éveket követően megjelent fogalom, amelynek meghatározása a DIN 820-3:2014 szabványban található meg.

A szabványosításban specifikációnak (németül Spezifikation vagy Standard) azokat a szabályozó ügyiratokat (dokumentumokat) nevezik, amelyek – a szabványokkal ellentétben – nem az érdekeltek valamennyi körének teljes egyetértésével és nem a nyilvánosság bevonásának kötelezettségével jönnek létre. A specifikációk kiadása a szabványok kiadásánál ügyrendileg egyszerűbb és gyorsabb, ezért alkalmasak a gyors, de még nem feltétlenül végérvényes műszaki fejlesztési eredmények követésére. Ha a specifikáció időt állóbbá válik, szabvány lehet belőle. Alakját tekintve lehet vállalkozói, szakmai, iparági vagy nemzeti kiadvány (Hartlieb et al. 2016).

Németországban a fenti alapon különbséget tesznek a szabvány (Norm, Normung) és a specifikáció (Standard, Standardisierung) között, bevezették a „DIN SPEC” jelzetű specifikációkat, számuk az építésügy területén a 150-et is meghaladja. Az Egyesült Királyságban ilyen különbségtétel nincs, ott a nemzeti szabványonírtás (Standardization) eredménye kizárólag a szabvány (Standard), az iparági szabványt „de facto Standard”-nak nevezik. A német és az angol Standard fogalom tehát nem fedi egymást.

A fentiekben tárgyalt specifikáció fogalmához közel áll az európai műszaki specifikáció fogalma.

Megjegyezzük, hogy a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban a hivatott és felkészült szakmai szervezet által készített receptbetont „előírt iparági beton”-nak neveztük, ami tulajdonképpen specifikáció volt.

Lásd még: Európai műszaki specifikáció

### Standard hiba

A standard hiba – nevezik abszolút hibának is – korreláció-számítási fogalom, a korrelációs függvény változói ( $x$  és  $y$ ) közötti kapcsolat szorosságának egyik mérőszáma, valamely  $Y(fx)$  függvényre vonatkoztatott hibanégyzetösszeg átlagának négyzetgyöke:

$$S_{\text{hiba}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{f}}$$

ahol:

$y_i$  az  $i$ -edik, az adott  $x_i$ -hez tartozó mért érték;

$Y_i$  az ugyanazon  $x_i$ -hez tartozó, a korrelációs függvényből számított érték;

$n$  a mérési eredmények száma;

$f$  a regresszós függvény szabadságfoka

Lásd még: Relatív hiba

### Standardizálás, standardizált valószínűségi függvény

Standardizált a

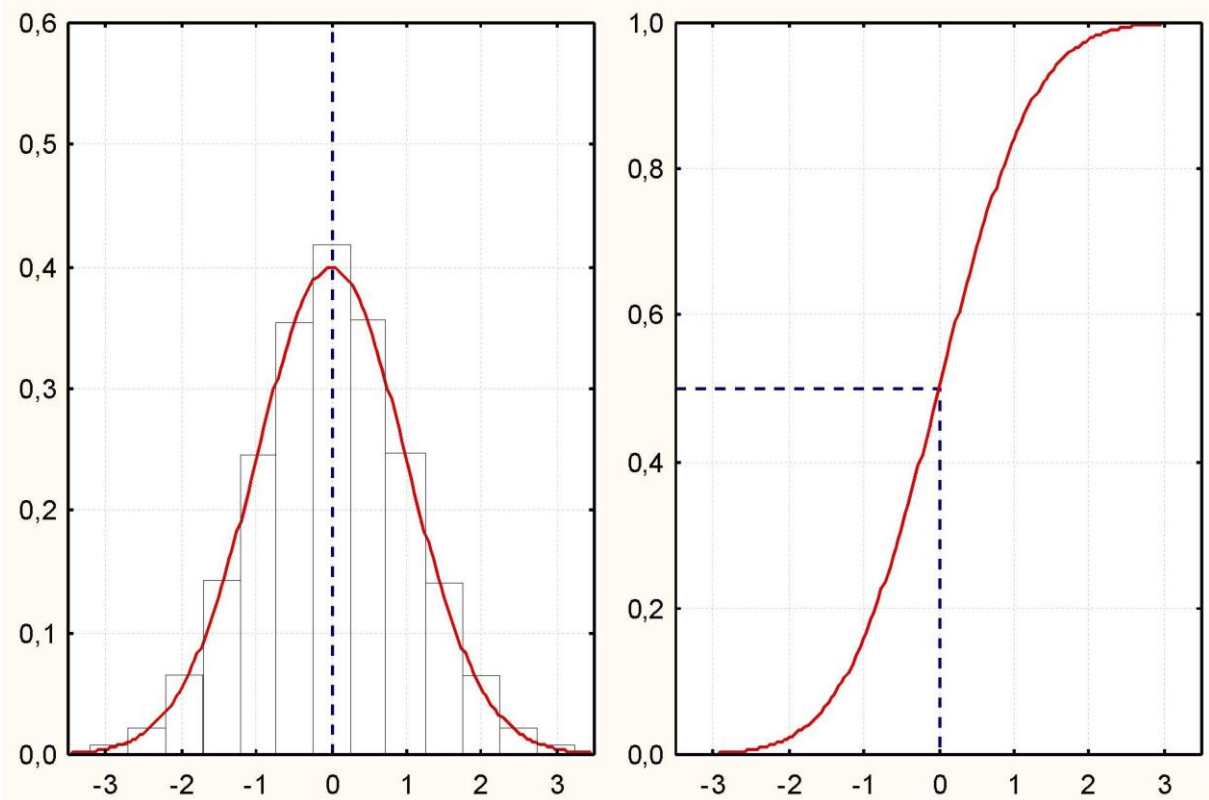
$$z = \frac{x - a}{b}$$

valószínűségi változójú függvény  $f(x | a, b) = f(z)$ , ha az „a” együttható  $a = 0$ , és a „b” együttható  $b = 1$  értéket vesz fel:  $f(x | 0, 1)$ .

Ha az „a” együttható a várható értékkel ( $a = M(\xi)$ ), és a „b” együttható a szórással ( $b = D(\xi)$ ) egyenlő, akkor a standardizált valószínűségi függvény alakja a következő:

$$f\left(z = \left(\frac{x - M(x)}{D(x)}\right)\right) \rightarrow f(x | 0; 1)$$

A standardizálás központosító függvény-transzformációt jelent (1.27. ábra).



**1.27. ábra:** Gauss-féle normális valószínűségi eloszlás standardizált sűrűség- és eloszlásfüggvénye. A várható érték:  $M(\zeta) = 0$  és a szórás:  $D(\zeta) = 1$

A „standardizálás” szinonimája a „normalizálás”, a „standardizált” szinonimája a „normalizált”.

Lásd még: Transzformáció, transzformálás

### **Student-eloszlás**

Lásd:  $t$ -eloszlás

### **Student-tényező**

A *Student-tényező* az  $f$  szabadságfokú  $t$ -eloszlás standardizált sűrűségfüggvénye  $t$  valószínűségi változójának  $\alpha$  szignifikanciaszintű kvantilise.

A  $t_{\alpha,n}$  *Student-tényező* tehát a  $t$ -eloszlást követő valószínűségi változó standardizált relatív gyakorisági görbéjének (sűrűségfüggvényének) az  $\alpha$  szignifikanciaszinttől és az  $n$  mintaelemszámtól függő alulmaradási tényezője, amellyel a valószínűségi változó szórását ( $s$ ) megszorozva a  $t$ -eloszlást követő valószínűségi változó alulmaradási tágasságára ( $t_{\alpha,n} \times s$ ) jutunk. A  $t_{\alpha,n} \times s$  alulmaradási tágasságot a valószínűségi változó átlagértékéből kivonva megkapjuk a  $t$ -eloszlást követő valószínűségi változó jellemző értékét (karakterisztikus értékét):

$$x_k = x_m - t_{\alpha,n} \times s,$$

amelyet az  $s_{rel} = s/x_m$  relatív szórással (variációs tényezővel, variációs együtthatóval) is ki lehet fejezni:

$$x_k = x_m \times (1 - t_{\alpha,n} \times s_{rel})$$

Az  $x$  valószínűségi változó e jellemző értéknél kisebb értékei előfordulásának valószínűsége  $\alpha$  szignifikanciaszintű.

Például, ha egyoldali vizsgálat esetén a szignifikanciaszint  $\alpha = 0,05$  és a mintaelemszám  $n = 5$ , akkor a *Student-féle* alulmaradási tényező az MSZ 4798:2016 szabvány NAD P1. táblázata

szerint  $t_{\alpha,n} \rightarrow t_{0,05,5} = 2,132$ . Ha a valószínűségi változó ( $x$ ) a beton  $f_c$  nyomószilárdsága, amelynek az átlagértéke például  $f_{cm} = 27,7 \text{ N/mm}^2$ , a szórása  $s = 3,0 \text{ N/mm}^2$  és az  $\alpha = 0,05$  szignifikanciaszinthez és  $n = 5$  mintaelemszámhoz tartozó alulmaradási tágassága  $t_{0,05,5} \times s = 2,132 \times 3,0 = 6,4 \text{ N/mm}^2$ , akkor a szóban forgó beton nyomószilárdságának  $\alpha = 0,05$  szignifikanciaszintű jellemző értéke:  $f_{ck} = 27,7 - 6,4 = 21,3 \text{ N/mm}^2$ .

A *Student*-tényezőt olykor az  $n$  mintaelemszám helyett az  $f = n - 1$  szabadság-fok függvényében szokták kifejezni.

Az  $n$  mintaelemszám növekedésével a  $t_{\infty}$  *Student*-tényező csökken, és  $n = \infty$  esetén a táblázatban szereplő  $t_{\infty}$  értéket veszi fel.

**táblázat:** *Student*-tényező értéke  $n = \infty$  mintaelemszám esetén (Owen, 1962, p. 30], (Palotás, 1979, p. 536.)

<i>Student</i> -tényező értéke egyoldali vizsgálat esetén az $\alpha$ szignifikanciaszint (alulmaradási hányad) függvényében, ha a mintaelemszám: $n = \infty$						
$\alpha$	0,1000	0,0500	0,0250	0,0125	0,0100	0,0050
$t_{\infty}$	1,2816	1,6448	1,9600	2,2414	2,3263	2,5758

A *Student*-tényezőnek a vizsgálati eredmények értékelése során van nagy jelentősége, mert a sűrűségfüggvény független változójának (például a betonpróbatestek nyomószilárdságának) – a vizsgálati eredmények értékeléséhez olykor szükséges – jellemző értékét szimmetrikus valószínűségi eloszlás feltételezése mellett a *Student*-tényező alkalmazásával helyes meghatározni.

**ttt1. táblázat:** Student-tényező értékek  $p_1 = 0,05$  egyoldali alulmaradási hányad (szignifikanciaszint) esetén az irodalomban és a szabványokban

Adatok száma (Mintaelemszám)		Ismeretlen relatív szórás			Ismert relatív szórás			
$n$	$f$	$t$	$t$	$k_n$	$k_n$	$r$	$u_{0,5} = u_{50\%}$	$t_1 = r \times u_{50}$
Oszlop jele	Szabadságfok, $f = n - 1$	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	0	-	-	-	2,31	-	-	-
2	1	6,3138	6,314	-	2,01	2,0078	1,4826	2,977
3	2	2,9200	2,920	3,37	1,89	1,8979	1,2011	2,280
4	3	2,3534	2,353	2,63	1,83	1,8388	1,1261	2,071
5	4	2,1318	2,132	2,33	1,80	1,8019	1,0916	1,967
6	5	2,0150	2,015	2,18	1,77	1,7768	1,0719	1,905
7	6	1,9432	1,943	-	-	1,7587	1,0592	1,863
8	7	1,8946	1,895	2,00	1,74	1,7448	1,0503	1,833
9	8	1,8595	1,860	-	-	-	-	-
10	9	1,8331	1,833	1,922	1,72	1,7253	1,0387	1,792
11	10	1,8125	1,812	-	-	-	-	-
15	14	1,7613	1,761	1,819	-	-	-	-
16	15	1,7531	1,753	-	-	1,6956	1,0228	1,734
20	19	1,7291	1,729	1,772	1,68	1,6877	1,0179	1,718
21	20	1,7247	1,725	-	-	-	-	-
25	24	1,7109	1,711	-	-	1,6775	1,0141	1,701
26	25	1,7081	1,708	-	-	-	-	-
30	29	1,6991	1,699	1,727	1,67	1,6721	1,0116	1,691
31	30	1,6973	1,697	-	-	-	-	-
40	39	1,6849	-	1,706	-	1,6653	1,0086	1,680
41	40	1,6839	1,684	-	-	-	-	-
50	49	1,6766	-	-	-	1,6612	1,0069	1,673
60	59	1,6711	-	1,685	-	1,6585	1,0057	1,668
100	99	1,6604	-	-	-	1,6531	1,0033	1,659
$\infty$	$\infty$	1,6449	1,645	1,645	1,64	1,6449	1,0000	1,645

**ttt2. táblázat:** A ttt1. táblázatbeli, adott szabadságfokú Student-tényezők kapcsolata

Kapcsolat az azonos szabadságfokú Student-tényezők között	$\delta = 50\% (0,5)$ és $\alpha_1 = 5\% (0,05)$ ( $\delta =$ biztonsági érték; $\alpha_1 =$ egyoldali alulmaradási hányad) esetén, például,
$\textcircled{1} = \textcircled{2} = 1,645 \times \frac{\textcircled{3}}{\textcircled{4}}$	ha $n = 5$ , akkor $1,645 \times (2,33/1,80) = 2,129 \sim 2,132 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$ ha $n = 10$ , akkor $1,645 \times (1,92/1,72) = 1,836 \sim 1,833 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$
$\textcircled{3} \times \sqrt{\frac{n}{n+1}} = \textcircled{1} = \textcircled{2}$	ha $n = 5$ , akkor $2,33 \times 0,912871 = 2,127 \sim 2,132 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$ ha $n = 10$ , akkor $1,92 \times 0,953463 = 1,831 \sim 1,833 = \textcircled{1} = \textcircled{2}$
$\textcircled{4} \times \sqrt{\frac{n}{n+1}} = 1,645$	ha $n = 5$ , akkor $1,80 \times 0,912871 = 1,643 \sim 1,645$ ha $n = 10$ , akkor $1,72 \times 0,953463 = 1,640 \sim 1,645$
$\textcircled{4} = \textcircled{5}$	ha $n = 5$ , akkor $1,80 \sim 1,8019$ ha $n = 10$ , akkor $1,72 \sim 1,7253$
$\textcircled{5} \times \textcircled{6} = \textcircled{7}$	ha $n = 5$ , akkor $1,8019 \times 1,0916 = 1,967 = \textcircled{7}$ ha $n = 10$ , akkor $1,7253 \times 1,0387 = 1,792 = \textcircled{7}$
$\textcircled{6} = u_{f; \beta} = \sqrt{\frac{f}{\chi_{f; \beta}^2}}$ Megjegyzés: A $\chi_{f; \beta}^2$ példákban szereplő értékei Hartung et al. (2009) 1029. oldalán lévő 4. táblázatból származnak.	ha $\beta_1 = 0,50$ és $n = 5$ , akkor $f = 4$ és $\chi_{4; 0,5}^2 = 3,357$ , amelyből $u_{4; 0,5} = 1,0916$ $n = 10$ , akkor $f = 9$ és $\chi_{9; 0,5}^2 = 8,343$ , amelyből $u_{9; 0,5} = 1,0386$ Ezek az $u_{f; 0,5}$ értékek azonosak a ttt1. táblázat megfelelő $n$ sorában található értékekkel. ha $\beta_1 = 0,95$ és $n = 5$ , akkor $f = 4$ és $\chi_{4; 0,95}^2 = 0,711$ , amelyből $u_{4; 0,95} = 2,3719$ $n = 10$ , akkor $f = 9$ és $\chi_{9; 0,95}^2 = 3,325$ , amelyből $u_{9; 0,95} = 1,6452$
Az MSZ EN 1990: 2011 szabvány D1. táblázata $k_n$ alulmaradási tényezőinek értelmezése	
A relatív szórás ( $V_x$ ) ismeretlen	A relatív szórás ( $V_x$ ) ismert
$\textcircled{3} = \frac{\textcircled{1}}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}} = \frac{\textcircled{2}}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}} = \textcircled{4} \times \frac{\textcircled{1}}{1,6454}$	$\textcircled{4} = \textcircled{5} = \frac{1,645}{\sqrt{\frac{n}{n+1}}}$

A Student-tényező értékét az irodalomban és a szabványokban közölt táblázatokban találhatjuk meg (Fisher, 1934), (Federighi, 1959), (Owen, 1962), (Graf et al., 1966), (Vincze E., 1972), (Palotás, 1979), (Balázs, 1984, 1989], (Hartung et al., 2009], (MSZ 4720-2:1980], (MI-04.19:1981], (MSZ EN 1990:2011 D1. táblázat], (MSZ 4798:2016 NAD P1. táblázat], ezeket és kapcsolatukat  $p_1 = 0,5$  egyoldali alulmaradási hányad esetére a ttt1. és ttt2. táblázatban mutatjuk be.

A  $\textcircled{6}$  oszlopban a Student-tényező meghatározásához Wald et al. (1946] által alkalmazott  $u_{50}$

Lásd még:  $t$ -eloszlás, Kvantilis, Szignifikanciaszint,  $\chi^2$ -eloszlás

**Sugárvédő nehézbeton, sugárvédő beton**

A sugárvédő nehézbeton, sugárvédő beton az ionizáló sugárzás ellen hivatott védelmet nyújtani. A DIN 25413-1:2013 és DIN 25413-2:2013 szabvány szerint a sugárvédő nehézbeton testsűrűsége kiszáritott állapotban legalább  $2800 \text{ kg/m}^3$ , bár sugárvédő beton  $2600 \text{ kg/m}^3$ -nél kisebb testsűrűségű betonból is készíthető. A sugárvédő nehézbeton nyomószilárdsági osztálya általában C20/25, C25/30 és C30/37 (Zement-Merkblatt B 10), illetve HC20/25, HC25/30 és HC30/37.

A sugárvédő beton adalékanyaga természetes nehéz adalékanyag (barit, magnetit, hematit,

illmenit), mesterséges nehéz adalékanyag (nehéz salak, ferroszfor, ferroszilikium vasdara, acélhomok), kristályvíz tartalmú adalékanyag (limonit, szerpentin) vagy bórtartalmú (kolemanit, bórkalcit, bórpor, bórkarbid) adalékanyag lehet. A sugárvédő beton adalékanyagainak testsűrűsége – a szerpentin és a bórtartalmú adalékanyagok kivételével – legalább  $3000 \text{ kg/m}^3$ , nyomószilárdsága általában legalább  $80 \text{ N/mm}^2$ . A nehéz adalékanyagok nem csak sugárvédő, hanem egyéb nehézbetonok, például beton súlytámfalak, hangszigetelő nehézbetonok készítésére is alkalmasak.

A sugárzással, sugárvédő betonokkal részletesebben foglalkozik például:

- a *MÉASZ ME-04.1995* műszaki előírás 12. fejezete: „Sugárvédő nehéz- és hydrátbetonok”;
- a *DBV-Merkblatt Strahlenschutzbeton* (1996) műszaki útmutató;
- a *Beton-Kalender* 2011. évi 1. kötete (*Meiswinkel et al.* 2011);
- *Dr. Kovács Károly* „Nukleáris alkalmazású vasbetonok” című tanulmánya (2019);
- *Paks II.*: „Atomenergetikai alapismeretek”, (é.n.);  
<http://www.paks2.hu/hu/Atomenergia/IsmeretetoAlap/Lapok/default.aspx>;
- *Ardenne et al.* (2005): [http://www.ciando.com/img/books/extract/3808558067\\_lp.pdf](http://www.ciando.com/img/books/extract/3808558067_lp.pdf).

Lásd még: Ionizáló sugárzás

### Sunnyasztott dolomit

Nem teljesen beoltott, porrá oltott égetett dolomit, dolomithidrát, amely a friss habarcsban vagy betonban duzzadás közben oltódik be teljesen, és ezzel csökkenti a habarcs vagy beton korai zsugorodását.

### Sűrűség fogalomköre

Az anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség fogalmak összefoglaló elnevezése.

### Sűrűségfüggvény

Matematikai statisztikai fogalom. A mérési eredmények (mint valószínűségi változó) előfordulásának relatív gyakoriságát ( $p'$ ) írja le, ezért relatív gyakorisági függvénynek is nevezik. A sűrűségfüggvény alatti terület értéke 1,0, vagy százalékban kifejezve 100%. A  $p'(x)$  sűrűségfüggvény egyes  $x_i$  abszcissza értékeitől balra vett görbe alatti területek értékét koordinátarendszerbe felhordva a  $p(x)$  eloszlásfüggvényt kapjuk:

$$p(x) = \int_0^i p'(x) \cdot dx$$

további szokásos jelölések:

$$F(x) = \int_0^i f(x) \cdot dx$$

ahol az  $x$  független változó jelölése más is lehet, például:

$$P_d = \int_0^i p_d \cdot dd$$

vagy például, ha a beton próbahenger nyomószilárdsága ( $f_{c,cyl}$ ) a független változó:

$$p(f_{c,cyl}) = \int_0^i p'(f_{c,cyl}) \cdot df_{c,cyl}$$

### Syngenit

Hidratációs termék, szulfátásvány, amely viszonylag ritkán előfordul a természetben is.

Vegyjele:  $K_2Ca(SO_4)_2 \times H_2O$ . Syngenitet a természetben először a galíciai, ma ukrainai Kalus város melletti sóbányák területén találtak. Az ásványt 1872-ben *Zepharovich*<sup>64</sup> írta le.

### Szabad víz

A szabad víz a cementkőből elgőzölhető víz egyik, legmozgékonyabb része, amely a hidratált cementszemcsék közötti pórusokban található. Kötőereje viszonylag gyenge, a szabad víz molekulák akár el is párologhatnak. Előfordul (például a német szakirodalomban), hogy a kapilláris víztől nem különböztetik meg.

### Szabadságfok

Ha  $n$  adat közül csak  $n - m$  darab független, akkor a független adatoknak ezt a számát szabadságfoknak, esetleg szabadsági foknak (degree of freedom, DF) nevezik.

A szabadságfok egy kifejezésben azoknak az adatoknak a számát jelenti, amelyek szabadon megváltoztathatók az eredmény megváltozása nélkül. Például, ha 5 adat közül adott, hogy  $x_1 = 24$ ,  $x_2 = 31$ ,  $x_3 = 27$ ,  $x_4 = 22$  és  $\sum_{i=1}^5 x_i = 130$ , akkor az eredmény megváltoztatatlansága esetén az  $x_5$  értéke csak 26 lehet, tehát az  $x_5$  értéke nem független, hanem függő (a többi 4 adattól függő), azaz a példánkban szereplő kifejezés 4 szabadságfokú mert: szabadságfok = független adatok száma = összes adat száma – függő adatok száma =  $5 - 1 = 4$ .

A szabadságfokkal leggyakrabban a vizsgálati eredmények tapasztalati szórásnégyzetének kiszámításakor találkozunk, amelyet leíró összefüggés nevezőjében szerepel (ha a vizsgálati eredmények száma  $n$ , akkor a szabadságfok  $n - 1$ ):

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

vagy találkozunk vele a matematikai táblázatokban is, amelyekben az alulmaradási tényezőket, például a *Student*-tényezőt a szabadságfok függvényében szokták megadni.

Ha az  $n$  elemű függvény ( $n$  az  $x$  független változó adatainak, például:  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ -nek a száma)

- egy-együtthetős (például az origón átmenő egyenes – amelynek megrajzolásához egy pontra van szükség – egyenlete,  $y = a \times x$ ), akkor az  $x$  független változó szabadságfoka:  $f = n - 1$ ;
- két-együtthetős (például az origón át nem menő egyenes – amelynek megrajzolásához két pontra van szükség – egyenlete,  $y = a \times x + b$ ), akkor az  $x$  független változó szabadságfoka:  $f = n - 2$ ;
- három-együtthetős (például a másodfokú parabola – amelynek megrajzolásához három pontra van szükség – általános egyenlete,  $y = a \times x^2 + b \times x + c$ ), akkor az  $x$  független változó szabadságfoka:  $f = n - 3$ ;

és általánosságban, ha az  $n$  elemű függvény együtthetőinek száma  $p$ , akkor az  $x$  független változó szabadságfoka:  $f = n - p$ . Alkalmazására lásd például MSZ EN 13791:2019 szabvány (8) képletét.

### Szabvány

A 98/34/EK tanácsi irányelv megfogalmazásában a szabvány egy elismert szabványügyi testület által ismételt vagy folyamatos alkalmazás céljára jóváhagyott szabályozás (az irányelv fordításában műszaki leírás), amelynek betartása nem kötelező, és amely vagy nemzetközi,

<sup>64</sup> Victor Leopold Ritter von Zepharovich (1830, Bécs – 1890, Prága) osztrák mineralógus, 1857-1864 között a krakkói Jagello Egyetem, majd 1864 után a Prágai Egyetem ásványtan professzora. Nevéhez számos ásvány felfedezése fűződik.



vagy európai, vagy nemzeti szabvány.

A kitételt miszerint a szabvány „betartása nem kötelező”, úgy értelmezzük, hogy a szabványok alkalmazásának önkéntesség nem azt jelenti, hogy egy termékkel a piacon a szabványnak vagy egyéb műszaki specifikációnak való megfelelés nélkül is meg lehet jelenni, hanem azt, hogy az Európai Unió szabad döntést enged a piac résztvevőinek abban, hogy az „alapvető” („lényeges”) építési követelményeknek milyen módon, milyen termékszabványok vagy egyéb műszaki specifikációk alkalmazásával felelnek meg. A szabvány kötelezővé válik, ha alkalmazásában a szerződő felek megállapodnak. Bírósági perek esetén pedig a bíróság a gyakorlati tapasztalatok szerint akkor is azt vizsgálja, hogy van-e a vitatott kérdésre választ adó szabvány, ha arról a szerződő felek külön nem állapodtak meg (*Forgács 2004*).

### Szabványhomok

A szabványhomokot a cementszilárdság vizsgálati próbatetek készítéséhez évtizedek óta használják. Az MSZ EN 196-1:2016 szabvány szerint a CEN-szabványhomok szilícium-dioxid-tartalma legalább 98 tömeg%, szemalakja gömbölyű, szemnagysága négyzetlyukú szitán vizsgálva 0,08-2,00 mm. A szemek  $67 \pm 5$  tömeg%-a 1,0 mm-nél,  $33 \pm 5$  tömeg%-a 0,5 mm-nél finomabb.



Egy keveréssel három  $40 \times 40 \times 160$  mm méretű cementhabarcs-próbahasáb készítéséhez  $1350 \pm 5$  g szabványhomokra van szükség, amely előre csomagolva beszerezhető (ábra).

**ábra:** 36 adag előre csomagolt szabványhomokot tartalmazó zsák

### Szálfinomság

Lásd: Fonalfinomság

### Száradási kúszás

Száradási kúszás akkor jelentkezik, ha a beton száradás közben kúszik. A száradási kúszás annál nagyobb, minél gyorsabb a száradás. A száradás felületi jelenség, ezért a száradási kúszás a vékony szerkezeti elemek esetén nagy, a vastag szerkezeti elemek esetén pedig gyakorlatilag elhanyagolható. Jele:  $\varepsilon_{\text{száradási}}$

### Szelőmodulus

A szelőmodulus ( $E_{\text{cm}}$ ) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a 28 napos korú szokványos (közönséges, normál) beton  $\sigma_c = 0$  és a  $0,4 \times f_{\text{cm,cyl}}$  pontokon átmenő egyeneshez tartozó rugalmassági modulusa.

A szelőmodulus  $E_{\text{cm}} = 22 \times (f_{\text{cm}}/10)^{0,3}$  összefüggés alapján meghatározott, N/mm<sup>2</sup> mértékegységben kifejezett értékeit az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata tartalmazza.

Ezeket az értéket mészkő adalékanyag esetén általában 10%-kal és homokkő adalékanyag 30%-kal csökkenteni kell. Bazalt adalékanyag esetén ezek az értékek általában 20%-kal növelendők.

A szelőmodulus időbeli változása a következőképpen becsülhető:  $E_{\text{cm}}(t) = (f_{\text{cm}}(t)/f_{\text{cm}})^{0,3}$ , ahol  $E_{\text{cm}}(t)$  és  $f_{\text{cm}}(t)$  a  $t$  napos korhoz tartozó értékek, és  $f_{\text{cm}}$  a 28 napos korhoz meghatározott érték.

A beton relatív átlagos nyomószilárdságának (a nyomószilárdság relatív várható értékének) az  $E_{\text{cm}}(t)$  szelőmodulus meghatározásához szükséges  $\beta_{\text{cc}}(t) = f_{\text{cm}}(t)/f_{\text{cm}}$  értéke a beton korától függő tényező:

$$\beta_{\text{cc}}(t) = \frac{f_{\text{cm}}(t)}{f_{\text{cm}}} = \exp \left\{ s \left[ 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$$

ahol:

- CEM 42,5 R, CEM 52,5 N és CEM 52,5 R szilárdsági osztályú cement esetén (R osztály)  $s = 0,20$ ;
- CEM 32,5 R, CEM 42,5 N szilárdsági osztályú cement esetén (N osztály)  $s = 0,25$ ;
- CEM 32,5 N szilárdsági osztályú cement esetén (S osztály)  $s = 0,38$ .

Ezt a rugalmassági modulusot hazánkban hagyományosan húrmodulusnak ( $E_D$ ) neveztük, és általában a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe  $\sigma/\sigma_t = 0,6$  relatív feszültséghez tartozó pontjában határoztuk meg.

Jele:  $E_{\text{cm}}$ ,  $E_D$ , mértékegysége N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

Lásd még: Rugalmassági modulus tervezési értéke, e könyv II. kötetének 20.1.9.6. fejezete

### Szerkezeti osztály

A vasbeton építmények szerkezeti osztálya az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza szerinti fogalom. A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a betonfedés szükséges mértékéről adnak tájékoztatást, amely kihat többek között az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának megengedhető mértékére. Jele: S

### Szétrágódás

Lásd: Kirágódás

### Szigmacement

Szigmacement a mészkőportlandcement egykori elnevezése. A szigmacement mintegy 70 tömeg% finomra őrölt szilikátcement-klinkerből és 30 tömeg% mészkőlisztből (nem égetett, hanem természetes őrölt mészkőből) áll. Az őrölt szilikátcement-klinker szemmagysága 0,04 mm-nél kisebb, a mészkőliszt szemmagysága 0,04-0,20 mm közötti volt. A szigmacement gyártási mészkőlisztfajta felületi vízelkötőképessége nagy kell legyen, hogy a mészkőliszt a felületén lekötött vizet a kötés folyamán a cementgélnek, illetve a cementkőnek – mintegy belső

utókezelésként – át tudja adni. Minthogy a víz a cementszemcsékbe mintegy 0,015 mm mélyen hatol be, a finomra őrölt cement elvileg maradéktalanul hidratálódhat. Zsugorodása a nagy I. típusú (inert) kiegészítőanyag tartalom folytán a tiszta portlandcement zsugorodásánál kisebb. A szigmacementet a magyar származású *Gottlieb* 1941-1942-ben találta fel, de a szigmacement hazánkban nem terjedt el, mert – bár eleinte alkalmazása sikeres volt, de később – a cementportlandklinker 4000-5000 cm<sup>2</sup>/g fajlagos felületűre és a mészköliszt 0,10 mm szemmagyság alá őrlését, valamint a szigmacement megfelelő homogenizálását nem végezték el (*Palotás* 1979).

### Szignifikanciahatár

A szignifikanciahatár kétoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) az  $n$  mintaelemszámtól függő  $k_{\text{alsó}}$  alsó és  $k_{\text{felső}}$  felső határa, amelyek a valószínűségi változó valamely (például  $p(x)_{\text{alsó}} \leq 0,025$ ; és  $p(x)_{\text{felső}} \geq 0,975$ ) relatív gyakoriságú meg nem felelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például  $\alpha_2 = 50\%$ ,  $25\%$ ,  $10\%$ ) kívül esnek, illetve egyoldali vizsgálat esetén a valószínűségi tartománynak (intervallumnak) az  $n$  mintaelemszámtól függő  $k_{\text{alsó}}$  alsó határa, amely alatt a valószínűségi változó valamely (például  $p(x)_{\text{alsó}} \leq 0,05$ ) relatív gyakoriságú meg nem felelőnek tartott értékei adott valószínűséggel (például  $\alpha_1 = 50\%$ ,  $25\%$ ,  $10\%$ ) elhelyezkednek.

Például egyoldali vizsgálat esetén az  $N(\mu; \sigma^2)$  normális eloszlásból (*Gauss*-eloszlás) származtatott, ugyancsak szimmetrikus  $t$ -eloszlás (*Student*-eloszlás)  $\alpha_1 = 5\%$ -os szignifikanciaszinthez, illetve  $5\%$ -os alulmaradási hányadhoz ( $\beta_1 = 95\%$ -os konfidenciaszinthez) tartozó szignifikanciahatára -1,645.

Jele általában:  $k$  (*Fischer*, 1995, 1999. 2006]

Lásd még: Szignifikanciaszint, Konfidenciahatár

### Szignifikanciaszint, kockázat, tévedési valószínűség, alulmaradási hányad

Szignifikanciaszintnek azt a kétoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárokkal, egyoldali vizsgálat esetén szignifikanciahatárral kijelölt matematikai statisztikai valószínűséget (sűrűséggörbe alatti területet) nevezzük, amellyel a valószínűségi változó meg nem felelő értékei előfordulnak.

Más szóval a szignifikanciaszint a vizsgált tételben a megfelelőségi feltételt (konfidenciahatár) ki nem elégtő minták valószínű részaránya, azaz alulmaradási hányada.

Jele általában:  $\alpha$ . A szignifikanciaszint kapcsolata konfidenciaszinttel:  $\alpha = 1 - \beta$ , illetve  $\alpha\% = 100 - \beta\%$ , ahol  $\beta$  a konfidenciaszint.

Például egyoldali vizsgálat esetén a -1,645 konfidenciahatárú,  $\alpha_1 = 5\%$ -os szignifikanciaszintű  $N(\mu; \sigma^2) = N(0; 1)$  standardizált normális eloszlás alulmaradási hányada  $\alpha_1 = 0,05$ , illetve  $5\%$ .

Lásd még: Szignifikanciahatár, Konfidenciaszint

### Szilárd anyag

A szilárd test mikroszkopikus méretekkel rendelkező olyan egysége, amely tömeg nélküli teret lényegében nem tartalmaz. Gyakorlatilag ilyen „abszolút tömör” szövetszerkezete van a fémeknek. Szilárd anyagnak tekinthető például az anyagsűrűség meghatározása céljára laboratóriumban 0,2 mm alá porított betonporszem, kavicsporszem, homokporszem, stb., illetve az ennél a méretnél eleve finomabb szemű cement-szem, őrölt égetett mészszem, köliszt-szem, stb.

### Szilárd test

Makroszkopikus méretekkel rendelkező egység, amely szilárd anyagból és több-kevesebb tömeg nélküli térből (pórusból) áll. Szilárd test például a szilárd halmazállapotú porózus építőanyag, így a beton, habarcs, égetett mészdarab, kavics-szem, homok-szem, zútottkő-

szem, stb.

### Szilárdságtan

A szilárdságtan a terhelés előtt és után is tartós nyugalomban levő, alakváltozásra képes testek kinematikájának, dinamikájának és anyagszerkezeti viselkedésének a tudománya.

### Szilárdulási idő tényező

Tényező, amellyel a beton 28 napos átlagos nyomószilárdságát ( $f_{cm}$ ) megszorozva a 28 naposnál fiatalabb beton átlagos nyomószilárdsága megbecsülhető. A szilárdulási idő tényező a hőmérséklet befolyásolta helyettesítő időtartamnak ( $t_T$ ) és a cement fajtájától függő együtthatónak ( $s$ ) a függvénye Jele:  $\beta_{cc}(t)$

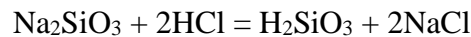
### Szilárdulási ütem, szilárdulási sebesség

A beton nyomószilárdságának fejlődése 20 °C hőmérsékleten, a 2 napos és a 28 napos korú beton átlagos nyomószilárdságának hányadosával kifejezve. Az MSZ 4798:2016 szabvány 16. táblázata szerint az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) szilárdulási üteme (sebessége) gyors, ha  $0,5 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28}$ ; közepes, ha  $0,3 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,5$ ; lassú, ha  $0,15 \leq f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,3$ ; nagyon lassú, ha  $f_{cm,2}/f_{cm,28} < 0,15$ .

Lásd még: Szilárdulási fok, Utókezelési idő

### Szilika, szilikagél

Más szóval kovasav ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ , például:  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  vagy  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ). A kovasav sói a szilikátok. „Ha nátrium-szilikát oldatát sósavval megsavanyítjuk, akkor kovasav válik szabaddá:



mely előbb-utóbb kocsonyás csapadék alakjában kiválik az oldatból. A keletkezett kovasav kezdetben rendszerint kolloid oldatot alkot. Az ilyen kocsonya friss állapotban egy molekula kovasavra több mint 300 molekula vizet is tartalmazhat, melynek nagy részét zsugorodás közben lassankint leadja. Kiszárítva a kocsonyából likacsos s ezért igen nagy felületű kovasav marad vissza, mely kitűnő adszorbens, s ezért szilikagél néven kiterjedten használják gőzök és folyadékok tisztítására. A szilikagél nemcsak adszorbens, hanem a vizet is mohón magába szívja.” (Erdey-Grúz, 1940)

Lásd még: Szilikátok

### Szilikát-modulus

Az SM szilikát-modulus a cement-klinker szilikátos és nem-szilikátos oxidjainak tömegarányát fejezi ki:

$$SM = \frac{c(\text{SiO}_2)}{c(\text{Al}_2\text{O}_3) + c(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

A portlandcementek szilikát-modulusa:  $1,8 < SM < 2,8$ .

Az SM szilikát-modulus növelése a cement kötési idejének meghosszabbodásával és – tekintve, hogy a cement szilárdságának fő hordozója a szilikátos fázis – a cementszilárdság növekedésével jár. (Riesz et al., 1989]

Lásd még: Aluminátmodulus, Mésztelítési tényező, Mészstandard

### Szilikátok

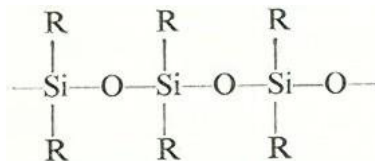
A szilikátok a kovasav sói (például nátrium-szilikát,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Lásd még: Kovasav

### Szilikonok

A szilikonok (szerves polisziloxánok vagy poli-organosziloxánok) szintetikus polimerek egyik terjedelmes csoportja, amelyek molekuláláncaiban szilíciumatomok oxigénatomokon át kapcsolódnak össze, és a szilíciumatomok két másik vegyértékéhez szénhidrogén-csoportok (többnyire metil-, ritkábban etil-, propil-, fenil- stb. csoportok) kötődnek.

A szilikonok vázlatos képlete:  $(R_2SiO)_n$ :



A szilikonok egyrészt polimerek, másrészt szilícium-oxigén kötések tartalmazzák, mint a szilikátok, harmadrészt szénhidrogén-csoportokat tartalmazzák, tehát egyúttal szerves szilíciumvegyületek, így közbülső helyzetet foglalnak el a szervetlen és a szerves vegyületek, nevezetesen a szilikátok és a szerves polimerek között (Neumüller et al. 4. kötet 1984).

A szilikonok amorf szerkezetűek, általában 180-200 °C hőmérsékletig igen hőállóak, hidrofóbok (víztaszítók). Alaptípusai a következők:

A *szilikonolajok* többnyire átlátszó, színtelen, semleges, szagmentes, hidrofób, kis móltömegű folyadékok. Mintegy +250 °C hőmérsékletig hőállóak, -60 °C hőmérsékletig nem sűrűsödnek, viszkozitásuk alig függ a hőmérséklettől. A szilikonolajok litiumszappannal és kolloid kovasavval töltött változata a *szilikonzsír*.

A *szilikongyanták* térhálós szerkezetűek, viszonylag ridegek, és mérsékelt hőállóak. Rendszerint üvegrosttal, csillámmal töltve sajtoltják.

A *szilikonkaucsukok* gumyszerűen rugalmas, igen nagy nyúlóképességű, nagy móltömegű, lineáris szerkezetű anyagok. -60 °C és +250 °C hőmérséklet között használhatók. Töltőanyaguk az aerosil. Nedvesség-, ózon-, fény-, hőállóságuk kiváló. Oldószer- és olajállóságuk általában gyenge, az erős savak és lúgok, valamint a gőzök megtámadják (Palotás – Balázs 1980).

Lásd még: Műanyagok, Polimerek, Műgyanták, Termoplasztok

### Szitanyílások (lyukak) száma

Angolul: Mesh size, németül: Maschen je Zoll

A szitanyílások száma alatt az amerikai Tyler-féle szitasorozat alapján az 1 coll = 1 inch (USA)  $\cong$  25,4 mm hosszúságra eső lyukak számát értjük, ha a lyukhálózat mérete: lyukbőség + acélhuzal-átmérő. Például az inchenként 9 darab lyukat tartalmazó Tyler-szita lyukbősége ~2 mm, a 18 darab lyukat tartalmazó ~1 mm, a 20 darab lyukat tartalmazó ~0,833 mm, a 30 darab lyukat tartalmazó ~0,528 mm, a 100 darab lyukat tartalmazó ~0,147 mm, a 200 darab lyukat tartalmazó ~0,074 mm.

Másrészt a szabványos Tyler-skála alapját a 0,0029 inch = 0,074 mm lyukbőségű, 200 lyukszámú szita képezi.

**Számozatlan táblázat:** Összefüggés a sziták 1 inch hosszúságra eső lyukainak száma és a lyukbőség között különböző előírásokban (Nash 1997)

Mesh Size <sup>a</sup>	Equation	Screen Opening <sup>b</sup> (mm)			
		U.S. Stand.	Tyler	USP	Br. Stand.
2	9.95	9.52	—	9.50	—
4	4.75	4.76	4.70	4.75	4.00
8	2.27	2.38	2.36	2.36	2.00
12	1.47	1.68	1.40	1.70	1.40
16	1.08	1.19	0.991	1.18	1.00
20	0.855	0.840	0.833	0.850	—
30	0.555	0.590	—	0.600	0.500
40	0.408	0.420	—	0.425	—
60	0.265	0.250	0.246	0.250	0.250
80	0.195	0.177	0.175	0.180	—
100	0.154	0.149	0.147	0.150	0.150
200	0.073	0.074	0.074	0.075	0.075
325	0.044	0.044	0.043	0.045	—
400	0.035	0.037	0.038	0.038	0.038

Magyarázat a xxx. táblázat fejlécéhez:

- a) Mesh Size = A szita jele, azaz az 1 inch hosszúságra eső lyukak száma, darab  
Equation = A lyukak számának megfelelő lyukbőség, mm
- b) Lyukbőség mm-ben az  
U.S. Stand. = United States Bureau of Standards szerint, mm  
Tyler = Tyler-skála szerint, mm  
USP = United States Pharmacopoeia 23, USP-egyezmény, Rockville, p. 1823 szerint  
(megfelel az ASTM E11-70 és ISO 565 szabványoknak is)  
Br. Stand. = British Standards Institution szerint, mm

Lásd még: Tyler-féle szitasorozat

### Szívósság

A szívósság az anyagok repedéssel vagy töréssel szembeni ellenállásának kifejezője. A jelenség képlékeny alakváltozás mellett energia-felvétellel jár, ezért egyrészt jellemezhető az erő – elmozdulás diagram alatti területtel, másrészt függ a vizsgáló berendezés (terhelő rendszer) jellemzőitől és a próbatest geometriájától. A szálerősítésű beton szívósságán lényegében azt értjük, hogy a beton erőhatásra történő tönkremenetele (az első repedés megjelenése) után az erősítőszálak hatására, nagy alakváltozások mellett, további erők felvételére képes.

### Szívóssági index

A szívósság kifejezője, a lehajlás-hajlítóerő görbén az adott lehajlásig terjedő görbe alatti terület és az első repedésig terjedő görbe alatti terület hányadosa (ASTM C1018:1989).

### Szórás

A valószínűségi változó értéke ( $\xi$ ) és várható értéke ( $M(\xi)$  vagy  $m$ ) közötti eltérés<sup>65</sup> négyzetének várható értékéből vont négyzetgyök. Az elméleti szórás képlete (Vincze E. 1972):

<sup>65</sup> Amit a szórás esetén „eltérés”-nek hívunk, azt a regresszió számításnál „hiba”-nak nevezzük.

$$D(\xi) = \sigma = \sqrt{M((M(\xi) - \xi)^2)} = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} (x - v_1)^2 \times f(x) \times dx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m - \xi_i)^2}{n}}$$

Az elméleti szórás számításának feltétele, hogy  $n \rightarrow \infty$ .

A korrigált tapasztalati (empirikus) szórás például  $s$  vagy  $s_{n-1}$ , a független változókat például  $x_i$ , azok átlagát  $\bar{x}$  jellel jelöljük és a hibanégyzetösszeget  $(n-1)$ -gyel osztjuk:

$$s = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

A szórás mértékegysége megegyezik a valószínűségi változó mértékegységével, például nyomószilárdság esetén: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

Lásd még: Tapasztalati szórás, Ismeretlen szórás, Ismert szórás, Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása, Variancia

### Szórás számításba vehető legkisebb értéke

A betonnyomószilárdság jellemző értékének számításához a szabványok általában előírják a tapasztalati szórás számításba vehető legkisebb értékét. Ez az  $s_{\min}$  érték a szabványok változásával többször változott:

Az MSZ 4715:1955 szabványban nem adták meg a szórás számításba vehető legkisebb értékét, hanem a vizsgálati eredmények terjedelmét, illetve annak felét korlátozták: a szélső törési eredmények az átlagos törőerőtől legfeljebb 15%-kal térhettek el.

MSZ 4720-2:1980 szabvány 3.5.4., illetve 3.5.6. szakasza szerint a 150 mm méretű, vegyesen tárolt, 28 napos próbakockák esetén a nyomószilárdság mind ismert, mind ismeretlen szórásának számításba vehető legkisebb értéke  $s_{\min, \text{cube}, H} = 2,0 \text{ N/mm}^2$  volt.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványban előírták, hogy ha a nyomószilárdság  $s_n$  szórás az utolsó 15 vagy több vizsgálati eredményből számítva a korábban, 35 vizsgálati eredményből számított szórás bizonyos hányadánál nagyobb, akkor meg kell növelni a mintavétel gyakoriságát a következő 35 vizsgálati eredmény meghatározásához.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt beton próbatestek nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke: ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq C50/60$ , akkor  $\sigma_{\text{test}, \min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ ; ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$ , akkor  $\sigma_{\text{test}, \min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$ . Ha a 150 mm élhosszúságú próbakockákat vegyesen tárolják, akkor a szórás számításba vehető legkisebb értéke  $\leq C50/60$  esetén  $\sigma_{\text{test}, \min} = 3,3 \text{ N/mm}^2$  és  $\geq C55/67$  esetén  $\sigma_{\text{test}, \min} = 5,3 \text{ N/mm}^2$ .

### Sztöchiometria

A sztöchiometria a kémiának az részterülete, amely analitikus adatok alapján az összegképletek meghatározásával és kémiai reakciók lefolyásának matematikai tárgyalásával, a kémiai reakciók mennyiségi viszonyainak leírásával foglalkozik.

Megkülönböztetik a sztöchiometrikus és a nemsztöchiometrikus vegyületeket. A sztöchiometrikus vegyületek, az ún. daltonidák, világosan felismehető, egyértelmű sztöchiometrikus összetételű vegyületek, például a nátrium-klorid (NaCl), szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), kénsav (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) stb. A nemsztöchiometrikus vegyületek, az ún. bertollidák, változó összetételű vegyületek, például a vas-szulfid (Fe<sub>1-x</sub>S) (Neumüller et al. 1. kötet 1981 és 4. kötet 1984).

### Szulfifikáció

Kémiai folyamat, amelynek során a szerves anyagok bomlása következtében képződött kénhidrogént (H<sub>2</sub>S) a szulfátképző (szulfifikáló) bacilusok, például Beggiatos-félék, Thiotrix-

fajok stb., oxigén jelenlétében szulfátiónná ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), kénsavvá ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) alakítják (oxidálják), amelyet a karbonátok semlegesítenek. A szulfifikáció, illetve a szulfátképző bacilusok működése káros a betonra.

Lásd még: Deszulfifikáció, Biogén kénsav korrózió

### **Szűrőpróba**

Lásd: Minta, vizsgálati minta

### **Szuszenzió**

Finom eloszlású szilárd, különböző anyagú részecskéket tartalmazó folyadék. Olyan heterogén keverék, amelyben a részecskék szabad szemmel vagy mikroszkóppal megfigyelhetők.

### **Szűrési próba**

Lásd: Screening-próba

### **$\sigma$ - $\varepsilon$ görbe**

Az anyag alakváltozása ébresztette feszültség, illetve az anyagban lévő feszültség létrahozta alakváltozás kapcsolatát kifejező  $\varepsilon$ - $\sigma$  görbe, amelyet a gyakorlatban általában  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbének neveznek.

### **Tapadási súrlódási tényező**

A tapadási súrlódási tényező ( $\mu_{ts} = F_{\text{tap}}/F_{\text{nyomó}}$ ) tapadási súrlódási erő ( $F_{\text{tap}}$ ) és a testeket felületekükönél egymáshoz szorító nyomóerő ( $F_{\text{nyomó}}$ ) hányadosa, amelynek nagysága a testek anyagától és felületi megmunkálásától függ, de a testek felületének nagyságától független. Nyomószilárdság-vizsgálat esetén a próbatest és a szilárdságvizsgálógépbe beépített nyomólapok, illetve az alátétlemezek közötti kisebb tapadási súrlódási tényezőhöz kisebb nyomószilárdság tartozik és fordítva.

### **Tapasztalati szórás**

Nevezik empirikus, illetve korrigált szórásnak is. A vizsgálati eredményekből meghatározható tapasztalati szórás ( $s_n$ ), amely az elméleti szórásnak ( $\sigma$ ) a közelítő értéke. A vizsgálati eredmények száma minél jobban tart a végtelenhez, a tapasztalati szórás annál jobban közelít az elméleti szóráshoz.

Mértékegysége:  $\text{N}/\text{mm}^2$  vagy MPa.

Lásd még: Nyomószilárdság tapasztalati szórása, Variancia, Szórás

### **Tartós alakváltozás**

A beton  $\varepsilon_0$  pillanatnyi fajlagos alakváltozásának,  $\varepsilon_{zs}$  zsugorodásának és tartós terhelés okozta  $\varepsilon_{kúszás}$  kúszásának együttesét a beton tartós alakváltozásának nevezzük. Nevezetlen szám. Jele:  $\varepsilon_t$ .

### **Tartós feszültség**

A tartós feszültség a tartós terhelés kezdeti időpontjában ( $t_0$ ) működő feszültség.

Jele:  $\sigma_{c,cyl}$ ,  $\sigma_{c,cyl}(t_0)$

### **Tartós feszültségi tényező**

A tartós feszültségi tényező a szabványos  $\text{Ø}150 \times 300$  mm méretű beton próbahengeren értelmezett tartós feszültségnek és a beton nyomószilárdságának a szabványos próbahengeren értelmezett, a tartós terhelés  $t_0$  kezdeti időpontjában működő átlagértékének a hányadosa.



Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványban a megnevezése  $\sigma_c/f_{ck}(t_0)$  feszültség/szilárdság arány, ahol  $\sigma_c$  a megterhelés időpontjában fellépő nyomófeszültség és  $f_{ck}(t_0)$  a nyomószilárdságjellemző (karakterisztikus) értéke.

Jele:  $k_\sigma$

### **Tartós maradó alakváltozás**

A tartós alakváltozás ( $\varepsilon_t$ ) egy része maradó alakváltozás ( $\varepsilon_{t,m}$ ), amely a zsugorodásból ( $\varepsilon_{zs}$ ), a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás ( $\varepsilon_0$ ) maradó részéből ( $\varepsilon_{0,m}$ ) és a kúszás maradó alakváltozásából ( $\varepsilon_{kúszás,m}$ ) tevődik össze.

### **Tartós szilárdság**

A beton kúszási határához tartozó feszültség a beton tartós szilárdsága.

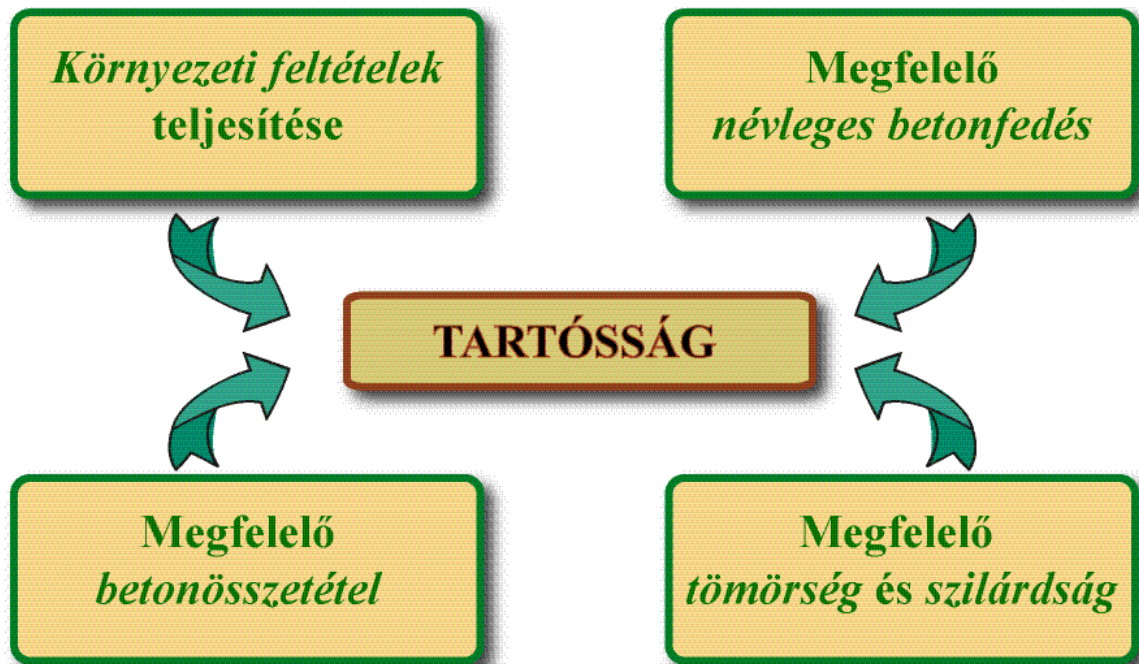
### **Tartós szilárdsági tényező**

A beton  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója, amelynek értéke Magyarországon legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén  $\alpha_{cc} = 1,00$ , az 50 évnél nagyobb tervezési élettartamú szerkezetek esetén  $\alpha_{cc} = 0,85$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint). Ha a beton szilárdságát  $t > 28$  napos korban határozzák meg, akkor az  $\alpha_{cc}$  tényezőt a nemzeti mellékletben található  $k_t$  tényezővel megszorozva csökkenteni kell (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerint). Jele:  $\alpha_{cc}$

### **Tartósság, tartós beton, tartós építmény**

Tartósnak tekintjük az építményt, ha a tervezési élettartam alatt az előírányzott fenntartás mellett, jelentős javítási munkák nélkül, a rendeltetésének megfelelően, kellő biztonsággal használható. Tartós beton, vasbeton és feszített vasbeton építmény, illetve szerkezet csak kellően tömör tartós betonból, vasbeton és feszített vasbeton esetén megfelelő betonfedéssel készíthető.

Tartós a beton, ha használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartama. A tartós beton készítésének feltétele az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint a környezeti osztályok követelményének teljesítése, a megfelelő betonösszetétel, névleges betonfedés, tömörség és szilárdság (1.28. ábra).



**1.28. ábra:** Tartósság az MSZ 4798:216 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány felfogásában

#### Taumazit, thaumasit

A taumazit ( $\text{CaCO}_3 \times \text{CaO} \times \text{SiO}_2 \times \text{CaSO}_4 \times 15\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \times 12\text{H}_2\text{O}$ ) összetett vegyület, amely a beton taumazit-szulfátkorrózióját (TSA: Thaumasite sulphate attack) okozza. A taumazit betonban kalcium-szilikátokból vagy ettringit közbejöttével kalcium-aluminátokból jöhet létre, elsősorban áramló, szulfáttartalmú talajvizek jelenlétében, karbonátos adalékanyag esetén, 15 °C hőmérséklet alatt, de a cement mennyiségétől és minőségétől, a beton minőségétől, geometriájától, környezeti helyzetétől stb. is függően.

A természetben, Magyarországon is előforduló –, szintelen, fehér hexagonális taumazit ásványt *Nordenskiöld* (*Nordenskjöld*) skandináv kutató fedezte fel 1878-ban<sup>66</sup>. Az ásvány nevét – utalva a felfedezés váratlanságára – a *taumazen* görög szóból nyerte, azt jelenti, hogy meglepődni.

#### Tartószerkezeti betonok nyomószilárdsága

A tartószerkezeti betonok olyan betonok, amelyek – az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványban foglalt követelményeken túl, de az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány J mellékletének szellemiségével összhangban – tulajdonságaik folytán alkalmasak az MSZ EN 1990:2011 Eurocode és MSZ EN 1992 Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-1-2:2013 és MSZ EN 1992-2:2009) szabványok szerint tervezett beton-, vasbeton-, és feszített vasbetonszerkezetek készítésére.

A tartószerkezeti betonok szempontjából alapvetés, hogy az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 6.4.2. szakasza értelmében a tartószerkezeti elem állékonysága és szilárdsága akkor megfelelő, ha a szerkezeti elem teherbírásának tervezési értéke ( $R_d$ ) legalább akkora vagy nagyobb, mint az igénybevételek tervezési értéke ( $E_d$ ):

$$R_d \geq E_d$$

<sup>66</sup> *Adolf Erik Freiherr von Nordenskiöld* (1832, Helsinki – 1901, Dalbyö, Svédország) Svédországban tevékenykedett finn-svéd származású báró, stockholmi egyetemi tanár, Északi-sark kutató és expedíció-vezető, térképész és útikönyvíró. A taumazit felfedezéséről írt művének címe: *Sur une nouvelle espèce minérale nommée thaumasite*. C. R. Acad. Sci. Ser. 2. 1878. Paris 87, pp. 313-314.

A szerkezeti elemek tervezési értékének ezen általános összefüggése beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek betonjára az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerint a következő alakot ölti:

$$f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \lceil f_{cd} \rceil \geq f_{cd} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \quad [\text{N/mm}^2], \quad \text{ahol:}$$

$f_{ck,cyl,test}$  = a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értéke, [N/mm<sup>2</sup>] (MSZ 4798)

$f_{ck,cyl}$  = a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek nyomószilárdságának előírt jellemző (karakterisztikus) értéke, amely feszített vasbetonszerkezetek betonja esetén csak 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90 és 100 N/mm<sup>2</sup> valamelyike, vasbetonszerkezetek betonja esetén ezeken túlmenően 20 és 25 N/mm<sup>2</sup> valamelyike is lehet, betonszerkezetek betonja esetén mindezekon túlmenően 8, 12 és 16 N/mm<sup>2</sup> valamelyike is lehet (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasza és a 3.1. táblázat)

$f_{cd}$  = a beton – Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek értelmezett – nyomószilárdságának teherbírási tervezési értéke, [N/mm<sup>2</sup>] (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakasza)

$\lceil f_{cd} \rceil$  = az  $f_{cd}$  teherbírási tervezési érték felfelé, a legközelebb álló, az  $f_{ck,cyl}$  által felvehető kerek számra (például 30, 40, 45 stb.) kerekített értéke, miáltal:  $\lceil f_{cd} \rceil = f_{ck,cyl}$

$\gamma_c$  = a beton biztonsági (parciális) tényezője osztott biztonsági tényező méretezési eljárás mellett, amelynek értéke tartós és ideiglenes beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezetek esetén  $\gamma_c = 1,5$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakasz, 2.1.N táblázat)

$\alpha_{cc}$  = tényező a tartós terhelés beton-nyomószilárdságra gyakorolt hatásának és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásoknak a figyelembevételére (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA8.1. nemzeti előírása a szabvány 3.1.6. szakaszához)

$\sigma_{cu}$  = a beton – az igénybevételből számított, a fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége, [N/mm<sup>2</sup>] (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 1.6. szakasza)

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata szerint a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengereknek a *tartószerkezet tervezése során számításba vett* (előírt) átlagos nyomószilárdsága:

$$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8 \text{ N/mm}^2, \text{ amelyből } f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 \text{ N/mm}^2 \text{ és}$$

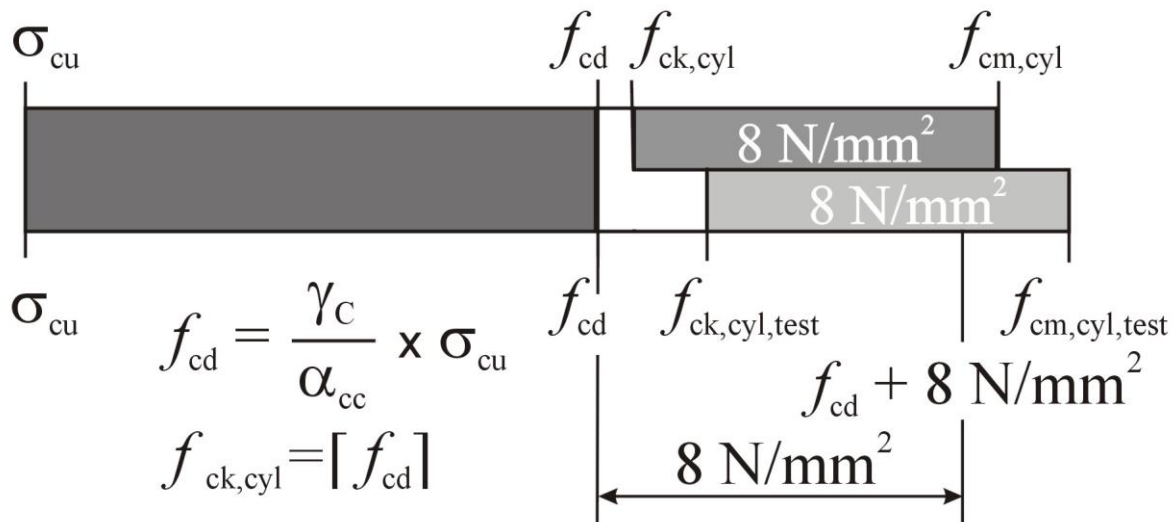
$$f_{ck,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 \geq f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 = \lceil f_{cd} \rceil \geq f_{cd} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \quad [\text{N/mm}^2],$$

majd a Ø150×300 mm méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú, nem csiszolt nyomott felületű, 28 napos korú beton próbahengerek tapasztalati (mért) nyomószilárdságának a *tartószerkezet tervezése során számításba vett* átlagértéke (*ábra*):

$$f_{cm,cyl,test} \geq f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8 = \lceil f_{cd} \rceil + 8 = \lceil \left( \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \rceil + 8 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{vagy rövidebben: } f_{cm,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} + 8 = \lceil \left( \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \rceil + 8 \quad [\text{N/mm}^2],$$

$$\text{illetve átrendezve: } f_{cm,cyl,test} - 8 = f_{ck,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} = \lceil \left( \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} \right) \rceil \quad [\text{N/mm}^2]$$



**ábra:** Tartószerkezeti betonok nyomószilárdságának tervezési peremfeltételei

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D melléklete szerint kísérlettel – mint például a szabvány D3. fejezetében említett, a leszállított termékek azonosítása vagy minőségellenőrzése, illetve a gyártási jellemzők egyenletességének ellenőrzése, vagy a megépült tartószerkezet, tartószerkezeti elemek viselkedésének megismerése vagy ellenőrzése céljából végzett vizsgálatokkal – segített tervezés esetén a mért anyagjellemzők vagy modellparaméterek értékeléséhez figyelembe kell venni az eredmények szórását, a kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanságot és az előzetes statisztikai ismereteket (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány D5. fejezete).

Az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza szerint „kísérlettel segített tervezés” esetén a vizsgálati eredményekből az  $f_{ck,cyl, test}$  tapasztalati jellemző értékét az

$$f_{ck,cyl, test} = f_{cm,cyl, test} \times (1 - t_n \times s_{rel})$$

összefüggéssel lehet meghatározni, ahol:

$s_{rel}$  =  $s/f_{cm,cyl, test}$  a relatív szórás (variációs tényező, jele az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban:  $V$ )

$s$  = szórás,  $[N/mm^2]$

$t_n$  = az  $s_{rel}$  relatív szórás ismert vagy ismeretlen voltának és a vizsgálati eredmények  $n$  számának függvényét képező *Student*-féle alulmaradási tényező (jele az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban:  $k_n$ )

A *Student*-tényező értékei ismert  $s_{rel}$  relatív szórás esetén az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány D7.2. szakasza alatt a D1. táblázat felső sorában, ismeretlen  $s_{rel}$  relatív szórás esetén annak alsó sorában található. Ezek az értékek bizonyos törvényszerűséggel eltérnek a *Stange*-féle értékektől.

A betontechnológus az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint tervezett tartószerkezet építésére alkalmas beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdságból ( $f_{cm,cyl}$ ) kiindulva kell megtervezze. Az elérendő átlagos nyomószilárdság értékét az ( $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$ ) összefüggés felhasználásával kell meghatározni a beton nyomószilárdsági osztálya jelében szereplő  $f_{ck,cyl}$  számértékből. Ha a betonösszetétel tervezési képletének független változója nem a 28 napos korú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt  $\varnothing 150 \times 300$  mm méretű, nem csiszolt nyomott felületű próbahengerek  $f_{cm,cyl}$ , hanem a 28 napos korú, 150 mm élhosszúságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbakockák  $f_{cm,cube}$ , vagy vegyesen tárolt próbakockák  $f_{cm,cube,H}$  átlagos nyomószilárdsága, akkor az utóbbiak ( $f_{cm,cube}$ ,  $f_{cm,cube,H}$ ) a próbahengerek előírt átlagos nyomószilárdságából ( $f_{cm,cyl}$ ) az *átszámítási táblázatban* szereplő átszámítási képletekkel számíthatók ki.

**Átszámítási táblázat:** Összefüggések a 28 napos korú, 150 mm élhosszúságú, víz alatt, vagy vegyesen tárolt beton próbakockák előírt átlagos nyomószilárdságának ( $f_{cm,cube}$ ,  $f_{cm,cube,H}$ ) a meghatározására a 28 napos korú, víz alatt tárolt  $\varnothing 150 \times 300$  mm méretű beton próbahengerek előírt átlagos nyomószilárdságából ( $f_{cm,cyl}$ ) [ $N/mm^2$ ]

Szerkezeti beton	Hagyományos szilárdságú		Nagyszilárdságú
Feszített vasbetonszerkezet	Nem alkalmazható		C30/37 – C100/115
Vasbetonszerkezet	Nem alkalmazható	C20/25 – C100/115	
Betonszerkezet	C8/10 – C100/115		
150 mm élhosszúságú próbakockák tárolási módja	Nyomószilárdsági osztály		
	C8/10 – C16/20	C20/25 – C50/60	C55/67 – C100/115
Víz alatt tárolás	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$
Vegyes tárolás	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,74$	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75$	$f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,77$

Lásd még: Hídszerkezeti betonok nyomószilárdsága, Teherbírás, Tervezési érték

### Tárcsa

A vasbetonelméletben tárcsának nevezik azokat a sík lemezeket, amelyekre csupán a középfelület síkjába eső erők hatnak. A tárcsák méretezése során feltételezik, hogy a középfelület a teher hatására bekövetkező alakváltozás után is sík marad. A tárcsa olyan sík lemez, amely a síkjára merőleges vagy ferde hajlításnak nincs kitéve.

### Tárolótér laboratóriumi levegőn

Tárolótér, amelyben a beton szilárdság vizsgálati próbatesteket vegyes tárolás esetén 7 napos kor után a vizsgálat időpontjáig szárazon tárolni kell: huzatmentes,  $65 \pm 5\%$  relatív páratartalmú,  $20 \pm 2$  °C hőmérsékletű zárt tér (DIN EN 12390-2:2001, Anhang NA alapján). Más esetekre is ez a „laboratóriumi tárolótér”.

### Távolsági tényező

A távolsági tényező az MSZ EN 480-11:2006 szabvány megfogalmazásában a cementkő bármely pontjának legnagyobb távolsága egy légbuborék felszínétől a cementkőön keresztül mérve.

Ha elfogadjuk, hogy a légbuborékok átmérője általában legfeljebb 0,75 mm (visszavont ÖNORM B 4720-1:2007 és ÖNORM B 3303:2002 osztrák szabvány), akkor a távolsági tényezőt a 0,75 mm-nél nem nagyobb névleges átmérőjű légpórusok eloszlás-jellemzőjeként foghatjuk fel. Arra nézve nem találtunk sem szabvány, sem irodalmi utalást, hogy a szakmai gyakorlatban a távolsági tényezőt a legfeljebb 0,300 mm méretű hatékony légbuborékok

számításba vételével határoznák meg. A félreértések elkerülése érdekében célszerű a távolsági tényező jelében alsó indexben a meghatározásához számításba vett legnagyobb légbuborék mikronban kifejezett névleges átmérőjét megadni, például:  $\overline{L}_{750}$ .

Az idealizált cementkő-modellben a távolsági tényező a térrács átlója mentén egymás mellett fekvő két légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (19.6. és 19.7. ábra). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy légbuborékfelszínhez érjen.

Jele:  $\overline{L}_{d_{\max}}$ , mértékegysége: m

### **Teherbírás**

Az anyagnak vagy szerkezeti elemnek, terméknek az a tulajdonsága, hogy a hatásokból eredő igénybevételeket tönkremenetel nélkül viseli (MSZ EN 1990:2011). A teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ) meg kell haladja az igénybevétel tervezési értékét ( $E_d$ ):  $E_d \leq R_d$ . Mértékegysége: N, illetve Nmm

### **Tehermentesítési rugalmassági modulus**

A tehermentesítési rugalmassági modulus valamely, a  $\sigma$ - $\varepsilon$  görbe lineáris szakaszán kívül végzett tehermentesítés és újra terhelés folytán keletkező hiszterézis hiszterézis hurok felszálló ága érintője hajlásszögének iránytangense vagy a hiszterézis hurok átlója hajlásszögének iránytangense.

Jele:  $E_b$ , mértékegysége: N/mm<sup>2</sup> vagy MPa

### **Teljesítmény-állandóság igazolás**

A teljesítmény-állandóság igazolás tulajdonképpen a 2013. július 1. előtti megfeleléség igazolás megfelelője.

### **Teljesítmény-nyilatkozat**

Számos esetben egybeírják: teljesítménynyilatkozat

A teljesítmény-nyilatkozat az építési termék gyártója által kiállított olyan dokumentum, amely az építési termék teljesítménynek<sup>67</sup> nevezett tulajdonságait a termékre vonatkozó műszaki előírásnak megfelelően, hitelesen igazolja (275/2013. (VII. 16.) Korm. rend. 2. § 15. pont).

Magyarán: Az építési termék tulajdonságait igazoló jegyzék.

Lásd még: Teljesítőképesség

### **Teljesítőképesség**

Az angol „performance” főnév szó szerinti fordítása a szabványosítási és jogalkotási gyakorlatban. Helyette szinonimaként szívesebben használjuk a „minőség”, „tulajdonság” vagy a „használati érték” kifejezést.<sup>68</sup>

<sup>67</sup> Lásd a Teljesítőképesség fogalmához tartozó lábjegyzetet.

<sup>68</sup> A teljesítőképesség az MSZ IEC 50(191):1992 nemzetközi elektrotechnikai szabvány szerint műszaki kapacitás; a terméknek az a képessége, hogy adott mértékű szolgáltatási igényt elégít ki adott belső feltételek között. Belső feltétel például a hibás és nem hibás részegységek valamilyen kombinációja. Angolul: Capability; németül: Leistungsfähigkeit.

Ilyen értelemben a teljesítőképesség fogalmának anyagtani használata bár nem szerencsés, de szabvány- és jogi környezetben elfogadható (például nagy-teljesítőképességű beton).

Ugyanakkor a teljesítőképességet a teljesítménnyel összetéveszteni hiba. A teljesítmény fogalma alatt az idő egység alatt végzett munkát (erő×út) értjük (Juhász et al., 1972). Amíg az anyag, építőanyag, beton stb.

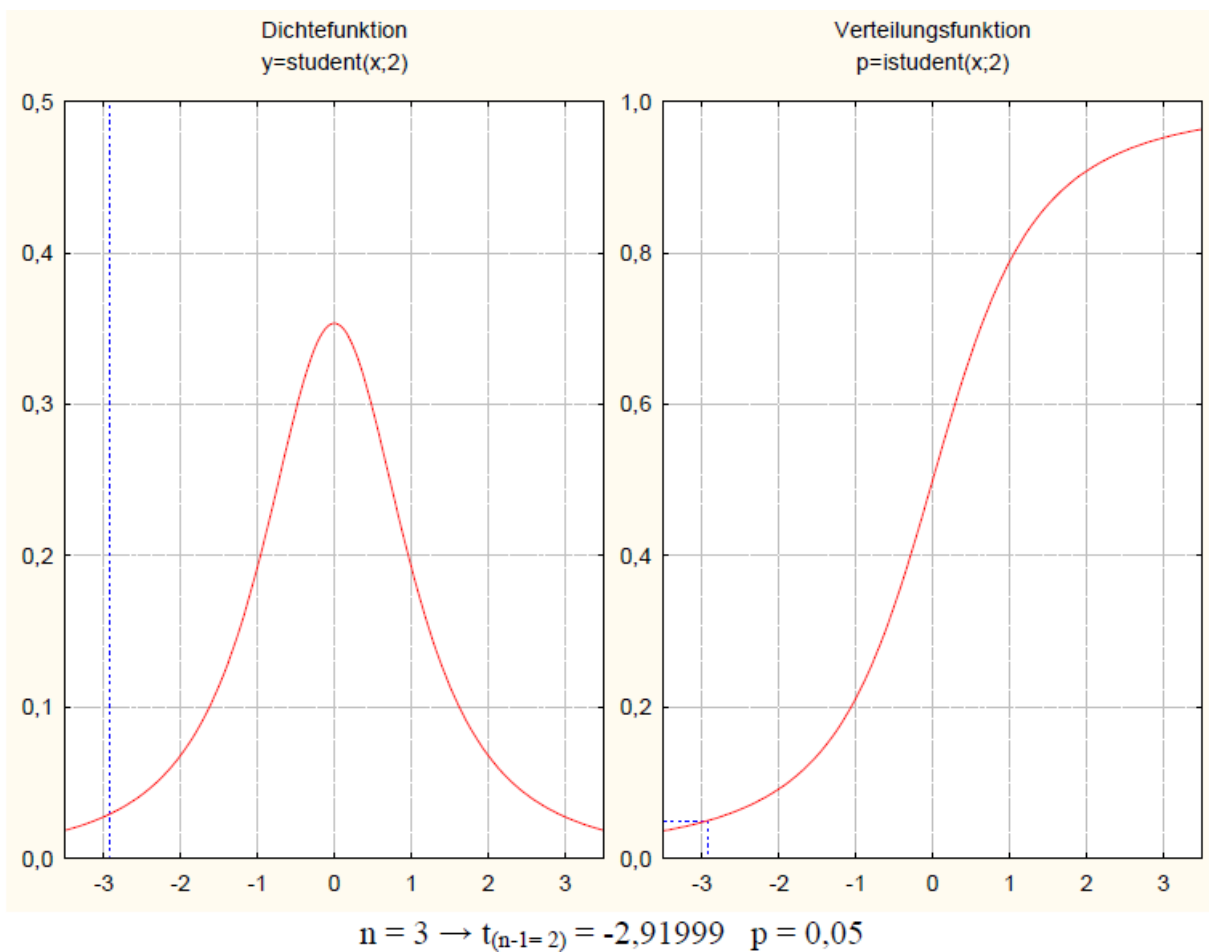
***t*-eloszlás, *Student*-eloszlás<sup>69</sup>**

A *Gauss*-féle normális eloszláshoz hasonló eloszlás, amely az  $n$  mintaszámnak is függvénye. Esetünkben a *Student*-féle *t*-eloszlás szabadságfoka:  $n - 1$ . Ha  $n \rightarrow \infty$ , akkor a *Student*-féle *t*-eloszlás a *Gauss*-féle normális eloszláshoz tart (1.29. – 1.31. ábra). A *Student*- vagy *t*-eloszlás sűrűségfüggvényének alakja a következő (Hartung et al. 2009, Mosostory 2002, Rényi 1966, Vincze E. 1972, Vincze I. 1958, Vincze I. 1968):

$$f_{(n-1)}(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)\sqrt{\pi \cdot (n-1)}} \cdot \left(1 + \frac{t^2}{(n-1)}\right)^{-\frac{n}{2}}$$

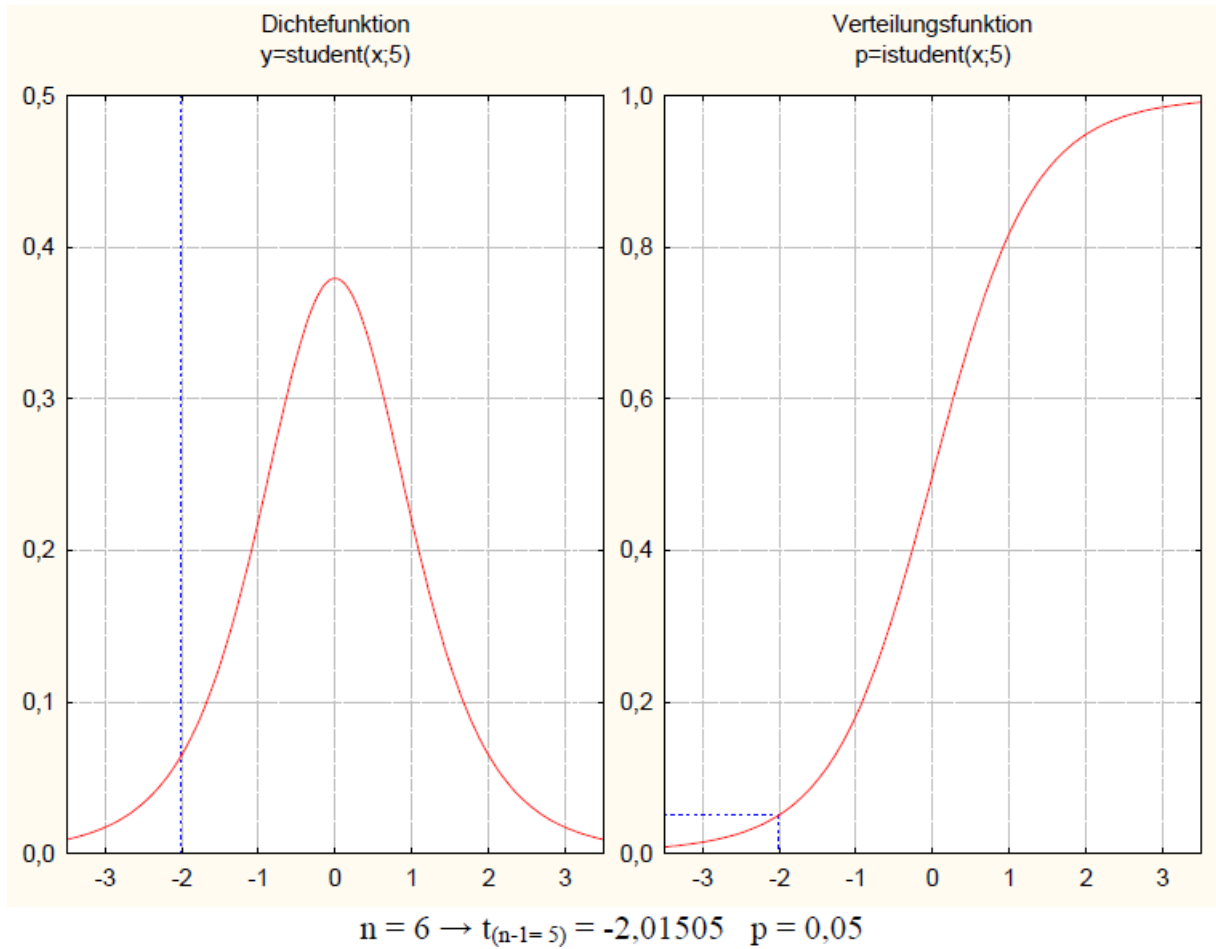
ahol  $n$  a mintaelemek számát és  $\Gamma$  a gamma-függvényt jelöli, amelyben  $t = -\log x$ :

$$\Gamma_{(n)}(t) = \int_0^{\infty} t^{n-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

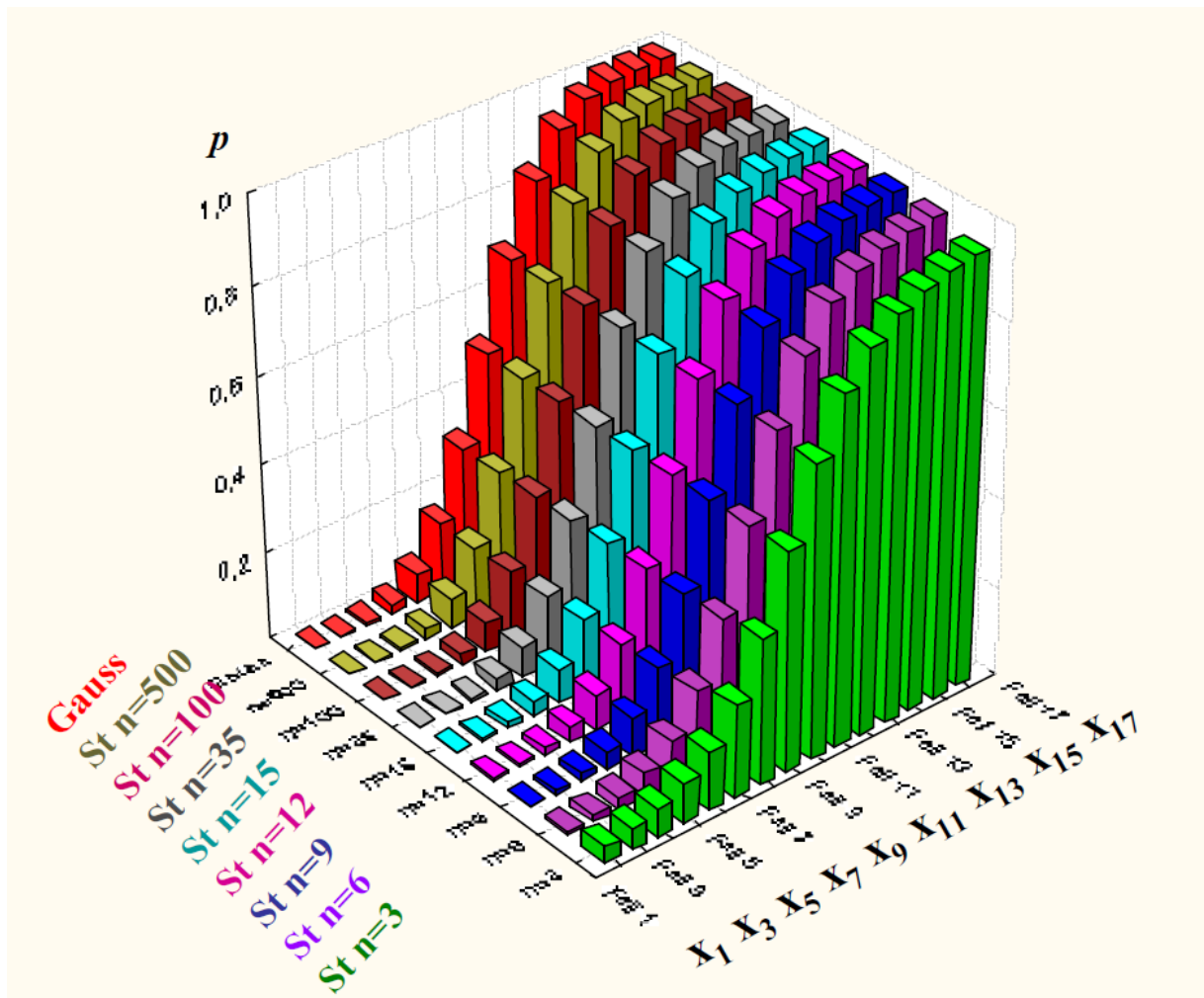


teljesítőképessége fentiek szerint értelmezhető, addig tekintve, hogy a mozdulatlan testnek nincs teljesítménye, az anyag, építőanyag, beton stb. teljesítményéről és teljesítmény-nyilatkozatáról beszélni bántó, helytelen.

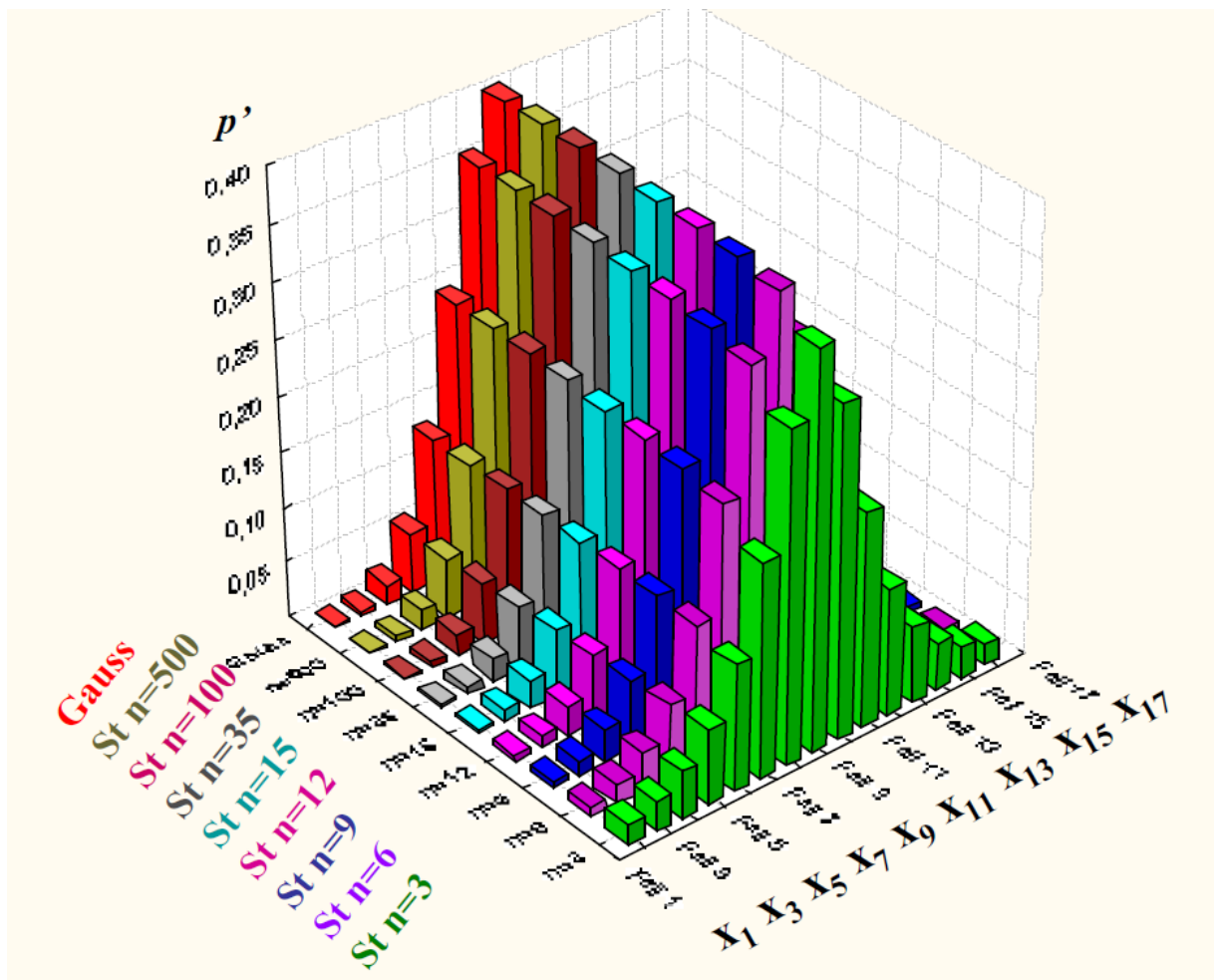
<sup>69</sup> A *Student*-eloszlást *William Sealy Gosset* (1876, Canterbury, Kent – 1937, Beaconsfield, Buckinghamshire) angol statisztikus írta fel, és 1908-ban *Student* álnéven publikálta (*Student*, 1908), (*Zabell*, 2008). *W. S. Gosset* – aki a *Student*-eloszlást a „*t*” betűvel jelölte, ezért azt *t*-eloszlásnak is nevezzük – 1899-ben a világhírű dublini *Guinness* sörözőjében helyezkedett el. Itt dolgozta ki matematikai statisztikai módszerét az árpa minőség vizsgálati eredmények értékelésére. Minthogy korábban egy másik munkatárs publikációjával kárt okozott a *Guinness* sörözőjének, megtiltották az alkalmazottaknak, hogy tanulmányokat tegyenek közzé. Ez az oka annak, hogy *W. S. Gosset* „*Student*” álnéven írt.



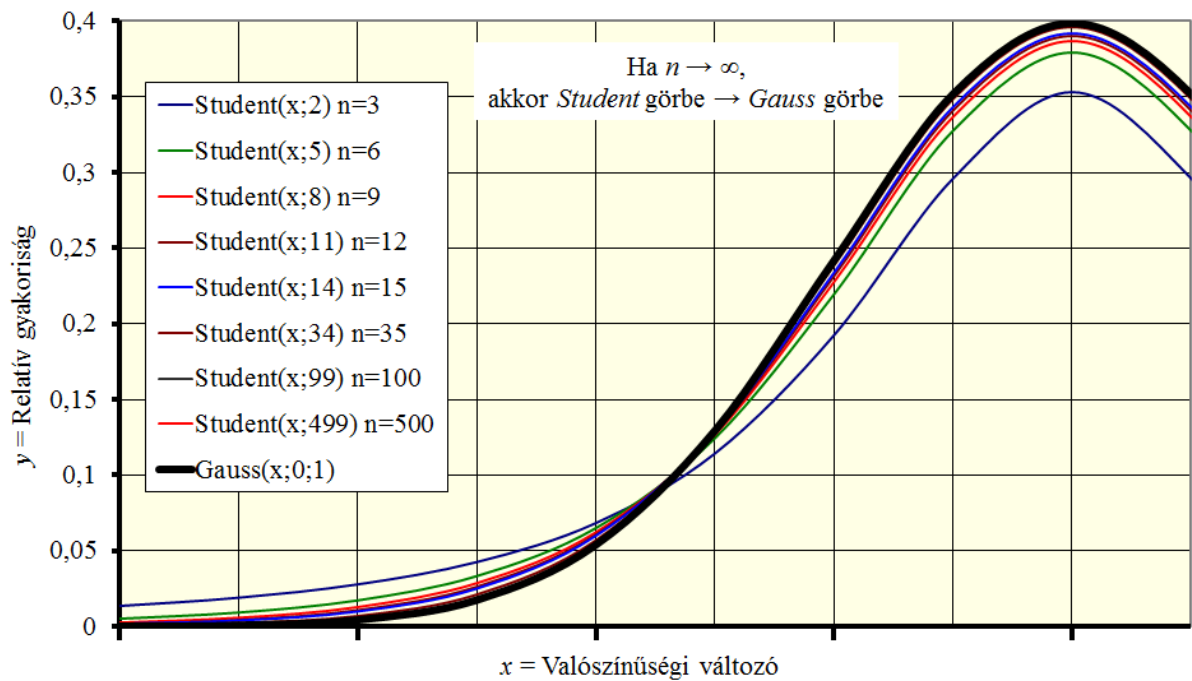




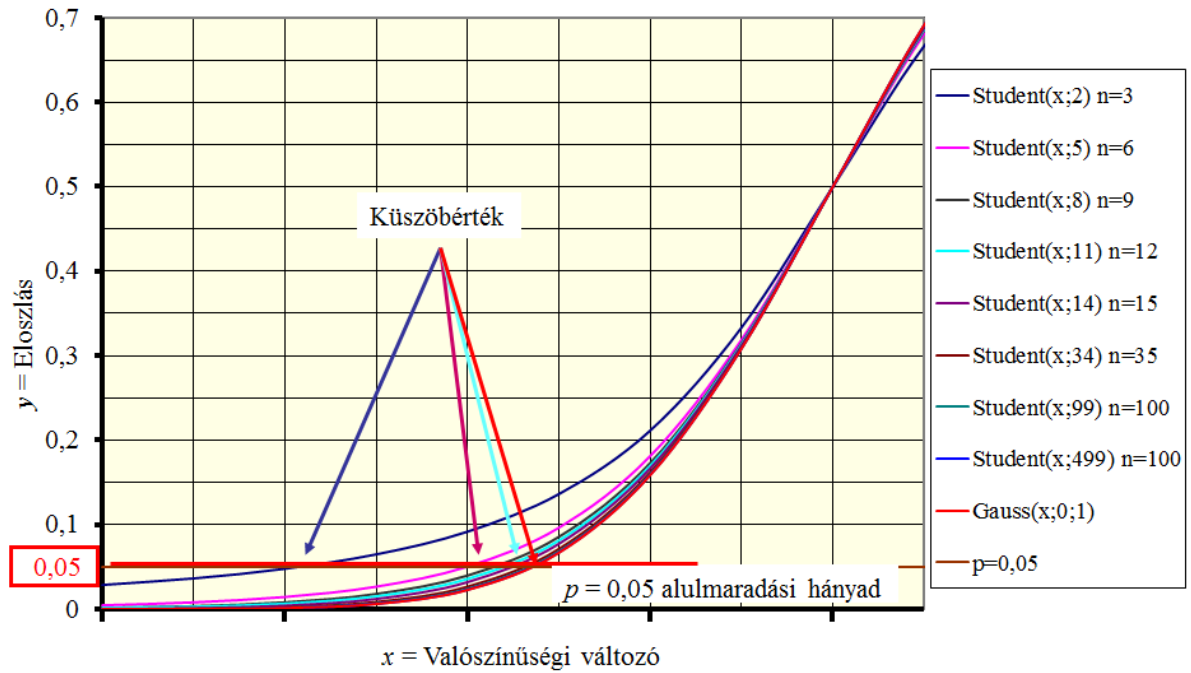
**1.29. ábra:** A Gauss- és a Student-eloszlások standardizált eloszlásfüggvénye térbeli koordináta-rendszerben. A várható érték  $m = 0$ , a szórás  $\sigma = 1$ .



1.29. ábra: A Gauss- és a Student-eloszlások standardizált sűrűségfüggvénye térbeli koordináta-rendszerben. A várható érték  $m = 0$ , a szórás  $\sigma = 1$ .



1.30. ábra: A Gauss- és a Student-eloszlások sűrűségfüggvényének bal széle. Ha  $n \rightarrow \infty$ , akkor a Student-görbe  $\rightarrow$  Gauss-görbe



**1.31. ábra:** A Gauss- és a Student-eloszlások eloszlásfüggvényének bal széle. Ha  $n \rightarrow \infty$ , akkor a Student-görbe  $\rightarrow$  Gauss-görbe, és a  $p = 0,05$  értékű küszöbérték jobbra tolódik, a hozzá tartozó valószínűségi változó nagyobb lesz

### Terjedelem

A próbatestek legnagyobb és legkisebb vizsgálati eredményének különbsége, vagy több próbatestből álló, átlagos vizsgálati eredménnyel jellemzett minták legnagyobb és legkisebb vizsgálati átlagértékének különbsége.

### Természettudomány ágazata

A természettudomány fő ágai a fizika, a kémia, a földtan, a csillagászat, a biológia és bizonyos értelemben a matematika.

A természettudomány szoros kapcsolatban áll a technikával (amely, a mesterségbeli és művészeti eljárások és eszközök összessége, mint például a kőbányászás és feldolgozás, a mészégetés, a cementgyártás, a betongyártás, az acélgyártás, a gépgyártás, a korrózióvédelem, a falfestés, a tetőfedés stb. technikája) és a vele rokon műszaki tudományokkal (amelyek a termelés folyamataira és eszközeire vonatkozó törvényszerűségekkel foglalkoznak, mint például a geotechnika, mérnökgeológia, geodézia, betontechnológia stb.).

Lásd még: Mechanika ágazata, tárgyköre

### Termoplasztok

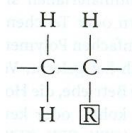
A termoplasztok lineáris alakú polimerek, azaz a molekula láncok nem képeznek térhálót, bár alkalomadtán képesek elágazni. Ez a magyarázata annak, hogy a termoplasztok hő hatására meglágyulnak, a molekulákat összekötő másodlagos kötések megolvadnak. A termoplasztok felmelegítve formázhatók, lehűtve formájukat megtartják.

Számos változatuk ismert, egyesek amorfak (például polisztirol), mások kristályosak (például polietilén). Változatos felépítésük folytán nincs határozott olvadáspontjuk, hanem csak olvadási tartományuk.

A termoplasztokat a monomerek hosszú láncá (polimerré) fűzésével állítják elő, ez a folyamat a polimerizálás.

A polimerizáció során a monomerek melléktermék keletkezése nélkül egyesülnek óriásmolekulává. A folyamatot gyorsítani is lehet, a fény, a koncentráció növelése, hőmérséklet vagy a nyomás változtatásával. Az egyik legelterjedtebb polimerizációs műanyag a polietilén, de ilyen eljárással készül például a polipropilén, a polivinil-klorid (PVC), a politetra-fluoroetilén (PTFE) vagy polisztirol is.

A legtöbb termoplaszt a



monomerből épül fel, amely a láncban sokszor ismétlődik: Az R oldalcsoport lehet például egy egyszerű hidrogén atom (például polietilén), de lehet egy CH<sub>3</sub> metil csoport (például polipropilén), vagy egy klór atom (például polivinil-klorid).

Vannak bonyolultabb felépítésű termoplasztok is (például nylon). A termoplasztokhoz tartozik a poliakril-nitril (PAN, például Orlon, Dralon, Dolanit) és a polietilén-tereftalat (PET, például Dacron, Mylar) is, amelyekből szálak és fóliák készülnek.

Lásd még: Polimerizációs fok, Műanyagok, Polimerek, Műgyanták, Szilikonok

### Területi mérték

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati eszköze a területmérő asztal és kúp, vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-5:2009. Mértékegysége: mm. Jele: F1 ... F6

### Területmérő asztal

Lásd: Területi mérték

### Tervezési élettartam

A tervezési élettartam előírt, követelmény érték. Időtartam, amely alatt elvárják, hogy a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható. A tervezési élettartam fogalma természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idő fogalmával.

Lásd még: Használati élettartam

### Tervezési érték

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány 6.4.2. szakaszának (3)P bekezdése szerint a tartószerkezet teherbírása akkor megfelelő, ha a teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ) az igénybevétel tervezési értékénél ( $E_d$ ) a tartó minden keresztmetszetében nagyobb, vagy azzal legfeljebb egyenlő:

$$E_d \leq R_d$$

### Testsűrűség

A testsűrűség a porózus anyagi test tömegének és teljes térfogatának (beleértve a pórusok, légbuborékok, hézagok stb. térfogatát is) hányadosa. Meghatározható a test kiszáritott, légszáraz vagy vízzel telített állapotában. A testsűrűséget adalékanyag esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány szerint, friss beton esetén az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány szerint, megszilárdult beton esetén az MSZ EN 12390-7:2009 szabvány szerint, könnyű adalékanyag nagy hézagterfogatú megszilárdult beton esetén az MSZ EN 992:1999 szabvány szerint kell meghatározni.

Az építőanyagokat általában 110±5 °C hőmérsékleten szokták, a betont mindig 60±5 °C hőmérsékleten kell tömegállandóságig kiszáritani.

A könnyűbeton testsűrűsége 800-2000 kg/m<sup>3</sup>, a szokványos betoné (normálbetoné) 2001-2600 kg/m<sup>3</sup>, a nehézbetoné 2600 kg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb.

Mértékegysége: kg/m<sup>3</sup>. Jele:  $\rho_T$ .

Lásd még: Térfogatsúly, tömegállandóság

### **Térfogategyenlőségi tényező, térfogategyenlőségi átszámítási tényező**

Két anyag testsűrűségének hányadosa. Más szóval két különböző testsűrűségű, azonos térfogatú anyag tömegének hányadosa, azaz viszonyszáma, például:

$$\varphi = \rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}} = M_{\text{szokványos beton}} / M_{\text{könnyűbeton}}$$

A térfogategyenlőség elve szerint két különböző testsűrűségű anyag akkor tekinthető például azonosan fagyállónak, ha hámlasztási veszteségeik térfogata azonos, tehát hámlasztási veszteségeik tömegének ( $\Delta M$ ) viszonyszáma megegyezik testsűrűségük viszonyszámával, azaz a térfogategyenlőségi tényezővel, például:  $\Delta M_{\text{szokványos beton}} / \Delta M_{\text{könnyűbeton}} = \rho_{\text{szokványos beton}} / \rho_{\text{könnyűbeton}} = \varphi$ . (Balázs L. – Kausay, Vasbetonépítés 2019/4.).

### **Térfogatsúly**

A térfogategységben lévő anyag súlya:

$$\frac{\text{Súly (erő)}}{\text{Térfogat}} = \frac{\text{Tömeg} \times \text{Nehézségi gyorsulás}}{\text{Térfogat}}$$

Térfogat alatt az anyag befoglaló (légpórusokkal, légbuborékokkal, hézagokkal stb. együtt) térfogatát kell érteni.

Mértékegysége: N/m<sup>3</sup>

Lásd még: Testsűrűség

### **Térfogati fajlagos felület**

A térfogati fajlagos felület az egységnyi testtérfogatú szemhalmaz szemek felületösszege, azaz a szemhalmaz szemek külső felülete összegének és a szemek – többnyire pórusokat is tartalmazó, tehát a külső felület által határolt – térfogata összegének hányadosa. Szemmegoszlás jellemző. Mértékegysége: m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, mm<sup>2</sup>/mm<sup>3</sup>

A térfogati fajlagos felületet (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) elosztva a kiszáritott állapotú szemhalmaz szemek átlagos testsűrűségével (kg/m<sup>3</sup>) a (tömeg szerinti) fajlagos felületet kapjuk (m<sup>2</sup>/kg), (Kausay 2004).

### **Tétel**

Az MSZ 4798:2016 szabvány felfogásában a tétel az a betonmennyiség, amelyből egyenletes időközökben vett minták vizsgálati eredményei együtt értékelhetők, illetve az a betonmennyiség, amely az egyenletes időközökben vett minták együtt értékelt vizsgálati eredményeivel jellemezhető.

### **Timföld**

A timföld (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) az alumíniumgyártás köztes terméke, amelyet a bauxit kilúgozásával állítanak elő. Az eljárás közben keletkező melléktermék a vörösiszap, amely lúgossága és finom szemmagysága folytán veszélyes hulladék. A timföld a nagy timföldtartalmú aluminátcement egyik alapanyaga.

### **TOC-tartalom**

„Total organic carbon”, a mészkőliszt szerves anyagban (tehát nem a kalcium-karbonátban, hanem szerves élőlények lágyabb részeinek nem oxidálódott ülepedési maradványában) kötött

összes széntartalma, amelyet az MSZ EN 13639:2017 szabvány szerint kell meghatározni. Mennyiségét az MSZ EN 197-1:2011 cementszabvány korlátozza.

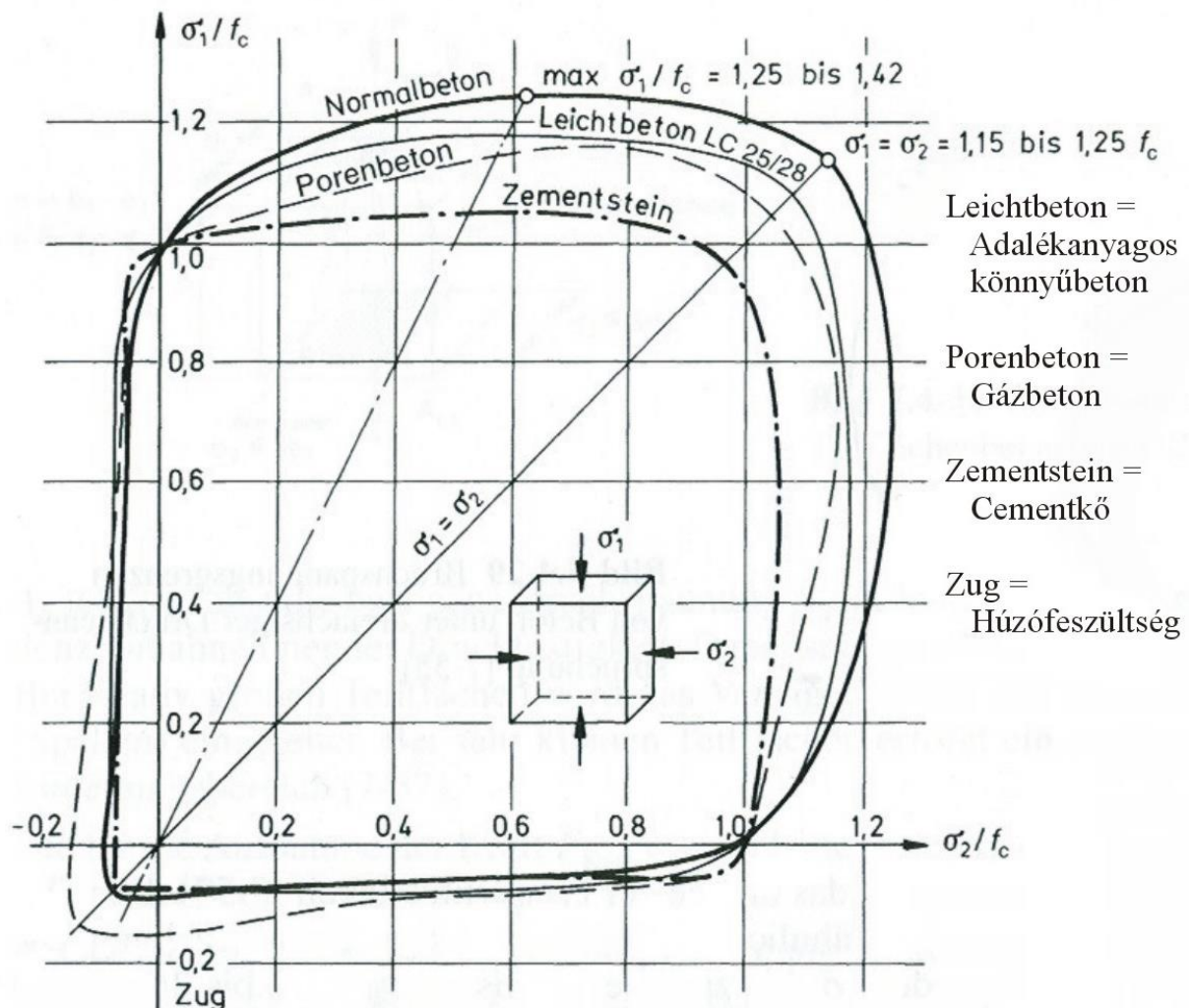
### Többtengelyű feszültségi állapot

Lásd: Többtengelyű igénybevétel

### Többtengelyű igénybevétel

Az építményekben a beton gyakran többtengelyű igénybevételnek kell ellenálljon. Példa erre a kétirányban hajlított lemez, az egymást keresztező gerendák, spirál-kengyelezésű vagy köpenyezett pillérek, a feszítet elemek stb. betona, amely a keresztirányú nyomás hatására csökkenő keresztirányú húzások mellett nagyobb nyomóerőket képes felvenni (Grübl et al. 2001).

A kéttengelyű nyomóigénybevétel mindig nagyobb nyomószilárdságot eredményez, mint az egytengelyű igénybevétel. Az 1.32. ábra szerint kéttengelyű igénybevételnél a nyomószilárdság  $\sigma_2/\sigma_1 \approx 0,5$  főfeszítésarány esetén 1,25-1,42-szorosa,  $\sigma_2/\sigma_1 \approx 1,0$  főfeszítésarány esetén 1,15-1,25-szorosa az egytengelyű igénybevétel nyomószilárdságának.

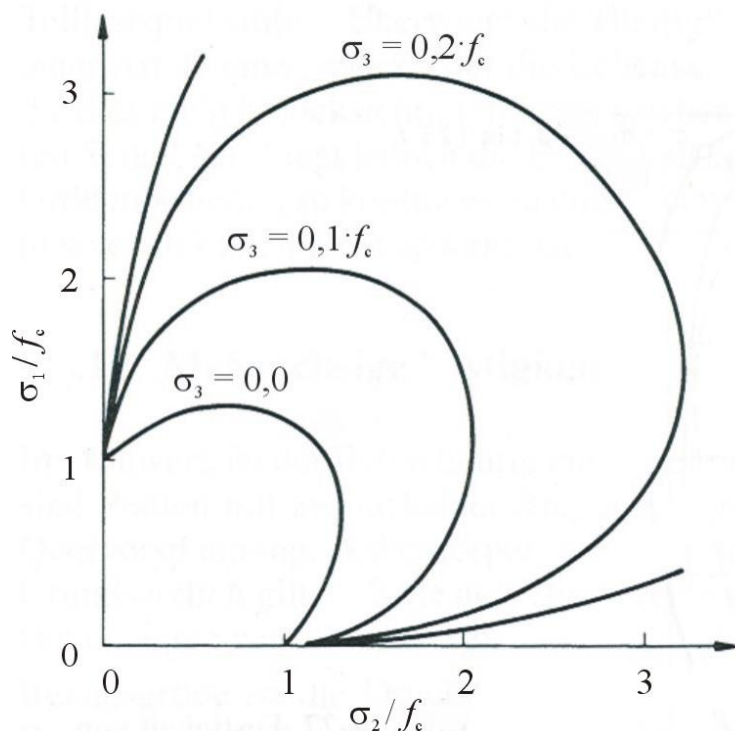


**1.32. ábra:** A betonok és a cementkő kéttengelyű feszültségi állapotának törési határgörbéi (Grübl et al. 2001)

A háromtengelyű nyomóigénybevétellel mért nyomószilárdság sokkal nagyobb, mint amekkora egy- vagy kéttengelyű nyomóigénybevétel esetén adódik. Már a hasábszilárdság ( $f_c$ ) mintegy 10%-ának megfelelő, a legkevésbé igénybe vett  $\sigma_3$  tengely irányú főfeszültség ( $\sigma_3 = 0,1 \times f_c$ ) elegendő ahhoz, hogy a leginkább igénybe vett  $\sigma_1$  tengely irányú főfeszültség az eredeti

hasábszilárdság kétszeresére ( $\sigma_1 = 2 \times f_c$ ) növekedjék (1.33. ábra). A  $\sigma_3/\sigma_1 = 0,3$  főfeszültségaránynál a felvehető legnagyobb  $\sigma_1$  főfeszültség átlépi az  $f_c$  hasábszilárdság hatszorosát. A  $\sigma_2$  középső főfeszültség hatása hasonló, mint a kéttengelyű igénybevétel esetén: a törőszilárdság emelkedő  $\sigma_2$  főfeszültség mellett  $\sigma_2/\sigma_1 = 0,50 - 0,67$  főfeszültségarányig növekszik, majd  $\sigma_2/\sigma_1 = 1,0$  főfeszültségarányig csökken.

Az egy- vagy többtengelyű igénybevételt nem szabad az egy-, illetve többtengelyű feszültségi állapottal összetéveszteni. Többtengelyű feszültségi állapot egytengelyű igénybevétel esetén is létrejöhet.



**1.33. ábra:** A betonok háromtengelyű feszültségi állapotának törési határgörbéi háromtengelyű igénybevétel esetén (Grübl et al. 2001)

### Tömeg

A tömeg SI-mértékegysége a kg. A kilogramm új fogalom-meghatározása 2019. május 20 óta érvényes;

az új meghatározásban a kilogrammot a Planck-állandóval ( $h = 6.626.070.150 \times 10^{-34}$  kgm<sup>2</sup>/s), a fény vákuumbeli sebességével ( $c = 299.792.458$  m/s) és a cézium-133 izotóp másodpercenkénti rezgésszámával ( $\Delta\nu_{Cs} = 9.192.631.770$  Hz) fejezték ki (BIPM/2019).

Lásd még: Atomtömeg, Anyagmennyiség

### Tömegállandóság

Az MSZ 4798:2016 szabvány és hivatkozásai alapján a könnyűbeton, a szokványos (közönséges, normál) beton, a nehézbeton és az adalékanyag általában tömegállandóságig kiszárított állapotba került, ha az 1.8. táblázat szerinti hőmérsékleten, az egymást adott időközökben követő tömegmérések eredményének különbsége legfeljebb az utóbbi mérés eredményének adott százaléka. A beton  $60 \pm 5$  °C hőmérsékleten történő szárításának az a magyarázata, hogy a cementkő egyes összetevői (például az ettringit) 60 °C hőmérséklet felett átalakulhatnak.

**1.8. táblázat:** A megszilárdult beton és az adalékanyag tömegállandósága

Test megnevezése	Szárítás hőmérséklete °C	Tömegmérések időköze Óra	Megengedett legnagyobb tömegeltérés,%
------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Könnyűbeton	60±5	24	0,2
Szokványos beton, nehézbeton	60±5	24	0,1
Adalékanyag, kőliszt	110±5	1	0,1
Adalékanyagként újrahasonított hulladék	60±5	24	0,1

MSZ EN 12390-7:2009 szabvány szerint a megszilárdult beton tömegállandóságig *vízzel telített állapotba* került, ha a 20±2 °C hőmérsékletű víz alá helyezett, és ott tartott próbatest tömege a 24 óránkénti mérések során kevesebbet változik, mint az utóbbi mérés 0,2%-a.

A vízzel telített állapotot célszerű fokozatos vízfeltöltés (fokozatos víztelítés) utáni víz alatti tárolással elérni, még ha a szabvány ezt nem is írja elő.

### Tömegbeton

Beton, amelyből legalább 1,0 m vastag szerkezeti elem készül. Szilárdságának jelentősége általában másodrendű. Készítése során nagy szerepet játszik a keletkező hidratációs hő, amelynek hatására a beton belseje erősen felmelegszik és a beton felületéhez képest nagy hőmérséklet különbség alakulhat ki. Ennek következtében a beton belsejének hőtágulása nagyobb, mint a felületi réteg hőtágulása, és a beton belsejében nyomófeszültség, a beton felületi rétegében húzófeszültség ébred. Ha a belső és a külső hőmérséklet különbsége nagyobb, mint mintegy 15 °C, akkor várható, hogy a húzófeszültség túllépi a húzószilárdságot, és a beton felületén repedések keletkeznek. Ezek a felületi repedések általában néhány centiméter mélyek, és többnyire néhány hét múlva többé-kevésbé záródnak. A felületi repedések felléppése ellen kishőfejlesztésű cement (például CEM III fajtájú kohósalakcement), kis cementpép igényű szemmegoszlás, nagy legnagyobb adalékanyag szemmagyság, kis víz-cement tényező, folyósító adalékszer, kis friss beton hőmérséklet alkalmazásával, adott esetben a keverővíz és az adalékanyag hűtésével (például jégdara bekeverésével) vagy belső csővezetékes hűtéssel, minden esetben a kihülés és kiszáradás lassításával, így hosszan tartó utókezeléssel, hőszigetelő zsaluzattal (fzsaluzattal) lehet védekezni. A betonozás kis szakaszokban történjék. A repedésérzékenység tágulási hézagok vagy vakhézagok alkalmazásával is csökkenthető.

### Tömörítési mérték, *Walz-féle*<sup>70</sup>

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-4:2009. Jele: C0...C4

### Tömörödési tényező, *Glanville-féle*<sup>71</sup>

<sup>70</sup> *Kurt Walz* (1905 – 1999, Düsseldorf) német betontechnológus. 1927-től a Staatliche Materialprüfungsamt Stuttgart anyagvizsgáló intézetben dolgozott. 1940-ben lett docens, 1948-1956 között a Technische Hochschule Stuttgart professzora és a mai Otto-Graf-Institut vezetője, majd ezt követően a Forschungsinstitut der Zementindustrie Düsseldorf betontechnológiai osztályának alapítója és vezetője. A stuttgarteri Technische Hochschule-n a betontechnológiát 1966-ig oktatta. Jelentős eredményeket ért el a habarcsok vízzáróságának, a betonok fagy- és olvasztósó-állóságának, a kerámiák és kőanyagok fagyállóságának kutatásában. Számos publikációján és a konzisztencia mérési módszerén kívül nevét őrzi a víz-cement tényező, cement szilárdság és beton nyomószilárdság közötti összefüggést leíró *Walz-féle* görbe sor is.

<sup>71</sup> *William Henry Glanville* (1900, Willesden, Middlesex – 1976, Northwood, Middlesex), angol építőmérnök. Diplomáját a East London College (mai Queen Mary University of London) szerezte 1922-ben. A II. világháború előtt építőipari és betontechnológiai, a háború után főképp ügyi kutatásokkal foglalkozott. 1936-ig a londoni Building Research Station (a későbbi Building Research Establishment), majd ezt követően a crowthornei Road Research Laboratory kutatómérnöke. A II. világháború alatt a belügyminisztérium és a légügyi minisztérium vezető tudományos tanácsadójaként tevékenykedett. Nevét az általa kidolgozott konzisztencia mérési módszer kapcsán emlegetjük.



A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Az európai szabványok a konzisztencia jellemzésére nem használják. Vizsgálati szabványa: MSZ 4714-3:1986. Jele: *CF1...CF4*

### Tömörség

A testsűrűség és az anyagsűrűség hányadosa. A tömörség és a porozitás összege 1,0. Térfogatarány. Kifejezhető térfogat%-ban is.

$$\text{Tömörség} = \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = t = \frac{\rho_T}{\rho_A} = \frac{M/V_T}{M/V_A} = \frac{V_A}{V_T}$$

### Trajektória

Latin eredetű szó, jelentése: pálya, görbe, térgörbe. Esetünkben az erővonalak pályája a terhelt beton próbatestben vagy szerkezeti elemében.

### Transzformáció, transzformálás

A transzformáció fogalmának többféle értelmezése van. Esetünkben transzformáció alatt valamely „A” függvénynek másik „B”, „C” stb. függvényre való geometriai leképezését értjük. A transzformáció alapvető összetevői az „alaktartó transzformáció” és a „területtartó transzformáció”.

Alaktartó transzformáció során az „A” függvény az abszcisszatengely mentén önmagával párhuzamosan eltolódik, és a transzformált „B” függvény az eredeti „A” függvénnyel geometriailag egybevágó lesz.

Területtartó transzformáció során az „A” függvény alakja arányosan megváltozik, és a transzformált „C” függvény az eredeti „A” függvényhez geometriailag hasonló lesz.

Ha valamely „A” függvény alaktartó és területtartó transzformációját egyaránt elvégezzük, mégpedig oly módon, hogy az  $f((x - a)/b \mid a, b, c)$  alakú eredeti függvény  $x$  független változójának kivonandója zérus értéket ( $a = 0$ ) vesz fel, osztójának értéke pedig  $b = 1$ , akkor azt mondjuk, hogy az  $f(x \mid 0, 1, c)$  alakú transzformált „C” függvény az eredeti „A” függvény standardizált függvénye.

Lásd még: Standardizálás, Egybevágóság, Hasonlóság

### Transzportbeton

Friss állapotú megkevert beton, amelyet nem a betonkeverék felhasználója, tehát nem a monolit szerkezetépítő kivitelező és nem saját célú előregyártás céljából a beton-, vasbeton-, feszített vasbetonelemgyártó állít elő.

Lásd még: Friss beton eltarthatósága

### Trendvonal

Mérési eredmények (például valószínűségi változók) polinomjára (koordinátarendszerben a mérési eredmények ábrázoló pontjait összekötő törtvonalú egyenes) a legkisebb hibanégyzetösszegek módszerével illesztett függvény.

### Tyler-féle szitasorozat

Tyler-féle<sup>72</sup> szitasorozatnak azon duplázódó lyukbőségű sziták összességét nevezzük, amelyeket *Abrams* a Tyler-féle szitaszövet rendszerből az adalékanyag finomsági modulusának kiszámításához alkalmazott (lásd *Abrams*-féle finomsági modulus).

<sup>72</sup> *Washington S. Tyler* (1835, Ohio City – 1917, Cleveland) 1872-ben kezdett szitaszövetet gyártani az általa Clevelandban (Amerikai Egyesült Államok, Ohio állam) „Cleveland Wire Works” néven alapított üzemben. A nevét viselő Tyler-féle szabványos lyukbőségű szitaszövet sorozatot 1910-ben tudományos igénnyel fejlesztette

A Tyler-féle szitaszövet rendszer kifejlesztése idején (1910) 42 különböző, egyenletesen növekvő lyukbőségű szitából állt. A legkisebb lyukbőség 0,0008 inch (~0,020 mm), a legnagyobb lyukbőség 1,0433 inch (~26,5 mm) volt<sup>73</sup>. Az *ábrán* a 48 jelű (1 inch hosszúságra eső lyukak száma 48), 0,0116 inh (0,295 mm) lyukbőségű Tyler-szítát mutatjuk be.



**ábra:** Eredeti 48 jelű, 0,0116 inh (0,295 mm) lyukbőségű Tyler-szita

Valamely Tyler-féle szitaszövet lyukbősége a megelőző kisebb nyílású szita lyukbőségének a  $\delta_{\text{Tyler}} = 1,1892071$ -od szorosa. Minthogy  $\delta_{\text{Tyler}} \approx \sqrt[4]{2}$ , következik, hogy a Tyler-féle szitaszövet rendszerben valamely szitaszövet lyukbősége a rendszer megelőző negyedik tagja lyukbőségének a kétszerese. Így például az egymást követő 0,147 mm, 0,175 mm, 0,208 mm, 0,247 mm, 0,295 mm nyílású szitaszövet-sorban a 0,295 (~0,3) mm lyukbőségű szita nyílása a megelőző negyedik 0,147 (~0,15) mm lyukbőségű szita nyílásának a kétszerese.

Bár Abrams óta (1918) az eredeti Tyler-féle szitanyílásokhoz (1910) képest a finomsági modulus számításához használt lyukbőségek módosultak, a duplázódó nyílású szitasort ma is sokszor Tyler-féle szitasorozatnak nevezzük.

Magyarországon a Tyler-féle szitasorozat tulajdonképpen az Abrams-féle finomsági modulus eszmei számítási eszköze volt, ugyanis a szitavizsgálatot az MNOSZ 934:1949, MNOSZ 934:1951, MSZ 4713:1955 szabványok érvényességi ideje alatt (1977-ig) nem a Tyler-féle, hanem időrendi sorrendben a MOSz 695:1942, MNOSZ 695:1951, MNOSZ 4941:1951, MSZ 695:1959, MSZ 695:1975 szabványok szerinti 0,1, 0,25, (0,5)<sup>74</sup>, 1,0 mm lyukbőségű huzalszövetekkel és 2,5, 5, 10, (15), 20, 30, (40), (60) mm lyukbőségű rostalemezekkel kellett végezni, amelyek a Tyler-féle szitasorozatnak általában nem, vagy csak esetlegesen tagjai.

Lásd még: Szitanyílások (lyukak) száma

---

ki, és azt az Amerikai Egyesült Államok és számos más ország nem sokára szabványosította. Ezt követően a szitasorozathoz elkészítette a kézi szitálást utánozó, vízszintes forgómozgással és egyidejűleg függőleges kopogtatással osztályozó Tyler-féle laboratóriumi szitagépet.

<sup>73</sup> 1 inch (USA)  $\approx$  25,4 mm

<sup>74</sup> A zárójelben lévő sziták az MSZ 4713:1955 szabványban szerepeltek.

### Új jogi keret elve

A „új jogi keret” (New legal framework) fogalmát 2008-ban a 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat és az azt kiegészítő 765/2008/EK számú építési termék rendelet (CPR) vezette be, és ezzel felülvizsgálták, aktualizálták és megerősítették az „új megközelítés” elvét (Szegő 2009).

Az új jogi keret elvének bevezetésével mindenekelőtt a piacfelügyeleti mechanizmusokat erősítették meg, és biztosították, hogy a termékek forgalmazói a lakossági érdekeket messzemenően tiszteletben tartásuk (Vass 2008, Szegő 2009).

### Új megközelítés elve

Az „új megközelítés” elvét (New approach) 1985-ben vezették be az Európai Unióban a műszaki harmonizáció és a szabványok új megközelítéséről szóló 85/(C 136)/01 tanácsi állásfoglalással, annak érdekében, hogy felszámolják az áruk szabad mozgása előtt álló műszaki akadályokat. Az új megközelítés elve szerint – a régi megközelítés elvével szemben – az alapvető biztonsági, egészségvédelmi követelményeket jogszabályi szinten írják elő, a részletes követelményeket pedig a harmonizált európai szabványok tartalmazzák (Winkler 2005, Varga 2007, Szegő 2009). Például a 89/106/EGK tanácsi irányelv – amely a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével elvesztette hatályát – már az új megközelítés elvét követte. A 768/2008/EK számú európai parlamenti és tanácsi határozat szerint az „új megközelítés” elvét a megfelelésértékelés során kell alkalmazni.

Az „új megközelítés” elve 1993-ban az Európai Közösségek Tanácsának 93/465/EGK számú határozatával és 93/68/EGK számú irányelvével a termékvizsgálat és tanúsítás rendszerének egységesítése érdekében bevezetett „globális megközelítés” elvével bővült.

Az „új megközelítés” elvét 2008-ban a 768/2008/EK határozat és a 765/2008/EK rendelet az „új jogi keret” fogalmának alkalmazásával megerősítette (Szegő 2009).

### Újrahasznosított adalékanyag

Újrahasznosított adalékanyag MSZ 4798:2016 szabványban az építmények szerves bontási hulladékának feldolgozásával nyert adalékanyagot nevezik. Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az építési és az építőanyag-gyártási hulladékból (selejtől) előállított adalékanyag – az ún. visszanyert adalékanyag – nem tartozik az újrahasznosított adalékanyag fogalomkörébe.

Lásd még: Visszanyert adalékanyag

### Újrahasznosított beton, újrahasznosított adalékanyagú beton

Újrahasznosított a beton, ha újrahasznosított adalékanyagot vagy az adalékanyag-mennyiségre vonatkoztatva több mint 5 tömegszázalék visszanyert adalékanyagot tartalmaz (MSZ 4798:2016). A BV-MI 01:2005 *fib* beton és vasbetonépítési műszaki irányelv szerint az újrahasznosított adalékanyagú beton adalékanyag céljára feldolgozott bontási, építési vagy építőanyag-gyártási hulladékot tartalmaz. Az utóbbit építőanyag-gyártási selejtnak is nevezik.

### Ultra nagy szilárdságú beton

Ultra nagy szilárdságú a betont, ha tapasztalati jellemző értéke legalább mintegy 10%-kal nagyobb, mint a C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton vagy LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton vagy HC100/115 nyomószilárdsági osztályú nehézbeton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke. Átlagos nyomószilárdsága általában legalább 150 N/mm<sup>2</sup>, és elérheti a 250, esetleg 300 N/mm<sup>2</sup> értéket. Az ultra nagy szilárdságú beton tulajdonságaival az MSZ 4798:2016 szabvány nem foglalkozik.

A Model Code 2010 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú ultra nagy szilárdságú betont is ismeri.

### Ultra nagy-teljesítőképességű beton

Az ultra nagy-teljesítőképességű beton a nagy-teljesítőképességű beton használati értékét is meghaladja. Ennek az igen különleges tulajdonságú betonnak a tulajdonságaival az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány nem foglalkozik.

Lásd még: Nagy-teljesítőképességű beton

### Utókezelési idő

A beton zavartalan kötése és kezdeti szilárdulása érdekében a friss betont megfelelő hőmérsékleten (általában legalább +5 °C; nem tévesztendő össze a próbatestek tárolási hőmérsékletével), nyugalmi állapotban kiszáradástól védve, nedvesen kell tartani, amely folyamatot utókezelésnek nevezünk.

Az utókezelés legfontosabb építéshelyi módszerei a vízpermetezés (locsolás), vízzel való elárasztás, letakarás, párazárás. Az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) utókezelésének megkövetelt ideje a beton szilárdulási ütemének (sebességének) és környezeti osztályának a függvényében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázatában található (1.9. táblázat).

**1.9. táblázat:** Az építéshelyen bedolgozott beton (monolitbeton) utókezelésének megkövetelt helyettesítő időtartama ( $t$ ) a beton szilárdulási ütemének (sebességének) és környezeti osztályának függvényében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázata szerint

A beton szilárdulási üteme (sebessége)	Gyors	Közepes	Lassú	Nagyon lassú
A szilárdulási ütem: a beton 2 és 28 napos, MSZ 4798:2016 szerinti átlagos nyomószilárdságának hányadosa: $f_{cm,2}/f_{cm,28}$	$\geq 0,5$	$0,3 \leq \text{és} < 0,5$	$0,15 \leq \text{és} < 0,3$	$< 0,15$
Környezeti osztály	Utókezelés megkövetelt helyettesítő időtartama, $t$ , nap			
XN(H), X0v(H), X0b(H)	0,5	0,5	1	2
XC1, XC2, XC3, XF1, XV1(H), XA1, XA4(H), XK1(H), XV0(H)	2	3	4	7
Összes többi környezeti osztály	3	7	10	14

#### Megjegyzések:

- 1) A táblázatban található megkövetelt helyettesítő időtartamokat akkor kell alkalmazni, ha a napi közepes levegőhőmérséklet nagyobb, mint +12 °C ( $t_{ekv} = 1,0$ ). Azokat a napokat, amelyeken a napi közepes levegőhőmérséklet +5 °C és +12 °C közé esik  $t_{ekv} = 0,7$  időegyenértékkel, azokat pedig, amelyeken a napi közepes levegőhőmérséklet 0 °C és +5 °C közé esik  $t_{ekv} = 0,3$  időegyenértékkel kell számításba venni.
- 2) A ténylegesen szükséges utókezelési napok száma ( $u$ ) a következő összefüggésből határozható meg:

$$\sum_{n=1}^u t_{ekv} \geq t$$

ahol  $t_{ekv}$  az  $n$ -edik utókezelési naphoz tartozó idő-egyenérték és  $t$  a táblázatbeli helyettesítő időtartam, mindkettő napban kifejezve.

- 3) Az utókezelést addig az  $u$  napig kell folytatni, amelyiken a fenti követelmény már teljesül.
- 4) Nagyszilárdságú betonok ( $\geq C55/67$ ) esetén az utókezelés ideje mindig 10 nap.

Az MSZ EN 13369:2013 szabvány az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek utókezelési idejét a beton nyomószilárdság vizsgálati próbatestjeinek szilárdságától teszi függővé. (1.10. táblázat),

**1.10. táblázat:** Az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek betonjai nyomószilárdság vizsgálati próbatestjeinek előírt átlagos nyomószilárdsága az előregyártott elemek utókezelési idejének végén az MSZ EN 13369:2013 szabvány 2. táblázata szerint számított  $D_d^{\%}$  szilárdulási fok és az e könyv javaslata szerint számított  $D_{d,mód}^{\%}$  módosított szilárdulási fok alapján

Környezeti osztály	Szilárdulási fok $D_d^{\%}$ $D_d^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,L}}{f_{ck}}, \%$ Az $f_{ck}$ érték nem tévesztendő össze a környezeti osztályhoz előírt legkisebb jellemző értékkel	Előírt átlagos nyomószilárdság az utókezelés végén $f_{c,L}, \text{N/mm}^2$	
		próbahenger	próbakocka
		esetén	
X0, XC1	–	12	15
XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XF1	$35 = 100 \times \frac{12}{24} = 100 \times \frac{15}{42,9}$	12 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
A többi környezeti osztály, amely esetén váltakozva nedves vagy száraz a környezet	$50 = 100 \times \frac{16}{32} = 100 \times \frac{20}{40}$	16 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>
<p>Megjegyzések:</p> <p><sup>a</sup> Ha <math>0,25 \times f_{ck,cyl} \geq 12 \text{ N/mm}^2</math>, illetve <math>0,25 \times f_{ck,cube} \geq 15 \text{ N/mm}^2</math>, akkor ezeket az értéket a megfelelő <math>0,25 \times f_{ck}</math> értékre kell kicserélni.</p> <p><sup>b</sup> Ha <math>0,35 \times f_{ck,cyl} \geq 16 \text{ N/mm}^2</math>, illetve <math>0,35 \times f_{ck,cube} \geq 20 \text{ N/mm}^2</math>, akkor ezeket az értéket a megfelelő <math>0,35 \times f_{ck}</math> értékre kell kicserélni.</p>			
<p>Javaslat: Az utókezelés végén elérendő átlagos nyomószilárdság, ha a szilárdulási fokot nem a jellemző érték százalékában (<math>D_d^{\%}</math>), hanem a 28 napos beton átlagos nyomószilárdságának százalékában (<math>D_{d,mód}^{\%}</math>) fejezzük ki, azzal a feltétellel, hogy</p> <p><math>f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8,0 \text{ N/mm}^2</math> (MSZ EN 1992-1-1:2010) és <math>f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 9,9 \text{ N/mm}^2</math></p>			
Környezeti osztály	Módosított szilárdulási fok $D_{d,mód}^{\%}$ $D_{d,mód}^{\%} = 100 \times \frac{f_{c,L,mód}}{f_{cm}}, \%$ Az $f_{cm}$ érték nem tévesztendő össze a környezeti osztályhoz előírt legkisebb jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdsággal	Előírt átlagos nyomószilárdság az utókezelés végén $f_{c,L,mód} \text{ N/mm}^2$	
		próbahenger	próbakocka
		esetén	
X0, XC1	–	14,0	17,0
XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XF1	$35 = 100 \times \frac{14}{40} = 100 \times \frac{17}{48,6}$	14,0 <sup>c</sup>	17,0 <sup>c</sup>

A többi környezeti osztály, amely esetén váltakozva nedves vagy száraz a környezet	$50 = 100 \times \frac{18,8}{37,6} = 100 \times \frac{22,8}{45,6}$	18,8 <sup>d</sup>	22,8 <sup>d</sup>
Megjegyzések:			
<sup>c</sup> Ha $0,25 \times f_{cm,cyl} \geq 14 \text{ N/mm}^2$ , illetve $0,25 \times f_{cm,cube} \geq 17 \text{ N/mm}^2$ , akkor ezeket az értéket a megfelelő $0,25 \times f_{cm}$ értékre kell kicserélni.			
<sup>d</sup> Ha $0,35 \times f_{cm,cyl} \geq 18,8 \text{ N/mm}^2$ , illetve $0,35 \times f_{cm,cube} \geq 22,8 \text{ N/mm}^2$ , akkor ezeket az értéket a megfelelő $0,35 \times f_{cm}$ értékre kell kicserélni.			
Magyarázat:			

Az MSZ EN 13670:2010 szabvány 4. táblázata szerint a betonszerkezeteket a kivitelezés során utókezelési osztályba kell sorolni.

A régi MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 5. fejezetének 5.9.1. szakasza szólt a szerkezetbe beépített transzportbeton utókezeléséről. A műszaki előírásban pontosabb adatok (például a beton hidratációjának mértéke az adott környezeti hatások mellett) hiányában az 1.11. táblázatbeli utókezelési idők alkalmazását javasolták.

**1.11. táblázat:** A megengedett legrövidebb utókezelési időtartamok a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 5. fejezetének 5.5. táblázata szerint

A beton szilárdulása	Gyors			Közepes			Lassú		
Környezeti feltételek az utókezelés alatt	Környezeti hőmérséklet, legalább °C								
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Utókezelés időtartama	nap								
Közvetlen napsugárzás és szél nincs, a relatív páratartalom legalább 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Közepes napsugárzás vagy közepes szélesség vagy legalább 50% relatív páratartalom	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Erős napsugárzás vagy nagy szélesség vagy 50%-nál kevesebb relatív páratartalom	4	3	2	8	6	5	10	8	5
Gyors a beton szilárdulása, ha a víz-cement tényező $x < 0,5$ és a cement osztály: 42,5 R, 52,5 Közepes a beton szilárdulása, ha a víz-cement tényező $0,5 < x < 0,6$ és a cement osztály: 42,5 R, 52,5; ha a víz-cement tényező $x < 0,5$ és a cement osztály: 32,5, 42,5; Lassú a beton szilárdulása minden más esetben									

Az utókezelés módjaival a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásban szintén az 5. fejezet 5.9.1. szakaszában foglalkoztak.

Az út- és hidépítési betonok párazáró anyagainak minőségi követelményeit és vizsgálati módszereit a visszavont MSZ-07-3231:1990 közlekedési ágazati szabványban tárgyalták, illetve az e-UT 09.01.31:1990 útügyi műszaki előírásban tárgyalják.

A vizsgálati próbatetek utókezelését a próbatetek tárolásának is szokták nevezni, A próbatetek utókezelésére (tárolására) vonatkozó előírások eltérnek az építéshelyi vagy

előregyártó üzemi betonutókezelés fenti szabályaitól (lásd e könyv „Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel” c. fejezetét)

### Valószínűségi változó

A független változó elnevezése a matematikai statisztikában. Jele:  $\xi$  vagy  $x$

### Várható érték

A tapasztalati átlagnak (számtani középértéknek) megfelelő elméleti fogalom a matematikai statisztikában (valószínűség számításban). A matematikai statisztikában megkülönböztetik az elméleti és a tapasztalati várható értéket. A  $\xi$  valószínűségi változó elméleti várható értéke a  $p'(\xi)$  sűrűségfüggvény alatti területnek az ordinátatengelyre vett elsőrendű nyomatéka (ha az integrál létezik és véges):

$$M(\xi) = \int \xi \cdot p'(\xi) \cdot d\xi$$

míg az  $x$  valószínűségi változó (például mérési adat) tapasztalati várható értéke az átlag. Jele:  $M(\xi)$  vagy  $m$

### Variancia, korrigált tapasztalati szórásnégyzet

Mérési adatok átlagtól való négyzetes eltéréseinek átlaga. Az  $n$  elemszám helyett  $(n-1)$ -gyel szokás osztani a torzítatlan becslés érdekében. A beton nyomószilárdsága esetén a variancia:

$$s_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm, test})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}^2 - n \cdot f_{cm, test}^2}{n-1}$$

ahol  $f_{ci}$  = a nyomószilárdság mért értéke,  $f_{cm}$  = a nyomószilárdság tapasztalati átlagértéke,  $n$  = a mérési eredmények száma.

Bár a variancia az elméleti statisztikában fontos fogalom, a gyakorlatban helyette inkább az  $s_n$  tapasztalati szórás, tehát a variancia négyzetgyökét szokták használni.

A variancia nem tévesztendő össze a variációs tényezővel (variációs együtthatóval).

Lásd még: Nyomószilárdság korrigált tapasztalati szórása

### Variációs tényező, variációs együttható

A variációs tényező vagy variációs együttható a relatív szórás szinoním kifejezése.

A variációs tényező, variációs együttható nem tévesztendő össze a varianciával.

Lásd: Relatív szórás

### Vasbeton

A vasbeton olyan tartószerkezeti anyag, amelybe elsősorban a húzóerők felvételére a betonnal együttműködő acélbetéteket (vasszerelés) építenek be.

Az MSZ EN 13369:2013 szabvány 4.2.2.1. szakasza szerint vasbeton készítéséhez legalább C20/25 jelű nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

Az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési ütügyi műszaki előírás 1. táblázata szerint beton és vasbeton hídszerkezetek készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni. Ugyanígy rendelkezik az e-UT 07.02.14:2011 közúti hídépítési ütügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza is, amely szerint mind monolit, mind előregyártott vasbeton szerkezetek esetén legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú beton alkalmazható.

Az 1952 évi H.1.Sz. számú Vasúti Hídszabályzat 7. §. I. F) fejezetének 7.161 szakasza szerint vasbetonszerkezetek készítéséhez B 220 vagy B 300 minőségű betont használtak.

Az 1956-ban kiadott KPM Sz. HI/I-56 R számú Közúti Hídszabályzat F) fejezet 1.51. szakaszában a helyszínen készülő vasbeton felszerkezetekhez általában B 200 és B 280 nyomószilárdságú beton alkalmazását követelték meg. A K) fejezet 2. szakasza szerint a helyszínen előregyártott vasbetonelemek általában B 280, a gyárilag előállított vasbetonelemek általában B 400 nyomószilárdsági osztályú betonból készültek, de az alépítmény célra készített előregyártott vasbetonelemek betonjának előírt minősége csak B 200, illetve B 280 volt. A helyszínen előregyártott vasbetonelemek esetén a B 400 vagy annál jobb, a gyárilag előállított vasbetonelemek esetén a B 560 vagy annál jobb minőségű beton alkalmazását külön engedélyhez kötötték.

Az 1968-ban kiadott KPM Sz. HI/I-68 számú Közúti Hídszabályzatban az F) fejezet 1.5. szakaszában szintén külön engedélyhez kötötték a helyszínen előregyártott vasbetonelemek esetén a B 400 vagy annál jobb, a gyárilag előállított vasbetonelemek esetén a B 560 vagy annál jobb minőségű beton alkalmazását.

Az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat-tervezet III. fejezetének „Beton és kőanyagú szerkezetek” című 1. füzet 1.8. és 2.2. szakasza szerint helyszínen vagy előregyártva készülő vasbeton szerkezetek anyagául VB 140, VB 200, VB 280, VB 350, VB 400 és VB 500 szilárdsági jelű betonokat volt szabad alkalmazni. Helyszínen készülő vasbetonszerkezethez VB 350 jelűnél, előregyártott vasbeton szerkezethez VB 400 jelűnél nagyobb szilárdsági jelű beton csak a KPM előzetes engedélyével volt tervezhető.

A Magyar Államvasutak a vasúti beton és vasbetonhidak építésére kiadott utasítása szerint a vasbeton szerkezeteket általában C 20 (B 280), különleges szerkezetek esetén C 25 – C 40 (B 350 – B 560) nyomószilárdsági osztályú betonból készítették (MÁV H. 2. sz. 1984).

A visszavont MSZ 15022-1:1986 szabvány 1.2.1. szakaszának előírása szerint annak idején vasbetonszerkezetet legalább C 10 nyomószilárdsági osztályú betonból (MSZ 4719:1982) kellett tervezni.

Ezzel egybehangzóan a visszavont MSZ 15227:1980 M (1988) szabvány 3. táblázatának megjegyzésében azt írták, hogy C 6 és C 8 jelű beton vasbetonszerkezetekhez nem használható. Az MSZ 15227:1980 M (1988) szabványban az 1.2. szakasz módosításaképpen az szerepelt, hogy B 200 helyett C 12, B 280 helyett C 20, B 140 helyett C 10, B 400 helyett C 30 írandó, értve alatta a nyomószilárdsági osztály MSZ 4719:1982 szabvány szerinti jelölését. Ezek a nyomószilárdsági osztályok a B 280 jelű osztálytól kezdve felfelé eggyel nagyobbak, mint amekkorák az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblázatából következnek.<sup>75</sup>

A vasbetonépítés kezdete az 1800-as évek közepére tehető.<sup>76</sup>

<sup>75</sup> A Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának minősítési értéke ( $R_{k\Phi, nom}$ ) a beton korábbi, MSZ 4719:1977 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya ( $R_{m,200}$ ) függvényében, az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblazata szerint.

$R_{m,200}$	B 50	B 70	B 100	B 140	B 200	B 280	B 350	B 400	B 450	B 500	B 560
$R_{k\Phi, nom}$	3,0	4,5	6,5	9,0	13,0	18,0	23,0	27,0	30,5	35,0	39,0

<sup>76</sup> A jogász és földbirtokos francia *Joseph Louis Lambert* (1814-1887) 1848-ban evezős csónakot készített acélhuzallal erősített cementhabarcsból, és azt „fer-ciment”-nek nevezte. *François Coignet* (1814-1888), aki 1855-ben a csömöszölt betont szabadalmaztatta, 1956-ban vonórudat alkalmazott vasalásként. Az ügyvéd és feltaláló *Thaddeus Hyatt* (1816-1901) Londonban, a Chiswick Press kiadónál, 1877-ben megjelentette a vasbeton kutatásairól szóló, „An account of some experiments with portland cement concrete combined with iron as a building material” című könyvét, és ezzel elsőként fogalmazta meg a vasbetonépítés alapelveit. *William B. Wilkinson* (1819-1902) szabadalmat nyújtott be a betonfödémek készítésére, amelyek húzott övét használt (mai szóhasználattal újrahasznosított) sodronykötéllal erősítette. A kertész *Joseph Monier* (1823-1906) acélhuzallal vasalt cementhabarcsból virágtartót készített, és azt 1855-ben a párizsi világiállításon bemutatta. *Joseph Monier* első szabadalmát 1867-ben adta be, majd ezt 1868-1873 között csövekre, hidakra, gyalogos átjárókra kiterjesztett szabadalmakkal egészítette ki. Az első hengeralakú víztartályt Bougivalban (Seine-et-Oise) 1872-ben, az első keskeny ívhidat chazeleti Marquis de Tilière kastélyparkban (Touraine) 1875-ben építette meg. *Armand Considère*



**VEBE mérték, VEBE átformálási idő**

A beton konzisztenciájának egyik jellemzője. Vizsgálati szabványa: MSZ EN 12350-3:2009. A konzisztencia mérték és mérőeszköz a VEBE megnevezést *Victor Bährner*<sup>77</sup> nevének kezdőbetűi után kapta. Mértékegysége: s, jele: V0 ... V4

**Vegyértékelektron**

Vegyértékelektronnak az atomok legkülső elektronhéján, az ún. vegyértékhéjon található elektronokat nevezzük. A periódusos rendszer főcsoportjai elemeinek vegyértékhéján legfeljebb 8 vegyértékelektron helyezkedhet el. A kémiai reakciókban, a kötésben ezek a vegyértékelektronok vesznek részt.

Az elemek vegyértékét a vegyértékelektronok száma határozza meg.

Leegyszerűsítve – ugyanis a vegyérték hagyományos, de a gyakorlatban igen szemléletes fogalma mára túlhaladott – azt mondhatjuk, hogy a periódusos rendszer I.-IV. főcsoportjában az elemeknek rendre 1-4 vegyértékük, az V. főcsoportban 3 vegyértékük, a VI. főcsoportban 2 vegyértékük, a VII. főcsoportban 1 vegyértékük van. A VIII. főcsoport nemesgázainak vegyértékhéja telített, ebből kifolyólag nincs vegyértékük.

Megjegyzés: A periódusos rendszerben a főcsoportokat újabban az oszlopszámok alapján jelölik, de az oszlopszámból az elem vegyértékére nem lehet következtetni.

Lásd még: Nemfémek

**Vegyértékhéj**

Lásd: Vegyértékelektron

**Vicat készülék**

A *Vicat*<sup>78</sup> készülék a cementpép MSZ EN 196-3:2017 szabvány szerinti szabványos folyósságának és kötési idejének meghatározására való eszköz.

(1841-1914) a hivatalos francia kormánybizottság híd- és útépités főfelügyelőjeként volt nagy hatással a vasbetonépítés fejlődésére. *François Hennebique* (1843-1921) az első gömbvasakkal készített vasbeton lemezzel 1880-ban hívta fel a figyelmet magára, majd 1892-ben szabadalmat nyújtott be a monolit vasbetontartók kialakítására. Elmélete az 1897-ben alapított „Le béton armé” című folyórata révén világhírűvé vált. Az első vasbeton gabonasilót 1895-ben Brailában (Románia), egy háromnyílású, nyílásonként négy bordás ívhídát 1899-ben Châtelleraulban (Vienne) épített. *Gustav Adolf Wayss* (1851-1917) munkásságának köszönhetően 1887-1891 között Németországban és az Osztrák-Magyar Monarchia területén több mint 320, legfeljebb 40 m fesztávolságú közúti híd épült, 1898-ban megépítette a legnagyobb, 44 m fesztávolságú Monier-rendszerű közúti ívhídat az Ybbs folyó felett (Alsó-Ausztria), amely ma is használatban van. A Monier-rendszert az 1887-ben Neustadt an der Hardt-ban kiadott, „Das System Monier in seiner Anwendung auf das gesamte Bauwesen” című könyvével népszerűsítette. *Edmond Coignet* (1856-1915) *Napoleon de Tédescoval* (1848 – 1922, Párizs) együtt 1889-ben vezette be az évtizedeken át alkalmazott *n*-es (II. stádium szerinti) vasbeton méretezési eljárást (*n* az acélbetét és a beton rugalmassági modulusának viszonyozása).

<sup>77</sup> *Victor Bährner* svéd mérnök (1897, Stockholm – 1984, Malmö). Konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta Svédországban (*Bährner*, 1940) és a német „Zement” című folyóiratban. A bauxitcementről írt dolgozatai a svéd „Cement och Betong” című folyóirat 1934. évi 1. számának 39-42. oldalán és a „Betong” című folyóirat 1941. évi 1. számának 16-18. oldalán olvasható. „Betongberedning” című, 145 oldalas kézi könyve a betonkészítésről 1951-ben jelent meg. Publikált többek között a cement tárolásáról (1928), beton tömörítéséről (1935), a vízzáró betonról (1945), a friss beton levegő-tartalmáról (1952), a téli betonozásról (1955), a habarcsokról (1961), a terrazzo beton padlóburkolatokról (1965) is.

<sup>78</sup> A korszerű formában számos országban szabványosított *Vicat* készüléket és vizsgálati módszert *Louis-Joseph Vicat* (1786, Nevers – 1861, Grenoble) francia mérnök fejlesztette ki, aki 1812-1822 között a Dordogne folyó felett, Souillac községnél, a 180 m hosszú „Pont Angoulême” nevű ívhídat építette. A hídat hét, egyenként 22 m támaszközü kőboltozat alkotja. *Vicat* ezen – „Pont de Souillac, Pont Louis Vicat” néven is ismert – híd pilléreneinek építésénél alkalmazta először az általa újra feltalált összetételű római cementet, és mesterséges hidraulikus meszet. Elsőként kutatta a tengervíz magnézium-szulfát tartalmának hatását a betonra (1812).

### Viszkozitás

A viszkozitás ( $\eta$ ) belső súrlódási tényező, amely az anyag belsejében az alakváltozással szemben hat. Halmazállapottól függetlenül az anyag alakjának maradó megváltoztatásához munka szükséges, az egyes szomszédos rétegek a viszkozitás következtében egymás mozgását gátolják. Folyadékok esetén nyúlósságról, „sűrűnfolyósságról” is beszélnek, amelynek kifejezője a viszkozitás. A viszkozitás reciproka ( $1/\eta$ ) a fluiditás (folyékonyság).

A viszkozitás jelenségét a *Newton*-félesúrlódási törvény írja le, amely a viszkozitással (belső súrlódással) jellemzett valódi folyadék lineáris áramlása esetén a különböző  $v = \Delta\ell/\Delta t$  sebességgel áramló szomszédos rétegek között fellépő, az áramlás irányával párhuzamos erőre vonatkozó erőtvény. Ha két szomszédos folyadékréteg felülete  $A$  és a sebességváltozás az áramlási irányra merőleges  $\ell$  tengely mentén  $dv/d\ell$ , akkor az  $F$  belső súrlódási erő nagysága a *Newton*-féle súrlódási erőtvény szerint:

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{d\ell} = \eta \cdot A \cdot \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad \text{illetve} \quad \tau = \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt}$$

ahol: „ $\eta$ ” az ún. belső súrlódási tényező, más néven *dinamikai viszkozitás*

$\varepsilon$  alakváltozás

$\tau$  nyírófeszültség ( $\tau = F/A$ )

A *Newton*-féle súrlódási erőtvénybe az áramlási sebesség hely szerinti deriváltja (sebesség-gradiens:  $dv/d\ell$ ) helyett szokás a fajlagos alakváltozás idő szerinti deriváltját ( $d\varepsilon/dt$ ) írni (lásd a 3.7.2.3. fejezetet).

Az „ $\eta$ ” belső súrlódási tényező, azaz a *dinamikai viszkozitás* az az erő, amely két egységnyi felületű ( $A = 1$ ) folyadékrétegnek egymáshoz képest egységnyi sebesség-gradienssel ( $dv/d\ell = 1 \text{ s}^{-1}$ ) való elmozdításához szükséges. A *dinamikai viszkozitás* mértékegysége a cgs-mértékrendszerben: P (poise) = g/(cm×s), századrésze a cP (centipoise) = P/100, az SI-mértékrendszerben: Pa×s (pascal×secundum) =  $10^3 \times \text{cP} = \text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$ . A dinamikai viszkozitás nagymértékben függ az anyag halmazállapotától és hőmérsékletétől. A szilárd testek belső súrlódása a  $10^{18}$  P-t is eléri, míg a folyadékoké általában  $10$ - $10^{-3}$  P, a gázoké pedig  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  P. A 20,2 °C hőmérsékletű víz dinamikai viszkozitása:  $\eta_{\text{víz}} = 1 \text{ cP}$  (centipoise) =  $1 \text{ mPa} \times \text{s}$  (millipascal×secundum) =  $10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s}$ ; a higanyé  $\eta_{\text{higany}} = 1,6 \text{ cP} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s}$ ; a gliceriné  $\eta_{\text{glicerin}} = 1500 \text{ cP} = 1500 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s} = 1,5 \text{ Pa} \times \text{s}$ . A folyékonyabb anyag viszkozitása kisebb.

A folyósító adalékszerek friss betonba adagolásának célja a viszkozitás csökkentése.

---

Az építési mész, beton és habarcs kutatási eredményeit először 1817-ben az „Annales de chimie” évkönyvben és 1818-ban a „Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires” című könyvében hozta nyilvánosságra. Második könyve 1828-ban jelent meg a habarcs és cement előállítására alkalmas nyersanyagokról „Résumé des connaissances positives actuelles, sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres à la fabrication des Mortiers et Ciments Calcaires” címmel. „Recherches sur les causes physiques de la destruction des composes hydrauliques par l’eau de mer” című tanulmánya 1856-ban jelent meg. Nevét a párizsi Eiffel-torony első emeleti acél konzoltartóján körbe futó, 72 francia tudós nevét őrző relief délkeleti oldalán megörökítették.



A *kinematikai viszkozitás* a dinamikai viszkozitás és a sűrűség hányadosa, mértékegysége a cgs-mértékrendszerben:  $St$  (stokes) =  $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ , az SI-mértékrendszerben:  $\text{m}^2\text{s}^{-1} = 10^4 \times St = 10^6 \times \text{cSt}$  (centistokes).

Lásd még a „Folyáshatár” fogalmának reológiai értelmezését is.

### Visszanyert adalékanyag

A visszanyert adalékanyag az MSZ 4798:2016 betonszabványban található fogalom. A visszanyert adalékanyagnak két változata van, a visszanyert mosott és a visszanyert tört adalékanyag. A visszanyert mosott adalékanyagot a transzportbetongyárban vagy a betonelemgyárban az újrahasznosításra szánt friss betonból mosással nyerik ki; a visszanyert tört adalékanyagot építési folyamatban még nem használták, és előállíthatják az előregyártott elemekből a betonelemgyárban, ritkán az építéshelyi előregyártó-üzemben, vagy keletkezhet építés közben az építéshelyen.

A visszanyert adalékanyagot – az építéshelyen keletkező építési hulladékból készített adalékanyag kivételével – a BV-MI 01:2005 *fib* beton és vasbetonépítési műszaki irányelvben építőanyag-gyártási hulladéknak nevezik: „Építőanyag-gyártási hulladék a beton és vasbetonelemek, valamint feszített vasbetonelemek gyártása, továbbá a téglagyártás során keletkező megszilárdult beton és/vagy téglá hulladék, amely adalékanyagként betonkészítés céljára alkalmassá tehető. A szilárd építőanyag-gyártási hulladék gondos kezelés, elkülönített tárolás esetén egyenletes összetételű, ismert tulajdonságú, szennyeződésektől mentes adalékanyaggá válhat, amelynek újrahasznosítása általában a bontási és építési hulladék adalékanyagú betonnál szigorúbb minőségi követelményeket kielégítő beton előállítását is lehetővé teszi. Az építőanyag-gyártási hulladékot a jogszabályok esetenként építőanyag-gyártási selejtnak nevezik.”

Lásd még: Újrahasznosított adalékanyag

### Vízáteresztési együttható, vízáteresztő-képességi együttható, vízátbocsátási tényező

Lásd: Darcy-féle törvény

### Víz-cement tényező

A friss beton víz- és cementtartalmának tömegaránya.

### Víz-cement tényező egyenérték

Lásd: Víz-kötőanyag tényező

### Víz felületi feszültsége

A felületi feszültség a folyadék felszíne nagyságának megváltoztatásához szükséges munkát fejezi ki. A felületi feszültség a folyadék hőmérsékletének emelkedésével csökken (*Eötvös*<sup>79</sup> 1884). A víz felületi feszültsége ( $\sigma_{\text{víz}}$ ) a víz hőmérsékletének ( $t_{\text{víz}}$ ) függvényében:

---

<sup>79</sup> *Báró Eötvös Loránd* (1848, Buda – 1919, Budapest) fizikus, *báró Eötvös Józsefnek* (1813, Buda – 1871, Pest) – aki író, vallás- és közoktatásügyi miniszter, a Magyar tudományos Akadémia és a Kisfaludy Társaság elnöke volt – a fia. *Eötvös Loránd* a középiskolát magántanulóként, illetve a pesti piaristáknál végezte, majd beiratkozott a jogi fakultásra. Természettudományi ismereteit idehaza és a heidelbergi egyetemen szerezte. 1870-ben summa cum laude doktorált. A pesti Királyi Tudományegyetem bölcsészeti karán magántanári (1871), rendes tanári (1872), fizikai tanszékvezetői (1878) kinevezést kapott. 1873-ban a Fizikai Intézet igazgatója, 1873-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1883-ban rendes tagja lett, 1889-1905 között az Akadémia elnöki tisztét töltötte be. 1894 júniusától hét hónapon át volt vallás- és közoktatási miniszter. Tudományos tevékenységét az egyetemen élete végéig folytatta. Fő műve a gravitációs tér térbeli változásának mérésére szerkesztett világhírűvé vált torziós inga (*Eötvös*-inga). A kapillaritás jelenségével az 1870-es évek elejétől két évtizeden át foglalkozott, és felismerte

$$\sigma_{\text{víz}} = 0,076 \times (1 - 0,002 \times t_{\text{víz}}) \quad [\text{N/m}],$$

például  $t_{\text{víz}} = 20,4 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű víz esetén  $\sigma_{\text{víz}} = 0,0729 \text{ N/m}$ .

Például a higany, az étolaj, a petróleum felületi feszültsége rendre: 0,0491; 0,0330; 0,0270 N/m.

Mértékegysége:  $\text{J/m}^2$ , illetve N/m.

Lásd még: Kapilláris vízfelszívás, nedvesítési szög

### Vízfelvételi együttható

Lásd: Kapilláris vízfelszívási együttható

### Víz-finomrész tényező

Lásd: Finompép

### Víz-kötőanyag tényező

Az európai és nemzeti betonszabványok feltételei mellett a trasz, kohósalak, savanyú pernye, savanyú szilikapor, metakaolin II. típusú kiegészítőanyagokat a víz-cement tényezőben számításba szabad venni. Ebben az esetben a víz-cement tényező helyettesíthető a „víz/(cement +  $k \times$ kiegészítőanyag) tényező”-vel, amelyet „víz-kötőanyag tényező”-nek (esetleg „víz/kötőanyag tényező”-nek, ekvivalens víz-cement tényezőnek, víz-cement tényező egyenértéknek) nevezünk. A víz-kötőanyag tényező nevezőjében lévő mennyiség „fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom”. A „ $k$ ” tényező értékéről a betonszabványok (például MSZ 4798:2016, DIN 1045-2:2008, NF EN 206-1/CN) intézkednek.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 5.2.5.2.1. szakaszában bizonyos II. típusú kiegészítőanyagok adagolása esetén a  $k$ -érték figyelembevételével megengedik az előírt (megengedett) legkisebb cementtartalom ( $c_{\text{min}}$ ) csökkentését, az előírt legkisebb cementtartalom helyébe az előírt legkisebb kötőanyagtartalom lép. Például, ha az  $1,0 \text{ m}^3$  betömörített friss beton előírt cementtartalma  $c_{\text{min}} = 300 \text{ kg}$ , akkor a megengedett legnagyobb (11 tömeg%) szilikapor adagolás esetén (ha,  $k = 2$ ) a megkövetelt tényleges cementtartalom  $c_{\text{min,tényleges}} = 246 \text{ kg}$ -ra csökken, ugyanis az előírt kötőanyagtartalom (kötőanyag-egyenérték):  $c_{\text{min,tényleges}} + 2 \times 0,11 \times c_{\text{min,tényleges}} = 300$ , amiből  $c_{\text{min,tényleges}} = 300/1,22 = 246 \text{ kg}$ , a szilikaportartalom  $0,11 \times 246 = 27 \text{ kg}$ , és a tényleges kötőanyagtartalom  $246 + 27 = 273 \text{ kg}$ .

A példa szerinti cementtartalom csökkentéssel élve ugyanazon vízadagolás mellett a víz-kötőanyag tényező értéke egyenlő a víz-cement tényező megengedett értékével, mert például, ha a vízadagolás  $165 \text{ kg}$ , akkor a víz-cement tényező  $0,55 = 165/300$ , és a víz-kötőanyag tényező szintén  $165/(246 + 2 \times 27) = 165/300 = 0,55$ , hiszen a nevezők értéke változatlan.

Abban az esetben, ha a cementtartalmat a II. típusú kiegészítőanyag adagolást figyelembe véve nem csökkentjük, akkor a víz-cement tényező és a víz-kötőanyag tényező értéke eltérő. Ha a fenti példa szerint a vízadagolás  $165 \text{ kg}$ , cementtartalom  $300 \text{ kg}$  és a víz-cement tényező  $165/300 = 0,55$ , akkor a víz-kötőanyag tényező például szilikapor adagolás esetén  $165/(300 + 2 \times 0,11 \times 300) = 165/366 = 0,45$ , és a szilikaportartalom  $0,11 \times 300 = 33 \text{ kg}$ , a kötőanyagtartalom pedig  $333 \text{ kg}$ .

A víz-kötőanyag tényező jele:  $x_{\text{eq}}$  vagy  $x_{\text{kötőanyag}}$

Lásd még: Fiktív (képzelt) kötőanyagtartalom,  $k$ -érték elve

### Vízfelvétel, vízfelvevőképesség

A vízfelvétel az anyag víztartalmának lehetséges legnagyobb értéke, anyagjellemző.

---

a folyadékok különböző hőmérsékleten mért felületi feszültsége és molekulasúlya (relatív molekulatömege) közötti összefüggést (Eötvös-féle törvény). (Simonyi, 1978), ([https://hu.wikipedia.org/wiki/Eötvös\\_Loránd](https://hu.wikipedia.org/wiki/Eötvös_Loránd))

A vízfelvétel az általában légköri nyomáson és a fokozatos víztelítés módszerével vízzel telített anyag pórusaiban lévő víz tömegének és a kiszáritott anyag tömegének a hányadosa. Tömegarány. Kifejezhető tömeg%-ban is. Jele:  $n$  vagy  $n^{\text{tömeg\%}}$ .

Az adalékanyag vízfelvételét az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány, a megszilárdult beton vízfelvételét az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint kell meghatározni.

Ha az anyag vízfelvételét nem tömegarányban, illetve tömeg%-ban, hanem térfogatarányban, illetve térfogat%-ban fejezzük ki, akkor a látszólagos porozitást kapjuk. A térfogatarányban, illetve térfogat%-ban kifejezett vízfelvétele nem feltétlenül nevezik látszólagos porozitásnak (például MSZ 18284-3:1979).

A vizsgálati minta vízzel való telítésének és kiszáritásának sorrendje nem közömbös. A kiszáritás a minta vízzel való telítése előtt vagy után végezhető.

- Például beton esetén az MSZ 4715-3:1972 szabvány és könnyű kőanyagok esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány C melléklete szerint a kiszáritott állapotú próbatest vízfelvételét légköri nyomáson úgy kell meghatározni, hogy a próbatestet előbb ki kell szárítani, majd ezt követően kell vízzel kell telíteni. Ha a vízzel való telítésre a kiszáritás után kerül sor, akkor a vizsgálati anyag kezdeti víztartalmi állapotától függő sókiválás a vízfelvétel mértékét befolyásolhatja: a kiszáritás során a párologó vízből – amely víz általában több-kevesebb oldott sókat tartalmaz – a sók kiválnak, és a kapillárisokban visszamaradva, azokban méret és egyéb változásokat okozhatnak.
- Ugyanakkor például az építési kőanyagok MSZ 18284-3:1979 szabványa szerint és durva (nem könnyű) kőanyagok esetén az MSZ EN 1097-6:2013 szabvány B melléklete szerint, valamint az ISO 6783:1982 és ISO 7033:1987 vizsgálati szabvány szerint a kiszáritott állapotú minta vízfelvételét úgy kell meghatározni, hogy a mintát előbb vízzel kell telíteni, majd ezt követően kell kiszáritani. A betonok légritkított vagy túlnyomásos térben történő MSZ 4715-3:1972 szabvány szerinti vizsgálata során az eljárás sorrendje ugyanilyen. Ha a mintát előbb telítjük vízzel és azután szárítjuk ki, akkor a szárításkor esetleg bekövetkező sókiválás már nem befolyásolja a víztelítést, amely körülmény ennek a módszernek a követése mellett szól.

### Vízigény

A vízigény az adalékanyag, a cement és a beton esetére külön értelmezendő fogalom.

- Az adalékanyag vízigénye a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott szemmegoszlású (finomsági modulusú) adalékanyagban – adott idejű vibrálás után (lásd víztartóképeség) – megmaradt víz tömegének és az adalékanyag szemhalmaz tömegének hányadosa, amely az adalékanyag szemszerkezetétől (szemmegoszlás, szemalak és szeméresség) és agyag-izsaptartalmától függ. Tömegarány.
- A cement vízigénye az őrlésfinomság, illetve a fajlagos felület függvényét képezi.
- A beton vízigénye az adott konzisztenciához szükséges keverővíz mennyisége, amely a cement és az adalékanyag vízigényének függvénye. Mértékegysége:  $\text{kg/m}^3$

### Vízigény hányados

A vízigény hányadoson az MSZ EN 196-3:2017 szerinti szabványos folyósságú kötőanyagpép és cementpép víztartalmának hányadosát kell érteni. Például metakaolin esetén 85 tömeg% CEM I 42,5 N jelű cement + 15 tömeg% metakaolin összetételű kötőanyag-keveréken és 100 tömeg%-ban cementtartalmú kötőanyagot kell meghatározni.

### Vízkeménység

A víz keménységét fokban fejezik ki, és azt a vízben oldott alkáliföldfémionok (például kalcium, magnézium, bárium, stroncium) mennyisége határozza meg. A víz *összes keménysége* a változó és az állandó keménység összege. A *változó keménységet* karbonát-keménységnek is

nevezik, és azt a vízben oldott kalcium-hidrogén-karbonát ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) és magnézium-hidrogén-karbonát ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) mennyisége határozza meg. A karbonát-keménység része az összes keménységnek. A karbonát-keménység forralással csökkenthető, mert forraláskor a hidrogén-karbonátok vízben oldhatatlan karbonátok formájában kiválnak. Az *állandó keménységet* a vízben oldott szulfátok (például kalcium-szulfát,  $\text{CaSO}_4$ ; magnézium-szulfát,  $\text{MgSO}_4$ ), kloridok (például kalcium-klorid,  $\text{CaCl}_2$ ) és nitrátok (például kalcium-nitrát,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) okozzák, amelyek a vízből forralás hatására sem válnak ki.

A víz keménységét ma a korábbi német, angol, francia, amerikai vízkeménységi fok helyett általában az SI-mértékegységrendszerben a víz alkáliföldfémion-tartalmával mol/liter, vagy kis koncentráció esetén millimol/liter (mmol/liter) mértékegységben fejezik ki.

Magyarországon a vízkeménység jellemzésére többnyire a német keménységi fokot használták. Jele Magyarországon: nk<sup>o</sup>, német nyelvterületen: °dH. A víz 1 nk<sup>o</sup> keménységű, ha 10 mg/liter kalcium-oxiddal (CaO) egyenértékű kalciumvegyületet vagy 7,19 mg/liter magnézium-oxiddal (MgO) egyenértékű magnéziumvegyületet tartalmaz. A kalcium-oxid relatív molekulatömege  $40,08 + 16,00 = 56,1/\text{mol}$ , amiből a moláris tömeg  $56,1 \text{ g/mol} = 56,1 \text{ mg/mmol}$ . Az egy liter vízben lévő 10 mg kalcium-oxid  $10/56,1 = 0,178 \text{ mmol}$ -nak felel meg, tehát  $1 \text{ nk}^o = 0,178 \text{ mmol/liter}$  és  $1 \text{ mmol/liter} = 5,61 \text{ nk}^o$ . Magnézium-oxid esetén ugyan erre az eredményre jutunk, ugyanis a magnézium-oxid relatív molekulatömege  $24,30 + 16,00 = 40,3/\text{mol}$  és moláris tömege  $40,3 \text{ mg/mmol}$ . Az egy liter vízben lévő 7,19 mg magnézium-oxid  $7,19/40,3 = 0,178 \text{ mmol}$ -nak felel meg, azaz  $1 \text{ nk}^o = 0,178 \text{ mmol/liter}$ .

Az 1 °fH francia keménységi fokú víz 10 mg/l kalcium-karbonátnak ( $\text{CaCO}_3$ ) megfelelő mennyiségű kalcium- és magnéziumvegyületet tartalmaz. A kalcium-karbonát relatív molekulatömege:  $40,08 + 12,01 + 3 \times 16,0 = 100,1/\text{mol}$ , amiből a moláris tömeg  $100,1 \text{ g/mol} = 100,1 \text{ mg/mmol}$ . Az egy liter vízben lévő 10 mg kalcium-karbonát  $10/100,1 = 0,100 \text{ mmol}$ -nak felel meg, tehát  $1 \text{ °fH} = 0,100 \text{ mmol/liter}$  és  $1 \text{ mmol/liter} = 10,00 \text{ °fk}$ , továbbá  $1 \text{ °fH} = 0,561 \text{ °dH}$ .

A víz 0–4 nk<sup>o</sup> között nagyon lágy, 4–8 nk<sup>o</sup> között lágy, 8–18 nk<sup>o</sup> között közepesen kemény, 18–30 nk<sup>o</sup> között kemény, 30 nk<sup>o</sup> felett nagyon kemény.

Az SI-mértékegységrendszerhez igazodva a víz keménységének a mértékét újabban mmol/liter függvényében is ki szokták fejezni.

- A víz lágy, ha az alkáliföldfémion-tartalom 0-1,25 mmol/liter (0-7 nk<sup>o</sup>);
- kissé kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom 1,25-2,50 mmol/liter (7-14 nk<sup>o</sup>);
- kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom 2,50-3,75 mmol/liter (14-21 nk<sup>o</sup>) és
- nagyon kemény, ha az alkáliföldfémion-tartalom 3,75-5,00 mmol/liter (21-28 nk<sup>o</sup>).

Svájcban például kicsinek általában a  $\leq 1,5 \text{ mmol/liter}$ , azaz a  $\leq 8,41 \text{ °dH}$  vízkeménységet, nagyoknak általában a  $> 1,5 \text{ mmol/liter}$ , azaz a  $> 8,41 \text{ °dH}$  vízkeménységet tekintik.

Az esővíz keménysége általában (2 – 3) nk<sup>o</sup>, tehát az esővíz nagyon lágy víz. A vízellátásban a nagyon kemény vizet központilag szokták lágyítani.

A víz keménységét az MSZ 448-21:1986 vagy az ASTM D 1126:2012 szabvány szerint lehet meghatározni.

### Vízoszlopnomás

A H<sub>2</sub>O mm nyomásegység (vízoszlopnomás) egyetlen mértékegységrendszernek sem egysége.

1 vízoszlop-milliméter nyomást fejt ki az 1,0 mm magasságú vízoszlop, ha a külső nyomás 1,0 atm (fizikai atmoszféra), azaz  $\sim 0,1 \text{ N/mm}^2$ .

$1 \text{ H}_2\text{O mm (vízoszlop-milliméter)} = 1,0 \text{ kp/m}^2$  (m-kp-s mértékegységrendszerben) =  $9,81 \text{ N/m}^2$  (SI-mértékegységrendszerben) =  $10^{-4}$  at (technikai atmoszféra).

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betont

- ha vízszlopnymása  $> 100$  mm és  $< 2000$  mm, akkor XV1(H) környezeti osztályba,
- ha vízszlopnymása  $\geq 2000$  mm és  $\leq 10000$  mm, akkor XV2(H) környezeti osztályba,
- ha vízszlopnymása  $> 10000$  mm, akkor XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Nyomás nélkülinek tekintjük a vizet, ha vízszlopnymása  $\leq 100$  mm (*Lohmeyer – Ebeling* 2009), ilyen esetben a nedves közegbe ágyazott (például talajvízszint felett a talajba kerülő) betont vízfelvétele alapján az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti XV0(H) környezeti osztályba soroljuk. Az XV0(H) környezeti osztály általában más környezeti osztállyal társítva a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek vízfelvétel korlátozására is alkalmas lehet. Az XV0(H) környezeti osztályba sorolás feltételeiről részletesebben a *10. fejezetben* szólunk.

### Víztartóképesség, víz megtartó képesség

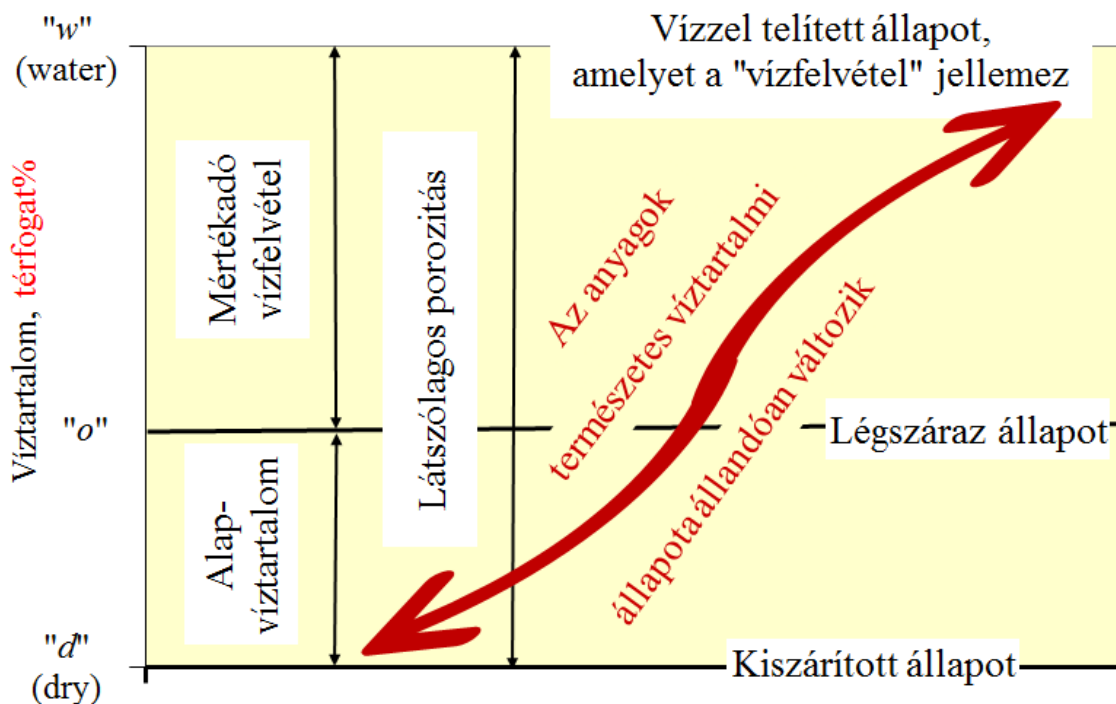
A víztartóképesség az adalékanyag és a beton esetére külön értelmezendő fogalom (*Ujhelyi* 2005).

- Az adalékanyag víztartóképessége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása után a vizsgálati eljárás szerint nedvesített, adott finomsági modulusú adalékanyagban a vízigénynek nevezett vízmennyiség marad. Mértékegysége: *s*
- A beton víztartóképessége az a másodpercben kifejezett vibrálási idő, amelynek alkalmazása során az adott konzisztenciájú betonból a cementpép elkezd kifolyni. A beton víztartóképességének értéke közelítőleg megfelel a beton konzisztenciáját kifejező VEBE-méteres átfórási idő másodpercben kifejezett értékével. A beton víztartóképessége azt is kifejezi, hogy milyen időtartamig szabad az adott víztartalmú betonkeveréket vibrálni, hogy ne következzen be szétosztályozódás. Mértékegysége: *s*

### Víztartalmi állapot

Az anyag víztartalmi állapota kiszáritott, vízzel telített és légszáraz lehet. Kiszáritott állapotban az anyagnak nincs víztartalma. Vízzel telített állapotban az anyag víztartalma a lehetséges legnagyobb, ezt vízfelvételnek nevezzük. A vízfelvétel anyagjellemző. Légszáraz állapotban az anyagnak ún. alapvíztartalma van, amelynek értéke pillanatnyi, a tárolási, környezeti körülményektől függ, ezért nem anyagjellemző, hanem állapotjellemző. A vízfelvétel és az alapvíztartalom különbségét mértékadó vízfelvételnek nevezzük, ez a légszáraz anyag vízfelvétele, amely pillanatnyi érték, állapotjellemző és nem anyagjellemző.

A víztartalmi állapotokat az *1.34. ábrán* szemléltetjük.



1.34. ábra: Víz tartalmi állapotok

Lásd még: Víz tartalom

### Víz tartalom, nedvességtartalom

Az anyag hidrotechnikai állapotjellemzőinek egyike. Minthogy értéke egy pillanatnyi állapothoz tartozik, kifejezett anyagjellemzőnek nem tekinthető. A víz tartalom az adott időpontban az anyag pórusaiban lévő víz tömegének és a kiszáritott anyag tömegének hányadosa. Tömegarány. Kifejezhető tömeg%-ban is.

Vannak tudományágak, szabványok (például MSZ 18284-3:1979, MSZ EN 1353:1999), amelyekben a víz tartalmat, a víz felvételt nemcsak tömeg%-ban, hanem térfogat%-ban is kifejezik, vagy csak térfogat %-ban fejezik ki (lásd az 1.34. ábrát).

Az adalékanyag víz tartalmát az MSZ EN 1097-5:2008 szabvány, a megszilárdult beton víz tartalmát az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint kell meghatározni. Némely gyakorlati esetben előfordul, hogy az anyag pórusaiban lévő víz tömegét nem a kiszáritott, hanem a vizes anyag tömegére vonatkoztatják, amit adatközléskor a félreértések elkerülése érdekében feltétlenül ki kell hangsúlyozni (például annak a pernyének, amelynek a kiszáritott pernye tömegére vonatkoztatott víz tartalma mintegy 48 tömeg%, a vizes pernye tömegére vonatkoztatott víz tartalma mintegy 32 tömeg%).

Lásd még: Víz tartalmi állapot

### Vizsgálati adag

Lásd: Egyedi vizsgálati minta

### Vizsgálati minta, minta

Lásd: Minta, vizsgálati minta

### Visszanyert mosott adalékanyag

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint visszanyert mosott adalékanyag alatt a fel nem használt friss beton mosása és osztályozása révén keletkező adalékanyagot kell érteni. A visszanyert



mosott adalékanyagot az építési folyamatban még nem használták fel. A visszanyert mosott adalékanyag elsősorban transzportbeton keverő üzemekben keletkezik.

### Visszanyert tört adalékanyag

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint visszanyert tört adalékanyag alatt az építési folyamatban még fel nem használt megszilárdult beton törése és osztályozása révén kapott adalékanyagot kell érteni. A visszanyert tört adalékanyag elsősorban betonelemgyárakban, építéshelyi előregyártó-üzemekben és építéshelyeken keletkezik.

### Visszapattanási érték

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat (MSZ EN 12504-2:2013) mérőszáma.

### Weibull-eloszlás

A matematikai statisztika egyik legnépszerűbb, a mérnöki tudományokban is szívesen alkalmazott modellje az extrémérték-eloszlások (más szóval: extrémális-eloszlások) családjába tartozó *Weibull*<sup>80</sup>-féle valószínűségi eloszlás, amelyet III. típusú extrémérték-eloszlásnak is neveznek, és amely lényegében azonos a *Rosin-Rammler-Sperling-Bennett*-eloszlással, röviden *RRSB*-eloszlással (*Rinne* 2008).

Lásd még: A *Weibull*-eloszlás fogalmát részletesen az *F1.3. függelékben* tárgyaljuk.

### Zöldbeton

Zöldbetonnak a beépített és betömörített, de még kötés előtt lévő friss betont nevezik, amelynek „zöld szilárdsága” (mintegy 0,1-0,3 N/mm<sup>2</sup>, legfeljebb 0,5 N/mm<sup>2</sup>) nem a hidratáció, hanem a cementpép reológiai folyáshatárának és adhéziós erejének tudható be.

### Zsaluzat

Építéshelyen egyedileg összeállított formarendszer monolit beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek, szerkezeti elemek készítéséhez.

Lásd még: Sablon

### Young-modulus

A rugalmassági modulus elnevezése *Thomas Young*<sup>81</sup> után.

Lásd még: Rugalmassági modulus

### $\Gamma$ valószínűségi eloszlás

Lásd: Gamma-eloszlás

### $\chi^2$ -eloszlás, $\chi^2$ valószínűségi eloszlás

A  $\chi^2$ -eloszlás – amelyet szokás *Pearson*-eloszlásnak, illetve ritkábban *Helmert*-eloszlásnak is nevezni –  $x \geq 0$  valószínűségi változóra érvényes egyoldalú eloszlás, amely a  $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$  független,  $N(0,1)$  normál eloszlású valószínűségi változók  $\chi^2 = \chi_1^2 + \chi_2^2 + \dots + \chi_n^2$  négyzetösszegének  $n$  szabadságfokú  $\chi^2$  eloszlását írja le:  $F_{\chi^2_n}(x) = P(\chi_1^2 + \chi_2^2 + \dots$

<sup>81</sup> *Thomas Young* (1773, Milverton – 1829, London) angol orvos, fizikus, festő, zenész polihisztor, aki a nevét viselő anyagjellemzőt, a rugalmassági moduluszt „E” betűvel jelölve, a „A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts” című két kötetes könyvében Londonban, 1807-ben publikálta. (*Herzog*, 2010), (*Bojtár*, é.n.)

+  $\chi_n^2 \leq x$ ).

A  $\chi^2$ -eloszlás ( $a = 1/2$ ,  $p = n/2$ ) együtthatójú (paraméterű) gamma-eloszlás, így a  $\chi^2$ -eloszlású változó sűrűségfüggvénye:

$$f_n(x) = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot x^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{x}{2}}, \quad \text{ha } x \geq 0$$

és  $f_n(x) = 0$ , ha  $x < 0$ , ahol  $\Gamma$  a gamma-függvény. A  $\chi^2$ -eloszlás várható értéke  $n$  és szórásnégyzete  $2 \times n$ .

Ha  $x_1, x_2, \dots, x_n$  egy ismeretlen  $\sigma^2$  elméleti szórásnégyzetű normális eloszlású alapsokaságból származó véletlen minta, akkor az  $s^2$  tapasztalati szórásnégyzet az

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

összefüggéssel becsülhető meg, ahol  $\bar{x}$  az  $x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$  független valószínűségi változók ismeretlen átlaga, és a  $\chi^2$ -eloszlású,  $n-1$  szabadságfokú hányados:

$$\frac{(n-1) \cdot s^2}{\sigma^2}$$

Ha a valószínűségi változók átlaga ismert ( $\mu$ ), akkor a  $\sigma^2$  elméleti szórásnégyzet becslő összefüggése:

$$\bar{s}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

és a  $\chi^2$ -eloszlású,  $n$  szabadságfokú hányados:

$$\frac{n \cdot \bar{s}^2}{\sigma^2}$$

Az  $n$  szabadságfok növekedésével ( $n \gg 100$ ) a  $\chi^2$ -eloszlás a Gauss-féle normális eloszláshoz tart.

A centrális  $\chi^2$ -eloszlást a zérus középpértékű, egységnyi szórásnégyzetű Gauss-eloszlású változók négyzeteinek összegezésével kapjuk. A független, egységnyi szórásnégyzetű Gauss-eloszlású változók négyzeteinek összege, amelynek a középpértéke nem zérus, a  $\chi^2$ -eloszlás általánosításához vezet, és nem-centrális  $\chi^2$ -eloszlásnak hívják.

A  $\chi^2$ -eloszlást a normál eloszlású alapsokaság szórásnégyzete konfidenciahatárainak becslésére szokták használni.

A  $\chi^2$ -eloszlás az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszának (8) bekezdésében, illetve L mellékletének 16. sorában a folyamatos betongyártás  $s_n$  tapasztalati szórása megfelelőségének vizsgálata során jut szerephez.

Lásd még: *Student-tényező*

## 2. SZABVÁNYOKRÓL

### 2.1. SZABVÁNYOSÍTÁS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

Magyarországon a szabványosítás a szabványokat is készítő, 1867-1944 között – 1871-ig Magyar Mérnök-Egyesület néven – működött *Magyar Mérnök- és Építészegylet* megalakulását követően vette kezdetét. Az első szabványokat 1868-ban a fiumei vasútépítésnél alkalmazták a sínekre, talpfákra és a vasúti felépítményekre. 1871-ben *Erdey Benedek*<sup>82</sup> a vasúti fahidak szabványterveiről írt tanulmányt. Az építőanyagok rendszerbe illő szabványosítását *Ybl Miklós*<sup>83</sup> irányításával 1875-ben kezdték el. 1889-ben a tűzoltófecskendők tömlőit és csavarpárjait, 1892-1893 között a vasgerendákat, téglákat, cserépszindelyeket szabványosították. A *Magyar Ipari Szabványosító Bizottság* 1921-ben önálló szakmai szervezetként *Kandó Kálmán*<sup>84</sup> alelnökségével jött létre, és rövid időn belül bekapcsolódott a nemzetközi életbe<sup>85</sup>. Már 1922-ben külön albizottságot hoztak létre a csavarmenetek szabványosítására, 1923-ban pedig a széngazdasági szabványok kidolgozására. A Magyar Ipari Szabványosító Bizottság anyagi gondok miatt 1931-ben megszűnt.

A kereskedelmi miniszter rendeletével 1933-ban megalapították a függetlenített *Magyar Szabványügyi Intézetet*. A Magyar Szabványügyi Intézetben kiadott szabványok alkalmazása a közszállításoknál kötelező volt, jelük: MOSz. Elsők között szabványosították például a hengerelt folytacél lemezeket (MOSz 21:1933 és MOSz 23:1933), a portlandcementet (MOSz 32:1933), a keramitkövet (MOSz 37:1933), az ötvözött acélokat (MOSz 68:1934 és

---

<sup>82</sup> *Erdey Benedek* az 1870-es években a Magyar Mérnök- és Építészegylet választmányi tagja és könyvtárnoka volt, és 1887-ben rendes tagként tartották nyilván az Erdélyi Magyar Közművelődési Egyesületben (EMKE).

<sup>83</sup> *Ybl Miklós* (1814, Székesfehérvár – 1891, Budapest) a XIX. század második felének legnagyobb magyar építésze, többek között a főtéri és a budapesti Bakáts téri római katolikus templom, a Budai Takarékpénztár, a Bródy Sándor utcai régi Képviselőház (ma Olasz Kultúrintézet), a Festetics-palota, a Károlyi-palota, az egykori Fővám-palota (ma Budapesti Corvinus Egyetem), a Várkert Kioszk és Bazársor, a királyi palota trónterme és krisztinavárosi szárnya, az Operaház és számos vidéki templom, kastély, bérház tervezője és építője.

<sup>84</sup> *Kandó Kálmán* (1869, Pest – 1931, Budapest) világhírű magyar gépészmérnök, a Műegyetem tiszteletbeli doktora, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, felsőházi tag, 1924-től a Magyar Mérnöki Kamara elnöke. Tervei alapján épült az első váltakozó áramú nagyvasúti villamosvonal az általa kidolgozott nagyfeszültségű háromfázisú rendszer alapján, ezt követően egyenáramú gyorsvonati mozdonyt épített, majd kifejlesztette a vasútvillamosítási fázisváltós rendszert és megtervezte a nevét viselő villamosmozdonyt stb.

<sup>85</sup> Részletek a *Magyar Ipari Szabványosító Bizottság* – a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye LVII. kötet. 1-2. (1923. január 14.) számának 8. oldalán megjelent – közleményéből: „Nemzetközi normália-lexikon. A svájci szabványosító bizottság egy az ipari szabványosítás terén előforduló szavaknak idegen nyelvekre való lefordításáról és nemzetközi összegyűjtését célzó német tervezetet küldött a Magyar Ipari Szabványosító Bizottsághoz azzal a kéréssel, hogy közölje a tervezetre vonatkozó véleményét... A tervezet egy központi szervet javasol, amely központi szerv az egyes országok szabványosító bizottságai útján összegyűjti az illető ország nyelvén megjelent mindazon cikkeket, amelyekben a szabványosításra vonatkozó szavak és fogalmak nagy számmal szerepelnek... A központ az összegyűjtött különböző nyelvű fordításokat egymás mellé rendezi és idővel egy többnyelvű nemzetközi normália-lexikonná dolgozza föl. E nemzetközi normális-lexikonba ez illető szabványosító bizottságok megalakulásának időrendjében, a tervezet szerint a következő nyelvek vétetnek föl: 1. angol, 2. holland, 3. német, 4. francia, 5. svéd, 6. olasz, 7. norvég, 8. magyar... A Magyar Ipari Szabványosító Bizottság tehát már eddigi működésével is magára vonta a külföld figyelmét és olyan eredményre mutathat rá, ami a mai viszonyok között különösen nagy jelenlétességgel bír, hogy a művelt nyugati államoknak ebbe a nemzetközi kultúrmunkájába az izolált kis Magyarország is meghívást nyert. Szabványosító Bizottságunk válaszában a legnagyobb örömmel jelentette be csatlakozását a javaslatához, hangsúlyozva, hogy ennek a megvalósítására talán minékünk van a legnagyobb szükségünk.”

MOSz 69:1934), az építési fehér meszet (MOSz 108:1934), a tömör égetett falitégglát (MOSz 109:1934), a mézshomoktégglát (MOSz 133:1934). A szemcsék vagy porok szemnagyságának ellenőrzését szolgáló sziták fémhuzalszöveti szabványának a száma MOSz 695:1942 volt. A Magyar Szabványügyi Intézet keretében 1941-ben életre hívták az ipari miniszter felügyelete alatt működő *Magyar Szabványügyi Intézet Egyesületet*, amelyet 1945 után feloszlattak, a Magyar Szabványügyi Intézetet vagyonának állami tulajdonba vételével 1948-ban államosították. Az összes 1945 előtt kibocsátott MOSZ szabvány száma mintegy 900 volt (Pónyai 2010).

A szabványok jele 1945-ban MNOSZ lett. Ebben az időben dolgozták ki a beton és alapanyagai vizsgálatának első szabványát (MNOSZ 934:1949). A Magyar Szabványügyi Intézetből 1951-ben kormányzati hivatalként alapították meg a *Magyar Szabványügyi Hivatalt* (MSZH). Ezekben az években már az MSZH adta ki a természetes kövek vizsgálati módszerének szabványát (MNOSZ 1991:1951), az osztályozott beton adalékanyagok szabványát (MNOSZ 1992:1951), a vasbetonszerkezetek átmeneti érvényű méretezési szabványát (MNOSZ 15022:1951 Á), az utépítési célú osztályozott adalékanyagok szabványát (MNOSZ 14605:1953), a megszilárdult beton vizsgálatának szabványát (MNOSZ 4715:1955). Az 1945 előtti MOSz szabványokat az 1953-1954 években érvénytelenítették, egy részét MNOSZ szabványokkal helyettesítették. 1957-től a szabványok jele már MSZ, példa erre a korabeli kő- téglá-, vasalt téglá- és betonszerkezetek méretezése szabványának (MSZ 15023:1958), vagy a betonszabványnak (MSZ 4719:1958) a jele (2.1. táblázat).

### 2.1. táblázat: A magyar nemzeti szabványok jele

Évszám	A szabvány jele	A szabvány jelének jelentése
1921-1945	MOSz	Magyar Országos Szabvány
1945-1957	MNOSZ	Magyar Népköztársasági Országos Szabvány
1957-1989	MSZ	Magyar Népköztársasági Országos Szabvány
1989-	MSZ	Magyar Szabvány

1963-ban 48 ágazati szabványközpontot létesítettek, amelyek ágazati szabványokat és műszaki irányelveket készítettek. Az Építésügyi Szabványosítási Központ illetékességében jelent meg például az ÉSZKMI 19:1977 (1977) ágazati műszaki irányelv és annak második része, az ÉSZKMI 19:1977 K (1977).

Műszaki irányelveket és előírásokat az Építésügyi Minisztérium (1949-1967), az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium (1967-1988), majd a Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium (1988-1990), valamint az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium (1990-1996) is adott ki. Néhány példa: Az IME-37-59 (1959) ideiglenes műszaki előírás, az IMI 27-63 (1963) ideiglenes műszaki irányelv, az ME-19:1963 (1963), az ME-48-63 (1963), az ME 107-75 (1975) műszaki előírás volt. Később a építésügyi ágazati műszaki irányelvek MI-04 jelet kaptak, mint például az MI-04.137:1978, az MI-04.19:1981, az MI-04.560/1:1981, az MI-04-562:1992 műszaki irányelv is. A műszaki irányelvek a szerződő felek egymás közötti megállapodása esetén voltak irányadók.

A tudományos, műszaki és gazdasági területeken az ipari és kereskedelmi szabványok egységesítésére 1947-ben, Londonban létrehozták az ISO Nemzetközi Szabványügyi Szervezetet, amelynek egyes szabványait Magyarországon bevezették (honosították). Ilyen volt például az azóta már visszavont MSZ ISO 1920:1990, MSZ ISO 2736-1:1991, MSZ ISO 2736-2:1991, MSZ ISO 4103:1992, MSZ ISO 4109:1993, MSZ ISO 4110:1993, MSZ ISO 4111:1993, MSZ ISO 4848:1992 nemzetközi szabvány is.

Az egykori közép- és kelet-európai szocialista országok gazdasági együttműködésére 1949-ben alapított a KGST szervezet (1991-ben Budapesten oszlatták fel) szabványainak nagy részét Magyarországon is bevezették. Példa erre a visszavont MSZ KGST 1565-1974, MSZ

KGST 2045:1979 jelű szabvány. Az MSZ szabványok érvényességét a KGST szabványok nem befolyásolták.

A XX. század első felének fontos előírásai közé tartozott a Magyar Mérnök- és Építész Egylet 1932-ben kiadott, a vasbeton szerkezetek tervezésére, építésére és építésük ellenőrzésére vonatkozó Vasbeton Szabályzata. A szabályzat az acéltartós vasbetonfödémek acéltartóira, az idomtestes vasbetonfödémekre és az acélbetétes téglafödémekre is tartalmazott előírásokat.

A közúti hidak, így a közúti betonhidak, vasbetonhidak, feszített vasbetonhidak tervezését, építését, átalakítását, megerősítését, újjáépítését, próbaterhelését a Közúti Hídszabályzat előírásai szerint kellett végezni. A Közúti Hídszabályzatot először 1910-ben közúti hídszabályrendelet néven, majd 1935-ben, 1950-ben és 1967-ben adták ki, és közlekedési, postai és távközlési ágazati szabványként 1966-ban MSZ-07-3201:1967 jelzet alatt, valamint 1979-ben MSZ-07-3201-M:1979 jelzet alatt módosították. Az 1967. évi Közúti Hídszabályzat alkalmazását a 23/1967. KPM számú miniszteri utasítás rendelte el.

Vasúti Hídszabályzatot a MÁV Magyar Államvasutak adott ki először a kereskedelemügyi miniszter 36.666/1907. számú rendeletével 1906-ban vasúti hídszabályrendelet néven, majd a közlekedésügyi miniszter 7680/C/4/1951.-I/10 B. számú rendeletével 1951-ben. Az 1906. évi Vasúti Hídszabályzat, és annak 1926. évi módosítása csupán az acélhidakkal foglalkozott. Az 1951. évben érvénybe lépett Vasúti Hídszabályzatnak már a beton és vasbeton vasúti hidak is tárgyát képezték, és érvénye a MÁV szabványos nyomtávú vonalainak hídjain felül a többi közforgalmú szabványos és keskeny nyomtávú vasút hídjára is kiterjedt.

Az ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat alkalmazását a 16/1970. (VII.23.) ÉVM-KGM-NIM-KPM számú miniszteri együttes rendelet írta elő. Az ÉKSZ kilenc kötetből, és 89 munkanemből állt. Az egyes kötetek egy-egy munkanem-csoport előírásait foglalták össze. Az építmények alapozásával a III., az épületszerkezetekkel a IV., a vízepítési szerkezetekkel az V., a közlekedési mélyépítményekkel a VI., a különféle mérnöki szerkezetekkel a VII. kötetben foglalkoztak.

**Összegezve:** Magyarországon az első szabványokat 1868-ban a fiumei vasútépítésnél alkalmazták a sínekre, talpfákra és a vasúti felépítményekre. Az építőanyagok rendszeres szabványosítását 1875-ben kezdték el, 1892-1893 között a vasgerendákat, téglákat, cserépszindelyeket szabványosították. A vasbeton szerkezetek tervezésére, építésére és építésük ellenőrzésére vonatkozó Vasbeton Szabályzatot 1932-ben adták ki. A portlandcementekkel foglalkozó első szabvány (MOSz 32) 1933-ban, a beton és alapanyagai vizsgálatának első szabványa (MNOSZ 934) 1949-ben jelent meg.

A mai Magyar Szabványügyi Testület elődjének tekinthető függetlenített Magyar Szabványügyi Intézetet 1933-ban alapították meg. Az. ISO Nemzetközi Szabványügyi Szervezetet 1947-ben hozták létre, a CEN Európai Szabványügyi Bizottság 1961-ben alakult meg.

A szabványok alkalmazása lényegében 1933-tól egészen 2001-ig kötelező volt.

Hazánkban a szabványok mellett 1949-től műszaki irányelveket és előírásokat is kiadtak.



## 2.2. SZABVÁNYOSÍTÁS NAPJAINKBAN

A magyar szabványok betűjelzete MSZ, az európai (CEN és CELENEC) szabványoké EN, a telekommunikációs szabványoké ETSI ES, a nemzetközi szabványoké ISO, a Magyarországon bevezetett (honosított) szabványoké MSZ EN, MSZ EN ISO, MSZ ISO vagy MSZ ETSI ES. A módosított CEN és ISO szabványokat +A...:évszám, illetve /A...:évszám jellel látják el, ahol az „A” betűjel az angol amendment szó rövidítése. A +A...:évszám jelű szabvány kiadása során a módosítás szövege beépítésre kerül az eredeti szövegbe, és az egész módosított szabvány került újból kiadásra új évszámmal, egyúttal visszavonva a korábbi változatot; míg a /A...:évszám jelölés esetén csak a módosítás szövege kerül külön kiadásra, és így a korábbi szabványt nem vonják vissza. A módosított magyar nemzeti szabványok toldalékjele /...M:évszám, az ilyen szabvány csak a módosításokat tartalmazza, és az alapszabványt nem vonják vissza. Példa erre a betonszabvány MSZ 4798:2016/1M:2017 vagy MSZ 4798:2016/2M:2018 jelű módosítása.

Ismert a CEN/TR (Technical Report) európai műszaki jelentés és a CEN/TS (Technical Specification) európai műszaki specifikáció rendszere is. A módosítási eljárásba vont európai műszaki specifikáció módosítástervezete DD CEN/TS (Draft for Development for Technical Specifications) jelet kap. A módosítási eljárás végén a DD CEN/TS módosítástervezetet a PD CEN/TS (Published Dokument Technical Specifications) bevezetett Európai Műszaki Specifikáció váltja fel, amelynek szövege azonos a PD előtagot vesztett új CEN/TS szövegével. A bevezetett PD CEN/TS Európai Műszaki Specifikáció fejlécében megjelenik a CEN/TS jelzet is.

Az első szabványokat Angliában, a XIX. században alkották meg. Nemzetközi szabványosítási szervezetek 1906. után jöttek létre, ezeket váltotta fel az 1947-ben megalakult, genti központú Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO), amelynek ma 162 tagja van. A döntéshozó bizottságokban minden ISO-tagállam nagyságától függetlenül egy szavazattal rendelkezik, és egy szavazata van a munkabizottságokban a szakértőknek is.

Az európai szabványt elfogadni, kiadni jogosult szervezetek, így az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 1961-ben, az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) 1973-ban, az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI) 1988-ban alakult meg. A CENELECa elektrotechnikai, az ETSI telekommunikációs szabványosításért felel, míg az összes többi ezek kivételével a CEN feladata. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) együttműködik a Nemzetközi Szabványügyi Szervezettel (ISO) és a Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottsággal (CELENEC).

A CEN nonprofit társadalmi szervezet, amelyet az EWG és az EFTA tagállamai hoztak létre az európai kereskedelem, a polgári lét és a környezetvédelem elősegítése céljából. Székhelye Brüsszelben van.

A CEN-nek 34 ország szabványügyi szervezete a tagja (zárójelben a tagtestület nevének rövidítése): Ausztria (ASI), Belgium (NBN), Bulgária (BDS), Ciprus (CYS), Csehország (UNMZ), Dánia (DS), Egyesült Királyság (BSI), Észtország (EVS), Finnország (SFS), Franciaország (AFNOR), Görögország (NQIS/ELOT), Hollandia (NEN), Horvátország (HZN), Írország (NSAI), Izland (IST), Lengyelország (PKN), Lettország (LVS), Litvánia (LST), Luxemburg (ILNAS), Macedónia (ISRM), Magyarország (MSZT), Málta (MCCAA), Németország (DIN), Norvégia (SN), Olaszország (UNI), Portugália (IPQ), Románia (ASRO), Spanyolország (UNE), Svájc (SNV), Svédország (SIS), Szerbia (ISS), Szlovákia (UNMS), Szlovénia (SIST), Törökország (TSE); amelyek közül az Egyesült Királyság, Macedónia, Svájc, Szerbia és Törökország nem tagja az Európai Uniónak (CEN-CENELEC 2017).

A CEN társult tagjai: Albánia, Azerbajdzsán, Bosznia-Hercegovina, Egyiptom, Fehéroroszország, Georgia (Grúzia), Izrael, Jordánia, Libanon, Líbia, Marokkó, Moldova,

Montenegró, Örményország, Tunézia és Ukrajna; az együttműködő szabványügyi szervezetek pedig: Ausztrália, Kirgizisztán és Mongólia.

A CEN/CELENEC-ben az európai szabványok és javaslatok sorsáról súlyozott szavazással döntenek. A CEN + CENELEC szavazási pontszámok az ország lélekszámával arányosak; a pontszámok összege 412. A 2.2. táblázat, illetve a 3.1. és 3.2 ábra szerint Magyarország 12 pontja  $100 \times 12 / 412 = 2,91$  százaléknak felel meg.

A kidolgozott európai szabványt vagy javaslatot akkor fogadják el, ha:

- több ország szavaz mellette, mint ellene;
- a súlyozott szavazatok legalább 71 százaléka igenlő.

A szavazástól való tartózkodás nem számít szavazatnak.

A szabványos előírások Magyarországon már 1868-tól megjelentek. Az építőanyagok szabványosítását 1875-ben kezdték el *Ybl Miklós* irányításával (Magyar Mérnök- és Építészegylet). 1921-ben, a világon a legelsőként alakult meg a magyar szabványosítás első hivatalos szervezete, a Magyar Ipari Szabványosító Bizottság, amelynek alelnöki tisztségét *Kandó Kálmán* töltötte be. 1933-tól kezdett el működni a Magyar Szabványügyi Intézet, amelyet 1941-ben átszerveztek és életre hívták az iparügyi miniszter felügyelete alatt működő Magyar Szabványügyi Intézet Egyesületet. Ez utóbbit 1948-ban feloszlatták, a keretében működő Magyar Szabványügyi Intézetet pedig államosították, ezzel a szabványosítást az állam közvetlen irányítása alá helyezték. A szabványosítás átalakításának befejezéseként 1951-ben létrehozták a Magyar Szabványügyi Hivatalt, amely az államigazgatás részévé vált. A magyar állami szabványosítás 1994-ig két, országos és ágazati szinten működött, és a jogszabályokhoz hasonlóan – az ajánlott szabványok kivételével – a szabványok betartása is kötelező volt (<http://www.mszt.hu/web/guest/a-szabvanyositas-tortenete>).

A szabványrendszer addigi többszintűségét a 42/1994 (III.25.) kormányrendelet szüntette meg azzal, hogy a 6. § előírta „az egyszintű nemzeti szabványosítás<sup>86</sup> bevezetésével kapcsolatos feladatok”-at, és az országos és ágazati szabványokat a nemzeti szabványok váltották fel. A kormányrendelet a szabványok alkalmazását önkéntessé tette, és úgy rendelkezett, hogy jogszabály kizárólag nemzeti szabványt nyilváníthat egészben vagy részben kötelezően alkalmazandónak, de a kötelezettség alól felmentés adható.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény hatályba lépésével az állami Magyar Szabványügyi Hivatal független, önálló köztestületté alakult át, és felvette a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) nevet, megerősítették a szabványok önkéntességét és az állami országos és ágazati szabványokat felváltó a nemzeti szabványok fogalmát. Az 1995. évi XXVIII. törvény intézkedett az európai szabványok közzétételének módjáról is.

---

<sup>86</sup> Az egyszintű nemzeti szabványosítás nem jelent egyszintű nemzeti minőségügyi és eljárásbeli szabályozást, hiszen vannak magyar ütügyi műszaki előírások (UME) és magyar építésügyi műszaki irányelvek (ÉpMI) is.

Tulajdonképpen a CEN szabványosítási rendszere sem egyszintű, az EN szabványok mellett léteznek például európai műszaki jelentések (CEN/TR) és európai műszaki specifikációk (CEN/TS), valamint prEN és FprEN szabványtervezetek is:

- A CEN/TR és a CEN/TS szabványnak nem minősülő európai műszaki dokumentumoknak a nemzeti bevezetése nem automatikus, azt az MSZT csak külön érdeklődés esetén és díjazás ellenében vállalja.
- A prEN európai szabványtervezeteket és az FprEN végső európai szabványtervezeteket egyik tagállamban sem, így nálunk sem vezetik be, de az MSZT-n keresztül megvásárolhatók.
- A CEN/TR, CEN/TS, prEN és FprEN európai dokumentumok nem elfogadott szabványok, rájuk európai szabványként hivatkozni nem szabad, és tárgyuk bejelentés nélkül változhat.



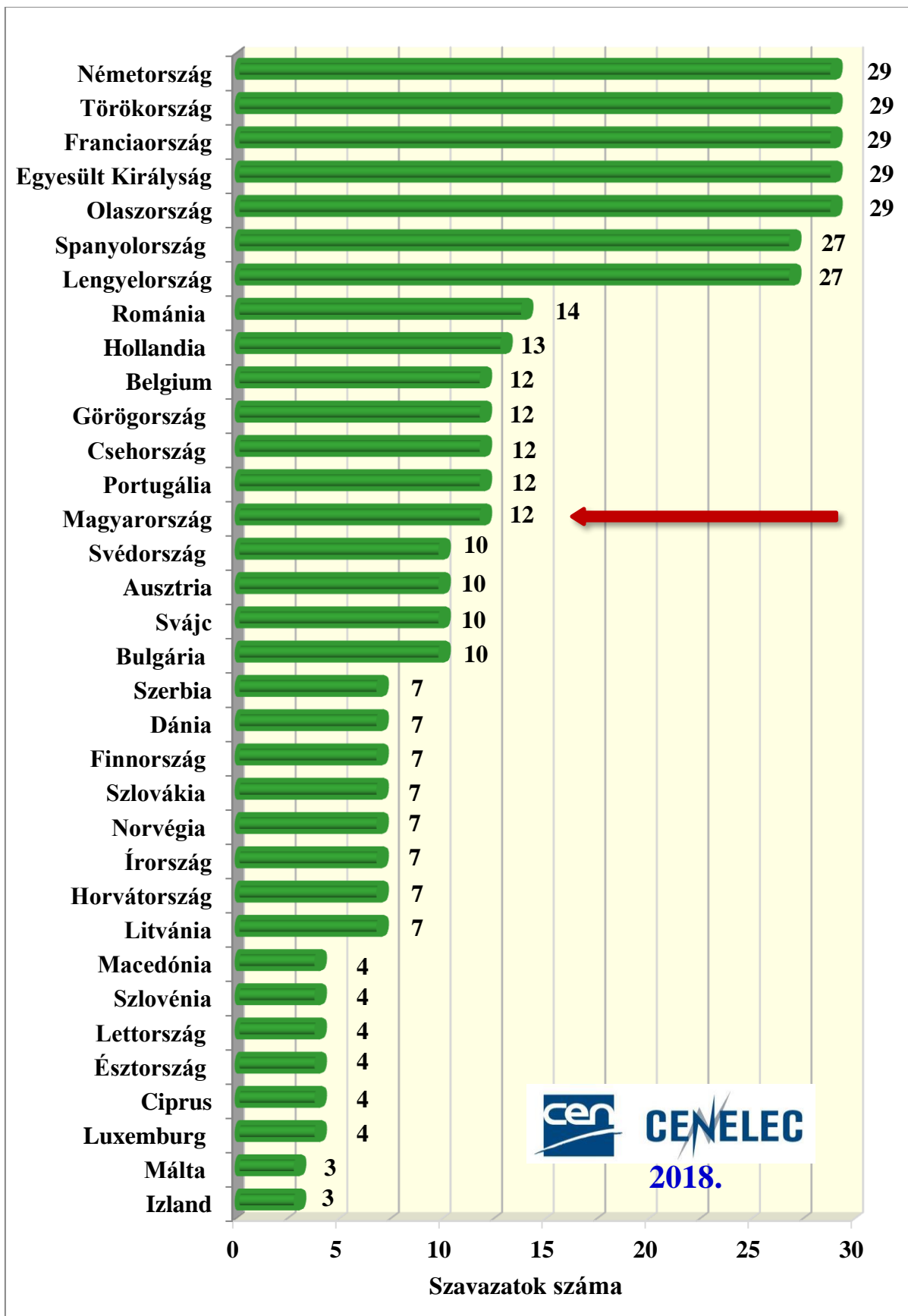
A gazdasági miniszter a 43/2001. (XII.30.) GM rendelettel helyezte hatályon kívül a hatáskörét érintő nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (IX:8.) IKM és az azt módosító miniszteri rendeleteket.

A szabványok alkalmazásának önkéntessége nem szükségtelenséget, hanem azt jelenti, hogy a szerződő felek az alkalmazandó szabványokban vagy attól eltérő feltételekben maguk állapodhatnak meg. A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény 6. §-a (figyelembe véve a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról szóló 2001. évi CXII. törvény 4. § (1) szakaszát) módosított szövege rögzíti, hogy egyrészt a nemzeti szabványok alkalmazása önkéntes, másrészt műszaki tartalmú jogszabály hivatkozhat olyan nemzeti szabványra, amelynek alkalmazásával az adott jogszabály vonatkozó követelményei is teljesülnek. Tehát a szabványok alkalmazása alapvetően önkéntes, amennyiben viszont a jogszabály által előírt szabványt nem alkalmazzuk, úgy a jogszabály sem érvényesül, így tehát mégis szükséges a szabvány alkalmazása, mely összhangban van a vonatkozó jogszabály előírásaival. Természetesen az adott szabványtól eltérő módon is biztosítható az adott műszaki követelmény teljesülése, ebben az esetben azonban a gyártónak, vagy a kivitelezőnek igazolnia kell, hogy az általa alkalmazott műszaki megoldás legalább azonos szintű biztonságot és minőséget eredményez, mint amelyet az adott szabvány megkövetel.

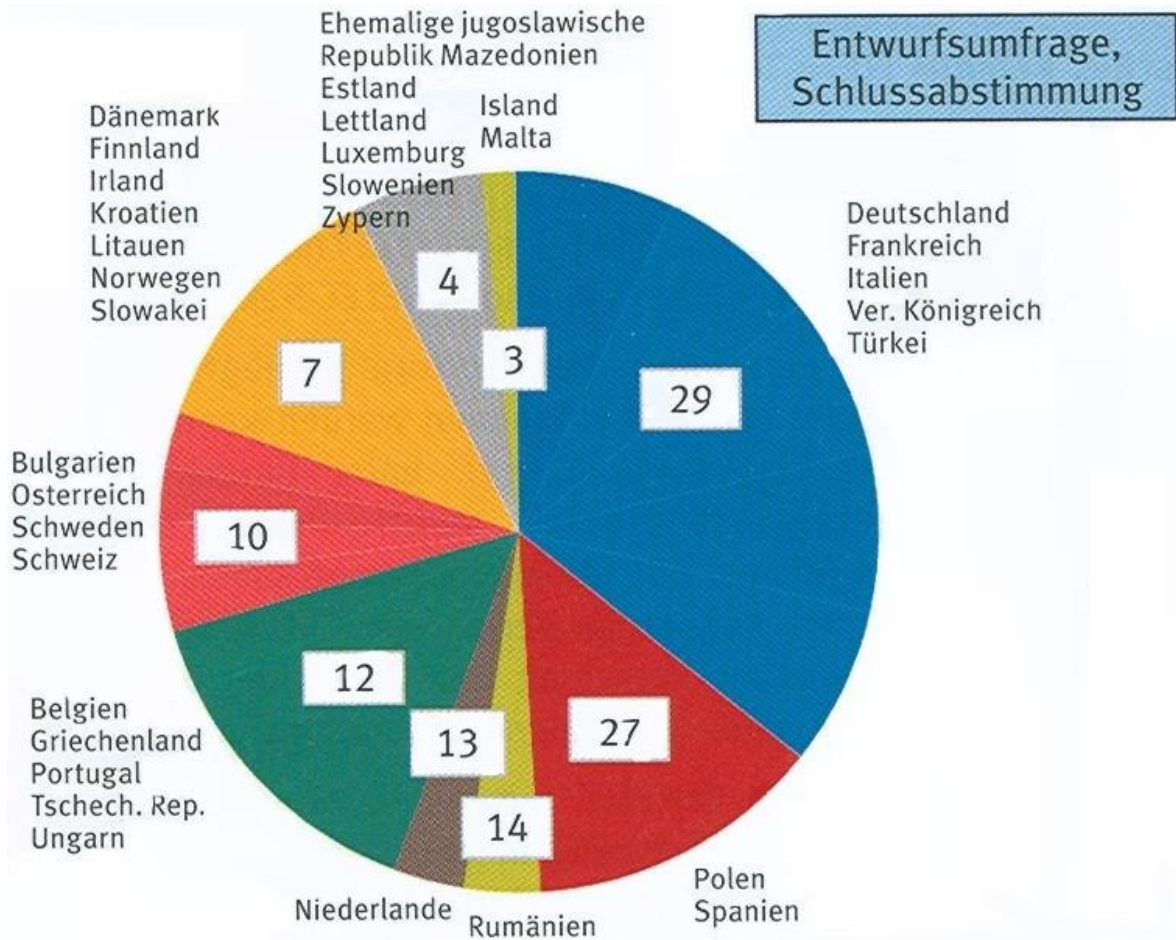
**2.2. táblázat:** A CEN/CENELECTagállamok szavazási pontszámai a lélekszám arányában, a szabványosítási folyamatban (CEN-CENELEC2017)

CEN tagállam	Lélekszám millió	Lélekszám aránya,%	Szavazatok száma	Szavazatok aránya,%
	2014. évi adat			
Németország (DIN)	80,970	13,35	29	7,04
Törökország (TSE)	75,932	12,52	29	7,04
Franciaország (AFNOR)	66,217	10,91	29	7,04
Egyesült Királyság (BSI)	64,559	10,64	29	7,04
Olaszország (UNI)	60,789	10,02	29	7,04
Spanyolország (UNE)	46,476	7,66	27	6,55
Lengyelország (PKN)	38,011	6,27	27	6,55
Románia (ASRO)	19,904	3,28	14	3,40
Hollandia (NEN)	16,865	2,78	13	3,16
Belgium (NBN),	11,231	1,85	12	2,91
Görögország (NQIS/ELOT)	10,869	1,79	12	2,91
Csehország (UNMZ)	10,525	1,73	12	2,91
Portugália (IPQ)	10,401	1,71	12	2,91
Magyarország (MSZT)	9,863	1,63	12	2,91
Svédország (SIS)	9,696	1,60	10	2,43
Ausztria (ASI)	8,545	1,41	10	2,43
Svájc (SNV)	8,188	1,35	10	2,43
Bulgária (BDS)	7,223	1,19	10	2,43
Szerbia (ISS)	7,098	1,17	7	1,70
Dánia (DS)	5,638	0,93	7	1,70
Finnország (SFS)	5,461	0,90	7	1,70
Szlovákia (UNMS)	5,418	0,89	7	1,70
Norvégia (SN)	5,136	0,85	7	1,70
Írország (NSAI)	4,615	0,76	7	1,70
Horvátország (HZN)	4,238	0,70	7	1,70
Litvánia (LST)	2,932	0,48	7	1,70

Macedónia (ISRM)	2,075	0,34	4	0,97
Szlovénia (SIST)	2,061	0,34	4	0,97
Lettország (LVS)	1,993	0,33	4	0,97
Észtország (EVS)	1,314	0,22	4	0,97
Ciprus (CYS)	1,153	0,19	4	0,97
Luxemburg (ILNAS)	0,556	0,09	4	0,97
Málta (MCCAA)	0,427	0,07	3	0,73
Izland (IST)	0,327	0,05	3	0,73
Összesen	606,706	100,00	412	100,00



2.1. ábra: CEN/CENELECtagállamok szavazási pontszámai a szabványosítási folyamatban oszlopdigramban ábrázolva



**2.2. ábra:** CEN/CENELEC tagállamok szavazási pontszámai a szabványosítási folyamatban kördiagramban ábrázolva (Hartlieb et al. 2016)

Ugyanakkor vannak szabványok, amelyekre jogszabály hivatkozik. Ezeknek a szabványoknak a követése javallt, sőt egyes esetekben akár kötelező is lehet bizonyos, például a biztonságra vagy az interoperabilitásra vonatkozó követelményeket meghatározó jogszabályoknak való megfelelés érdekében.

Az európai szabványok hazai bevezetésének története 1991-re nyúlik vissza, amikor is Magyarország a teljes jogú CEN tagság elnyerése érdekében elkezdte az EN európai szabványok honosítását. A teljes jogú CEN tagság elnyerésének feltétele az volt, hogy Magyarország az EN szabványok 80%-át bevezesse. Ez a feltétel 2002. végére teljesült, így Magyarország szabványügyi szervezete, az MSZT 2003. január 1. óta a CEN, CENELEC és ETSI teljes jogú tagja (2.3. ábra). Ez a tagság az MSZT-t arra kötelezi, hogy az európai szabványokat a megjelenést követő hat hónapon belül változatlan tartalommal honosítsa (bevezesse), és az azonos tárgyú, nemzeti szabványokat visszavonja. 2004 nyara a régi magyar beton, cement, adalékanyag, kiegészítőanyag, adalékszer stb. termék- és vizsgálati szabványok tömeges visszavonásának az időszaka volt. A visszavont magyar betonos termék és vizsgálati szabványok helyét a honosított új európai szabványok, esetleg nemzeti kiegészítéssel bővített, honosított új európai szabványok, vagy például a transzportbeton szabvány esetén alkalmazási dokumentumnak (NAD) nevezett magyar nemzeti szabvány foglalta el. Érvényben vannak olyan magyar szabványok is, amelyeket nem vontak vissza, vagy amelyek újak, mert nincsenek európai megfelelőik, továbbá – a többszintű szabványosítás rendeleti megszűnte mellett – magyar műszaki előírások (UME) és műszaki irányelvek (ÉpMI) is.



**2.3. ábra:** A Magyar Szabványügyi Testület tagsága nemzetközi szervezetekben, a teljes jogú tagság kezdetének évszámával (<http://www.mszt.hu/web>)

A tömeges és gépies szabvány-visszavonásnak nem egy értékes magyar nemzeti szabvány, illetve szabvány fejezet is áldozatul esett, de a visszavont nemzeti szabvány irodalomként vagy szerződéses megegyezés esetén akár teljesítési feltételként is használható.

Németországban az 1970-es és 2000-es évek között kiadott, és 2013 előtt visszavont, több mint 40 évnnyi mintegy ezer szabványt külön DVD-n megjelentették (Technische Baubestimmungen. Historische Baunormen 2017)

A ma érvényes betonos szabványok kapcsolatrendszerét a 2.4. ábrában tüntettük fel. A rangsor (hierarchia) csúcán a nemzeti építési törvények és rendeletek állnak, ezek alatt az Eurocode tervezési szabványok helyezkednek el, a következő lépcsőfokot a beton minőségi követelményeit, tulajdonságait, készítésének és megfelelőségének műszaki feltételeit, és mindezekre vonatkozó magyar nemzeti előírásokat és ajánlásokat tartalmazó betonszabvány áll, ezt követik a termékszabványok, végül a vizsgálati szabványok zárják a sort. A 2.4. ábra közvetlen hátterét az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány 1. ábrája adja, de lényegében ez kapcsolatrendszer látható az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány 1. ábráján is.

A harmonizált szabvány az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének (CPR) – amely a 89/106/EGK és az azt módosító 93/68/EGK tanácsi irányelvet váltotta fel – 17. cikke szerint az építési termék „alapvető jellemzők” (korábban „lényeges jellemzők”-nek nevezték) szerinti minőségének (teljesítményének) értékelésére szolgáló módszereket és feltételeket határozza meg.

A 305/2011/EU számú rendelet szerint az „alapvető jellemzők”: az építési termék azon jellemzői, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függnek össze. Az „alapkövetelmények” („alapvető követelmények”) az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletében szereplő fogalom, amely az építményekre vonatkozik, és a szabványosítási megbízások és a harmonizált műszaki előírások kidolgozásának képezi az alapját. Az építményekre vonatkozó „alapvető” követelmények a 305/2011/EU számú rendelet I melléklete szerint a következők:

### 1. Mechanikai szilárdság és állékonyság

Az építményeket úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy a megvalósítás és a használat során várhatóan fellépő terhek ne eredményezzék a következő jelenségek egyikét sem:

- a) az egész építménynek vagy az építmény egy részének összeomlása;
- b) megengedhetetlen mértékű, jelentős deformáció;
- c) az építmény más részeinek, illetve szerelvényeinek vagy beépített berendezéseinek károsodása az épület teherhordó
- d) szerkezetének jelentős deformációja miatt;
- e) a kiváltó okhoz képest túlzott mértékű károsodás.

### 2. Tűzbiztonság

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy tűz esetén:

- a) a szerkezet megőrizze teherhordó-képességét egy meghatározott ideig;
- b) az építményben a tűz és füst keletkezése és terjedése csak korlátozottan legyen lehetséges;
- c) a tűz szomszédos építményekre való áttérése csak korlátozottan legyen lehetséges;
- d) az építményben lévők el tudják hagyni az építményt, vagy kimentésük más módon biztosított legyen;
- e) figyelembe vegyék a mentőegységek biztonságát.

### 3. Higiénia, egészség és környezetvédelem

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy életciklusuk alatt higiéniai, egészségi és biztonsági szempontból ne jelentsenek veszélyt sem az azt építőkre, sem a lakókra, sem a szomszédokra, és építésük, használatuk és lebontásuk közben teljes életciklusuk alatt ne gyakoroljanak túlzott hatást sem a környezet minőségére, sem az éghajlatra különösen a következők által:

- a) mérgező gázok kibocsátása;
- b) veszélyes anyagok, illékony szerves vegyületek, üvegházhatást okozó gázok vagy veszélyes részecskék kibocsátása beltéri vagy kültéri levegőbe;
- c) veszélyes sugárzás kibocsátása;
- d) veszélyes anyagok kibocsátása talaj- vagy tengervízbe, felszíni vizekbe vagy a talajba;
- e) az ivóvízre más módon káros hatású veszélyes anyag vagy anyagok ivóvízbe történő kibocsátása;
- f) nem szakszerű szennyvízelvezetés, füstgáz-kibocsátás, a szilárd vagy folyékony hulladék nem szakszerű ártalmatlanítása;
- g) nedvesedés az építmények egyes részeiben vagy az építmények belső felületein.

### 4. Biztonságos használat és akadálymentesség

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy használatuk vagy üzemelésük során ne álljon fenn elfogadhatatlan baleset, illetve kár kockázata, mint például megcsúszás, lezuhanás, ütközés, égés, áramütés, robbanás miatti sérülések és betörések. Az építmények tervezésénél és kivitelezésénél figyelembe kell venni a fogyatékkal élő személyek általi használatot, és biztosítani kell az akadálymentességet.

### 5. Zajvédelem

Az építményeket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy az azt használó vagy a közelben tartózkodó személyek által észlelt zajszint ne legyen káros hatással egészségükre, és lehetővé tegye számukra a megfelelő körülmények közötti alvást, pihenést, valamint munkavégzést.

### 6. Energiatakarékosság és hővédelem

Az építményeket, valamint fűtő-, hűtő-, világító- és szellőzőberendezéseiket úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy a használatukhoz szükséges energia mennyisége a létesítmény használóinak hőigényéhez és a helyszín éghajlati adottságaihoz mérten alacsony maradjon. Az építményeknek energiahatékonyaknak is kell lenniük; felépítésük és szétszerelésük során a lehető legkevesebb energiát szabad csak felhasználniuk.

#### 7. A természeti erőforrások fenntartható használata

Az építményeket úgy kell megtervezni, kivitelezni és lebontani, hogy biztosított legyen a természeti erőforrások fenntartható használata, és biztosítva legyenek különösen a következők:

- a) az építmények, a felhasznált anyagok és részek bontás után újrafelhasználhatók vagy újrahasznosíthatók;
- b) az építmények tartósak;
- c) az építményekben környezetbarát nyersanyagokat és másodlagos nyersanyagokat használnak.

Az építményeknek mind egészükben, mind különálló részeikben meg kell felelniük a rendeltetés szerinti használhatóság feltételeinek, kiemelten figyelembe véve az építmények teljes életciklusa (tervezési élettartama) során érintett személyek egészségét és biztonságát. Az építményeknek a szokásos karbantartás mellett gazdaságilag ésszerű élettartamon át teljesíteniük kell ezeket az építményekre vonatkozó alapvető követelményeket.

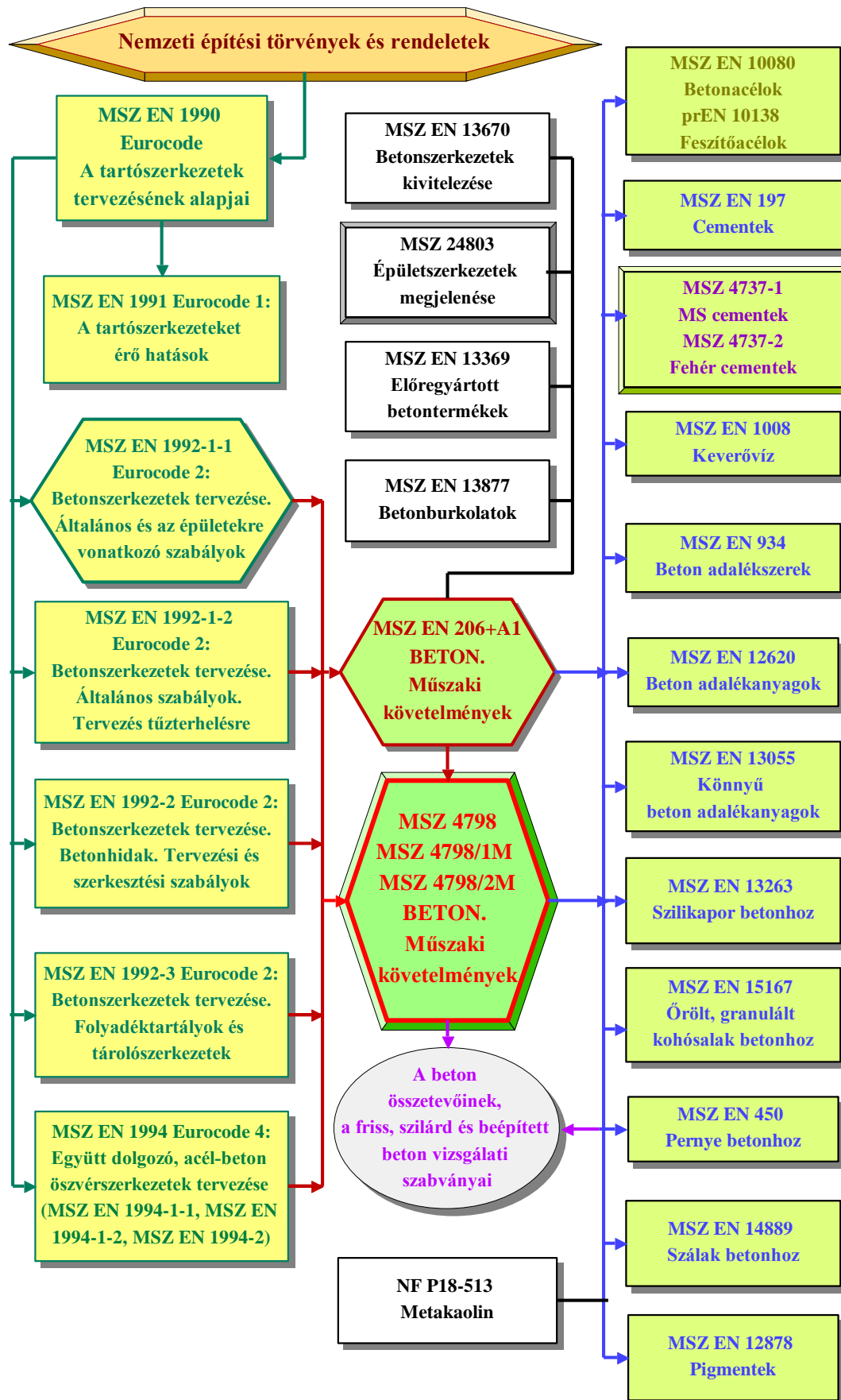
A betonösszetevők európai termékszabványai – a keverővíz szabványának kivételével –, tehát a kereskedelmi áruforgalomba kerülő betonösszetevők termékszabványai, ún. „harmonizált” termékszabványok (2.5. *ábra*).

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017<sup>87</sup> bevezetett (honosított) európai betonszabvány és ebből kifolyólag a kétszer módosított MSZ 4798:2016 magyar betonszabvány nem harmonizált (2.5. *ábra*), mert e szabványok érvénye nemcsak a transzportbetonra, hanem az építéshelyen készített betonra és a betonelemgyárban kevert betonra is kiterjed. A betonelemgyártási célra előállított betont és az építéshelyen helyszíni beépítés vagy előregyártás céljából előállított betont nem hozzák piaci áruforgalomba, ezért nem tekintjük piaci terméknek. Ennél fogva az európai betonszabvány sajátosságai egyediek, az európai termékszabványokétól több vonatkozásban is eltérnek.

Ha – az Európai Parlament és Tanács 768/2008/EK számú határozata és az azt kiegészítő 765/2008/EK számú rendelete alapján – forgalomba hozni kívánt termékre harmonizált termékszabvány nem vonatkozik, akkor valamelyik európai műszaki értékelést végző szervtől (TAB) kérni lehet az európai műszaki értékelési dokumentum (EAD) elkészítését, az európai műszaki értékelés (ETA) kiadását, valamint a CE-jelölés megítélését a 89/106/EGK irányelv által bevezetett európai műszaki engedélyre vonatkozó iránymutatások alapján. A műszaki értékelést végző szervek európai szervezete a termék CE-jelöléssel történő ellátását követően elektronikus formában hozzáférhetővé teszi az európai értékelési dokumentumot (<https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>).

---

<sup>87</sup> A szabvány jelzetében az „A” betűjel az angol „amendment” szó rövidítése, amelyet + jel (ha a szabvány az eredeti szöveget és a módosításokat is tartalmazza) vagy / vonal (ha a módosítás önállóan, az eredeti szöveg nélkül jelenik meg, például MSZ EN 1992-1-1:2004/A1:2016) után az európai, illetve a honosított európai szabvány módosítása során alkalmaznak. A módosult tisztán magyar szabványt „M” betűvel jelölik.



2.4. ábra: A beton tárgyú szabványok kapcsolatrendszere



Európai műszaki értékelést akkor adnak ki, ha

- a) a termék nem képezi egyik meglévő harmonizált szabvány tárgyát sem;
- b) a harmonizált szabványban meghatározott értékelési módszer a termék legalább egy alapvető jellemzője tekintetében nem megfelelő; vagy
- c) a harmonizált szabvány a termék legalább egy alapvető jellemzője tekintetében nem ír elő értékelési módszert (305/2011/EU rendelet).

Európai műszaki értékelés igénylése az EN 206 szabvány érvénye alá tartozó különböző betonokra vagy betontermékekre lehetséges, de összességében az EN 206 szabványra nem, és ebből kifolyólag az MSZ 4798:2016 betonszabvány és módosításai háttérben sem áll műszaki értékelési dokumentum. Hazánkban a 275/2013 (VII.16.) kormányrendelet azon termékek betervezésére és beépítésére is vonatkozik, amelyek harmonizált szabvánnyal vagy európai műszaki értékeléssel nem rendelkeznek.

Harmonizált szabvány csak termékszabvány lehet. A harmonizált termékszabvány a szabvány szerves részét képező, az „alapvető” („lényeges”) követelményekkel való kapcsolatot tárgyaló ZA mellékletéről ismerhető fel, amely a szóban forgó termékszabványnak azokat az előírásait tartalmazza, amelyek az európai direktívák alapvető követelményeinek vagy egyéb rendelkezéseinek megfelelnek. Honosított európai termékszabvány és annak nemzeti alkalmazási feltétele (dokumentuma) csak akkor lehet harmonizált, ha az európai forrás szabvány harmonizált.

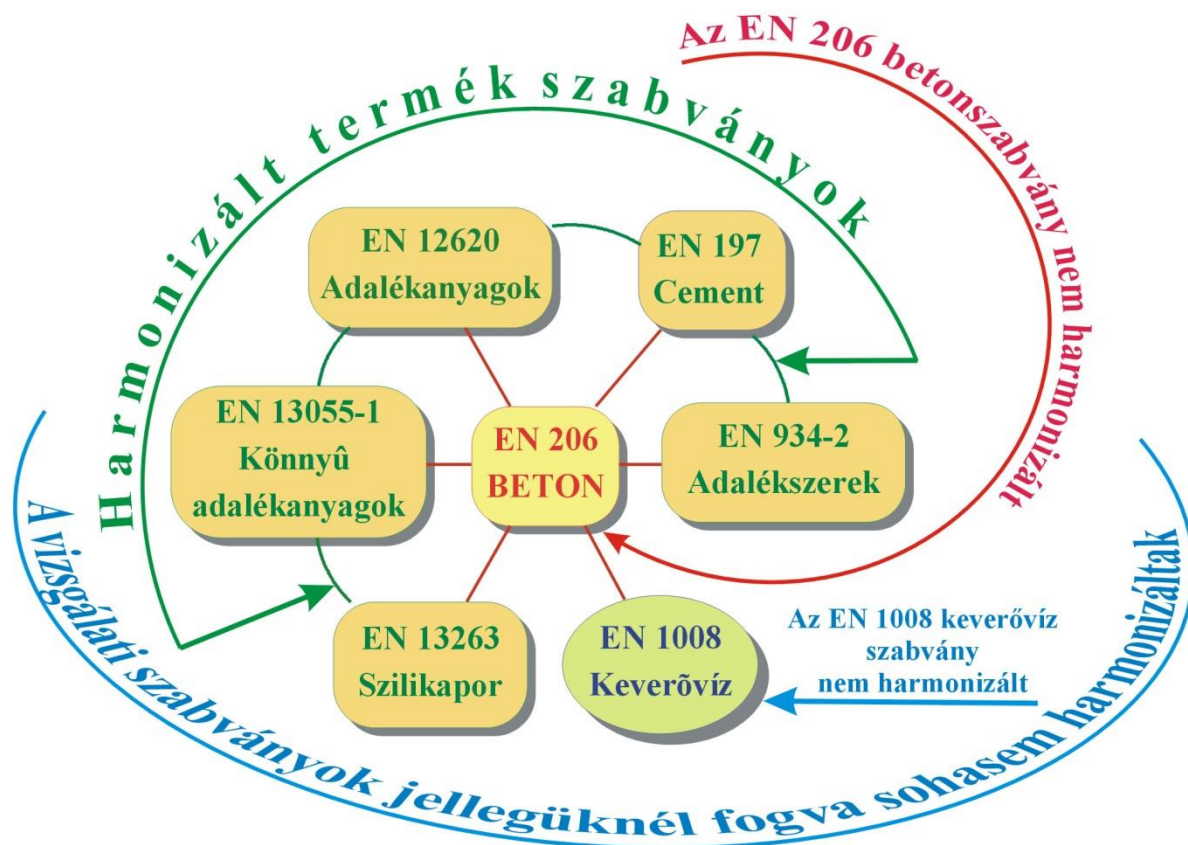
A harmonizált szabvány szerinti és az európai műszaki értékeléssel rendelkező termékek megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők (2.6. ábra). Más európai országba és CEN tagállamba terméket exportálni és ott forgalomba hozni csak CE-jelölés (harmonizált szabvány esetén) vagy EAD (amennyiben nincsen harmonizált szabvány) megléte esetén lehetséges. A CE-jelöléssel ellátott építési termékek forgalomba hozatalát minden országnak meg kell engednie a saját piacán, tehát a CE-jelölést szabályosan viselő termék forgalmazását az EU tagországokban megtiltani, megakadályozni, korlátozni nem szabad. A terméken elhelyezett CE-jelölés azt jelenti, hogy a forgalomba hozott termék tulajdonságai megegyeznek a nyilatkozatban lévőkkel, és a gyártó a terméket a vonatkozó európai műszaki követelményeknek megfelelően állította elő (765/2008/EK rendelet).

Az újabb honosított – nem csak harmonizált – európai szabványok (például MSZ EN 933-1:2012, MSZ EN 12504-2:2013, MSZ EN 206:2013+A1:2017) első oldalán a következő figyelmeztetés olvasható: „Az európai műszaki tartalmú jogszabályhoz harmonizált szabvány ajánlást ad a jogszabály alapvető követelményeinek való megfelelésre. Az előzőekben leírtakkal összhangban a harmonizált szabvány alkalmazása esetén el kell fogadni, hogy az alkalmazó eleget tett az európai jogszabály, illetve annak megfelelő magyar jogszabály azon követelményeinek, amelyekre a szabvány vonatkozik. Mivel a szabványok harmonizáltsága időben változhat, a szabvány alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy alkalmazásának időpontjában harmonizálnak minősül-e.”

Minthogy az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és a kétszer módosított MSZ 4798:2016 betonszabvány nem harmonizált, következik, hogy ezek a szabványok ún. ZA mellékletet nem tartalmaznak, és a beton európai műszaki értékeléssel sem rendelkezik. E szabványok szerinti friss vagy megszilárdult betont, mint terméket CE-jellel ellátni nem szabad. Természetesen a beton a 305/2011/EU számú rendelet szerinti alapvető követelményeknek megfelelő építményekbe ennek ellenére beépíthető.

Hazai jogszabály a termék betervezhetőségét és beépíthetőségét nem köti harmonizált termékszabvány vagy európai műszaki értékelés meglétéhez. A 275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet 10. §-a szerint „az Európai Unió valamely tagállamában vagy Törökországban az adott ország előírásaival összhangban előállított, illetve forgalomba hozott, vagy az Európai

Gazdasági Térségről szóló megállapodásban részes valamely EFTA-államban az adott ország előírásaival összhangban előállított építési termékek az építményekbe betervezhetők és beépíthetők, feltéve, hogy ezek az építési termékek az e rendelet által előírttal egyenértékű szintű védelmet biztosítanak az élet- és egészségvédelem, a biztonság és az adott célra való alkalmasság tekintetében.”



2.5. ábra: Néhány harmonizált és nem harmonizált európai beton termékszabvány



2.6. ábra: CE-jel a harmonizált termékszabvánnyal szabályozott vagy európai műszaki értékeléssel rendelkező építési termékek – 305/2011/EU számú rendelet szerinti – megfelelőségét jelölő szimbólum a 765/2008/EK rendelet II. melléklete szerint (<http://ec.europa.eu/enterprise/faq/ce-mark.htm>)

A CE-jelölés szabályai 2013. július 1-jén megváltoztak, ezért az MSZT az Európai Bizottság „CE Marketing of construction products step by step” című anyaga alapján 2015-ben kiadványt készített az építési termékek CE-jelölésének alkalmazásáról. A kiadvány arról ad útmutatást, hogy új építési termék CE-jelölése esetében a gyártónak milyen lépéseket kell tennie, és mit kell tennie, ha a terméke – annak gyártási folyamata, a felhasznált alapanyagok, az alkalmazott vizsgálati módszerek – megváltozik, és ezért felül kell vizsgálnia az előírt dokumentumokat.

Az európai szabványosításba a magyar nemzeti szabványosító műszaki bizottságokon (MSZT/MB) keresztül lehet bekapcsolódni, akár

- előzetes, név szerinti bejelentés után a CEN és a CENELEC bármely műszaki bizottságának (Technical Committee) és albizottságának (Sub Committee) a munkájába való személyes részvétellel;
- a magyar nemzeti szabványosító (tükör) műszaki bizottság (MSZT/MB) tagjaként észrevételezéssel és szavazással;
- a már érvényes európai szabványhoz *nemzeti kiegészítés* készítésével.

A beton és az előregyártott betonelemek a „Beton és előregyártott beton termékek” nevű, MSZT/MB 107. számú magyar nemzeti szabványosító műszaki bizottság illetékességébe tartoznak.

A gyakorlatban az európai szabvány *nemzeti kiegészítésének* formailag háromféle változata terjedt el:

- 1) A **NAD** (*nemzeti alkalmazási dokumentum*) a kiegészítő nemzeti (nem iparági) szabályozás egyik lehetősége. Ez akkor alkalmazható, ha az európai szabvány szövege erre módot ad. A NAD önálló magyar MSZ jelű nemzeti szabvány, önálló füzetbe kötik (ilyen például az MSZ 4798:2016 szabvány). Létrejöttét az Európai Bizottságnak be kell jelenteni (notifikációs eljárás, notifikálás = hivatalos értesítés, közlés), ahol tudomásulvételéről szavaznak, és a CEN-tagok megvizsgálhatják, hogy azok nem minősülnek-e kereskedelmet akadályozó szabályozásnak. Ha a bejelentett NAD iránt van európai érdeklődés, akár CEN szabvány is lehet belőle.
- 2) A hazai szempontok érvényesítésének másik lehetősége a *nemzeti melléklet* készítése, amely akkor csatolható az európai szabványhoz, ha az európai szabvány az előszavában utal a szükségességére. A nemzeti melléklet az európai szabvánnyal egybekötve, annak végén jelenik meg, nincs külön nemzeti jele (ilyen például az MSZ EN 1991-1-2:2005 szabvány). Az Európai Bizottságnak ezt is a tudtára kell adni (notifikálás).
- 3) Harmadik lehetőség, amikor a nemzeti melléklet az európai szabványhoz tartozó *előszabványként* jelenik meg. Jele: MSZE. Az MSZE előszabványt – fentiekkel ellentétben – nem kell a CEN-nek bejelenteni. Ha az európai szabványt jóváhagyó közleménnyel angol nyelven adják ki, akkor a magyar előszabványt külön, önálló füzetbe kötik. Ha az európai szabványt magyar nyelvre fordítva jelentetik meg, akkor az előszabványt az európai szabvánnyal egybekötve, annak végén szerepeltetik. A nemzeti előszabvány száma az európai szabvány száma elé írt 2-sel kezdődik. Például az MSZ EN 1992-1-2:2005 európai szabvány 2013. március 1-jén visszavont nemzeti előszabványa az MSZE 21992-1-2:2008 jelzetet viselte.

Megjegyzendő, hogy vannak magyar nemzeti előszabványok is, mint például az előregyártott beton csatornázási aknaelemek MSZE 15612:2014 jelzetű előszabványa; és nem minden MSZE 2...-vel kezdődő előszabvány nemzeti kiegészítése valamely CEN-szabványnak, hanem önálló nemzeti előszabvány, mint például a hulladékok kémiai oxigénigényének meghatározásával foglalkozó MSZE 21420-15:2005 előszabvány.

*Nemzeti kiegészítés* kiadására az illetékes MSZ/MB műszaki bizottság javaslattétele után *kizárólag a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) jogosult*. *Műszaki előírás* nem töltheti be az európai szabvány nemzeti kiegészítésének szerepét, mert a fenti három feltétel egyikét sem teljesíti, és a szabályozás más, alacsonyabb szintjét képviseli.

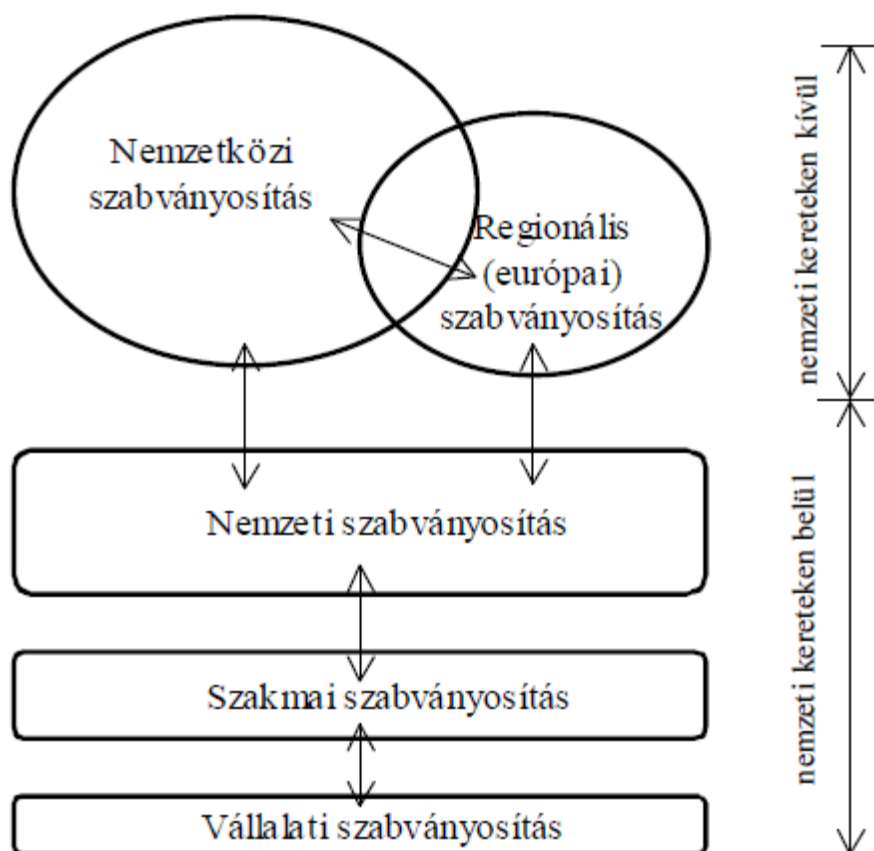
Új, teljesen önálló (nem nemzeti kiegészítés) magyar nemzeti szabvány (MSZ) kiadására a Magyar Szabványügyi Testületnél akkor van – előzetes CEN bejelentési kötelezettség és a tagországok szavazási eredményének figyelembevétele mellett – lehetőség, ha teljesen vagy közel azonos tárgyú európai szabvány nincs érvényben, vagy ilyen kidolgozása nincs folyamatban. Az új, teljesen önálló nemzeti szabvány érvénye addig tartható fenn, amíg a

témakörben azt teljes egészében kiváltó európai szabvány meg nem jelenik. Ilyen például a szulfátálló cementek nemzeti szabványa (MSZ 4737-1:2013).

A CEN álláspontja, hogy a nemzeti kiegészítések – az egységes európai piac alapelveinek megfelelően – általában nem tartalmazhatnak az európai szabványhoz képest párhuzamos, ellentmondó, ismétlődő szövegrészeket, kevesebb vagy több, enyhébb vagy szigorúbb követelményt. Ez az elv az egységes európai piac szempontjait a nemzeti műszaki, tartóssági, biztonsági szempontok elé helyezi. Az MSZ 4798:2016, illetve MSZ 4798:2016/2M:2018 magyar nemzeti alkalmazási dokumentum esetén jogszerű lehetőség volt az MSZ EN 206:2013+A1:2017 európai betonszabványtól való eltérésre – mint ahogy ennek lehetőségét számos ország nemzeti alkalmazási dokumentuma is bizonyítja (például: DIN 1045-2:2008, ÖNORM B 4710-1:2018, NF EN 206-1/NF P18-325-1:2009) –, akár módszereinek, akár követelményeinek lazítása vagy szigorítása tekintetében is.

Számos európai országban vannak régebbi és új kiadású műszaki előírások, műszaki irányelvek. Ezek érvénye belföldi, a termékekre vonatkozóak nem harmonizáltak. Létrejöttüket – az előszabványokhoz hasonlóan – nem kell bejelenteni (notifikálni) az Európai Bizottságnak, és az európai tagországoknak.

A 42/1994 (III.25.) kormányrendelettel és az 1995. évi XXVIII. törvénnyel bevezetett egyszintű nemzeti szabványosítás nem jelentette a műszaki szabályozási rendszer többszintűségének megszűnését. Például a közbeszerzésekről szóló, ma már hatálytalan 2003. évi CXXIX. törvény 58. §-a is lehetővé tette a műszaki előírásokra való hivatkozást a közbeszerzési műszaki leírásokban. A nemzeti szabványosítás mellett a szabványosításnak is vannak más szintjei is, amelyek rangsora (hierarchiája) a 2.7. ábrán látható (Szakács – Poles 2011).



2.7. ábra: A szabványosítás szintjei és rangsora (Szakács – Poles 2011)

A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata BV-MI 01:2005 jelzettel adott ki beton és vasbetonépítési műszaki irányelvet, amely a bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék adalékanyagkénti újrahasznosításával történő betonkészítést hazánkban először szabályozta.

A MAÚT Magyar Útügyi Társaság (2013 óta MAÚT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) a kötelező nemzeti szabványokat 1995 óta napjainkba is az útügyi műszaki előírások kiadásával váltja ki (2007, 2010).

Az 1994-ben alapított MAÚT Magyar Útügyi Társaság (2013 óta MAÚT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) a kezdetektől (1993) máig a nemzeti szabványok kiegészítésére, illetve értelmezésére több mint 200 útügyi műszaki előírást adott ki. Az útügyi műszaki előírások alkalmazása mintegy 20 éven át az országos közutak és hidak tervezői és kezelői – mind megrendelőként, mind fenntartóként – számára kötelező, az önkormányzati (helyi) utak és hidak, továbbá a közforgalom előtt el nem zárt magánutak és hidak kezelői számára ajánlott, egyéb területeken pedig irányadó volt, és megjelenését a Magyar Közlönyben ki kellett hirdetni (MAÚT 2007, MAÚT 2010).

Az útügyi műszaki előírások 2009 előtt papír alapon jelentek meg Út betűjelzettel, digitálisan 2009 óta jelennek meg, betűjelzetük e-UT. A Magyar Út- és Vasútügyi Társaság honlapján ([http://www.maut.hu/MAUTDATA/mediatár/tájékoztatas/old\\_new.pdf](http://www.maut.hu/MAUTDATA/mediatár/tájékoztatas/old_new.pdf)) a régi útügyi műszaki előírások új számozása megtalálható. Az érvényben lévő útügyi műszaki előírások a Magyar Közút Nonprofit Zrt. honlapjáról (<http://internet.kozut.hu/ume/Lapok/jovahagyott.aspx>) a nemzeti fejlesztési miniszter 16/2017. (V.25.) NFM rendelete alapján szabadon letölthetők. Ezeket az útügyi műszaki előírásokat ebben a formában az esetleges a módosításokkal és javításokkal együtt, általában a kiadás (érvénybe lépés) éve szerinti tartalommal 2017 júliusában tették közzé.

A legfontosabb műszaki tartalmú közúti jogszabályokat a Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2013. évi kiadványának 1. számú mellékletében, az alkalmazásra ajánlott magyar nemzeti szabványokat és a honosított európai szabványokat a kiadvány 2. számú mellékletében, az országos közutakon kötelezően alkalmazandó útügyi műszaki előírásokat a 3. számú mellékletben, az útügyi tervezési útmutatókat a 4. számú mellékletben nevezik meg. A kiadvány szerint az országos közutakon kötelezően alkalmazandó útügyi műszaki előírások közé tartozik:

- Az út-, pálya- és hídconok zúzottkő adalékanyagának (e-UT 05.01.14:2008);
- az újrahasznosított betonhulladék adalékanyagú útconoknak (e-UT 05.02.31:2008);
- a pályalemezekből visszanyert conok újrafelhasználásának (e-UT 05.02.54:2006);
- a conburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének (e-UT 06.03.15:2006);
- a con pályaburkolatok építésének (e-UT 06.03.31:2017);
- az útépítési con burkolatalapoknak (e-UT 06.03.32:1993 és e-UT 06.03.33);
- a kompozit burkolatú merev útpályaszerkezetek építésének (e-UT 06.03.34:2007);
- a hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű conburkolatú merev útpályaszerkezet építésének (e-UT 06.03.35:2008);
- a conkő burkolatú pályaszerkezetek tervezésének és építésének (e-UT 06.03.42:2007); valamint fenntartásának (e-UT 08.02.32);
- a con, vascon és feszített vascon közúti hidak tervezésének (e-UT 07.01.14:2011);
- a közúti öszvérhidak tervezésének (e-UT 07.01.15);
- a con, vascon és feszített vascon közúti hidak építésének (e-UT 07.02.11);
- a közúti hidak conszerkezte korrózióvédelmének (e-UT 07.05.11);

- a betonburkolatok fenntartási technológiáinak (e-UT 08.02.31:2007);
- az út- és hídépítési betonok párazáró anyagai minőségi követelményeinek és vizsgálati módszereinek (e-UT 09.01.31:1990);
- a beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak betonja karbonátosodásának, a kloridbehatolás mélységének és a kloridtartalom meghatározásának (e-UT 09.03.11:1999);
- a közúti betonburkolatok és mőtárgyak roncsolásmentesen, Schmidt-kalapáccsal és ultrahanggal történő nyomószilárdság vizsgálatának (e-UT 09.04.11:1999) útügyi műszaki előírása.

Az EIPE Esztrich és Ipari Padló Egyesület „Padló MI 02:2018 Ipari padlók. Padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények” címmel napjainkban adott ki műszaki irányelvet.

A nemzeti és iparági műszaki irányelvek kiadása 2016-ban a CXVIII. törvénnyel új lendületet kapott.

A 2016. évi CXVIII. törvény azzal egészítette ki az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 31. §-át, hogy „az építésügyi műszaki irányelvek kidolgozásáért felelős bizottság kidolgozza az épített környezet létrehozása és fenntartása érdekében végzett tervezési, építési és üzemeltetési tevékenység területére kiterjedő, jogszabály, szabvány által nem szabályozott, azokkal nem ellentétes követelményeket, tevékenységekre vonatkozó módszereket tartalmazó építésügyi műszaki irányelveket. Az építésügyi műszaki irányelv alkalmazása önkéntes. Amennyiben az építésügyi műszaki irányelv által szabályozott területen jogszabály vagy szabvány kerül kiadásra, az építésügyi műszaki irányelvet vissza kell vonni.” Az 1997. évi LXXVIII. törvény 62. § (2) bekezdésének – a 2016. évi CXVIII. törvény általi – kiegészítésével az építésügyért felelős miniszter felhatalmazást kapott arra, hogy „az építésügyi műszaki irányelvek kidolgozásáért felelős bizottság létrehozására, összetételére, feladatkörére és működésére vonatkozó részletes szabályokat” rendelettel állapítsa meg.

A Miniszterelnökséget vezető miniszter az Építésügyi Műszaki Szabályozási Bizottságról szóló 36/2016. (XII. 29.) MvM számú rendelettel meghatározta a nevezett Bizottság összetételét és főbb teendőit, és azzal, hogy feladatául tűzte ki az építésügyi műszaki irányelvek legalább 10 évenkénti felülvizsgálatát, azok tartalmáért is felelőssé tette. A Bizottság titkársági feladatait az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (ÉMI Nonprofit Kft.) látja el, és egyúttal gondoskodik Bizottság működésének feltételeiről, a Bizottság elé kerülő ügyiratok előkészítéséről. Az ÉMI Nonprofit Kft. Építésügyi Műszaki Adattárat hoz létre és működtet, amelyet a Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (Lechner Nonprofit Kft.) üzemeltet és fejleszt.

Az Építési Törvénybe az építésügyi műszaki irányelv fogalma 2019. január 2-i hatállyal került be.

Az építésügyi műszaki irányelv lényegében módszertan arra, hogy az építetők igényeinek megfelelő célkitűzéseket, követelményeket a szakmagyakorlók hogyan tudják hatékonyan teljesíteni mindazon területeken, ahol jogszabály, szabvány nem, vagy nem teljes körűen ad útmutatást, illetve minden olyan esetben, ahol több szabványt, szabályt kell egyidejűleg alkalmazni. Amíg a szabványok egységesített eljárásokat adnak meg, addig az építésügyi műszaki irányelvek elsősorban a szabványos eljárásoknak az alkalmazását írják le, illetve

szabvány hiányában módszereket adnak.<sup>88</sup> Az irányelv és a szabvány így egymást kiegészítő, segítő műszaki szabályozás. Az irányelv nem mondhat ellen a szabványnak, de nem is alárendelt szerepű (ÉMI 2018). A szabványok minden állításának és intézkedésének feltétel nélküli elfogadási kényszerével nem biztos, hogy mindenki egyetért.

Az ütügyi műszaki előírások alkalmazásának korábbi kötelező volta a nemzeti fejlesztési miniszternek a Magyar Közlöny 2017. évi 74. számában megjelent, az ütügyi műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról szóló 16/2017. (V.25.) NFM számú rendelete kapcsán mára megváltozott. Az ütügyi műszaki előírások nem jogszabályok, így nincs kötelező hatályuk, önmagukban nem kötelező érvényűek. Ugyanakkor bármely közúti infrastruktúra tervezéshez, építéshez, mérnöki tevékenységhez alkalmazhatóak kötelező érvénnyel, amennyiben az adott kérdésben szerződő felek a szerződésükben önként, kölcsönösen megegyeznek egy (vagy több) adott műszaki előírás kötelező alkalmazásában. A jelenlegi gyakorlat szerint az állami beruházásoknál az országos közutak építetői és kezelői – az illetékes szakminisztérium elrendelése szerint – kötelesek szerződéseikben megkövetelni ezen előírások alkalmazását.

Ezekkel a kormányzati rendelkezésekkel a visszavont műszaki előírásokat és irányelveket nem helyezték vissza régi jogaikba. Az érvényüket veszített műszaki előírásokat, műszaki irányelveket, köztük a Magyar Építőanyagipari Szövetség által 1995-ben kiadott, 22 füzetből álló, MÉASZ ME-04.19:1995 jelzetű, „Beton és Vasbeton készítése” című, műszaki előírást – akár csak a visszavont szabványokat – irodalomként használhatjuk.

**Összegezve:** Az európai beton szabványok elvileg egységes, zárt rendszert képeznek, egymásra épülnek, egymást nem nélkülözhetik. Az építésügyi szabványok kapcsolatrendszerének csúcsán – a nemzeti törvények és rendeletek alatt – az Eurocode tervezési szabványok helyezkednek el, ahogy azt az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabványban is látni lehet. A szabványok egymásra épülésének rangsora (hierarchiája) segítséget nyújt a szabványok esetleges ellentmondásainak feloldásához is.

A termékszabványok jelentős hányada harmonizált; a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő termékek általában az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletben szereplő „alapvető” („lényeges”) követelményeket is kielégítik. Az „alapvető” („lényeges”) követelményeket teljesítő építményekbe csak a harmonizált termékszabványok követelményét kielégítő vagy európai műszaki értékeléssel rendelkező termékek építhetők be, és ezért az ilyen termékek megfelelő eljárást követően a CE-jellel megjelölhetők. Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és így az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány sem harmonizált.

Az európai szabványok az egységes európai piac, a termékek szabad áramlása elvének érvényesítése jegyében készültek. Az európai szabványoknak megfelelő, de az adott alkalmazási körülmények között gyakorlatilag nem tartós, nem időálló termékek beépítésének felelőssége alól a szabványnak való megfelelés nem mentesít.

---

<sup>88</sup> A jó műszaki előírás vagy irányelv olyan, mint az útjelzőtáblákkal jól ellátott út: úttalan utak esetén a táblák az út mentén folyamatosan végig egyértelműen és követhetően jelzik a kötelező vagy ajánlott útirányt az egyetlen lehetséges úti cél felé; kiépített utak esetén pedig táblák csak az útelágazásoknál találhatók, amelyekről egyértelműen leolvasható, hogy melyik kiágazó út hova vezet, és úti célunknak megfelelően melyiken kell vagy melyiken több, mint ajánlott továbbhaladni.

Az európai szabványokhoz bizonyos feltételek mellett nemzeti kiegészítések is tehetők, amire az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 beton nemzeti alkalmazási dokumentum is példa.

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány rangsorban (hierarchiában) a méretezési szabványok (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009) alatt áll, és nem építőipari kivitelezési szabályzat, hanem a beton, mint végső soron piaci termék, „áru kínálat”, alkotóanyagaira, összetételére, tulajdonságaira, gyártására, leszállítására stb. vonatkozik, és nem írja elő (legfeljebb ajánlást ad), hogy a beton vagy vasbeton szerkezetet, illetve szerkezeti elemet milyen tulajdonságokkal rendelkező (milyen szabványos jelű) betonból kell megépíteni.

A szabványokat műszaki előírások, műszaki irányelvek egészítik ki. A nemzeti és iparági, így építésügyi műszaki irányelvek kiadása az 2016-ban kiadott CXVIII. törvénnyel, a 36/2016. (XII. 29.) MvM számú rendelettel, a 16/2017. (V.25.) NFM számú rendelettel új lendületet kapott.

Az építésügyi műszaki irányelvek alkalmazása, mint a szabványos követelmények teljesítésének módszertan, önkéntes, és a piac résztvevőin számon nem kérhető. A szabványok alkalmazásának önkéntessége nem szükségtelenséget, hanem azt jelenti, hogy a szerződő felek az alkalmazandó szabványokban vagy attól eltérő feltételekben maguk állapodhatnak meg.

Ugyanakkor a magyar államnak, mint a piac közpénzekért felelős résztvevőjének, joga és lehetősége kell legyen építési érdekei és szempontjai érvényesítésére. Az osztársadalmi építési-fenntartási érdek érvényre juttatásának hatékony eszköze a követelményeket is tartalmazó és számon kérhető építésügyi műszaki előírás lehet, melynek intézménye mihamarabb megteremtendő. Az építésügyi műszaki előírások alkalmazása ugyanúgy kötelező kellene legyen a közpénzekből gazdálkodó szervezetek számára, mint ahogy az útügyi műszaki előírások alkalmazása az országos közutak kezelői számára – a közhasznú tevékenység ellátására kötött szerződések szerint – mind megrendelőként, mind saját tevékenységükre nézve.



### 3. SZERKEZETEK TERVEZÉSI ÉLETTARTAMA

A beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezet és a készítéséhez használt beton akkor tartós, ha a terhelő erőkből és terhelő mozgásokból adódó igénybevételeket, valamint a környezeti hatásokat – üzemszerű használat és megfelelő karbantartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül – a tervezési élettartam alatt károsodás nélkül viseli.

A tervezési élettartam követelmény (előírás), míg a használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább egyenlő kell legyen, mint a szerkezet tervezési élettartama: Használati élettartam  $\geq$  Tervezési élettartam

A tervezési élettartam, illetve a használati élettartam természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idővel.

#### 3.1. táblázat: Tervezési élettartamok az MSZ EN 1990:2011 Eurocode 2 szabvány alapján

MSZ EN 1990:2011 Eurocode 2 szabvány			Tervezési élettartam osztályok tartószerkezeti betonjai
Tervezési élettartam osztály	Előírt tervezési élettartam, év, legalább	Példák	
1.	10	Ideiglenes tartószerkezetek. Az olyan tartószerkezeteket vagy azok részeit, amelyek újrafelhasználás céljából szétszerelhetők, és várhatóan újra fel is fogják használni, nem helyes ideiglenes szerkezetnek tekinteni. Nem szabad ideiglenes tekinteni az olyan kiegészítő szerkezeteket (például autópálya melletti, közel álló zajvédő falelemeket), amelyek cseréje a forgalom leállításával jár.	Ideiglenes tartószerkezetek betonja.
2.	10-25	Cserélhető tartószerkezeti részek, például darupálya tartók, saruk.	Cserélhető tartószerkezeti elemek betonja
3.	15-30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek.	Mezőgazdasági tartószerkezetek betonja, Útpályabetonok, Padlóbetonok
4.	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek.	Épületszerkezeti betonok, Autópályabetonok, Főútpályabetonok
5.	100	Monumentális épületek tartószerkezetei, hidak és más építőmérnöki szerkezetek.	Hídszerkezeti betonok, Repülőtéri pályabetonok
A feszített vasbetonszerkezeteket és azok betonját az építmény jellegétől függetlenül az 5. osztályba kell sorolni, és tervezési élettartamukat 100 évnél kell tekinteni.			

Az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009) és Eurocode 4 (MSZ EN 1994-1-1:2010, MSZ EN 1994-2:2009) szabványok a tervezési élettartamot az MSZ EN 1990:2011 szabvány 2.3. szakasza alapján írják elő, amelyben öt tervezési élettartam osztály szerepel (3.1. táblázat).

Az állandó beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek többsége általában a 3., a 4. vagy 5. tervezési élettartam osztályba tartozik. A betonnak a szerkezet tervezési élettartama alatt nem szabad tönkremennie, ezért a mezőgazdasági építmények tartószerkezeteit legalább 15 év tervezési élettartamú betonból, az épületek és egyéb szokásos építmények tartószerkezeteit, valamint az útpályaszerkezeteket legalább 50 év tervezési élettartamú, az ún. monumentális építmények, például a hidak, vízepítési és szennyvíztisztítási műtárgyak, erőművek stb. tartószerkezeteit legalább 100 év tervezési élettartamú betonból kell készíteni.

A monumentális épületek az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány 2.1. táblázatában az 5. tervezési élettartam osztályú építmények egyik példjaként szereplő kifejezés. Az ilyen építmények tartószerkezeteinek előírt tervezési élettartama 100 év. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) betonszerkezet tervezési szabvány NA2.2.1. szakasza szerint a 100 év tervezési élettartamú építmények esetén a beton nyomószilárdságának  $f_{cd}$  tervezési értékét  $\alpha_{cc} = 0,85$  értékkel, a tartós terhelésnek a szilárdságra gyakorolt hatását figyelembe vevő tényezővel el kell osztani.

Az angol nyelvű EN 1990:2010 szabványból fordított (Monumental building structures) – a szabvány német változatában „Monumentale Gebäude” – „monumentális épületszerkezetek” vagy ahogy az MSZ EN 1990:2011 szabványban olvasható, „monumentális épületek tartószerkezetei” kifejezésben a monumentális jelző korántsem az épületszerkezetek vagy épületek, építmények megszokottnál nagyobb méreteire (Bakos 1973), hanem – a hidakhoz és más építőmérnöki szerkezetekhez hasonlóan – az épületek, illetve építmények jelentőségére, értékére, tervezett tartósságára utal. Tulajdonképpen a műtárgyokról van szó, ahogy idehaza nevezni szoktuk.

Nem csak a „monumentális létesítmények” fogalmával, hanem a „tervezett élettartam” fogalmával kapcsolatban is érdemes elolvasni *Mistéth Endre* (2001) könyvének 3.6. fejezetét az idő szerepéről a méretezésben.<sup>89</sup>

<sup>89</sup> *Mistéth Endre* „Méretezéselmélet” című könyvében (2001)

- a szerkezetek tervezési élettartamát így határozza meg: „A tervezett élettartam az az időtartam, ami alatt a létesítmény vagy annak egy része az előírt karbantartási és ellenőrzési feltételek betartása mellett egy előre megadott valószínűséggel hibamentesen működik. A tervezett élettartam nem azt jelenti, hogy a létesítmény a tervezett idő letelte után tönkremegy vagy használhatatlanná válik, csupán azt, hogy a műszaki igény teljesítésével szemben vállalt valószínűség lecsökkent. A tervezett élettartam elteltével nem szükség szerű, hogy a létesítményt el kell bontani. Általában azonban a létesítményt részletesen felül kell vizsgálni, meg kell határozni, hogy szilárdsági, hidraulikai, hőtani stb. és geometriai paramétereit, általában mindazon tulajdonságait, amelyek a rendeltetés szerű használatot biztosítják, milyen kedvezőtlen irányú változást szenvedtek.”
- a monumentális épületek (építmények) fogalmáról pedig így vélekedik: „Monumentális létesítmények azok a végleges létesítmények, amelyek tervezett élettartama (például) legfeljebb 150 év. Ebbe a csoportba tartoznak azok a létesítmények, amelyek nagy költséggel létesülnek és nagyszabásúak. Ilyenek a magasépítmények közül a középületek, például a parlament, felsőbb bíróságok, főhivatalok, templomok stb., a mélyépítmények közül a vízlépcsők, völgyzáró gátak, védőtöltések, utak, vasutak alépítménye, nagy folyók hídjainak alépítményei stb. A gépészmérnöki gyakorlat ilyen élettartamú létesítményeket nem ismer.

Az e csoportba tartozó létesítmények az esetleges erőtani vagy hidraulikai tönkremenetel esetén nagy kárt okoznak, igen sok emberélettel is számolni kell. Az okozott kár az elmaradt hasznot is beleértve ( $D$ ) általában több mint hússzor, de legfeljebb kétszázszor akkora, mint az újralétesítési költség ( $C$ ). Ha az okozott kár nagyobb, mint az újralétesítés költségének kétszázszorosa ( $D/C > 200$ ), akkor a

Az MSZ 4798:2016 betonszabványnak és módosításainak (MSZ 4798:2016/1M:2017, MSZ 4798:2016/2M:2018) élettartammal kapcsolatos meghatározásait is ekképp kell értelmezni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint:

- a 100 év tervezési élettartamú betonok esetén kisebb legnagyobb víz-cement, illetve vízkötőanyag tényezőt és kisebb friss beton levegőtartalmat enged meg, mint amekkora megengedett értékek a környezeti osztályok táblázataiban az 50 év tervezési élettartamú betonokra vonatkoznak;
- a beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálati ciklusainak számát teszi a tervezési élettartamtól függővé;
- a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeti elemek betonja szükséges betonfedésének meghatározása során a szerkezeti osztályt a tervezési élettartam függvényében veszi tekintetbe;
- a 100 év tervezési élettartamú betonok nyomószilárdságának jellemző (karakterisztikus) értékét, illetve nyomószilárdsági osztályát a szabvány P melléklete szerint a *Student*-tényező, illetve az 50%-os elfogadási valószínűség elve alkalmazásával javasolja meghatározni. Ebben az esetben a beton jelében fel kell tüntetni az AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet;
- előírja, hogy a tervezési élettartamot, ha az több, mint 50 év, akkor valamennyi beton jelében fel kell tüntetni.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványt követő MSZ 4798:2016/1M:2017 szabványban az MSZ 4798:2016 szabvány

- 5.3.2. szakaszának 3. megjegyzését a rövidebb és hosszabb tervezési élettartam pontosításaképpen úgy egészítették ki, hogy a „rövidebb (például 20 év) vagy hosszabb (például 100 év) tervezési élettartam esetén kevésbé szigorú vagy szigorúbb követelményekre lehet szükség. Útmutató a „használati élettartam vége” értelmezésére és a felhasználás helyén érvényes előírásokban megadott betonösszetételek határértékeinek érvényességére az ISO 16204 szabványban található”;
- F mellékletének (2) bekezdését, amely szerint az F1. és a NAD F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama 50 év, a következő szövegre cserélték: „A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezet (szerző megjegyzése: használati) élettartama a tervezéstől, a betonjellemzőktől és a kivitelezéstől függ. Az F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama legalább 50 év; azonban lehetséges a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezet rövidebb (például 20 év) vagy hosszabb (például 100 év) élettartamra való tervezési is. A NAD F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama 50 év.”

Az ütügyi műszaki előírások – például: e-UT 06.03.15:2006 (ÚT 2-3.211:2006) – szerint a betonburkolatú autópályák és főutak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 40 év, az egyéb utak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 30 év.

A tartószerkezetek fogalmát tágabban, teherhordó, teherbíró szerkezetként értelmezve a pályaburkolatok is beilleszthetők az Eurocode tervezési élettartam osztályaiba:

- a repülőtéri fel- és leszállópályák, repülőtéri gurulóutak betonburkolata a legalább 100 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 5. osztályába tartozónak tekinthetők,
- a jelentősebb beton-útpályaburkolatok (autópályák, főközlekedési utak betonburkolata)

---

létesítmény méretezését egyedileg valószínűség-elméleti módszer felhasználásával kell elvégezni.”

- a legalább 50 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 4. osztályába tartozónak,
- az egyéb beton-útpályaburkolatok és az ipari padlóbetonburkolatok a legalább 30 év tervezési élettartamú tartószerkezetek 3. osztályába tartozónak tekinthetők.

A tartószerkezeti betonfélésegeket – az MSZ EN 1990:2011 szabvány 2.3. szakasza szerinti tervezési élettartam osztályoknak megfelelően – jellegük alapján összefoglaló névvel a 3.1. táblázat jobb oszlopa szerint nevezhetjük; ezzel utalva arra is, hogy az élettartam éveket elvontan kell felfogni, azok tulajdonképpen a tartószerkezet tartósságának tervezési modellbeli fokozatai.

**Összegezve:** Az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabvány az építményeket öt tervezési élettartam osztályba sorolja. Az állandó beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek többsége általában a 3. (mezőgazdasági építmények tartószerkezetei), a 4. (épületek, ipari építmények tartószerkezetei) vagy az 5. (monumentális épületek és építmények, hidak, egy szóval műtárgyak tartószerkezetei) tervezési élettartam osztályba tartozik.

A szerkezetek tervezési élettartama a tervezési szabvány alapján mezőgazdasági építmények esetén 15-30 év, épületek és egyéb szokásos tartószerkezetek esetén általában 50 év, monumentális építmények (műtárgyak) esetén 100 év.

A tervezési élettartam követelmény (előírás), míg a használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább egyenlő kell legyen, mint a szerkezet tervezési élettartama.

A beton nyomószilárdsági osztályát, környezeti osztályát, összetételét, a betonfedést stb. a szerkezet tervezési élettartamának megfelelően kell megtervezni és megvalósítani, a vizsgálati eredményeket a tervezési élettartam figyelembevételével kell értékelni.

A tervezési élettartamot – ha az nem 50 év – a beton jelében fel is kell tüntetni.

Az MSZ EN 1990:2011 szabvány a pályaszerkezeteket nem nevesíti meg, és bár a szabvány a hatásköréből nem zárja ki, a szabvány felépítéséből arra lehet következtetni, hogy az MSZ EN 1990:2011 szabvány készítői a pályaszerkezeteket nem tekintették tartószerkezetnek, amelynek fogalmát így határozták meg: tartószerkezet a rendezett módon egymáshoz csatlakoztatott szerkezeti elemek szerves együttese, melyet teherviselésre és megfelelő merevségre terveznek; a tartószerkezeti elem pedig a tartószerkezet fizikailag elkülöníthető része, például oszlop, gerenda, lemez, cölöp.

A pályabetonok tervezési élettartamával a betonburkolatok rendeltetésnek megfelelő követelményeit tárgyaló MSZ EN 13877-2:2013 szabvány nem foglalkozik, az MSZ EN 1990:2011 tartószerkezet tervezési szabványra utalást nem tartalmaz, annál többet hivatkozik – hasonlóan a betonburkolatok alkotóanyagaigaira vonatkozó MSZ EN 13877-1 szabványhoz – az MSZ EN 206 betonszabványra.

Az e-UT 06.03.15:2006 (ÚT 2-3.211:2006) ütügyi műszaki előírás szerint a betonburkolatú autópályák és főutak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 40 év, az egyéb utak útpályaszerkezete tervezési élettartamának ajánlott értéke 30 év, de ezek betonanyagtani vonzatával ütügyi műszaki előírás nem foglalkozik.

Ugyanakkor az európai pályaszerkezeti szabványokban és a magyar ütügyi műszaki előírásokban hivatkozott MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabványban csak az 50 év tervezési élettartamra, annak nemzeti alkalmazási dokumentumában, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798-2016/2M:2018 szabványban csak az 50 és 100 év tervezési élettartamra található feltételrendszer, amelyet ebben a helyzetben a pályabetonokra is célszerű alkalmazni. Ha meggondoljuk, hogy az útpályák vonalas műtárgyak, akkor a pályabetonokat megilleti a 100 év tervezési élettartam.

A szerkezetek tervezési élettartamának valószínűség-elméleti hátterét a hazai irodalomban *Mistéth Endre* (2001) elemzi.

A tervezési élettartam, illetve a használati élettartam természetesen nem azonos a szavatossági vagy a jótállási idővel.



## 4. BETONOK IGÉNYBEVÉTELÉNEK ÉS TEHERBÍRÁSÁNAK TERVEZÉSI ÉRTÉKE

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 és MSZ EN 1992-2:2009 Eurocode 2 szabványok szerint a tartószerkezeteket teherbírásra, használhatóságra, tűzhatásra és egyéb rendkívüli hatásokra adott megbízhatósággal, a parciális (osztott biztonsági) tényezők módszerének alkalmazásával, az előírányzott tervezési élettartam idejére kell megtervezni. A tartószerkezetek teherbírési határállapotai a szilárdság kimerülésével, fáradási tönkremenetellel, az állékonyság elvesztésével jöhetnek létre. Valamely tartószerkezet teherbírása az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabvány 6.4.2. szakaszának (3)P bekezdése szerint akkor megfelelő, ha a teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ) a tartó minden keresztmetszetében az igénybevétel tervezési értékénél ( $E_d$ )<sup>90</sup> nagyobb vagy azzal legfeljebb egyenlő:

$$R_d \geq E_d$$

### 4.1. AZ IGÉNYBEVÉTEL TERVEZÉSI ÉRTÉKE

Az igénybevétel tervezési értékét ( $E_d$ ) az állandó jellegű terhelő erők és hatások (önsúly, földnyomás, víznyomás, támaszmozgás, lassú alakváltozás, feszítés, saruellenállás stb.) és az esetleges jellegű terhelő erők és hatások (hasznos terhek, szélhatás, hőmérsékleti hatás, saruellenállás, víz és jég mozgása, földrengés, építési terhek stb.) hatáskombinációból határozzák meg.

Az igénybevétel tervezési értéke axiális (tengelyirányú) igénybevétel esetén általában normálerő, illetve hajlítónyomaték ( $M_{Ed}$ ), tangenciális (érintőleges) igénybevétel esetén általában nyíróerő, illetve csavarónyomaték.

Például a kéttámaszú hajlított vasbeton tartó hajlítási teherbírása akkor megfelelő, ha a tartó minden keresztmetszetében az

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

feltétel teljesül, azaz a tartó hajlítónyomatéki teherbírásának tervezési értéke ( $M_{Rd}$ ) a hajlítónyomaték igénybevétel tervezési értékénél ( $M_{Ed}$ ) minden keresztmetszetben nagyobb, illetve azzal legfeljebb egyenlő. A kéttámaszú hajlított vasbeton tartó keresztmetszetére ható  $M_{Ed}$  nyomatékból a keresztmetszet felső övében a keresztmetszet méretétől függő nyomófeszültségek, alsó övében a keresztmetszet méretétől függő húzófeszültségek lépnek fel. A nyomófeszültségeket a beton, a húzófeszültségeket a betonacél szálak (acélbetétek) veszik fel. Az acélbetétek mennyiségét (a szálak számát és átmérőjét) és helyzetét úgy kell meghatározni, hogy a tartó se alul vasalt (rideg törés veszélye), se túlvasalt (gazdasági érdek, és repedéstágasság korlátozása) ne legyen, azaz a keresztmetszet törési határállapotában az acélbetét folyásának kezdetén, a folyási alakváltozás ( $\varepsilon_f = \varepsilon_{yd}$ <sup>91</sup>), illetve az ehhez tartozó folyási feszültség (folyáshatár  $f_y$ ) elérésekor alakuljon ki a beton törési összenyomódása ( $\varepsilon_b = \varepsilon_{cu}$ <sup>92</sup>), a nyomószilárdság egyidejű fellépte mellett (a hajlított vasbetontartó III. feszültségállapota, mint törésállapot; 4.1. ábra). E határeset feltétele a keresztmetszet feszültség-eloszlási diagramján a semleges tengelynek ( $x_{y0}$ ) és az acélbetét hatásvonalának ( $d_y$ )

<sup>90</sup> A teherbírás tervezési értékének ( $R_d$ ) korábbi jele (ENV 1992-1-1:1991)  $S_d$  volt.

<sup>91</sup> Az MSZ EN 1992-1-1:2005 és MSZ EN 1992-2:2009 (Eurocode 2) szabvány szerinti jelölés.

<sup>92</sup> Az MSZ EN 1992-1-1:2005 és MSZ EN 1992-2:2009 (Eurocode 2) szabvány szerinti jelölés.

a nyomott szélső száltól való távolsága viszonzyszámával ( $\xi_0$ ) fejezhető ki (Mihailich et al., 1964)<sup>93</sup>:

$$\xi_0 = \frac{x_{y0}}{d_y} = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_f} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_b}} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon_{cu}}} = \frac{1}{1 + \frac{10^{-3} \cdot 2,175}{10^{-3} \cdot 3,5}} = 0,61674$$

amiből:

$$x_{c0} = 0,8 \cdot x_{y0} = 0,8 \cdot \xi_0 \cdot d_y = 0,8 \cdot 0,61674 \cdot d_y = 0,493 \cdot d_y \approx 0,49 \cdot d_y \rightarrow (0,5 \cdot d_y) \text{ azaz}$$

$$\xi_{c0} = 0,8 \cdot \xi_0 = 0,8 \cdot \frac{x_{y0}}{d_y} = \frac{x_{c0}}{d_y} = 0,493 \approx 0,49 \rightarrow (0,5)$$

ugyanis:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{f_y / \gamma_s}{E_s} = \frac{500/1,15}{200\,000} \approx \frac{435}{200\,000} = 10^{-3} \cdot 2,175$$

ahol:

$f_{yd}$	betonacél folyáshatárának tervezési értéke, N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	betonacél kezdeti húzási rugalmassági modulusa, N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	betonacél biztonsági tényezője <sup>94</sup>

Ha feltételezzük, hogy négyszög keresztmetszet esetén:

- a hajlított vasbeton tartó keresztmetszetének szélessége  $b$ , magassága  $h_y$ ;
- a betonacél névleges átmérője  $\varnothing_s$ , a kengyel névleges átmérője  $\varnothing_{st}$ ;
- a névleges betonfedés előírt értéke  $c_{nom}$ ;
- az acélbetét hatásvonalának a nyomott szélső száltól való távolsága (egy sor húzott acélbetét esetén), azaz a hatékony magasság:  $d_y = h_y - c_{nom} - \varnothing_{st} - \varnothing_s/2$ ;
- a nyomófeszültség-diagram megengedett közelítéssel négyszög alakú, és  $x_{c0}$  magassága a semleges tengely nyomott szélső száltól való  $x_{y0}$  távolságának 0,8-szerese:  $x_{c0} = 0,8 \times x_{y0}$ , illetve  $x_{y0} = 1,25 \times x_{c0}$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2);
- a keresztmetszetre ható  $M_{Ed}$  hajlítónyomaték, mint az igénybevétel tervezési értéke, a beton nyomott övében, illetve a nyomott szélső szálaban  $\sigma_n = \sigma_{cu}$  nyomófeszültséget ébreszt,

<sup>93</sup> Dr. Mihailich Győző (1877, Temesrékás – 1966, Budapest) mérnök, műegyetemi tanár, 1920-tól a BME II. sz. Hidépítéstani Tanszék vezetője, az MTA tagja, Kossuth-díjas. 1906-tól kezdve hatvan éven át tanított a Műegyetemen. 1930-ban megszervezte a Műegyetem vasbeton vizsgálati laboratóriumát. 1936 decemberében többed magával tett javaslata alapján a Műegyetemen 1940 júniusában létrejött az Európában egyedül álló Mérnöki Továbbképző Intézet (ma: BME Mérnöktovábbképző Intézet), amelynek első igazgatójává választották. A Műegyetemnek két alkalommal volt a rektora (1942-1943 és 1949-1950). Dr. Mihailich Győző professzor első kiemelkedő alkotása a temesvári Ligeti úti híd a Bega-csatorna felett (1909) (Jancsó, 1999), amelyet számos vasbeton (1910: berekböszörményi híd a Sebes-Körös felett, 1911: tamáshidai híd a Fekete-Körös felett stb.) és acél (1910-ben a szolnoki közúti Tisza-híd, 1935-ben a budapesti Margit-híd, 1947-ben a szegedi közúti Tisza-híd stb.) híd építésének, erősítésének és szélesítésének tervezése, pályázatok készítése (1930: Boráros téri híd) követett. Tervei alapján épült az újpesti víztorony (1912). Megtervezte a csepeli vasbeton gabonátárházat (1922), a budapesti Szabó József úti autóbuszgarázst (1930) stb. Dr. Mihailich Győző professzor széleskörű irodalmi munkásságából kiemeljük: Vasbetonszerkezetek című könyve 1922-ben jelent meg. 1960-ban megírta a XIX. és XX. századi magyar hidépítés történetét, és 1966-ban társszerzőként a vasbetonépítés kezdete és első létesítményei magyarországi történetét (Magyar Életrajzi Lexikon, 1982), (Balázs, 1995).

<sup>94</sup> Az Eurocode 2 a biztonsági tényezőt parciális tényezőnek nevezi.



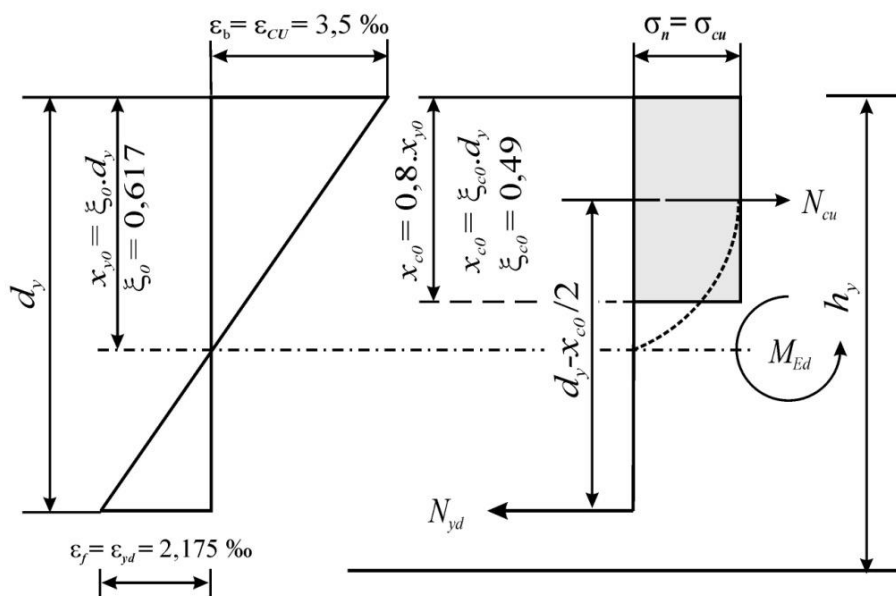
akkor az acélbetét hatásvonalára felírt egyensúlyi egyenlet (4.1. ábra):

$$M_{Ed} = \sigma_{cu} \cdot x_{c0} \cdot \left( d_y - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot b = \sigma_{cu} \cdot d_y^2 \cdot \left( \xi_{c0} - \frac{\xi_{c0}^2}{2} \right) \cdot b$$

amelyet a beton nyomófeszültségének értékére ( $\sigma_{cu}$ ) rendezve:

$$\sigma_{cu} = \frac{M_{Ed}}{x_{c0} \cdot \left( d_y - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot b} = \frac{M_{Ed}}{d_y^2 \cdot \left( \xi_{c0} - \frac{\xi_{c0}^2}{2} \right) \cdot b} = 2,7 \cdot \frac{M_{Ed}}{d_y^2 \cdot b}$$

Az  $M_{Ed}$  hajlítónyomaték által a betonban ébresztett nyomófeszültség értékét ( $\sigma_{cu}$ )  $\xi_{c0} = 0,49$  (B60.50 jelű<sup>95</sup> betonacél) feltételezésével az ismert  $M_{Ed}$ ,  $d_y$ ,  $b$  adatokból ki lehet számítani.



**4.1. ábra:**

A vasbeton keresztmetszet alakváltozás- és feszültség-megoszlása

#### Szám példa:

Legyen valamely kéttámaszú vasbetontartó állandó megoszló terhe (szerkezeti önsúly)  $g_k = 13,33$  kN/m, és esetleges (hasznos) megoszló terhe  $q_k = 20,0$  kN/m. Az állandó teher biztonsági tényezője  $\gamma_G = 1,35$ , az esetleges teher biztonsági tényezője  $\gamma_Q = 1,5$ . Ebből a terhelés tervezési értéke:  $p_d = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k = 1,35 \cdot 13,33 + 1,5 \cdot 20,0 = 48$  kN/m. A tartó elméleti támaszköze  $L = 5,0$  m. A tartóra ható legnagyobb hajlítónyomaték tervezési értéke  $M_{Ed} = p_d \cdot L^2 / 8 = 150$  kNm.

Számítsuk ki a kéttámaszú hajlított vasbeton gerenda támaszközepén a beton nyomófeszültségének  $\sigma_n = \sigma_{cu}$  értékét, ha a keresztmetszet hasznos szélessége  $b = 200$  mm és magassága  $h = 400$  mm. Legyen a névleges betonfedés  $c_{nom} = 35$  mm, a kengyel névleges átmérője  $\varnothing_{st} = 6$  mm, a betonacél névleges átmérője  $\varnothing_s = 18$  mm. A hatásvonal magasság  $d = 400 - 35 - 6 - 9 = 350$  mm. Eredményül azt kapjuk, hogy a beton — igénybevételeként jelentkező — nyomófeszültségének (elvárt legkisebb szilárdságának) értéke:

<sup>95</sup> Megfelel a prEN 1992-1-1:2003 (Eurocode 2) C.1. táblázata szerinti 500 N/mm<sup>2</sup> folyáshatárú, C duktilitási (szívóssági) osztályú, illetve a prEN 10080-1:2004 szerinti S 500 C jelű betonacélnek.

$$\sigma_{cu} = 2,7 \cdot \frac{150000000}{350^2 \cdot 200} = 16,53 \quad N/mm^2$$

## 4.2. A TEHERBÍRÁS TERVEZÉSI ÉRTÉKE

A teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ) a tartó méreteinek és az anyagjellemző(k) karakterisztikus értékének – amely átlagérték vagy jellemző érték lehet – a függvénye.

Betonszilárdságra történő méretezés során az anyagjellemző karakterisztikus értéke alatt a nyomószilárdság jellemző értéke értendő ( $f_{ck}$ ). Ennek alapján a beton nyomószilárdságának – az igénybevételből számított – az MSZ 4798:2016 szerinti, szabványos, Ø150×300 mm méretű, 28 napos korú, végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, legkisebb (megkövetelt, előírt) jellemző értéke ( $f_{ck,cyl,min}$ ) a beton nyomófeszültségének értékéből ( $\sigma_{cu}$ ) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerint a következőképpen adódik:

$$f_{ck,cyl,min} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu}$$

majd:

$$\sigma_{cu} \rightarrow [\sigma_{cu}] \leq f_{cd} \quad \text{és} \quad f_{ck,cyl,min} \rightarrow [f_{ck,cyl,min}] = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times f_{cd} \leq f_{ck,cyl}$$

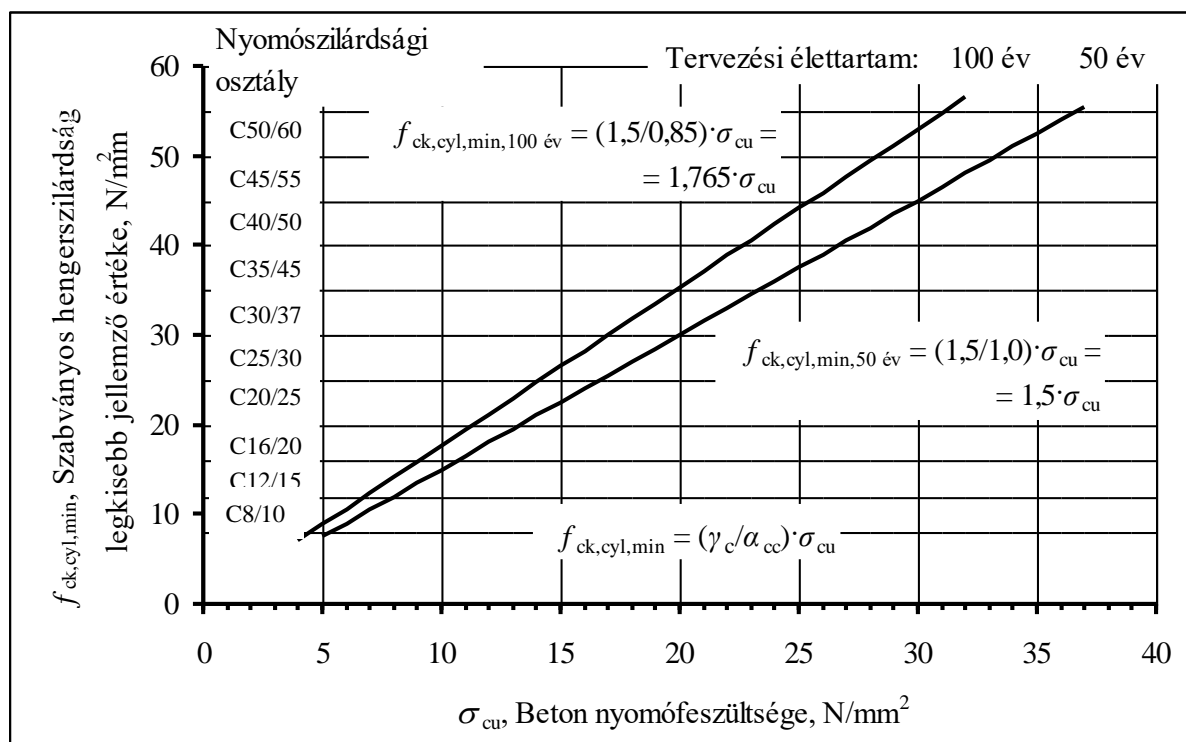
ahol:

- $\alpha_{cc}$  a beton  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója, amelynek értéke Magyarországon legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén  $\alpha_{cc} = 1,00$ , az 50 évnél nagyobb tervezési élettartamú szerkezetek esetén  $\alpha_{cc} = 0,85$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint)<sup>96</sup>;
- $\gamma_c$  a beton  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője a parciális tényezős (osztott biztonsági tényezős) méretezési eljárás esetén, értéke teherbírasi határállapot vizsgálata során, tartós és ideiglenes tervezési állapotban általában  $\gamma_c = 1,5$  (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 2.4.2.4. szakaszának (1) bekezdése és A2.3. szakaszának (1) bekezdése szerint);
- $\sigma_{cu}$  a beton – igénybevételből számított, az  $\varepsilon_{cu}$  fajlagos törési összenyomódáshoz tartozó – nyomófeszültsége az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint, N/mm<sup>2</sup>;
- $[\sigma_{cu}]$  a beton nyomófeszültségének felfelé kerekített értéke, N/mm<sup>2</sup>;
- $[f_{ck,cyl,min}]$  az  $f_{ck,cyl,min}$  előírt jellemző érték felfelé kerekített értéke, N/mm<sup>2</sup>

A 4.2. ábrán látni, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése és NA2.2.1. szakasza szerint,  $\gamma_c = 1,5$  biztonsági tényező mellett, ha a beton nyomófeszültsége például  $\sigma_{cu} = 15$  N/mm<sup>2</sup>, akkor az 50 év tervezési élettartamú beton nyomószilárdsági osztálya C20/25 (minthogy  $\alpha_{cc} = 1,00$ ), a 100 év tervezési élettartamú betoné pedig C25/30 (minthogy  $\alpha_{cc} = 0,85$ ) kell legyen.

<sup>96</sup> Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. szakasz (4) bekezdése szerint, ha bizonyos esetekben – például feszítés alkalmazásakor – a beton nyomószilárdságát (sablonban képszült, „szabványos” laboratóriumi próbatesteken)  $t > 28$  napos korban határozzák meg, akkor a 3.1.6. szakasz (1)P bekezdésében szereplő  $\alpha_{cc}$  tartós szilárdsági tényezőt a  $k_t$  csökkentő tényezővel meg kell szorozni. A csökkentő tényező ajánlott értéke  $k_t = 0,85$ , de Magyarországon az NA2.1.2. szakasz szerint

- ha a szilárdságvizsgálat elsődleges célja a 28 napos korú beton szilárdságának a meghatározása, akkor közelítő vizsgálat esetén és az utószilárdulásra vonatkozó adatok hiányában a  $k_t = 0,85$  érték csak  $t \geq 180$  napos korban végzett szilárdságvizsgálat esetén alkalmazható. A  $28 < t < 180$  napos korú betonok esetén a  $k_t$  értékét lineáris interpolációval kell meghatározni;
- ha a szilárdságvizsgálat célja a  $t > 28$  napos korú beton adott időpontban érvényes szilárdságának a meghatározása, akkor a  $k_t = 1,0$  értéket kell alkalmazni.



**4.2. ábra:** Beton nyomószilárdsági osztálya a nyomófeszültség függvényében

A fentiekben tárgyalt  $R_d \geq E_d$  követelmény folyamánya, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó nyomószilárdság tervezési értéke ( $f_{cd}$ )<sup>97</sup> az igénybevételből számított nyomófeszültség értékénél ( $\sigma_{cu}$ ) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű kell legyen:

$$f_{cd} \geq \sigma_{cu}$$

Ezzel egyidejűleg teljesül, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt jellemző érték ( $f_{ck,cyl}$ ) a nyomófeszültség értékéből ( $\sigma_{cu}$ ) számított megengedett legkisebb jellemző értékénél ( $f_{ck,cyl,min}$ ) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű:

$$f_{ck,cyl} \geq f_{ck,cyl,min}$$

Az adott keresztmetszeti méretű vasbeton tartó betonjának nyomószilárdságát tehát úgy kell megtervezni, hogy a beton nyomószilárdságának szabványos próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke ( $f_{ck,cyl}$ ) legalább akkora legyen, mint az igénybevételből, azaz a nyomófeszültség értékéből ( $\sigma_{cu}$ ) számított legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke ( $f_{ck,cyl,min}$ ).

A 4.1. táblázat ① sorában feltüntettük a normál szilárdságú szokványos (közönséges, normál) betonok nyomószilárdsági osztályát és ② sorában a nyomószilárdsági osztály jeléhez tartozó beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értékét ( $f_{ck,cyl}$ ). Ebből kiszámítottuk a beton nyomószilárdságának tervezési értékét ( $f_{cd}$ ) a ③ sorban a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül és a ④ sorban a tartós szilárdság figyelembevételevel. Végül a 4.1. táblázat ⑤ sorában megadtuk a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt átlagértékét ( $f_{cm,cyl}$ ). A ③ és ④ sorban szereplő tervezési értéket ( $f_{cd}$ ) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerinti

<sup>97</sup> A nyomószilárdság teherbírásai tervezési értékének ( $f_{cd}$ ) fogalma lényegében megfelel a régebben (az európai szabványok bevezetése előtti időkben) „beton nyomóhatárfeszültségnek” nevezett fogalomnak, amelynek a jele  $\sigma_{bH}$  volt.

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} \times f_{ck,cyl}$$

összefüggéssel számítottuk ki.

A 4.1. táblázatból azt látjuk, hogy például valamely 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú szerkezetbe beépítésre kerülő C30/37 nyomószilárdsági osztályú betontól a tervező azt várja, hogy a legfeljebb 17,0 N/mm<sup>2</sup> értékű  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültséget károsodás nélkül tartósan viselje, illetve, ha legfeljebb 50 év tervezési élettartamú szerkezetbe építik be, akkor a tartós szilárdság figyelembevétel nélkül legfeljebb 20 N/mm<sup>2</sup> értékű  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültséget ( $f_{cd}$ ) legyen képes károsodás nélkül hordani. A tervező azt is feltételezi, hogy a C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton átlagos nyomószilárdsága 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengereken mérve, legalább 38 N/mm<sup>2</sup>.

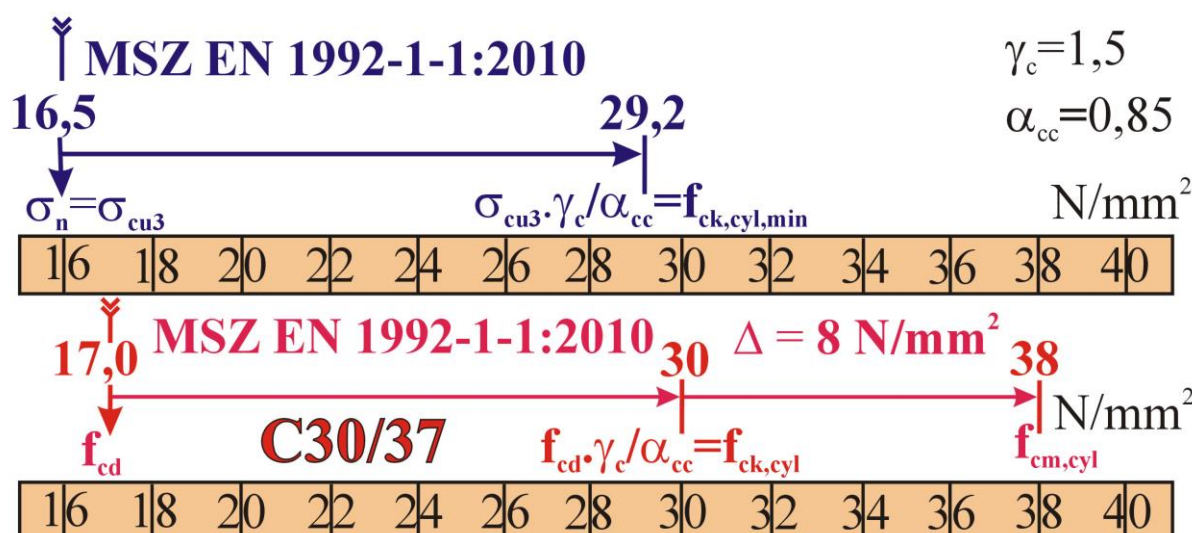
Az 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú beton nyomószilárdsági osztálya meghatározásának lépéseit az igénybevételből ébredő  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségből a 4.3. ábrán láthatjuk.

**4.1. táblázat:** Szokványos (közönséges, normál), normál szilárdságú betonok nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke 50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú szerkezetek (az  $\alpha_{cc}$  értékére vonatkozólag) esetén az MSZ EN 1992-1-1:2010 szerint

① Beton nyomószilárdsági osztálya									
C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
② Beton nyomószilárdságának Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke, N/mm <sup>2</sup> $f_{ck,cyl}$									
8	12	16	20	25	30	35	40	45	50
③ Beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tartós szilárdság figyelembevétel nélkül (a $\sigma_{cu}$ nyomófeszültség határértéke), N/mm <sup>2</sup> $f_{cd} = f_{ck,cyl}/(\gamma_c/\alpha_{cc}) = f_{ck,cyl}/(1,5/1,0) \geq \sigma_{cu}$									
5,3	8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3
④ Beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tartós szilárdság figyelembevételével (a $\sigma_{cu}$ nyomófeszültség határértéke), N/mm <sup>2</sup> $f_{cd} = f_{ck,cyl}/(\gamma_c/\alpha_{cc}) = f_{ck,cyl}/(1,5/0,85) \geq \sigma_{cu}$									
4,5	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
⑤ Beton nyomószilárdságának Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett előírt átlagértéke, N/mm <sup>2</sup> $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$									
16	20	24	28	33	38	43	48	53	58

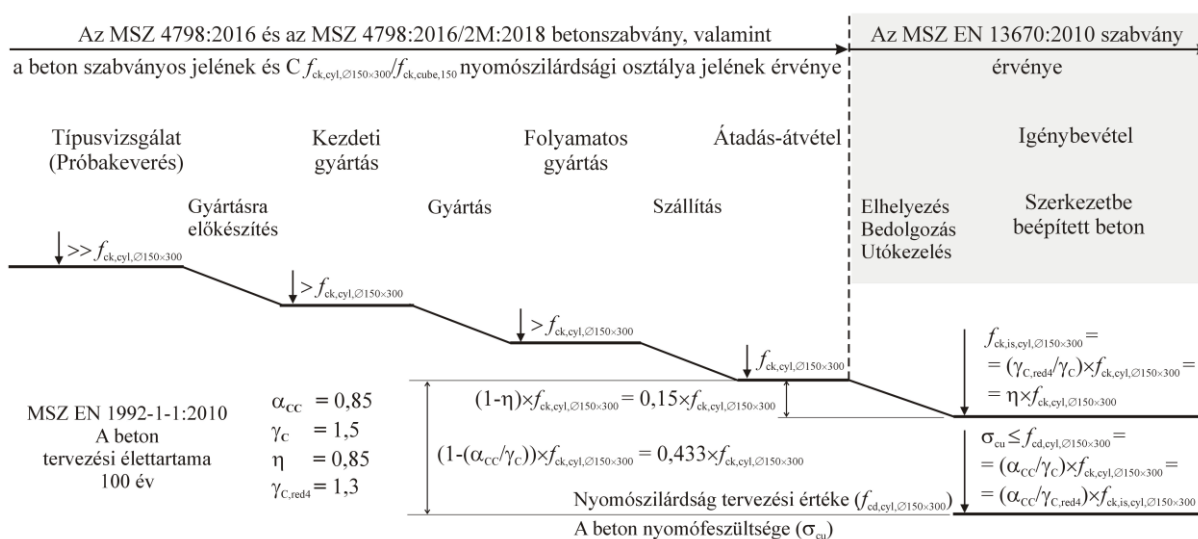
A 4.3. ábrán látni, a 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén, ha a beton igénybevételből számított nyomófeszültsége  $\sigma_{cu} = 16,5$  N/mm<sup>2</sup>, akkor az  $f_{cd} \geq \sigma_{cu}$  feltételnek megfelelő tervezési érték, amely a tartós szilárdság figyelembevétel mellett a legkisebb beton nyomószilárdsági osztályra vezet  $f_{cd} = 17,0$  N/mm<sup>2</sup>, a nyomószilárdság próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke pedig  $f_{ck,cyl} = 30$  N/mm<sup>2</sup>, henger-nyomószilárdsági előírt átlagértéke  $f_{cm,cyl} = 38$  N/mm<sup>2</sup> és a beton nyomószilárdsági osztálya C30/37.

Fentiekből kitűnik, hogy a beton nyomószilárdságának szabványos, Ø150×300 mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke ( $f_{ck,cyl}$ ) a beton szabványos nyomószilárdsági osztályának meghatározó adata, mint ahogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.2. fejezetének (2)P bekezdése ki is mondja: a nyomószilárdsági osztályok a 28 napos korban meghatározott, hengeren mért nyomószilárdság  $f_{ck}$  jellemző értékén alapulnak.



**4.3. ábra:** A C30/37 nyomószilárdsági osztályú, tartós (50 évnél nagyobb, például 100 év tervezési élettartamú) beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett tervezési értéke ( $f_{cd}$ ) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint

A beton nyomófeszültségének ( $\sigma_{cu}$ ) és előírt jellemző (karakterisztikus) értékének ( $f_{ck,cyl,\emptyset 150 \times 300}$ ) kapcsolatát a 4.4. ábrán mutatjuk be.



**4.4. ábra:** A beton nyomófeszültségének ( $\sigma_{cu}$ ) és előírt jellemző (karakterisztikus) értékének ( $f_{ck,cyl,\emptyset 150 \times 300}$ ) kapcsolata az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) és MSZ 4798:2016 szabvány szerint

#### Szám példa:

Az igénybevétel tervezési értékének meghatározását bemutató szám példában azt kaptuk, hogy a vizsgált beton esetében a beton — igénybevételként jelentkező — nyomófeszültségének értéke  $\sigma_{cu} = 16,53$  N/mm<sup>2</sup>. Ezt a  $\sigma_{cu}$  értéket összevetve a 4.1. táblázat  $f_{cd}$  tervezési értékeivel, — a  $\sigma_{cu} \leq f_{cd}$  feltétel alapján — megállapíthatjuk, hogy a beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül  $f_{cd} = 16,7$  N/mm<sup>2</sup> (C25/30), és a tartós szilárdság figyelembevételeivel  $f_{cd} = 17,0$  N/mm<sup>2</sup> (C30/37).

A  $\sigma_{cu}$  nyomófeszültségből kiszámítható a beton szabványos méretű és szabványosan tárolt próbahengeren értelmezett nyomószilárdságának legkisebb (megkövetelt) jellemző értéke a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül:

$$f_{ck,cyl,min} = \gamma_c \times \sigma_{cu} = 1,5 \times 16,53 = 24,8 \quad \text{N/mm}^2$$

és a tartós szilárdság figyelembevételével:

$$f_{ck,cyl,min} = \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times \sigma_{cu} = \frac{1,5}{0,85} \times 16,53 = 29,2 \quad \text{N/mm}^2$$

Mint hogy  $f_{ck,cyl,min} \leq f_{ck,cyl}$  kell legyen, a 4.1. táblázatból adódik, hogy a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett előírt jellemző értéke,

- ha a tartós szilárdságra nem vagyunk tekintettel,  $f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$ , tehát ebben az esetben a példa szerinti igénybevételt kellő biztonsággal hordani képes beton nyomószilárdsági osztálya C25/30;
- ha a tartós szilárdságra tekintettel vagyunk,  $f_{ck,cyl} = 30 \text{ N/mm}^2$ , tehát ebben az esetben a példa szerinti igénybevételt kellő biztonsággal hordani képes beton nyomószilárdsági osztálya C30/37.

Ez az eredmény természetesen megegyezik azzal, mint amit a  $\sigma_{cu} \leq f_{cd}$  feltétel alapján kaptunk (4.3. ábra).

A beton – fenn tárgyalt, MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.6. szakaszának (1)P bekezdése szerinti –  $f_{cd}$  tervezési értékének követelményét olyan betonnal lehet kielégíteni, amelynek  $\varnothing 150 \times 300 \text{ mm}$  méretű, laboratóriumi sablonban készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt és vizes állapotú – nem csiszolt nyomott felületű! – próbahengereken 28 napos korban mért  $f_{cm,cyl,test}$  átlagos nyomószilárdsága az  $\alpha_{cc} = 0,85$  és  $\gamma_c = 1,5$  értékek alkalmazásával az

$$f_{cm,cyl,test} \geq f_{ck,cyl} + 8 = \left( \frac{\gamma_c}{\alpha_{cc}} \times f_{cd} \right) + 8 = 1,76 \times f_{cd} + 8 \quad [\text{N/mm}^2]$$

feltételnek megfelel.

E 28 napos korú beton MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályának jele az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1. táblázata értelmében:

$$C f_{ck} / f_{ck,cube} \text{ azaz } C f_{ck,cyl} / f_{ck,cube}$$

Ezzel szemben az építménybe beépített  $t > 28$  napos korú – C20/25 és C50/60 közötti nyomószilárdságú – beton akkor megfelelő nyomószilárdságú, ha a tartószerkezeti elemből kifűrt magmintából kialakított, légszárat állapotban vizsgált – nem csiszolt nyomott felületű! –, például  $\varnothing 100 \times 100 \text{ mm}$  méretű próbahengereken  $t$  korban mért átlagos nyomószilárdság ( $f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t}$ ) 0,75-szorosa nem kisebb, mint a beton  $t$  napon számított  $f_{cd,t}$  tervezési értéke 1,53-szorosának 8 N/mm<sup>2</sup>-rel növelt értéke:

$$\begin{aligned} f_{cm,is,cyl,\varnothing 150 \times 300, test, vizes, t} &= 0,75 \times f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t} \geq f_{ck,is,cyl,t} + 8 \\ &= \left( \frac{\gamma_{C,red4}}{\alpha_{cc}} \times f_{cd,t} \right) + 8 = 1,53 \times f_{cd,t} + 8 \quad [\text{N/mm}^2] \end{aligned}$$

tekintve,

- egyrészt, hogy a 20.1.2.6. ábra szerint:  
 $f_{cm,is,cyl,test,t} = 0,98 \times 0,77 \times f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t} = 0,75 \times f_{cm,is,cyl,\varnothing 100 \times 100, test, légszár, t}$  és
- másrészt, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány „A” melléklete A2.3. szakaszának (1) bekezdése értelmében, ha beton szilárdságát a megvalósult szerkezeten vagy szerkezeti elem kísérlettel (vizsgálattal) határozzák meg, akkor a  $\gamma_c$  biztonsági tényező értékét az  $\eta = 0,85$  csökkentő tényezővel csökkenteni szabad, de a  $\gamma_{C,red4} = \eta \times \gamma_c = 0,85 \times 1,5 = 1,275$  csökkentett biztonsági tényező értéke nem lehet kisebb, mint  $\gamma_{C,red4} = 1,3$ .

**Összegezve:** A beton nyomószilárdsági osztályának elsődleges kifejezője a nyomószilárdság  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett, előírt jellemző (karakterisztikus) értéke ( $f_{ck,cyl}$ ), mert az MSZ EN 1992-1-1:2010 szerinti erőtani méretezés során ezt származtatják a nyomószilárdság tervezési értékéből ( $f_{cd}$ ). Ezért a nyomószilárdsági osztály meghatározásához minden egyéb feltétel mellett (például 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockán) kapott egyedi nyomószilárdság vizsgálati eredményt ( $f_{ci}$ ) – a torzítások elkerülése érdekében – még az értékelés (átlag, szórás, jellemző érték stb. kiszámítása) előtt helyes átszámítani a  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű, 28 napos korú, kizsaluzás után végig vízben tárolt próbahengeren értelmezett egyedi nyomószilárdságra ( $f_{ci,cyl}$ ), és az így átszámított egyedi henger-nyomószilárdságokat kell értékelni.

E nézet helyességét alátámasztja *Halász István* (1982) dolgozatának következő mondata: „Ha a szilárdságvizsgálatok nem szabványos méretű próbatesteken történtek, akkor az átszámítást kockák esetén a 150 mm élhosszúságú kockákra, hengerek esetén pedig a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerre célszerű elvégezni az *egyedi ( $R_{bi}$ ) szilárdságra vonatkozó vizsgálati eredményekre külön-külön*”.

Megjegyzés: Az Eurocode 2 szabvány az ülepedési és a gátolatlan száradási zsugorodás végértékét a beton nyomószilárdságának próbahengeren értelmezett, előírt jellemző értékéből ( $f_{ck,cyl}$ ), míg a 28 napos kortól eltérő korú beton átlagos nyomószilárdságát és húzószilárdságát, a rugalmassági modulust, a  $\sigma - \varepsilon$  diagram jellegzetes pontjaihoz tartozó alakváltozási értékeket, a gátolatlan száradási zsugorodás alapértékét, a kúszási tényező alapértékét a nyomószilárdság próbahengeren értelmezett, előírt átlagértékéből ( $f_{cm,cyl}$ ) határozza meg. A kúszási tényező végértékét, ha a nyomófeszültség az első terhelés időpontjában a  $0,45 \times f_{ck,cyl}$  értéket nem haladja meg, a nyomószilárdság jellemző értékéből ( $f_{ck,cyl}$ ), ha meghaladja akkor az átlagértékéből ( $f_{cm,cyl}$ ) kell kiszámítani (*Szalai et al., 2005*).



## 5. VASBETON ÉPÍTMÉNYEK SZERKEZETI OSZTÁLYA

A vasbeton vagy feszített vasbeton építmény, illetve szerkezeti elem szerkezeti osztályát az erőtani méretezés során határozzák meg, jele a beton jelében nem szerepel, ismerete azonban ennek ellenére szükséges az építmény megvalósítói számára is, mert az adalékanyag megengedett névleges legnagyobb szemmagysága többek között a betonfedés függvénye, a betonfedés szükséges mértékéről pedig a szerkezeti osztályok adnak tájékoztatást. Ezért a tervezői műszaki leírásnak a beton jelen kívül tartalmaznia kell a betont befogadó vasbeton vagy feszített vasbeton építmény, illetve szerkezeti elem szerkezeti osztályát, amely a betontechnológiai utasításban, illetve a beton megrendelés és szállítás dokumentumában az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának egyik meghatározó tényezőjeként jelenik meg.

A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a tervezési élettartam függvényében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedésének ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) mértékét határozzák meg. Ebből következik, hogy szerkezeti osztályba csak a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket szükséges besorolni, és az ezekhez nem illeszthető környezeti osztályok esetén (XN(H), X0b(H), XV1(H)) betonfedésről vagy szerkezeti osztályról beszélni felesleges, de a környezeti hatások erősségének MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti csoportjaiba (10.8. táblázat) ezek a környezeti osztályok is besorolhatók.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány legkisebb betonfedéssel ( $c_{\min}$ ) foglalkozó 4.4.1.2. szakaszának betonacélokra vonatkozó 4.4N és feszítőacélokra vonatkozó 4.5N táblázata hat szerkezeti osztályt tartalmaz (jelük: S1-S6). A táblázatokban a  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb tartóssági betonfedésre vonatkozó adatok annak feltételezésével érvényesek, hogy a betonacél és a feszítőbetét külön védelemmel el nem látott, ötvözetlen (nem rozsdamentes) szénacél. A szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése szerint az 50 év tervezési élettartamú és a szabvány E mellékletének E1.N táblázatában (a szabvány angol és a német változatában a jele: E.1N) szereplő környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonok az S4 szerkezeti osztályba sorolandók<sup>98</sup>, amely tervezési élettartam és szerkezeti osztály társítást K. Zilch és M. Cyllok (2004) szóhasználatát követve „alapaset”-nek nevezünk (5.1. táblázat).

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzésében az is szerepel, hogy az ajánlott legalacsonyabb szerkezeti osztály S1, ami azt is jelenti, hogy az S1 szerkezeti osztály általa képviselt legkisebb tartóssági betonfedésnél ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) – azaz 10 mm-nél – a legkisebb tartóssági betonfedés kisebb nem lehet.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázatában lényegében azokat a európai szabványban szereplő környezeti osztályokat sorolták fel, amelyek hatással vannak az acélbetétek karbonátosodás és nedvesség okozta (XC1 – XC4, XF1), kloridbehatalás okozta (XD1 – XD3, XS1 – XS3, XF2 – XF3), valamint talaj és talajvíz okozta (XA1 – XA3) kémiai korróziójára, amely ellen a betonfedés védelmet nyújt (5.1. táblázat). E környezeti osztályok és az ezekhez illesztett nyomószilárdsági osztályok – az XD2 környezeti osztály kivételével – megegyeznek az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerinti környezeti osztályokkal és a hozzájuk tartozó legkisebb nyomószilárdsági osztályokkal. Magától értetődik, hogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázatában a magyar nemzeti betonszabvány

<sup>98</sup> A DIN EN 1992-1-1/NA:2013 szabvány 4.4.1.2 szakaszának (5) bekezdése szerint Németországban az 50 év tervezési élettartamú vasbeton és feszített vasbetonszerkezeteket az S3 szerkezeti osztályba kell sorolni, így ott ez az „alapaset” (Fingerloos et al., 2012). A megkövetelt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) értéke az S3 szerkezeti osztályban – az X0 környezeti osztály kivételével – 5 mm-rel kisebb, mint az S4 szerkezeti osztályban.

(MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018) által bevezett környezeti osztályok nem szerepelnek.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázata és a szabvány NA magyar nemzeti melléklete e könyv 5.2. táblázatában szereplő feltételek mellett lehetőséget ad az „alapeset” képező S4 szerkezeti osztálynak (5.1. táblázat), és ezáltal a megkövetelt legkisebb tartóssági betonfedések ( $c_{\min,dur}$ ) értékének a módosítására. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázata a módosítási feltételeket az X0, XC1–XC4, XD1–XD3 és XS1–XS3 környezeti osztályok nevesítése mellett mutatja be.

**5.1. táblázat:** A környezeti osztályokban előírt nyomószilárdsági osztályok S4 szerkezeti osztály és 50 év tervezési élettartam esetén az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdése és a szabvány E1.N táblázata szerint („alapeset”)

Környezeti osztály az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata szerint								
Nincs korrózió		Karbonátosodási korrózió				Kloridok okozta korrózió		
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	
Alkalmazható legkisebb nyomószilárdsági osztály								
C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	
Környezeti osztály az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata szerint								
Tengervízből származó kloridok okozta korrózió			Fagyhatás okozta korrózió			Kémiai hatás okozta korrózió		
XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Alkalmazható legkisebb nyomószilárdsági osztály								
C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Megjegyzés:								
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Az XD2 környezeti osztályhoz az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázata szerint C30/37 nyomószilárdsági osztályú, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány F1. táblázata szerint C35/45 nyomószilárdsági osztályú beton tartozik. E könyvben az utóbbi ajánlást követjük.</li> <li>- Bár az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázatában az XF4 környezeti osztály is szerepel, azt az E1.N táblázatban nem tüntették fel. Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az XF4 környezeti osztályban alkalmazandó legkisebb nyomószilárdsági osztály C30/37.</li> </ul>								

Az X0 és XC1 környezeti osztály tehát szerepel az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabványnak a szerkezeti osztály módosítási lehetőségét bemutató 4.3N és az előírt legkisebb tartóssági betonfedéseket tartalmazó 4.4N – 4.5N táblázatában, ugyanakkor a német szabályozásban (DIN 1045-1:2008, DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” 2015) és irodalomban (Goris 2013, Goris et al. 2016. Band 3., Röhling et al. 2012. Band 1.) az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min,dur}$ ) csökkentését az XC1 környezeti osztályban nem engedik meg, az X0 környezeti osztályt pedig a  $c_{\min,dur}$  legkisebb tartóssági betonfedésről szólva nem említik, feltéve azért, mert vasbeton vagy vasalást tartalmazó beton ritkán tartozik az X0 környezeti osztályba. Ezek tekintetében az X0v(H) és XC1 környezeti osztály szerepelésével az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány gyakorlatát követi.

A kopási igénybevétel okozta betonfedés-csökkenést az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázatához tartozó (13) megjegyzésben a kopásálló adalékanyag alkalmazásának alternatívájaként a  $c_{nom}$  névleges betonfedéshez hozzáadandó  $\Delta c_{Opfer}$  vastagságú betonfedéspalásttal (Opferbeton) javasolják ellensúlyozni.

A fagy- és olvaszósó hatásának XF és a kémiai korrózió hatásának XA környezeti osztálya valószínűleg azért nem szerepel az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N – 4.5N

táblázatában, mert a szabvány 4.3N táblázatához tett (12) megjegyzés szerint feltételezik, hogy a beton fagy- és olvasztósó-állóságát, valamint kémiai korrózió-állóságát rendszerint a betonösszetétellel megoldják, és ez a körülmény az alkalmazandó 4.4. szakasz szerinti, az XC1–XC4, XD1–XD3 és XS1–XS3 környezeti osztályokhoz tartozó betonfedés mellett elegendő védelmet nyújt az acélbetét korróziója ellen. Ugyanakkor az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nemzeti mellékletének – amely előírás – NA3.1.2. szakaszában a 4. fejezet (5) bekezdéséhez megjegyzik, hogy Az XA1–XA3 környezeti osztályoknak kitett szerkezetek esetén a  $c_{\min, \text{dur}}$  értékét – a környezet agresszivitásának mértéke alapján - egyedileg is fel lehet venni. Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány készítői élve a lehetőséggel a fagy és olvasztósó, valamint a kémiai korrózió hatásának kitett vasbeton és feszített beton szerkezetek acélbetétei korrózióvédelmét nem bízták pusztán a betonösszetételre, hanem nagyobb biztonságra törekedve az XF és XA környezeti osztályokhoz is előírták a szerkezeti osztályokhoz tartozó  $c_{\min, \text{dur}}$  legkisebb tartóssági betonfedés értékét.

A szerkezeti osztályok 5.2. táblázatban feltüntetett módosítási feltételei közül egyidejűleg több is teljesülhet. Az egyidejűleg teljesülő módosítási feltételek és hatásuk kezelésére módosítási feltételcsoportokat képeztünk.

A szerkezeti osztály módosítási feltételei csoportképzésének rendező elve volt, hogy

- a vasalatlan betonszerkezetet, illetve szerkezeti elemet nem kell szerkezeti osztályba sorolni;
- adott szerkezeti osztály ugyanazon környezeti osztályú beton tekintetében általában más legkisebb tartóssági betonfedést ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) jelent vasbeton és más feszített vasbeton szerkezet vagy szerkezeti elem esetén. Az X0 és XC1 környezeti osztálytól eltekintve feszített vasbeton esetén a szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) 10 mm-rel több, mint vasbeton esetén (MSZ 4798:2016);
- „alapeset”-nek < 50 év tervezési élettartamú beton esetén az S3, 50 év tervezési élettartamú beton esetén az S4, 100 év tervezési élettartamú beton esetén az S6 szerkezeti osztályt kell tekinteni (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése és NA3.1.2. szakasza);
- az acélbetétet tartalmazó szerkezeti elem a környezeti osztályok mindegyike esetén – így az X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton esetén is – szerkezeti osztályba sorolandó, tehát az acélbetétet tartalmazó X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton előírt legkisebb tartóssági betonfedése ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) sem lehet 10 mm-nél kisebb.

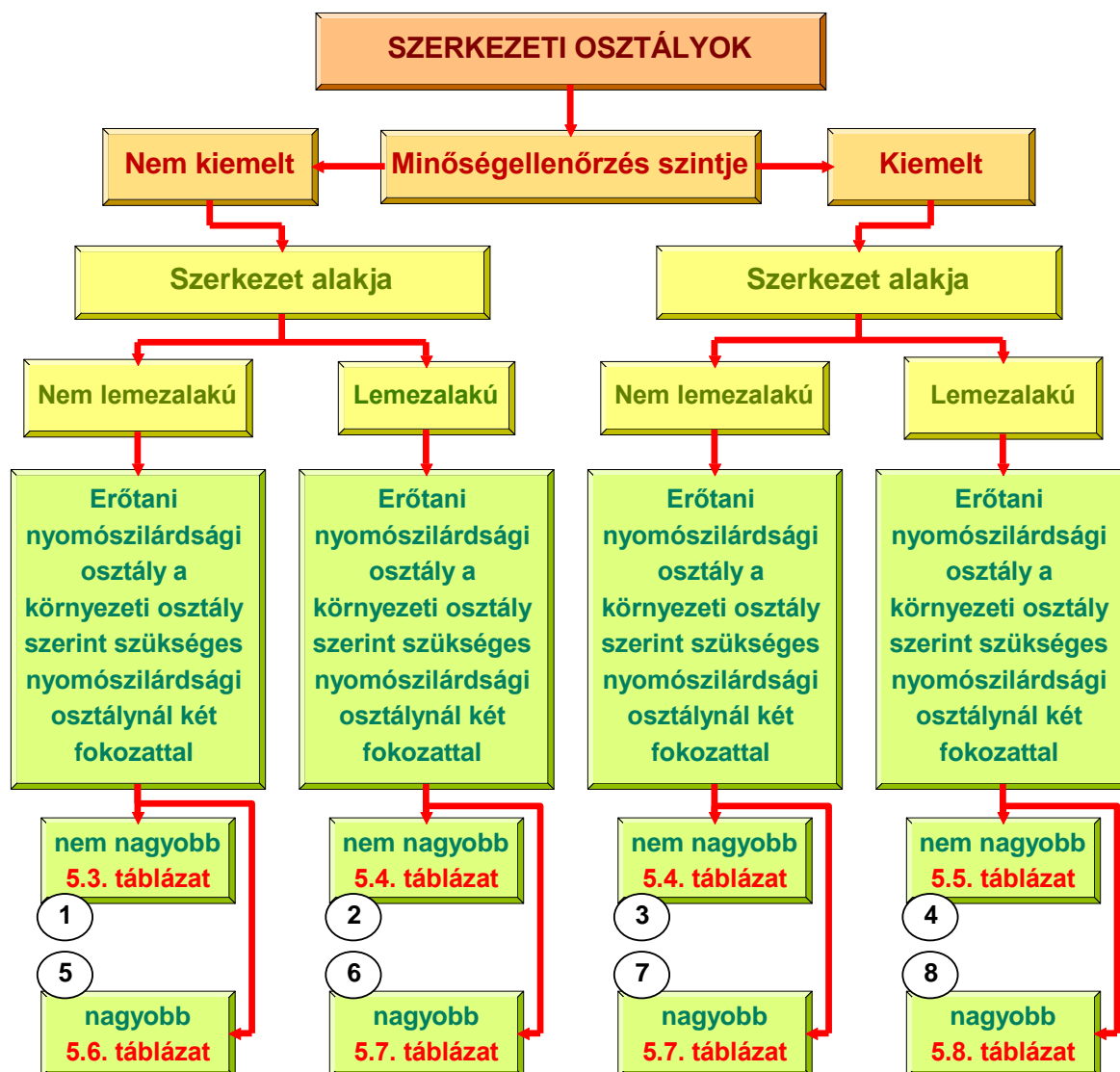
A feltételcsoportokhoz tartozó szerkezeti osztályok tartalmát az 5.3. – 5.8. táblázatban mutatjuk be, e táblázatok rendszerét az 5.1. ábra szemlélteti.

Az 5.2. táblázatban az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdésében a 4.3.N táblázatához tett megjegyzést – amely szerint a kis áteresztőképesség érdekében (nem lehet tudni, hogy mely áteresztőképességről van szó, a Svájcban megengedett légáteresztő-képesség mértéke e könyv 10.7. táblázatában található) alkalmazott különleges összetétel (cementfajta, víz-cement tényező, adalékanyag finomszemei) figyelembe vehető –, és az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány NA3.1.2. szakaszának e megjegyzésre hivatkozó javaslatát – amely szerint, ha az alkalmazott keverék összetételéből adódóan a beton áteresztőképessége a szokásosnál kisebb, és ezt független vizsgálólaboratóriumban végzett vizsgálatok eredményei igazolják, akkor a megrendelő vagy annak képviselője engedélyével, a vizsgálati eredmények alapján a figyelembevett szerkezeti osztály legfeljebb 2-vel csökkenthető – egyrészt a különleges összetétel és a áteresztőképesség szokásos mértékének hazai meghatározatlansága, másrészt a javasolt szerkezeti osztály csökkentés túlzott volta miatt figyelmen kívül hagytuk.

**5.2. táblázat:** A szerkezeti osztályok módosítása az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályához („alapeset”) viszonyítva az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány

## 4.3N táblázata és az azt kiegészítő NA magyar nemzeti melléklet NA3.1.2. szakasza szerint

Feltétel	Szerkezeti osztály
Ha a tervezési élettartam 100 év, akkor	az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályánál („alapeset”) két osztállyal nagyobb szerkezeti osztály (S6)
Ha a tervezési élettartam kevesebb mint 50 év (< 50), akkor	az 50 év tervezési élettartamú beton S4 szerkezeti osztályánál („alapeset”) egy osztállyal kisebb szerkezeti osztály (S3)
Ha az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal nagyobb, akkor	az adott tervezési élettartamú beton szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály: < 50 év tervezési élettartam: S2 50 év tervezési élettartam: S3 100 év tervezési élettartam: S5
Ha a szerkezeti elem lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, akkor	a nem lemezalakú szerkezeti elem szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály: - ha az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál: < 50 év tervezési élettartam: S2 50 év tervezési élettartam: S3 100 év tervezési élettartam: S5 - ha az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> : < 50 év tervezési élettartam: S1 50 év tervezési élettartam: S2 100 év tervezési élettartam: S4
Ha a minőségellenőrzés kiemelt szintű. akkor	a nem kiemelt minőségellenőrzési szintű beton szerkezeti osztályánál <i>egy osztállyal kisebb</i> szerkezeti osztály
Kiemelt szintűnek a telepített betonelemgyári és az építéshelyi előregyártó-üzemi minőségellenőrzést tekintjük, feltéve, hogy a betongyártást, a vasbetonszerkezet, illetve különösen a feszített vasbetonszerkezet gyártását – úgy mint a betonkészítést, a betonacél szerelést, illetve a feszítőacél feszítést, a beton bedolgozást, tömörítést és utókezelést stb. – valóban kiemelt szintű minőségellenőrzés kíséri (lásd az 1.3. ábrát).	
Ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nagyobb, mint 32 mm, akkor	az előírt legkisebb tartóssági betonfedést ( $C_{min,dur}$ ) 5 mm-rel meg kell növelni.



**5.1. ábra:** Szerkezeti osztályok táblázatainak áttekintő ábrája. A körben lévő számok a feltételcsoportok sorszámai. Az ábra jobb oldala (minőségellenőrzés szintje kiemelt) lényegében a korszerű telepített betonelemgyárakban és az építéshelyi előregyártó-üzemekben készült előregyártott vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetekre, szerkezeti elemekre<sup>99</sup>, az ábra bal oldala (a minőségellenőrzés szintje nem kiemelt) lényegében a monolit vasbeton szerkezetekre, szerkezeti elemekre vonatkozik.

A szerkezeti osztályok 5.3. – 5.8. táblázatában azokat a környezeti osztályokat is feltüntettük, amelyek az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N – 4.5N táblázatában nem szerepelnek, de hazánkban használatosak, az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány 1. táblázatában megtalálhatók, és hatással vannak nemcsak a beton (lásd az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E.1N táblázatát), hanem az acélbetét korróziójára is, mint az

- X0v(H) mechanikai sérüléssel járó környezeti osztály;
- XF1, XF3, XF3(H) vízbehatolással járó környezeti osztály;
- XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) víz- és kloridbehatolással járó környezeti osztály;
- XA1, XA2, XA3 agresszív talajvíz behatolásával járó környezeti osztály;

<sup>99</sup> Az MSZ EN 13670:2010 betonszerkezet kivitelezési szabvány 3.14. szakaszában nem tesznek különbséget a „gyárban vagy az építés helyén előállított” előregyártott betonelemek között.

- XA4(H), XA5(H), XA6(H) agresszív vizek és folyadékok behatolásával járó környezeti osztály;
- XK1(H), XH2(H), XK3(H), XK4(H) betonfedés vastagsága csökkenésével járó környezeti osztály. A betonfedés vastagsága kopási igénybevétel okozta csökkenésének káros hatását az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.3N táblázatához tartozó (13) megjegyzés szerint, és Németországban kémiai korrózió veszélye esetén is a kopásálló adalékanyag alkalmazásának alternatívájaként a  $c_{nom}$  névleges betonfedéshez hozzáadandó  $\Delta c_{Opfer}$  vastagságú betonfedéspalást (Opferbeton) alkalmazásával igyekeznek kiküszöbölni (DIN 1045-1:2008, DBV-Merkblatt „Chemischer Angriff” 2014 és 2017), ami indokolja az XK(H) környezeti osztályok 5.3. – 5.8. táblázatban való szerepeltetését;
- XV0(H), XV1(H), XV2(H) és XAV3(H) nedvesség-, illetve vízbehatolással járó környezeti osztály.

**5.3. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében az ① jelű módosítási feltételcsoport („alapeset”) esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

① jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm</i>.</li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év		akkor a szerkezeti osztály:	S3	
	50 év			S4	
	100 év			S6	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	

Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	
---	--------	--------	--------	--------	--

**5.4. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ② vagy ③ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

② jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
③ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:	S2		
	50 év		S3		
	100 év		S5		
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	

Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	
---	--------	--------	--------	--------	--

**5.5. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ④ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

④ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály <i>nem nagyobb</i> legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, legfeljebb eggyel (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél egy fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:		S1	
	50 év			S2	
	100 év			S4	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legfeljebb</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C40/50	C35/45	C30/37	C40/50
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C35/45	C45/55	C35/45	C45/55	C35/45
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C40/50	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legfeljebb	C45/55	C50/60	C30/37	C35/45	



**5.6. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében az ⑤ jelű módosítási feltételecsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑤ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év	akkor a szerkezeti osztály:		S2	
	50 év			S3	
	100 év			S5	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1, XS1	XD2, XD3, XS2, XS3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

**5.7. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ⑥ vagy ⑦ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑥ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>nem kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemmagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
⑦ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>nem lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemmagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év		akkor a szerkezeti osztály:	S1	
	50 év			S2	
	100 év			S4	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1	XD2, XD3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

**5.8. táblázat:** Szerkezeti osztály (S...) a tervezési élettartam, a környezeti osztály és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében a ⑧ jelű módosítási feltételcsoport esetén, az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése, 4.3N táblázata, E1.N táblázata és NA3.1.2. szakasza alapján

⑧ jelű feltételcsoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése <i>kiemelt szintű</i> és</li> <li>- a beton <i>lemezalakú</i> szerkezeti elem részére készül és</li> <li>- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal <i>nagyobb</i> a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál (ez, a környezeti osztály szerint szükségesnél két fokozattal nagyobb nyomószilárdsági osztály szerepel ebben a táblázatban) és</li> <li>- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága <i>legfeljebb 32 mm.</i></li> </ul>				
Ha a tervezési élettartam:	< 50 év		akkor a szerkezeti osztály:	S1	
	50 év			S1	
	100 év			S3	
miközben az alábbi környezeti osztályú beton „erőtani” nyomószilárdsági osztálya <i>legalább</i> a következő:					
Környezeti osztály	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C40/50
Környezeti osztály	XD1	XD2, XD3	XF1	XF2	XF2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C45/55	C40/50	C35/45	C45/55
Környezeti osztály	XF3	XF3(H)	XF4	XF4(H)	XA1, XA2
Ha az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C40/50	C50/60	C40/50	C50/60	C40/50
Környezeti osztály	XA3	XA4(H), XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C45/55	C40/50	C45/55	C40/50	C45/55
Környezeti osztály	XK3(H)	XK4(H)	XV0(H)	XV2(H), XV3(H)	
Az „erőtani” nyomószilárdsági osztály, legalább	C50/60	C55//67	C35/45	C40/50	

Az építményt minden elemével nem feltétlenül szükséges egy szerkezeti osztályba sorolni, a szerkezeti elemek egy építményen belül külön szerkezeti osztályokba is tartozhatnak. Például a monolit vasbeton szerkezeti elem más körülmények között, kedvezőtlenebb betonösszetétellel készülvén várhatóan rövidebb használati élettartamú lesz, mint amilyen élettartamúra az előregyártott vasbetonelem tervezhető.

**Összegezve:** A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a tervezési élettartam függvényében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedésének ( $C_{\min, \text{dur}}$ ) mértékét határozzák meg. Ebből következik, hogy szerkezeti osztályba csak a vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket szükséges besorolni, és az ezekhez nem illeszthető környezeti osztályok esetén (XN(H), X0b(H), XV1(H)) betonfedésről vagy szerkezeti osztályról beszélni felesleges, de a környezeti hatások erősségének MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti csoportjaiba ezek a környezeti osztályok is besorolhatók.

A szerkezeti osztály függvénye a beton tervezési élettartamának.

Az 50 év tervezési élettartamú, a környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonok az S4 szerkezeti osztályba sorolandók, és ez a tervezési élettartam – szerkezeti osztály társítás mint „alapeset” viszonyítási alapként szolgál.

Ha beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű*, vagy a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül, vagy a beton erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztálya legalább két fokozattal nagyobb a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, akkor a szerkezeti osztály fokozatát az „alapeset”-hez viszonyítva módosítani szabad.

Kiemelt szintű minőségellenőrzés alatti betongyártásnak a telepített betonelemgyári és az építéshelyi előregyártó-üzemi betonelem-, vasbetonelem- és feszített vasbetonelem-előregyártás tekinthető.

Valamely építmény vasbeton, feszített vasbeton szerkezeti elemeit célszerű lehet az építési lehetőségekhez igazodva külön szerkezeti osztályokba is sorolni. Várható, hogy az alacsonyabb szerkezeti osztályba tartozó szerkezeti elemek használati élettartama rövidebb lesz, mint a magasabb szerkezeti osztályba sorolt szerkezeti elemek élettartama. Ezek korábbi javítása vagy cseréje azonban valószínűleg inkább vállalható, mint a szerkezet egyidejű korai tönkremenetelének kockázata.

## 6. BETONFEDÉS

### 6.1. ELŐÍRÁSOK A BETONFEDÉSRE

A betonfedést betontakarásnak is szokták nevezni.

A betonfedésről az utóbbi időben sokat beszélünk, mert előírt értéke jelentősen megnövekedett. Megfelelő – kellő tömörségű, vastagságú, együttdolgozó és repedésmentes – betonfedés alkalmazása a vasbeton, illetve feszített vasbeton szerkezetek tartósságának egyik alapvető feltétele. A betonfedés alkalmazásának célja, hogy az acéltapadás révén az erőátadás megfelelő legyen, a tartósság érdekében kellően védje az acélbetétet a korróziótól, és megfelelő tűzbiztonságot eredményezzen.

A betonfedés vasbeton vagy feszített vasbeton esetén az acélbetét szélső pontja és a szerkezeti elem legközelebbi felülete közötti betonréteg vastagsága, illetve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakasza (1)P pontjának megfogalmazásában „a vasalás (beleértve – ha vannak ilyenek – az összekötő vasalást, a kengyeleket és a kéregvasalást is) legközelebbi betonfelület felé eső felületének és a legközelebbi betonfelületnek a távolsága”.

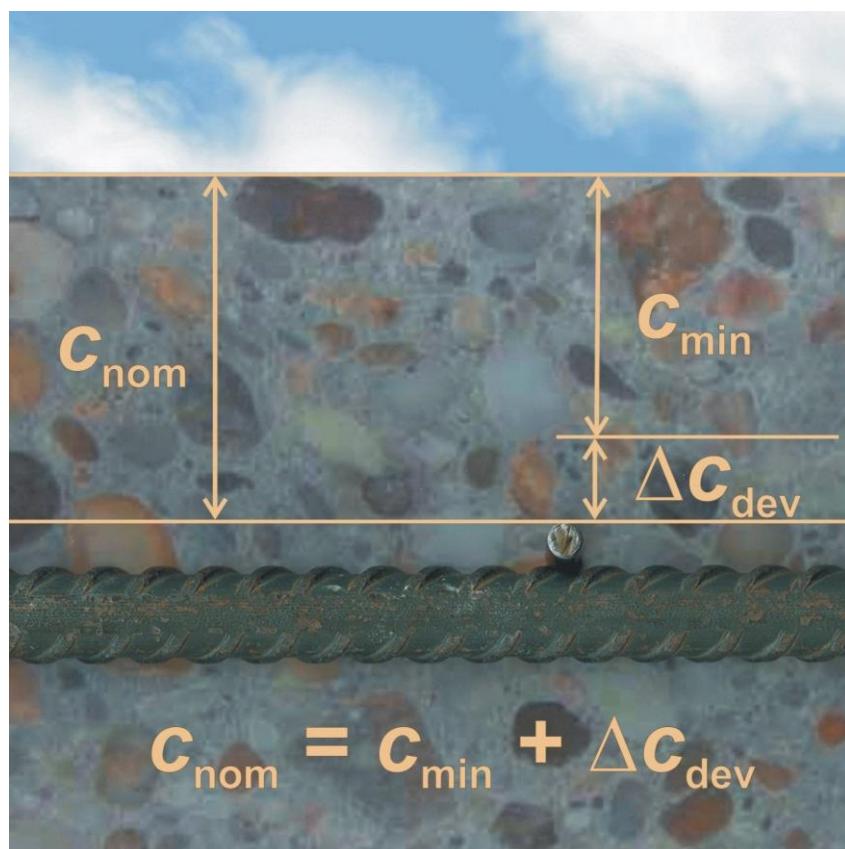
Az acélbetét korrózióvédelmét illetően a betonfedés szerepe kettős. Egyrészt az acélbetét korrózióját okozó klorid- vagy más ionok, és a karbonátosodás annál nehezebben, illetve később éri el az acélbetétet, minél vastagabb és minél kevésbé áteresztő a betonfedés, másrészt az acélkorrózió annál lassúbb, minél kevesebb oxigén és nedvesség jut az acélbetéthez, és minél kisebb a beton elektrolitos vezetőképessége. Ezt a szerepet a betonfedés akkor tölti be, ha kis víz-cement tényező, megfelelő finomrésztartalom, jó betonbedolgozás és utókezelés folytán kellően tömör, és ha megfelelő vastagságú.

Ennek érdekében a szabványokban a szükséges névleges betonfedést ( $c_{nom}$ ) előírják, és azt a szerkezeti terveken fel kell tüntetni. Az előírt névleges betonfedést nem csak be kell tartanunk, hanem a beton összetételének meghatározásához ismernünk is kell, mert az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagysága ( $D_{max}$ ) legfeljebb a névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) kétharmada lehet, és nem lehet nagyobb, mint az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{min,dur}$ ) – könnyűbeton esetén, az XC1 környezeti osztály kivételével, mint az 5 mm-rel megnövelt  $c_{min,dur}$  előírt legkisebb tartóssági betonfedés –, amelyre a környezeti hatások miatt van szükség (MSZ 4798:2016).

A  $c_{min}$  előírt legkisebb betonfedésre a tapadási erők biztonságos átadódása, az acélbetétek korrózióvédelme, a tűz elleni védelem érdekében van szükség (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (1) bekezdése). Ugyanezen szabvány (2) bekezdése értelmében a  $c_{min}$  érték a tapadási követelmény miatt szükséges ( $c_{min,b}$ , a „b” index a tapadásra „bond” utal) és a környezeti hatások miatt a betonacél és feszítőacél korrózióvédelme és kopásállósága céljából szükséges ( $c_{min,dur}$ , a „dur” index a tartósságra „durability” utal) legkisebb tartóssági betonfedés közül a nagyobbik, és legalább 10 mm.

Más szóval: A  $c_{min}$  előírt legkisebb betonfedés az acélbetét tapadása miatt szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,b}$ ), a környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{min,dur}$ ), illetve 10 mm közül a nagyobbik érték:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$



**6.1. ábra:** Betonfedés  
Az előírt névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) az előírt legkisebb betonfedés ( $c_{min}$ ) és a kötelező ráhagyás ( $\Delta c_{dev}$ , a „dev” index a „deviation” szó rövidítése) összege (6.1. ábra):

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (3) bekezdése és a nemzeti melléklet ehhez tartozó NA3.1.1. szakasza szerint az acélbetét tapadási követelmény miatt szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,b}$ ) nem lehet kisebb, mint a betonacél átmérője vagy a betonacél-köteg átmérője, illetve előfeszített betétek alkalmazása esetén a sima felületű feszítőhuzal vagy a pászma névleges átmérőjének másfélszerese vagy a rovátkolt felületű feszítőhuzal átmérőjének két és félszerese. Tapadásos utófeszített betétek alkalmazása esetén a  $c_{min,b}$  érték a kör keresztmetszetű kábelcsatorna külső átmérőjénél nagyobb vagy azzal egyenlő, de legfeljebb 80 mm legyen. Ha a kábel csatorna téglalap keresztmetszetű, amelynek oldalai  $a$ , illetve  $b$  hosszúságúak (és  $a \leq b$ ), akkor a  $c_{min,b}$  érték a  $\max(a, b/2)$  értéknél nagyobb vagy azzal egyenlő, de ugyancsak legfeljebb 80 mm legyen. Ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 32 mm-nél nagyobb, akkor a  $c_{min,b}$  betonfedés értékét célszerű 5 mm-rel megnövelni; az MSZ 4798:2016 szabvány szerint pedig az előírt legkisebb tartóssági betonfedést ( $c_{min,dur}$ ) kell a NAD N1. és NAD N2. táblázatbeli értékekhez képest 5 mm-rel megnövelni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4.2. szakaszának (1) bekezdése szerint a könnyű adalékanyagos beton  $c_{min,b}$  acélbetét tapadási követelménye miatt szükséges előírt legkisebb betonfedése a szokványos (normál) testsűrűségű adalékanyagos beton  $c_{min,b}$  előírt legkisebb betonfedésénél 5 mm-rel több.

Feszítőbetétek esetén a lehorgonyzások legkisebb betonfedését általában a megfelelő európai műszaki engedély szerint kell biztosítani, olvasható az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (4) bekezdése alatt. Az európai műszaki engedély (ETA) szerepét az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU számú rendeletének értelmében napjainkban az európai műszaki értékelés tölti be.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (5) bekezdése a környezeti hatások miatt a betonacél korrózióvédelme érdekében szükséges ( $c_{min,dur}$ ) legkisebb tartóssági betonfedéseket a különböző környezeti osztályokra a szerkezeti osztályok függvényében adja meg. A szabvány 4.4N táblázatában a betonacélok esetén, a 4.5N táblázatában a feszítőacélok

esetén alkalmazandó legkisebb tartóssági betonfedések találhatóak. Az előírt legkisebb tartóssági betonfedéseket ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) a 6.1. és 6.2. táblázatban mutatjuk be, amelyekben az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N és 4.5N táblázatában nem szereplő, de az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1. és NAD N2. táblázatában előírt értékeit is feltüntettük.

A  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb tartóssági betonfedésre vonatkozó adatok annak feltételezésével érvényesek, hogy a betonacél és a feszítőbetét külön védelemmel el nem látott, ötvözetlen (nem rozsdamentes) szénacél. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdéséhez a nemzeti melléklet NA3.1.4. szakasza hozzáfűzi, hogy korrózióálló acélok alkalmazása esetén a legkisebb betonfedést csökkentő  $\Delta c_{\text{dur, st}}$  (a „st” index a rozsdamentes acélra „stainless steel” utal) összetevő értékét  $\Delta c_{\text{dur, st}} = 5$  mm-re kell felvenni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (8) bekezdéséhez kapcsolódik a nemzeti melléklet NA3.1.5. szakasza, amely szerint a bevonattal ellátott beton legkisebb betonfedését a bevonat típusától és vastagságától függően  $\Delta c_{\text{dur, add}}$  (az „add” index a kiegészítő védelemre „additional protection” utal) értékkel szabad csökkenteni, de a csökkentés legfeljebb 20 mm lehet, és a csökkentés indokoltságát független laboratórium vizsgálati eredményeivel kell igazolni. E csökkentési javaslat ésszerűsége vitatható, és az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány nem is teszi lehetővé.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nemzeti alkalmazáshoz fűzött függelékében azt is jelzik, hogy a szabvány 4.4.1.2. szakaszának a kopásálló beton legkisebb betonfedésével ( $c_{\min}$ ) foglalkozó (13) bekezdéséhez várhatóan születik nemzeti alkalmazási kiegészítés.

A környezeti hatások miatt szükséges legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) értéke a tervezési élettartamtól függő szerkezeti osztály függvénye (lásd e könyv 5. fejezetét).

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (9) bekezdése szerint, ha a helyszíni betont előregyártott vagy helyszíni betonelemekre betonozzák, akkor az érintkezési felülettől mért legkisebb betonfedést ( $c_{\min, b}$ ) a tapadási követelménynek megfelelő értékig (tehát az acélbetét átmérőjéig stb., lásd a szabvány 4.4.1.2. szakaszának (3) bekezdését és a nemzeti melléklet ehhez tartozó NA3.1.1. szakaszát) csökkenteni lehet, ha a beton szilárdsági osztálya legalább C25/30, az érintkezési felület kültéri környezeti hatásoknak rövidebb ideig van kitéve, mint 28 nap és az érintkezési felület durvított. E feltételeknek feltehetőleg egyidejűleg kell fennállniuk.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (13) bekezdése azt ajánlja, hogy kopásálló betonok esetén a legkisebb betonfedést ( $c_{\min}$ ), ha a koptató hatás mérsékelt (például kisebb gumikerekű járművek által gyakran használt ipari területek), akkor 5 mm-rel, ha erős (például felfűjt vagy tömör gumikerekű targoncák által gyakran használt ipari területek), akkor 10 mm-rel, ha rendkívül erős (például műanyag vagy acél kerekű targoncák vagy tehergépjárművek által gyakran használt ipari területek), akkor 15 mm-rel növeljük meg.

A méreteltéréseket figyelembe vevő kötelező ráhagyás ( $\Delta c_{\text{dev}}$ ) értékére az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.3. szakaszának (1) és (2) bekezdése, valamint NA3.2.1. nemzeti szakasza 10 mm-t jelöl meg. Az MSZ 4798:2016 szabvány (12) bekezdése szerint – követve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.3. szakaszának (3) bekezdését – a kötelező ráhagyást ( $\Delta c_{\text{dev}}$ ) akkor szabad 10 mm-ről legfeljebb 5 mm-re csökkenteni, ha a minőségellenőrzési eljárással annak indokoltsága és betartása dokumentált formában igazolt, és legfeljebb nullára csökkenteni (például az előregyártás során) akkor, ha az ellenőrzéshez használt hosszmérőeszköz nagy pontosságú, és a nemmegfelelő terméket nem hozzák forgalomba.

Az acélbetét-korrózió a betonacél, illetve feszítőacél védelmével vagy rozsdamentes acél alkalmazásával elkerülhető.

**6.1. táblázat:** Az előírt legkisebb tartóssági betonfedések ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) külön védelemmel el nem látott, MSZ EN 10080:2005 szerinti hegeszthető betonacélok esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon)

Szerkezet zeti osztály	Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Környezeti osztály							
X0v(H)	XC1	XC2 XC3 XV0(H)	XC4 XF1 XV2(H)	XD1 XS1 XF2 XF3 XA1 XK1(H) XV3(H)	XD2 XS2 XF2(H) XF3(H) XF4 XA2 XA4(H) XK2(H)	XD3 XS3 XF4(H) XA3 XA5(H) XK3(H)	XA6(H) XK4(H)	
Előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) betonacélok esetén, mm								
S1	10	10	10	15	20	25	30	35
S2	10	10	15	20	25	30	35	40
S3	10	10	20	25	30	35	40	45
S4	10	15	25	30	35	40	45	50
S5	15	20	30	35	40	45	50	55
S6	20	25	35	40	45	50	55	60

Megjegyzés:

- E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N1. táblázatától, hogy helyet kapott benne az XV0(H) környezeti osztály, és az XV3(H) környezeti osztály helye pedig figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét megváltozott (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV0(H) környezeti osztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványt).
- XN(H), X0b(H) és XV1(H) környezeti osztályú betonból vasbeton szerkezetet készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért jele ebben a táblázatban nem szerepel.
- Vasbeton szerkezet készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

Egyenetlen felületekre történő építéshelyi betonozás esetén a nagyobb méreteltérésekre való tekintettel az előírt legkisebb betonfedést ( $c_{\min}$ ) vagy a névleges betonfedést ( $c_{\text{nom}}$ ) a tervezéskor általában meg kell növelni. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (11) bekezdése szerint az egyenetlen felületű betonok (például mosottbeton) előírt legkisebb betonfedését ( $c_{\min}$ ) célszerű 5 mm-rel megnövelni. A szabvány 4.4.1.3. szakaszának (4) bekezdése azt ajánlja, hogy ha a felületkiegyenlítéssel előkészített talajra betonoznak, akkor a névleges betonfedés ( $c_{\text{nom}}$ ) legalább 40 mm, ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor legalább 75 mm legyen. Ezt a nemzeti melléklet NA3.2.3. szakasza azzal egészíti ki, hogy ha előkészített talajra betonoznak, akkor a névleges betonfedés  $c_{\text{nom}} = c_{\min} + 15$  mm, ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor  $c_{\text{nom}} = c_{\min} + 40$  mm legyen.

A  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb tartóssági betonfedés módosulása a szerkezeti osztály módosításának vonzata, amelyet e könyv 5. fejezetében tárgyalunk.

A 2014. október 1-én visszavont MSZ 4798-1:2004 nemzeti szabvány NAD II. táblázatában megadott betonfedések az S3 szerkezeti osztálynak feleltek meg, holott az akkor érvényes prEN 1992-1-1:2003 szabvány az 50 év tervezési élettartamú betonokat az S4 szerkezeti



osztályba javasolta sorolni. Ezáltal a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány az X0 környezeti osztály kivételével 5 mm-rel kisebb legkisebb tartóssági betonfedést ( $c_{min,dur}$ ) követelt meg, mint az akkori prEN 1992-1-1:2003 és a mai MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány vagy mint amekkorát az eltérést korrigáló MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány ma előír (6.3. táblázat).

**6.2. táblázat:** Az előírt legkisebb tartóssági betonfedések ( $c_{min,dur}$ ) prEN 10138-1:2000 szerinti feszítőacélok esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon)

Szerke- zeti osztály	Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)						
	B	C	D	E	F	G	H
	Környezeti osztály						
	XC1	XC2 XC3 XV0(H)	XC4 XF1	XD1 XS1 XF2 XF3 XA1 XK1(H) XV3(H)	XD2 XS2 XF2(H) XF3(H) XF4 XA2 XA4(H) XK2(H)	XD3 XS3 XF4(H) XA3 XA5(H) XK3(H)	XA6(H) XK4(H)
Előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{min,dur}$ ) feszítőacélok esetén, mm							
S1	15	20	25	30	35	40	45
S2	15	25	30	35	40	45	50
S3	20	30	35	40	45	50	55
S4	25	35	40	45	50	55	60
S5	30	40	45	50	55	60	65
S6	35	45	50	55	60	65	70

Megjegyzés:

- E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N2. táblázatától, hogy helyet kapott benne az XV0(H) környezeti osztály, és az XV3(H) környezeti osztály helye pedig figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét megváltozott (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV0(H) környezeti osztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványt).
- XN(H), X0b(H), X0v(H), XV1(H) és XV2(H) környezeti osztályú betonból feszített vasbeton szerkezetet készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért jelük ebben a táblázatban nem szerepel
- Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez általában legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betont kell alkalmazni.

- Az 50 év tervezési élettartamú, S4 szerkezeti osztályú szokványos vasbeton és feszített vasbeton szerkezet legkisebb tartóssági betonfedésének ( $c_{min,dur}$ ) és kötelező ráhagyásának ( $\Delta c_{dev}$ ) MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti szükséges mértékét a 6.3. táblázatban,
- az 100 év tervezési élettartamú, S6 szerkezeti osztályú szokványos szerkezetét a 6.4. táblázatban,
- az 50 év tervezési élettartamú, S3 szerkezeti osztályú szerkezetét, amelynek az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztálya a környezeti osztály feltétele szerintnél legalább két osztállyal nagyobb, vagy a minőségellenőrzési szintje kiemelt, a 6.5. táblázatban,

- az 100 év tervezési élettartamú, S5 szerkezeti osztályú szerkezetéét, amelynek az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztálya a környezeti osztály feltétele szerintinél legalább két osztállyal nagyobb, vagy a minőségellenőrzési szintje kiemelt, a 6.6. táblázatban tüntettük fel.

Az < 50 év tervezési élettartamú vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet legkisebb tartóssági betonfedése ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) – az X0 és X0v(H) környezeti osztályú beton kivételével – 5 mm-rel kisebb, mint az 50 év tervezési élettartamú szerkezet legkisebb tartóssági betonfedése.

Ha a vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezeti elem lemezalakú, és a vasalás helyzetét nem befolyásolja az építési (kivitelezési) módszer, akkor a legkisebb tartóssági betonfedés az egyébként előírt értékhez képest 5 mm-rel, de legfeljebb 10 mm-re csökkenthető.

A 6.3. – 6.6. táblázatban azokban a környezeti osztályokban alkalmazandó betonfedések is szerepelnek, amelyek az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N – 4.5N táblázatában nem találhatók meg, de értéküket az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1. és NAD N2. táblázatában megadják.

Az 50 év tervezési élettartamú előregyártott termékek MSZ EN 13369:2013 szabvány A.2. táblázata szerinti előírt legkisebb tartóssági betonfedését ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) a környezeti osztályok függvényében a 6.7. táblázatban tüntettük fel. Ha az erőtani számítás szerinti nyomószilárdsági osztály a környezeti osztály szerint előírtnál ( $C_{\min}$ ) legalább két fokozattal nagyobb ( $C_0$ ), akkor  $a \geq C_0$  oszlopbeli, egyébként a  $< C_0$  oszlopbeli legkisebb tartóssági betonfedéseket ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) kell alkalmazni.

**6.3. táblázat:** A betonfedés szükséges mértéke 50 év tervezési élettartamú, S4 szerkezeti osztályú szokványos szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{\min, \text{dur}}$ mm		Kötelező ráhagyás $\Delta c_{\text{dev}}$ , mm
		Betonacél	Feszítőbetét	
A	X0v(H)	10	10	10
B	XC1	15	25	10
C	XC2, XC3, XV0(H)	25	35	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	30	40	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	35	45	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	40	50	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	45	55	10
H	XA6(H), XK4(H)	50	60	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemmagysága *legfeljebb 32 mm*.

\* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért

nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4. szakasza szerint a *könnyűbetonok* legkisebb betonfedése 5 mm-rel legyen nagyobb, mint a szokványos (normál) betonokra előírt érték.

Ha valamely *előregyártott vasbeton*, illetve *előfeszített vasbetonelem* esetén a 6.1. – 6.6. táblázat szerinti  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb betonfedést szerkezettervezési okokból biztosítani nem lehet, akkor annak tervezési élettartama és a hozzá tartozó  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb betonfedés az MSZ EN 13369:2013 szabvány vagy az előregyártott vasbeton, illetve feszített vasbetonelem termékszabványa szerinti legyen.

Az előregyártott vasbeton és előfeszített vasbetonelemek tartóssági betonfedésével ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) – az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. szakaszában megadott alapelvek érvényre juttatása érdekében – az MSZ EN 13369:2013 szabvány A melléklete foglalkozik, amely a következő környezeti feltételeket ismeri: *A* (az acélbetétre nézve nincs korrózióveszély, X0), *B* (az acélbetét korrózióveszélye gyenge, XC1), *C* (az acélbetét korrózióveszélye mérsékelt, XC2 – XC3), *D* (az acélbetét korrózióveszélye közepes, XC4), *E* (az acélbetét korrózióveszélye erős, XD1 – XS1), *F* (az acélbetét korrózióveszélye nagyon erős, XD2 – XS2), *G* (az acélbetét korrózióveszélye rendkívül erős, XD3 – XS3). Az MSZ EN 13369:2013 szabvány A.2. táblázatában a szükséges  $c_{\min, \text{dur}}$  legkisebb betonfedéseket e környezeti feltételek függvényében adták meg. Az előregyártásban szükséges legkisebb betonfedéseket a 6.7. táblázatban mutatjuk be, amelyben az MSZ EN 13369:2013 szabványbeli környezeti feltételeket a hiányzó MSZ 4798:2016 és MSZ4798:2016/2M:2017 szabványbeli környezeti osztályokkal – hasonlóan az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatához – kiegészítettük, és az XV(H) környezeti osztályok helyét – figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét – megváltoztattuk (lásd e könyv 10.8. táblázatát is).

**6.4. táblázat:** A betonfedés szükséges mértéke **100 év** tervezési élettartamú, **S6** szerkezeti osztályú szokványos szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás $\Delta c_{dev}$ , mm
		Betonacél	Feszítőbetét	
A	X0v(H)	20	20	10
B	XC1	25	35	10
C	XC2, XC3, XV0(H)	35	45	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	40	50	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	45	55	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	50	60	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	55	65	10
H	XA6(H), XK4(H)	60	70	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű*;
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*.

\* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

**6.5. táblázat:** A betonfedés szükséges mértéke **50 év** tervezési élettartamú, **S3** szerkezeti osztályú szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $c_{min,dur}$ , mm		Kötelező ráhagyás $\Delta c_{dev}$ , mm
		Betonacél	Feszítőbetét	
A	X0v(H)	10	10	10
B	XC1	10	20	10
C	XC2, XC3, XV0(H)	20	30	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*	25	35	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	30	40	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	35	45	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	40	50	10
H	XA6(H), XK4(H)	45	55	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal *nagyobb* a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű* (telepített betonelemgyár és építéshelyi előregyártó-üzem) és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*.

\* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

**6.6. táblázat:** A betonfedés szükséges mértéke **100 év** tervezési élettartamú, **S5** szerkezeti osztályú szerkezet esetén (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (10.8. táblázat)	Környezeti osztály	Legkisebb tartóssági betonfedés $C_{min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás $\Delta c_{dev}$ , mm
		Betonacél	Feszítőbetét	
A	X0v(H)	15	15	10
B	XC1	20	30	10
C	XC2, XC3, XV0(H)	30	40	10
D	XC4, XF1, XV2(H)*,	35	45	10
E	XD1, XS1, XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	40	50	10
F	XD2, XS2, XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)	45	55	10
G	XD3, XS3, XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)	50	60	10
H	XA6(H), XK4(H)	55	65	10

Ez az eset akkor áll fenn, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legalább két fokozattal *nagyobb* a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *nem kiemelt szintű* és
- a beton *lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*;

vagy, ha

- a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése *kiemelt szintű* (telepített betonelemgyár és építéshelyi előregyártó-üzem) és
- a beton *nem lemezalakú* szerkezeti elem részére készül és
- az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály *nem nagyobb* legalább két fokozattal a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál és
- az adalékanyag legnagyobb szemnagysága *legfeljebb 32 mm*

\* Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:2016 szabvány N melléklete). Az XV1(H) környezeti osztály azért nem szerepel a táblázatban, mert az ilyen környezeti osztályú betonból nem szabad sem vasbetont, sem feszített vasbetont készíteni.

**6.7. táblázat:** Kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett gyártott előregyártott vasbetonelemek szükséges legkisebb tartóssági betonfedése ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) mm-ben, a korrózióvédelem érdekében, az MSZ EN 13369:2013 szabvány A melléklete (amely tájékoztatás), valamint az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2017 szabvány N melléklete (amely tájékoztatás) szerint, az XV(H) vízzáróssági környezeti osztályok tekintetében e könyv a 6.1. és 6.2. táblázatának felfogásában

MSZ EN 13369:2013	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018	Betonacélok lemezben		Betonacélok egyéb szerkezetben		Előfeszített betétek lemez szerkezetben		Előfeszített betétek egyéb szerkezetben	
		$\geq C_0$	$< C_0$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ( $C_{\min}$ )
		E könyv 5.1. ábrája szerinti feltétel csoport jele, a szerkezeti osztály 50 év tervezési élettartam esetén (S...) és a megfelelő szerkezeti osztály táblázat száma (t.) e könyvben							
		⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.	⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.
		MSZ 4798 NAD N1. táblázat				MSZ 4798 NAD N2. táblázat			
Környezeti feltételek az előregyártásban és környezeti osztály <sup>3)</sup>		Nyomószilárdsági osztály ( $C_{\min}$ és $C_0$ ) <sup>2)</sup> és előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ), mm							
A X0 <sup>4)</sup>	X0 <sup>4)</sup> , X0v(H) <sup>4)</sup>	$C_{\min} = C20/25$ $C_0 = C30/37$							
		10	10	10	10	10	–	10	–
B XC1	XC1	$C_{\min} = C20/25$ $C_0 = C30/37$							
		10	10	10	10	15	–	15	–
C XC2, XC3	XC2, XV0(H)	$C_{\min} = C25/30$ $C_0 = C35/45$							
		10	15	15	20	20	25	25	30
–	XC3	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		10	15	15	20	20	25	25	30
D XC4	XC4, XF1, XV2(H) <sup>5)</sup>	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		15	20	20	25	25	30	30	35
–	XF2	$C_{\min} = C25/30$ $C_0 = C35/45$							
		20	25	25	30	30	35	35	40
E XD1, XS1	XD1, XS1, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		20	25	25	30	30	35	35	40
F XD2, XS2	XF4, XA2, XA4(H),	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
–	XD2, XS2, XF2(H), XK2(H)	$C_{\min} = C35/45$ $C_0 = C45/55$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
	XF3(H)	$C_{\min} = C40/50$ $C_0 = C50/60$							
		25	30	30	35	35	40	40	45
–	XA5(H),	$C_{\min} = C30/37$ $C_0 = C40/50$							
		30	35	35	40	40	45	45	50

A 6.7. táblázat folytatódik

## A 6.7. táblázat folytatása

MSZ EN 13369:2013	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018	Betonacélok lemezben		Betonacélok egyéb szerkezetben		Előfeszített betétek lemez szerkezetben		Előfeszített betétek egyéb szerkezetben					
		$\geq C_0$	$< C_0$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0$ ( $C_{\min}$ )	$\geq C_0$	$< C_0^{1)}$ ( $C_{\min}$ )				
		E könyv 5.1. ábrája szerinti feltétel csoport jele, a szerkezeti osztály 50 év tervezési élettartam esetén (S...) és a megfelelő szerkezeti osztály táblázat száma (t.) e könyvben											
		⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.	⑧ S1 5.8. t.	④ S2 5.5. t.	⑦ S2 5.7. t.	③ S3 5.4. t.				
		MSZ 4798 NAD N1. táblázat				MSZ 4798 NAD N2. táblázat							
Környezeti feltételek az előregyártásban és környezeti osztály <sup>3)</sup>		Nyomószilárdsági osztály ( $C_{\min}$ és $C_0$ ) <sup>2)</sup> és előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ), mm											
G XD3, XS3	XD3, XS3, XA3	$C_{\min} = C35/45$		$C_0 = C45/55$		30	35	35	40	40	45	45	50
-	XF4(H), XK3(H)	$C_{\min} = C40/50$		$C_0 = C50/60$		30	35	35	40	40	45	45	50
-	XA6(H)	$C_{\min} = C35/45$		$C_0 = C45/55$		35	40	40	45	45	50	50	55
-	XK4(H)	$C_{\min} = C45/55$		$C_0 = C55/67$		35	40	40	45	45	50	50	55

## Megjegyzés:

- 1) E táblázatban szereplő  $< C_0$  előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) értékek – ha nem lemezszerkezetéről van szó – a monolitbetonok (nincs kiemelt szintű minőségellenőrzés) esetén érvényes MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD N1., illetve NAD N2. táblázatában található – nem lemezszerkezetre vonatkozó – értékeknél 5 mm-rel kisebbek, mert az MSZ EN 13369:2013 szabvány előregyártott, kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készült szerkezeti elemek betonjára vonatkozik.
- 2) A  $C_{\min}$  az előregyártott vasbeton, illetve feszített vasbetonelemek környezeti osztályához tartozó legkisebb előírt beton nyomószilárdsági osztály, a  $C_0$  a környezeti osztály szerint előírtnál ( $C_{\min}$ ) legalább kettővel nagyobb nyomószilárdsági osztály. Ha a betont fagyhatás (XF, XF(H) környezeti osztály) vagy kémiai hatás (XA, XA(H) környezeti osztály) éri, akkor a beton összetételét különös gonddal kell megtervezni.
- 3) Vasbeton szerkezetet XN(H), X0b(H) és XV1(H) környezeti osztályú betonból készíteni nem szabad (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete), ezért ebben a táblázatban nem szerepel.
- 4) Vasbeton szerkezet készítéséhez legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség, feszített vasbeton szerkezetet legalább C35/45 nyomószilárdságú betonból célszerű készíteni. Lásd még a feszített vasbeton fogalmát e könyv 1.4. fejezetében.
- 5) Feszített vasbeton szerkezet készítéséhez XN(H), X0b(H), X0v(H), XV1(H) és XV2(H) környezeti osztályú betont nem szabad alkalmazni (MSZ 4798:216 szabvány N melléklete).

Az előregyártott termék gyártója megfelelő intézkedésekkel a nemzeti mellékletben előírtnál kisebb  $\Delta C_{\text{dev}}$  kötelező ráhagyás értékeket is alkalmazhat és megadhat.



Magyarázatra szorul, hogy e könyv 6. és 10. fejezetében miért tartoznak az XV(H) vízzárósági környezeti osztályokhoz más betonfedések, mint az MSZ 4798:2016 szabványban:

- Az MSZ 4798:2016 szabvány N mellékletében (tájékoztató) az a felfogás jelenik meg, amely szerint jobb vízzáróságú beton esetén a rosszabb vízzáróságú beton betonfedéséhez képest kisebb  $c_{\min, \text{dur}}$  legkisebb betonfedést is elég alkalmazni; azaz a betonfedés vastagsága egyenes arányban álljon a megengedett legnagyobb vízbehatolás mértékével, és fordított arányban álljon a szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomásának nagyságával (6.8. táblázat).
- E könyvben követett alternatív felfogás szerint egyrészt a nagyobb szerkezeti vízoszlop nyomáshoz rendelt jobb vízzáróságú betont a kisebb szerkezeti vízoszlop nyomáshoz tartozó rosszabb vízzáróságú beton betonfedéséhez képest nagyobb  $c_{\min, \text{dur}}$  legkisebb betonfedéssel kell ellátni; azaz a betonfedés vastagsága fordított arányban álljon a megengedett legnagyobb vízbehatolás mértékével, és egyenes arányban álljon a szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomásának nagyságával (6.8. táblázat); másrészt a 6.3.-6.7. és 10.8. táblázatban látni, hogy a betonfedések MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti rendjében a betonfedés a környezeti hatások erősödésével (A → H, környezeti hatások erősségének csoportja) növekszik, amely szabály alól a vízzárósági környezeti osztályokat sem célszerű kivonni.

Az XV2(H) környezeti osztályú vízzáró beton  $c_{\min, \text{dur}}$  előírt legkisebb tartóssági betonfedése a 6.3.-6.7. táblázatban kisebb, mint az MSZ 4798:2016 szabványban, és kisebb még az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti vízbehatolás legnagyobb egyedi értékénél is. Mentségünkre szolgáljon, hogy a szerkezetbe beépített vasbetonra – igaz hogy tartósan – ható víznyomás értéke legfeljebb 1,0 bar, míg az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint vizsgált próbatestre – igaz hogy rövid ideig – ható víznyomás értéke 5,0 bar<sup>100</sup>; és tapasztalatok szerint az sem nagy baj, ha az acélbetét állandóan vizes környezetben (és ezt különböztessük meg a nedves környezettől) van, mert kevesebb oxigénhez jutván nem, vagy kevésbé korrodál, mint a szabad levegőn (Lohmeyer et al. 2009).

---

<sup>100</sup> A többfokozatú víznyomást alkalmazó visszavont MSZ 4715-3:1972 vizsgálati szabvány, illetve MSZ 4719:1982 betonszabvány vízzáróság vizsgálatot módosító melléklete annyival volt összetettebb az 5,0 bar (500±50 kPa) víznyomást alkalmazó MSZ EN 12390-8:2009 szabványnál, hogy alkalmazása ösztönzően hatott ismételt vizsgálatokkal a vízbehatolás mélysége és a víznyomás mértéke összefüggésének tanulmányozására, az összefüggés grafikus ábrázolására, amelynek elhelyezkedése és meredeksége a betonfedés szükséges vastagságának tervezését segítő többletadat. Ilyenféle vizsgálatokra a típusvizsgálatok (előkísérletek) idején napjainkban is van lehetőség.

**6.8. táblázat:** A betonfedés tervezésének lehetséges változatai (alternatívái) XV2(H) és XV3(H) vízzárósági környezeti osztályok esetén

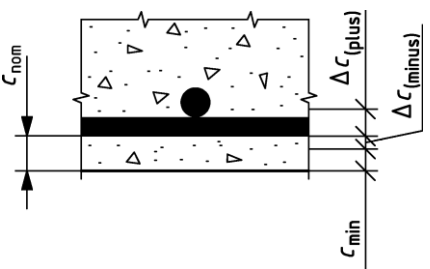
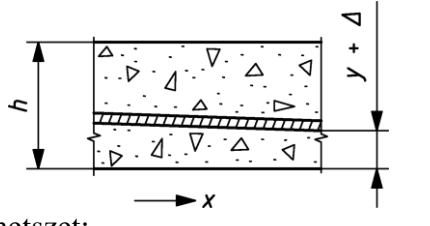
Környezeti osztály	MSZ 4798:2016 szabvány szerinti felfogás		E könyvben követett alternatív felfogás szerint	
	XV2(H)	XV3(H)	XV2(H)	XV3(H)
Szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomása (10.1. táblázat)	2 – 10 m = 0,2 – 1,0 bar	> 10 m = > 1,0 bar	2 – 10 m = 0,2 – 1,0 bar	> 10 m = > 1,0 bar
Környezeti hatások erősségének csoportja, ahova a vízzárósági környezeti osztályt besorolták	G	D	D	E
	A besorolás nem követi a szerkezetre ható vízoszlop nyomás, mint hatás növekedésének rendjét		6.3.-6.6., 6.8. és 10.8. táblázat	
Vízbehatolás legnagyobb egyedi mélysége MSZ EN 12390-8:2009 szerint 5,0 bar (500±50 kPa) víznyomáson vizsgálva	35 mm	20 mm	35 mm	20 mm
$c_{\min,dur}$ legkisebb betonfedés S4 szerkezeti osztályban vasbeton szerkezetek esetén	45 mm	30 mm	30 mm	35 mm
Betonfedés tervezése	Vízbehatolás legnagyobb egyedi mélység alapján		Szerkezeti elemre ható vízoszlop nyomása alapján	

Az e-UT 07.01.21:2016 útügyi műszaki előírás, azaz a közlekedésépítési célú előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemek tervezésére és gyártására vonatkozó 32. tervezési útmutató szerint a  $c_{\min,dur}$  legkisebb betonfedés általában az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt értékkel azonos. Ha a könnyűbetonból készülő vasbetont a koptató hatáson kívül egy vagy több környezeti hatás is éri, akkor a  $c_{\min,dur}$  legkisebb betonfedés azon kívül, hogy teljesíti az MSZ 4798:2016 szabványban a kopásállósági osztályhoz tartozó előírt értéket, legalább 5 mm-rel legyen több, mint az egyidejűleg érvényesülő környezeti osztályokhoz tartozó előírt betonfedések legnagyobbika.

A *betonszerkezetek kivitelezésével* foglalkozó MSZ EN 13670:2010 szabvány 4. ábrája a névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) tűrését a keresztmetszet magasságának függvényében adja meg (6.9. táblázat). A szabvány 10.6. szakaszában úgy rendelkeznek, hogy a megadott  $\Delta c_{(plusz)}$  tűrés értékek előregyártott termékekre nem alkalmazhatók, azokra a termékszabványok előírásai az iránymutatók. A betonfedés követelményét minden egyes mérés eredményének ki kell elégítenie, hacsak az építés helyén érvényes előírások meg nem engedik a statisztikai értékelést.

Az MSZ EN 13369:2013 szabvány 4. táblázata szerint – követve az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.1. szakaszát – a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyás az előregyártott termék névleges hosszának ( $L$ ) a függvénye, ha  $L \leq 150$  mm, akkor  $\pm 5$  mm; ha  $L = 400$  mm, akkor  $\pm 15_{10}^{15}$  mm; ha  $L \geq 2500$  mm, akkor  $\pm 25_{10}^{25}$  mm. A pozitív tűrés értékek közel állnak az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabványban a monolit szerkezetekre az 1. tűrés osztályban megadott  $\Delta c_{(plusz)}$  értékekhez (6.9. táblázat), a negatív tűrés értékek tulajdonképpen a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyás értékei. A köztes értékek lineárisan interpolálhatók.

**6.9. táblázat:** Monolit vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek névleges betonfedésének ( $c_{nom}$ ) tűrése az MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány 4. ábrája szerint

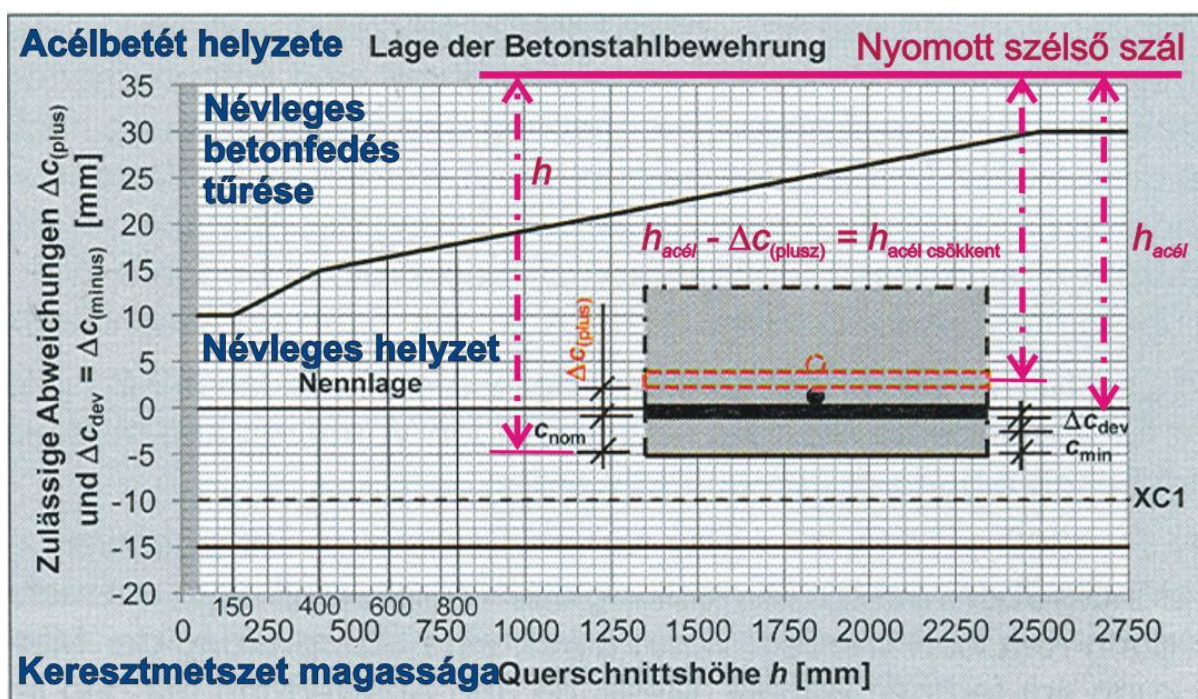
Az eltérés fajtája	Feltétel	Megengedett eltérés $\Delta$							
<b>Vasbeton</b>		1. tűrési osztály	2. tűrési osztály						
 <p>Követelmény:  <math>c_{nom} + \Delta c_{(plusz)} &gt; c &gt; c_{nom} -  \Delta c_{(minusz)} </math></p>	<p>Közönséges vasalás helyzete, ha a keresztmetszet magassága (<math>h</math>):</p> <p><math>h \leq 150 \text{ mm}</math>  <math>h = 400 \text{ mm}</math>  <math>h \geq 2500 \text{ mm}</math></p> <p>Közbelső értékek lineárisan interpolálhatók</p>	<p>Névleges betonfedés legnagyobb tűrése, <math>\Delta c_{(plusz)}</math></p> <table border="1"> <tr> <td>+10 mm</td> <td>+5 mm</td> </tr> <tr> <td>+15 mm</td> <td>+10 mm</td> </tr> <tr> <td>+25 mm<sup>b)</sup></td> <td>+20 mm</td> </tr> </table>		+10 mm	+5 mm	+15 mm	+10 mm	+25 mm <sup>b)</sup>	+20 mm
+10 mm	+5 mm								
+15 mm	+10 mm								
+25 mm <sup>b)</sup>	+20 mm								
<p><math>c_{min}</math> = előírt minimális betonfedés  <math>c_{nom}</math> = névleges betonfedés =  <math>= c_{min} +  \Delta c_{(minusz)} </math>  <math>c</math> = tényleges betonfedés  <math>\Delta c</math> = megengedett eltérés a <math>c_{nom}</math>-tól  <math>h</math> = keresztmetszet teljes magassága</p>	$\Delta c_{(minusz)}$	<p>Névleges betonfedés legkisebb tűrése, <math>\Delta c_{(minusz)}</math></p> <table border="1"> <tr> <td><math>\Delta c_{dev}</math><sup>a)</sup></td> <td><math>\Delta c_{dev}</math><sup>a)</sup></td> </tr> </table>		$\Delta c_{dev}$ <sup>a)</sup>	$\Delta c_{dev}$ <sup>a)</sup>				
$\Delta c_{dev}$ <sup>a)</sup>	$\Delta c_{dev}$ <sup>a)</sup>								
<p>a) A <math>\Delta c_{dev}</math> értéke az EN 1992-1-1 nemzeti mellékletében található. Ha nincs másképpen szabályozva, akkor <math>\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}</math>. Ha a statisztikai közelítés meg van engedve, akkor a kivitelezési előírás megadhat a betonfedés bizonyos százalékos értékében a megengedett <math>c_{min}</math>-nél kisebb értéket.</p> <p>b) Az alapok és az alapon lévő betontestek esetén a betonfedés megengedett plusz-eltérései 15 mm-rel növelhetők. A megadott mínusz-eltérések érvényesek.</p>									
Az eltérés fajtája	feltétel	Megengedett eltérés $\Delta$							
<b>Feszített vasbeton</b>		1. tűrési osztály							
 <p>Hosszmetszet;  <math>y</math> = névleges helyzet, amely általában az (<math>x</math>) helyzet függvénye a feszítőbetét mentén</p>	<p>A feszítő vasalás helyzete<sup>a)</sup>, ha a keresztmetszet magassága (<math>h</math>):</p> <p><math>h = 200 \text{ mm}</math>  <math>h &gt; 200 \text{ mm}</math></p> <p>Betonfedés a feszítőbetéten</p>	<p>Névleges betonfedés megengedett legnagyobb tűrése, <math>\Delta c_{(plusz)}</math></p> <table border="1"> <tr> <td><math>\pm 6 \text{ mm}</math></td> </tr> <tr> <td><math>\pm 0,03 \times h</math> vagy <math>\pm 30 \text{ mm}</math> közül a kisebb érték</td> </tr> </table> <p>Névleges betonfedés megengedett legkisebb tűrése, <math>\Delta c_{(minusz)}</math></p> <p><math>\Delta c_{(minusz)} = \Delta c_{dev}</math><sup>b)</sup></p>		$\pm 6 \text{ mm}$	$\pm 0,03 \times h$ vagy $\pm 30 \text{ mm}$ közül a kisebb érték				
$\pm 6 \text{ mm}$									
$\pm 0,03 \times h$ vagy $\pm 30 \text{ mm}$ közül a kisebb érték									
<p>a) A megadott értékeket a vastagságra és keresztirányban alkalmazzuk. Keresztirányban <math>h</math> az elem szélessége. Lemezekben a feszítőbetétekre <math>\pm 30 \text{ mm}</math>-nél nagyobb eltérést meg szabad engedni, ha szükséges, a kis nyílások, rések, bevágások és beszúrások kiküszöbölésére. Az ilyen eltérés mellett a feszítőbetétnek sima profilúnak kell lennie.</p> <p>b) A megengedett <math>\Delta c_{dev}</math> mínusz-eltérés olyan, mint normálvasalás esetén.</p>									

A DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutatóban felhívják a figyelmet arra, hogy a betonfedés akaratlan – a tervezettnél nagyobb – megnövelése a „statikai hasznos magasság”

(Statische Nutzhöhe) értelmezése és tűz esetén a szerkezet viselkedése (betonlepattozások) tekintetében gondot okozhat. Ilyen esetekben a „statikai hasznos magasság” meghatározása során a mérettűréseket a teherbírás biztonsága érdekében figyelembe lehet venni. A  $\Delta c_{(plusz)}$  tűrés (6.9. táblázat) – amellyel a „statikai hasznos magasság” ( $h_{acél}$ ) csökkenthető – a betonkeresztmetszet magasságának ( $h$ ) függvénye:  $h \leq 150$  mm esetén  $\Delta c_{(plusz)} = +10$  mm,  $h = 400$  mm esetén  $\Delta c_{(plusz)} = +15$  mm,  $h \geq 2500$  mm esetén  $\Delta c_{(plusz)} = +30$  mm.

A monolit vasbetonszerkezetek névleges betonfedésének ( $c_{nom}$ ) MSZ EN 13670:2010 kivitelezési szabvány szerinti tűrése a DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutató szemléltető ábrája alapján könnyen értelmezhető (6.2. ábra). A „statikai hasznos magasság” (Statische Nutzhöhe) nem más, mint a húzott acélbetétek súlyvonalának a nyomott betonszélsőszáltól vett  $h_{acél}$  távolsága (Massányi – Dulácska 1989):  $h_{acél} =$  (betonkeresztmetszet magassága) – (távtartó magassága) – (kengyel átmérő) – (húzott hossz-acélbetétek átmérőjének a fele, illetve több sor húzott hossz-acélbetét esetén a súlyvonal magasság).

A 6.9. táblázat szerinti  $\Delta c_{(plusz)}$  tűréssel megnövekedett betonfedés folytán, változatlan betonkeresztmetszet magasság mellett, a  $h_{acél}$  távolság  $h_{acél}$  csökkent =  $h_{acél} - \Delta c_{(plusz)}$  távolságra csökken.



**6.2. ábra:** A DBV Betondeckung-Merkblatt (2015) műszaki útmutató a monolit vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek MSZ EN 13670:2010 szabvány szerinti névleges betonfedése ( $c_{nom}$ ) tűrését szemléltető ábrája

A megnövekedett betonfedéssel a repedéstágasság-korlátozó acélbetétek hatóköre megnövekszik és hatékonysága lecsökken. Az acélbetét betonhoz való tapadási környezetében az átlagos repedéstágasság megnövekszik. Emellett a szerkezeti elem felületén is nagyobb repedések léphetnek fel, anélkül, hogy az acélbetét korrózióvédelme romlana (DBV Betondeckung-Merkblatt 2015).

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázatának megjegyzése szerint, ha az építéshelyi monolit vasbeton együttműködik az előregyártott vasbetonelemmel, akkor a fugával határos peremeken az előregyártott vasbetonelem betonfedése 5 mm-re, az építéshelyi vasbeton betonfedése 10 mm-re, ha a fuga érdes, akkor 5 mm-re csökkenthető. A  $\Delta c$  kötelező ráhagyás a fuga mindkét oldalán elhagyható. Ez a könnyítés a DBV-Merkblatt „Betondeckung und

Bewehrung” (2015) műszaki útmutató 2 fejezetének (5) bekezdésében is megtalálható. A német szabvány 6.3. szakaszának (4) bekezdése szerint a betonacél tapadása érdekében a  $c_{\min,b}$  legkisebb betonfedésnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a húzott acélbetét névleges átmérője ( $d_s$ ) vagy az acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője ( $d_{sv}$ ), a betonba frissen kötött feszítőpázsma névleges átmérőjének 2,5-szerese vagy a rovátkolt feszítőbetét (huzal) névleges átmérőjének háromszorosa, a feszítés után injektált kábelcsatorna külső átmérője. A szabvány 6.3. szakaszának (7) bekezdése szerint a beton kopásállósága a német XM1, XM2, XM3 környezeti osztályban a  $c_{\min}$  legkisebb betonfedés rendre 5 mm-rel, 10 mm-rel, 15 mm-rel való megnövelésével is javítható. Ezt a betonfedés-növelést betonfedéspalástnak (Opferbeton) nevezik. A (8) bekezdés szerint, ha a  $c_{\min,b}$  betonfedés a mértékadó, akkor a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyás 10 mm lehet. A kötelező ráhagyást akkor szabad 5 mm-rel csökkenteni, ha a gyártást a tervezéstől a kivitelezésig megfelelő minőségellenőrzés kíséri. Gondos minőségellenőrzés esetén az előregyártott elemek betonfedését 5 mm-nél nagyobb mértékben akkor szabad csökkenteni, ha az elkészült előregyártott elemen például méréssel meggyőződnek a betonfedés megfelelő voltáról (9. bekezdés). Ennek módszerével a DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” (2015) műszaki útmutató A6 függeléke foglalkozik. Ha a betonfelülete egyenetlen, akkor a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyást az egyenetlenség mértékével, de legalább 20 mm-rel, ha a beton közvetlenül talajra kerül, akkor 50 mm-rel meg kell növelni (visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 10. bekezdése). A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázatában az XC1 – XC4, XD3 és XS3 környezeti osztályokhoz tartozó betonfedés az S3 szerkezeti osztálynak felelt meg, tehát az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti követelménynél lazább volt (6.10. táblázat).

**6.10. táblázat:** Betonfedés a visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 4. táblázata szerint

Környezeti osztály	Legkisebb betonfedés $c_{\min,dur}$ mm		Kötelező ráhagyás $\Delta c_{dev}$ , mm
	Betonacél	Feszítőbetét	
XC1	10	20	10
XC2 – XC3	20	30	15
XC4	25	35	15
XD1 és XS1	40	50	15
XD2 és XS2	40	50	15
XD3 és XS3	40	50	15

Itt jegyezzük meg, hogy a DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” (2015) című műszaki útmutató 2 fejezetének (5) bekezdésében a DIN EN 1992-1-1 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (9) bekezdésére hivatkoznak, amelyben (magyar megfelelője: MSZ EN 1992-1-1:2010) azonban a DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung” szerinti szöveggel ellentétben az áll, hogy ha helyszíni betont egyéb (előregyártott vagy helyszíni) betonelemre betonoznak, akkor az érintkezési felülettől mért minimális betonfedést a tapadási követelménynek megfelelő  $c_{\min,b}$  értékig csökkenteni lehet, ha a beton szilárdsági osztálya legalább C25/30, az érintkezési felület kültéri környezeti hatásoknak rövid ideig van kitéve (< 28 nap) és az érintkezési felület durvított.

Az ugyancsak visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza foglalkozott a hídszerkezetek betonfedésével, amelynek a célja az acélbetét tapadásának biztosítása és korrózióvédelme, a lepattogzások megelőzése, a tűzvédelem (2. bekezdés). Az acélbetét korrózióvédelme jó minőségű és tömör betonnal, és a környezeti hatásoktól függő vastagságú betonfedéssel érhető el (3. bekezdés). A meghatározott  $c_{\min,dur}$  legkisebb betonfedést a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyással meg kell növelni, az eredmény a  $c_{nom}$  előírt névleges betonfedés, amelyet a vasalási terven fel kell tüntetni (4. bekezdés). A tapadóerők biztonságos átadása és a beton megfelelő tömöríthetősége megkívánja, hogy a mértékadó acélbetétek és feszítő elemek betonfedése ne legyen kisebb, mint az acélbetétek, feszítő elemek, kábelcsatornák átmérője, az

acélbetétkötegek egyenértékű (helyettesítő) átmérője vagy 32 mm-nél nagyobb legnagyobb szemmagyság esetén mindezek 5 mm-rel megnövelt átmérője. Acélbetétköteg csak építésügyi hatósági jóváhagyással alkalmazható (5. bekezdés). A hídszerkezetekre előírt betonfedéseket a 6.11. táblázatban tüntettük fel. Ha közvetlenül a talajra betonoznak, akkor a legkisebb betonfedés legalább 75 mm, ha alapozásra, alapbetonra, akkor legalább 40 mm legyen. Megmunkált (struktúrált), mosott betonfelület esetén a betonfedést meg kell növelni (9. pont).

**6.11. táblázat:** Hídszerkezetekre előírt betonfedés a visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.101. táblázata szerint

Szerkezeti elem	Legkisebb betonfedés, mm	Névleges betonfedés, mm
Felépítmény	40	45
Közúti hidak áthidalásai		
betonnal nem érintkező felület	40	50
betonnal érintkező felület	20	25
Vasúti hidak áthidalásai		
betonnal nem érintkező felület	30	35
betonnal érintkező felület	20	25
Alépítmény		
talajjal nem érintkező felület	40	45
Talajjal érintkező felület	50	55

A visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza szerint a feszítő elemek legkisebb betonfedése a névleges átmérőnek legalább a kétszerese, rovátkolt feszítőhuzalok esetén legalább a háromszorosa legyen (11. bekezdés). A tapadóbetétes kábelcsatorna betonfedése a külső átmérőre vonatkozik, és az ne legyen kisebb, mint a külső átmérő. Négyszög alakú kábelcsatorna esetén a betonfedés ne legyen a rövidebb oldalnál, vagy a hosszabb oldal felénél (12. bekezdés), illetve 50 mm-nél kisebb. A C40/50 vagy nagyobb betonnyomászilárdsági osztályú előregyártott feszített vasbetonelemek legkisebb betonfedése legalább 40 mm legyen. Ha a feszítő elemek a gyalogos hidak pálya- vagy egyéb lemezének felszíne alatt helyezkednek el, akkor a hosszirányú tapadóbetétes kábelcsatornák, illetve az előfeszítő elemek legkisebb betonfedése legalább 100 mm, a keresztirányúaké legalább 80 mm legyen (113. bekezdés). Kémiai hatásnak kitett vasbeton betonfedése legalább 50 mm legyen (114. bekezdés). Ha a kémiai hatás nagyon erős, akkor a hatóanyaggal való érintkezéstől a betont meg kell védeni (115. bekezdés).

A DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 5.2.1.2. szakaszának 1. bekezdése szerint a betonacél legkisebb hajlítási átmérőjét úgy kell megválasztani, hogy a hajlítás tartományában beton lepattogzások, szövetszerkezeti károsodások, betonacélrepedések ne keletkezzenek. Ha a legkisebb betonfedés a hajlított betonacélon  $> 100 \text{ mm}$  és  $> 7 \times d_s$ ;  $> 50 \text{ mm}$  és  $> 3 \times d_s$ ;  $\leq 50 \text{ mm}$  és  $> 3 \times d_s$ , akkor a hajlított betonacél legkisebb hajlítási átmérője rendre  $d_{br} = 10 \times d_s$ ;  $d_{br} = 15 \times d_s$ ;  $d_{br} = 20 \times d_s$  legyen (DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 5.1. táblázata).

A visszavont DIN 4102-4:1994 és a DIN 4102-22:2004 szabványok az építőanyagoknak és az építmények szerkezeti elemeknek a tűzben való viselkedésével foglalkoztak. A teherviselő acélbetét tengelyének a beton felületétől mért legkisebb névleges  $u$  távolságát a különböző kritikus hőmérsékletű acélbetétek típusának (betonacél, melegen hengerelt, nyújtott és megeresztett feszítőhuzal, hőkezeléssel javított feszítőhuzal, hidegen húzott feszítőhuzal, pászma), a tűzállósági osztálynak (F 30, F 60, F90, F 120, F 180), a szerkezeti elem típusának (határozott és határozatlan alátámasztású gerenda, konzol, szabadon felfekvő vagy pontszerűen alátámasztott lemez, üreges szokványos (közönséges, normál) vasbeton lemez, gázbeton lemez, bordás, kétirányban feszített vasbeton lemez, pillér, húzott vasbeton és feszített vasbetonelem, különböző vasbeton falszerkezetek stb.) függvényében adták meg.











## 6.2. ELŐÍRÁSOK A KÉREGVASALÁSRA

A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány I melléklete NAD II. táblázatának megjegyzése szerint, ha a névleges betonfedés mértéke nagyobb mint 40 mm ( $c_{nom} > 40$  mm), akkor a betonfedésbe erősítő műanyaghálót ajánlott szerelni.<sup>101</sup> Az erősítő műanyagháló szerepét megfelelő nyílású nagy szilárdságú szénszálalás vagy aramid-szálalás háló töltheti be, bár erre irodalmi utalást nem találtunk. A névleges betonfedés – az erősítő háló beépítésének szükségessége megszabta – határértékére a betonfedés tömörsége, húzószilárdsága, cementtartalma, a felhasznált cement típusa stb. bizonyára hatással van. A 40 mm-es határérték azon a gyakorlati tapasztalon alapszik, hogy az ennél vastagabb betonfedés könnyen leválik. Indokolt lett volna a 40 mm-es határértéket a névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) helyett az előírt legkisebb betonfedéshez ( $c_{min}$ ) rendelni.

A túl nagy névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdése szerint  $\Delta c_{dur,st}$  értékkel csökkenthető, ha a vasalást rozsdamentes (korrózióálló) betonacéllal oldjuk meg. Az előírt névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) ebben az esetben sem lehet kisebb, mint az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának másfélszerese. A szabvány NA3.1.4. szakasza szerint rozsdamentes betonacélok esetén a csökkentő érték:  $\Delta c_{dur,st} = 5$  mm, egyéb különleges intézkedések esetén a  $\Delta c_{dur,st} > 0$  mm értékek megalapozottságát független laborvizsgálatokkal kell igazolni.

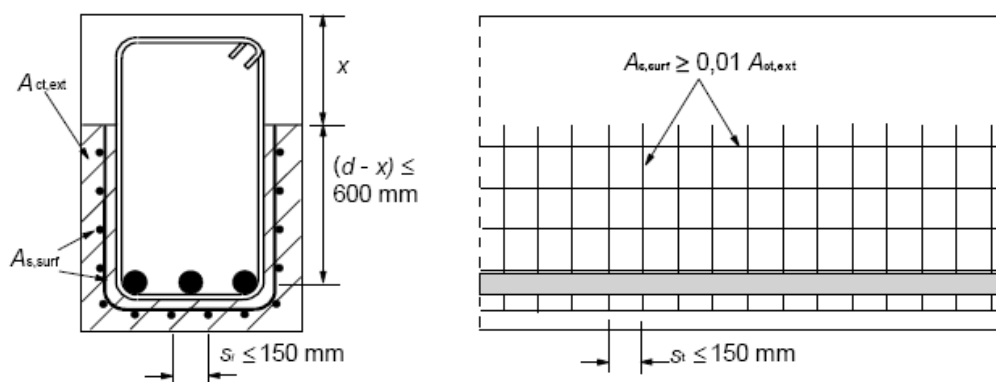
Ha a rozsdamentes betonacél használatának akadályja van, akkor MSZ 4798:2016 szabvány szerint a betonfedés vastagságát meg kell tartani, de alkalmazhatunk kéreghálót (erősítő hálót vagy kéregvasalást) hasonlóan ahhoz, ahogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában és J mellékletének (3) bekezdésében javasolják a húzott övre, illetve ahogy a tűzhatás utáni betonleválás ellen az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány 4.5.2. szakaszának (2) bekezdésében előírják, arra az esetre, ha az acélbetétek tengelytávolsága a felülettől 70 mm vagy nagyobb.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 8.8. szakaszának (2) bekezdése szerint 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg (acélbetéts csoport) esetén vagy kéregvasalást kell alkalmazni, vagy a repedéskorlátozást számításal kell igazolni. A 8.8. szakasz (8) bekezdése szerint a kéregvasalás keresztmetszeti területe a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetétekre merőleges irányban legalább  $0,01 \times A_{ct,ext}$ , míg azokkal párhuzamos irányban legalább  $0,02 \times A_{ct,ext}$  legyen. A 8.9.1. szakasz szerint az egyedi acélbetétekre vonatkozó szabályok egyéb előírás hiányában acélbetétkötegekre is érvényesek. Az acélbetétköteg egyenértékű (helyettesítő) átmérője:  $\varnothing_n = \varnothing \times \sqrt{n} \leq 55$  mm. A betonfedést az acélbetétköteg tényleges külső síkjától kell mérni, és az ne legyen kisebb, mint  $\varnothing_n$ .

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában, illetve J mellékletének (3) bekezdésében kéregvasalás beépítését javasolják repedéskorlátozás céljából vagy a betonfedés leválása, lepattogzása ellen a húzott övbe arra az esetre, ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm. A kéregvasalást általában hegesztett hálóból vagy kis átmérőjű acélbetétekből kell elkészíteni, és a kengyeleken kívül, például az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrájának (6.3. ábra) megfelelően kell elhelyezni.

---

<sup>101</sup> Az erősítő háló (rabicháló) feltalálója *Carl Rabitz* (1823, Halle – 1891, Berlin) német kőművesmester, aki 1854-ben alapított építési vállalkozást. „Tűzbiztos mennyezetvakolat fafödémre” tárgyú találmányára 1878-ban kapott szabadalmat. A hagyományos *Rabitz*-féle eljárás során a fafödémre vagy téglaválaszfalra mintegy 50 cm közökben kifeszített, 5-8 mm átmérőjű huzalokra 8-20 mm-es nyílású, 0,5-1,0 mm átmérőjű horgonyzott huzalokból készült hálót erősítenek, és szőrrel kevert gipszhabarccsal vagy gipszes mészhabarccsal becsapkodják, majd bevakolják. A rabicépítésről és alkalmazásáról a Budapest, V. Kossuth Lajos téri Igazságügyi Palota (ma Néprajzi Múzeum) épületében *Lichter* et al. (2012) dolgozatában olvashatunk.



**6.3. ábra:** Példa a kéregvasalásra. Az  $x$  a semleges tengely helye, az  $s$  a kéregvasalás (védőháló) nyílása (MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrája)

A 6.3. ábrát Lohmeyer et al. „Stahlbetonbau” című könyvének (2010) 4.6.8. szakaszában is megtaláljuk. E könyv szerint kéregvasalást (felületi vasalást) akkor kell a lepattogzások ellen és a repedéstágasság korlátozása érdekében alkalmazni, ha az acélbetét vagy az acélbetétköteg átmérője nagyobb, mint 32 mm. A kéregvasalás a kengyeleken kívül helyezkedjék el, és legfeljebb 10 mm átmérőjű betonacélból készüljön. A kéregvasalás előírt névleges betonfedése a Lohmeyer-féle könyv 4.3. táblázata szerint ugyanakkora, mint amekkora névleges betonfedést Németországban a fővasalásra előírnak. A kéregvasalás keresztmetszeti területe ( $A_{s,surf}$ ) ne legyen kisebb, mint kengyeleken kívüli húzott betonfelület ( $A_{ct,ext}$ ) 0,02-szorosa ( $A_{s,surf} \geq 0,02 \times A_{ct,ext}$ ). A kéregvasalást a statikailag szükséges vasalásba be szabad számítani, és pedig a kéregvasalás hosszirányú acélszárait a hajlító-húzó vasalásként, a kéregvasalás keresztirányú acélszárait keresztirányú (nyíró-) vasalásként, ha a kéregvasalás az ilyen irányú fővasalás elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó előírásoknak megfelel.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. fejezetének (2) és (3) bekezdése szerint a kéregvasalás  $A_{s,surf}$  keresztmetszeti területe a gerenda húzott fővasalásával párhuzamos és arra merőleges irányban általában ne legyen kisebb, mint  $A_{s,surf,min}$ . Az  $A_{s,surf,min}$  ajánlott értéke  $0,01 \times A_{ct,ext}$ , ahol  $A_{ct,ext}$  a kengyeleken kívüli húzott betonfelületet jelenti (6.3. ábra). Ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm, akkor általában hasonló, mindkét irányban  $0,005 \times A_{ct,ext}$  keresztmetszeti területű kéregvasalást kell alkalmazni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. fejezetének (5) bekezdése szerint a kéregvasalás hossz-, illetve keresztirányú acélbetétei beszámíthatók a hosszirányú hajlítási, illetve a nyírási vasalásba, ha megfelelnek az azok elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó követelményeknek.

A betonfedéssel és kéregvasalással a DIN EN 1992-1-1:2011 és DIN EN 1992-3:2011 szabvány bevezetése előtt a ma már visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 6.3. szakasza foglalkozott. Ennek (2) bekezdésében úgy rendelkeztek, hogy a felületi vasalásnak (Oberflächenbewehrung) nevezett kéregvasalás is meg kell feleljen a betonfedés követelményeinek, akkor is, ha a teherhordóképesség és a használati alkalmasság igazolása során nem vették számításba.

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 13. fejezetében szerkesztési szabályokat írtak elő. A szabvány 13.2.5. szakasza a kéregvasalást az EN 1992-1-1:2004 (MSZ EN 1992-1-1:2005) szabvánnyal és annak 2010-ben módosított változatával (EN 1992-1-1:2004/AC:2010, MSZ EN 1992-1-1:2010) hasonló módon tárgyalta. Kéregvasalást a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg (Stabbündel) esetén kell alkalmazni. A kéregvasalás hossz- illetve keresztirányú acélbetétei beszámíthatók a hosszirányú hajlítási, illetve a nyírási vasalásba, ha megfelelnek az azok elrendezésére és lehorgonyzására vonatkozó követelményeknek. A DIN 1045-1:2008 szabvány 69. ábráján bemutatott kéregvasalás lényegében megegyezik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrájával (e könyv 6.3.

*ábrájával*). Eltérés volt az európai szabványhoz képest, hogy a DIN 1045-1:2008 szabvány 13.2.5. szakaszában előírták, hogy nagyátmérőjű acélbetét esetén a kéregvasalásháló nyílása legfeljebb 100 mm lehet, és a kéregvasalás  $A_{s,surf,min}$  előírt legkisebb keresztmetszeti területe a gerenda húzott fővasalásával párhuzamos irányban nem  $0,01 \times A_{ct,ext}$ , hanem  $0,02 \times A_{ct,ext}$ .

Lényegében a DIN 1045-1:2008 szabvánnyal azonos követelményeket tartalmazott az egykori DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakasza is, de annak 5.13. ábráján a kéregvasalásháló nyílása legfeljebb 150 mm, e könyv 6.3. *ábráján* láthatóval megegyezően.

A visszavont DIN-Fachbericht 102:2009 jelentés 4.1.3.3. szakaszának (7) bekezdése szerint a kéregvasalás betonfedésére az acélbetét betonfedésével azonos követelmények voltak érvényesek, vagy különleges védelmet (például felületi bevonat a betonon) kellett alkalmazni. Az előírás 5.2.6.3. szakaszának (3) bekezdése szerint nagyátmérőjű acélbetét esetén a kéregvasalás  $A_{s,surf,min}$  legkisebb keresztmetszeti területe a fővasalásra merőleges irányban  $0,01 \times A_{ct,ext}$ , a fővasalással párhuzamos irányban  $0,02 \times A_{ct,ext}$  lehetett.

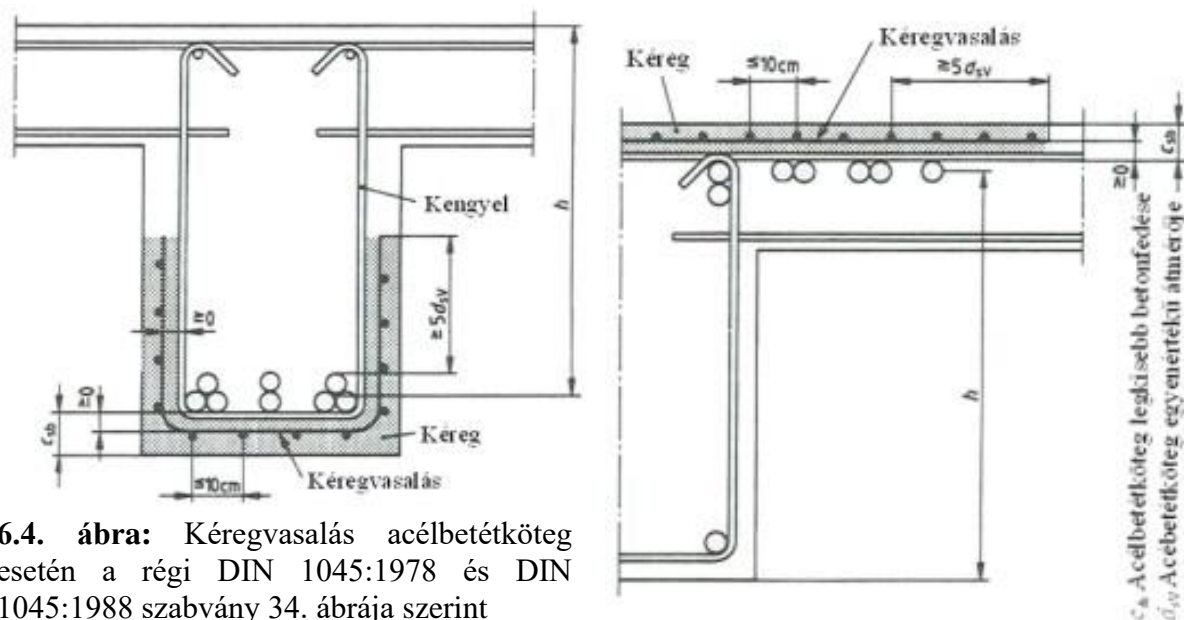
A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 13.1.2. szakasza az *előfeszített vasbetonelemek* kéregvasalásának feltételeit tárgyalta. Eszerint az előfeszített vasbetonelemekbe mindig kéregvasaláshálót kellett beépíteni. Az előfeszített vasbetonelemek különböző zónáinak szükséges kéregvasalását az XC és a különleges környezeti osztályokra a DIN 1045-1:2008 szabvány 30. táblázata tartalmazza. Előírták, hogy az előfeszített vasbeton lemezek húzott és nyomott zónájába kerülő kéregvasalásháló nyílása ne legyen több, mint 200 mm. Azokat a feszített acélbetéteket, amelyek a kéregvasalás betonfedésének kétszeres területén belül fekszenek, teljes felületükkel be volt szabad számítani a kéregvasalásba. A kéregvasalás a teherbírás és a használati alkalmasság igazolása során beszámítható volt a vasalásba, ha megfelelt az elrendezés és lehorgonyzás követelményeinek. Ezek a követelmények megtalálhatók a DIN-Fachbericht 102:2009 jelentésben is.

A Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. „Betondeckung und Bewehrung” című kiadványa (2015) 2 fejezetének (11) bekezdésében a névleges betonfedés – az erősítő háló beépítésének szükségessége megszabta –  $a_i = 70$  mm-es határértékét úgy értelmezik, hogy az a szélső teherviselő acélbetét tengelyének a névleges távolsága a beton felületétől. Ennek tükrében MSZ 4798:2016 szabvány szerinti, a kengyel szélső palástvonalához tartozó  $c_{nom} = 40$  mm határérték az erősítő háló beépítésére nem is olyan nagyon szigorú ajánlás. A kéregvasalásháló nyílása ne legyen nagyobb, mint 100 mm, és a hálót alkotó acélszalak átmérője ne legyen kisebb, mint 4 mm.

A kéregvasalásról (felületi vasalásról) *Heusinger* 1993-ban írt könyvrészletet, hivatkozással az EC 2 Eurocode-ra, amely szerint kéregvasalást a repedéstágasság korlátozására az 1,0 m-nél vastagabb (szélesebb) gerendák és a gerendavastagságtól függetlenül a 32 mm-nél nagyobb átmérőjű acélbetét vagy acélbetétköteg esetén kell alkalmazni, a húzott acélbetétekkel párhuzamos kéregvasalás keresztmetszeti területe a húzott beton zóna kengyeleken kívüli keresztmetszeti területének legalább az 1,0%-a kell legyen, az megfelelő feltételek esetén a hajlítási húzott hosszvasalásba beszámítható. *Heusinger* (1993) könyvében is megtalálható a MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány J1. ábrája (e könyv 6.3. *ábrája*).

*Heusinger* (1993) megemlítette, hogy a régi DIN 1045:1988 szabvány 18.11.3. szakasza kéregvasalást csak a  $\varnothing_n = \varnothing \times \sqrt{n} > 36$  mm egyenértékű (helyettesítő) átmérőjű acélbetétköteg esetén követelte meg a repedéstágasság korlátozására a hajlított tartó húzott zónájában. Kéregvasalásként legfeljebb 10 cm nyílású betonacélhálót engedélyeztek alkalmazni. Előírták, hogy az acélbetétköteg-irányú kéregvasalás keresztmetszete  $a_{sh} \geq 2 \times c_{sb}$  cm<sup>2</sup>/m legyen, ahol  $c_{sb}$  az acélbetétköteg betonfedésének legkisebb értéke cm-ben. A 6.3. *ábra* nagymértékben hasonlít a DIN 1045:1978 és DIN 1045:1988 szabvány 34. ábrájához (6.4. *ábra*), amelyen nem acélbetét, hanem acélbetétköteg látható. A kéregvasalásnak a hajlított tartó húzott zónájában  $5 \times \varnothing_n$  hosszon (6.3. *ábrán*  $5 \times d_{sv}$  hosszon) kellett a húzott acélbetétköteg fölé nyúlnia,

T-keresztmetszetű gerenda esetén pedig az övlemez szélső acélbetétkötegén kellett ugyanennyivel túlnyúlnia (6.4. ábra). A DIN 1045:1988 szabvány 21.1.2. szakaszának (3) bekezdése az 1 m-nél magasabb gerendák és T-keresztmetszetű gerendák gerinclemeze esetén a húzott zónán túlnyúló felületi hosszvasalást írt elő, amelynek összes keresztmetszeti területe el kellett, hogy érje a húzott acélbetétek keresztmetszeti területének 8%-át, és amelynek beszámítását a húzott vasalásba az elhelyezkedéstől és kialakítástól függően megengedte. Ezek az intézkedések már a tíz évvel korábbi, DIN 1045:1978 szabványban is megjelentek.



**6.4. ábra:** Kéregvasalás acélbetétköteg esetén a régi DIN 1045:1978 és DIN 1045:1988 szabvány 34. ábrája szerint

A tűzterherre történő méretezést az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány szerint kell végezni. E szabvány 4.5.1. szakaszában feltételezik, hogy ha a beton nedvességtartalma kevesebb, mint 3,0 tömeg%, akkor tűz hatására robbanásszerű betonlepattozás nem következik be. Ha a beton nedvességtartalma ennél több, akkor a robbanásszerű lepattozás hatását a szerkezet teherbíróképességére meg kell becsülni.

Az MSZ EN 1992-1-2:2013 szabvány 4.5.2. szakaszának (2) bekezdésében előírják, hogy ha a szélső acélbetétek tengelyének távolsága a beton felületétől 70 mm vagy annál több és kísérletekkel nem győződtek meg arról, hogy tűz hatására a betonról rétegek nem válnak le, akkor hálós kéregvasalást kell beépíteni. A kéregvasalás acélbetéteinek átmérője legalább 4,0 mm, a háló nyílása legfeljebb 100×100 mm legyen.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 szabvány 6.2. szakaszának (2) bekezdése szerint a C90/105 nyomószilárdsági osztály esetén a tűznek közvetlenül kitett beton lepattozásait például kéregvasalással és azon lévő 15 mm vastag névleges betonfedéssel és a fővasaláson lévő legalább 40 mm-es névleges betonfedéssel lehet megelőzni. A hálós vasalás acélbetéteinek átmérője legalább 2,0 mm, a háló nyílása legfeljebb 50×50 mm legyen.

E módszer helyett az MSZE 21992-1-2:2008 előszabvány le nem pattogzó betonféleség alkalmazását vagy a friss betonba legalább 2 kg/m<sup>3</sup> polipropilén szál keverését javasolja.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 szabvány 4.7. szakasza szerint a szükséges tűzvédelmet védőrétegekkel is el lehet érni. Tűz esetén a 40-50 mm vastag betonfedés hőszigetelő hatása már csökkenti az acélbetét felmelegedését és a vasbetonszerkezet tönkremenetelének veszélyét. Vasbeton boltozatok, például íves alagút falak tűzvédelmére elegendőnek tűnik a 60 mm-es betonfedés, mégis az acélbetét védelmét a betonfedés lepattozását meggátló horganyzott hálóval is szokás növelni, amelyre még 20 mm betonfedés is kerül.

A DIN 4102-4:1994 szabvány 3.1.5.2. szakasza szerint tűzvédelmi szempontból, ha a hajlított tartó névleges betonfedésének értéke nagyobb, mint 50 mm ( $c_{nom} > 50$  mm), akkor a húzott oldalon a betonfedésbe hálós védővasalást (németül: Schutzbewehrung) kell helyezni. A hálós védővasalás acélbetéteinek átmérője legalább 2,5 mm legyen, a védőháló nyílása 150×150 mm és 500×500 mm közé essék. Nagyszilárdságú beton esetére, ha fennáll a robbanásszerű betonlepattozás veszélye, a DIN 4102-4/A1:2004 szabvány 3.1. szakasza egyéb feltételek mellett 15 mm, illetve nedves vagy kémiaileg káros környezetben 20 mm vastag névleges betonfedéssel védővasalást ír elő. Ennek a német tűzállósági szabványnak az osztott biztonsági tényező elvén alapuló méretezési alkalmazásával a DIN 4102-22:2004 szabvány foglalkozik.

A kéregvasalás anyaga célszerűen rozsdamentes acélhuzal, amelyet nem a kengyelekhez kell erősíteni, hanem azoktól távolabb, rozsdamentes távtartók segítségével a betonba kell rögzíteni. A kéregvasalásra, valamint a kengyelek és a kéregvasalás közötti távolságra nézve az acélhuzalok közötti szabad nyílás az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának legalább másfélszerese legyen.

*Jedelhauser* (2008) ismerteti a rozsdamentes, hidegen alakított, bordás betonacél alkalmazását a híd- és műtárgyépítésben. Alkalmazása esetén a legkisebb betonfedés mintegy 25 mm-re csökken. A rozsdamentes betonacél átmérője általában 4-14 mm. Előnyös alkalmazására példa az 1995. évben épült schaffhauseni ferde kábeles közúti Rajna-híd, amelynek vasbeton kábelpilonjait 7,6 m magasan és pályalemez hossztartóit rozsdamentes kéregvasalással (Hautbewehrung) látták el. A távtartók kötözőhuzala is rozsdamentes acél volt. Az építési költséget a rozsdamentes betonacél alkalmazása 1-2%-kal emelte meg, ezzel szemben a fenntartási költség a 80 év tervezési élettartam alatt 18%-kal csökken.

A szerkezeti célú rozsdamentes acélhuzalok tulajdonságait az MSZ EN 10088-5:2009 szabványban tárgyalják, a rozsdamentes acélok jegyzéke az MSZ EN 10088-1:2005 szabványban található. Németországban a rozsdamentes acélok építési célú alkalmazását a Z-30.3-6:2003 számú műszaki engedély szabályozza.

**Összegezve:** A betonfedés a szerkezeti osztály függvénye. Az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N1., illetve NAD N2. táblázata az előírt legkisebb tartóssági betonfedés ( $c_{min,dur}$ ) értékét közli a szerkezeti osztály és a környezeti osztály függvényében. Az alkalmazandó szerkezeti osztály és betonfedés alapvetően a tervezési élettartamtól függ, de bizonyos feltételek mellett módosítható.

Alapesetként az 50 év tervezési élettartamú szerkezeteket, szerkezeti elemeket az S4 szerkezeti osztályba kell sorolni és ennek megfelelő betonfedéssel kell ellátni. Az „alapeset” azt jelenti, hogy a beton és szerkezetgyártás minőségellenőrzése nem kiemelt szintű, és a beton nem lemezalakú szerkezeti elem részére készül, és az erőtani számítás szerint szükséges („erőtani”) nyomószilárdsági osztály legfeljebb egy fokozattal nagyobb a környezeti osztály szerint szükséges nyomószilárdsági osztálynál, és az adalékanyag legnagyobb szemmagysága legfeljebb 32 mm. Ha ugyanezen feltételek mellett a minőségellenőrzés kiemelt szintű (erre általában telepített betonelemgyárban és építéshelyi előregyártó-üzemben van lehetőség), akkor az 50 év tervezési élettartamú beton betonfedése az S3 szerkezeti osztálynak feleljen meg.

Ha a beton tervezési élettartama 100 év, akkor a betonfedés „alapesetben” kiemelt szintű minőségellenőrzés nélkül az S6 szerkezeti osztály szerinti, kiemelt szintű minőségellenőrzéssel az S5 szerkezeti osztály szerinti legyen.

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága legfeljebb a névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) kétharmada lehet. Ha az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága a névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) kétharmadánál nagyobb, akkor a betonfedést a névleges legnagyobb szemmagyság másfélszeresére kell növelni.

Folyamatos szemmegoszlású adalékanyaggal készített tömör, vasalt, teherbíró könnyűbeton esetén az előírt legkisebb betonfedés ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) – az XC1 környezeti osztály kivételével – 5 mm-rel legyen nagyobb, mint a könnyű adalékanyag legnagyobb szemnagysága.

A betonfedés szabványos előírt értékeit – az acélbetét korrózióját, elvékonyodását, akár elszakadását, a betonon a felületi repedéseket, lepattogzásokat, leválásokat, legrosszabb esetben a szerkezet tönkremenetelét megelőzendő – a nagy javítási költségek megtakarítása érdekében is mindenképpen ajánlatos betartani. A megfelelő betonfedést távolság tartókkal (távtartókkal) kell biztosítani.

A túl nagy névleges betonfedés az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának (7) bekezdése szerint csökkenthető, ha a vasalást rozsdamentes (korrózióálló) betonacéllal oldjuk meg. Az előírt névleges betonfedés ebben az esetben sem lehet kisebb, mint az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának másfélszerese. Magyarországon a rozsdamentes (korrózióálló) betonacélok esetén a csökkentés mértke:  $\Delta c_{\text{dur, st}} = 5 \text{ mm}$ .

Ha a rozsdamentes betonacél használatának akadálya van, akkor a betonfedés vastagságát meg kell tartani, de alkalmazhatunk kéregvasalást hasonlóan ahhoz, ahogy az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 9.2.4. szakaszában, illetve J1. fejezetének (3) bekezdésében javasolják a húzott övre arra az esetre, ha a betonfedés nagyobb, mint 70 mm. A tartósság szempontjából előnyös, ha kéregvasalást nem csak a húzott övben, hanem a vastag betonfedésben mindenhol alkalmazunk. Előnyös, ha a kéregvasalás anyaga rozsdamentes acélhuzal, és azt nem a kengyelekhez erősítik, hanem azoktól távolabb, rozsdamentes távtartók segítségével a betonba rögzítik. A kéregvasalásra, valamint a kengyelek és a kéregvasalás közötti távolságra nézve az acélhuzalok közötti szabad nyílás az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának legalább másfélszerese legyen.



## 7. BETONOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE

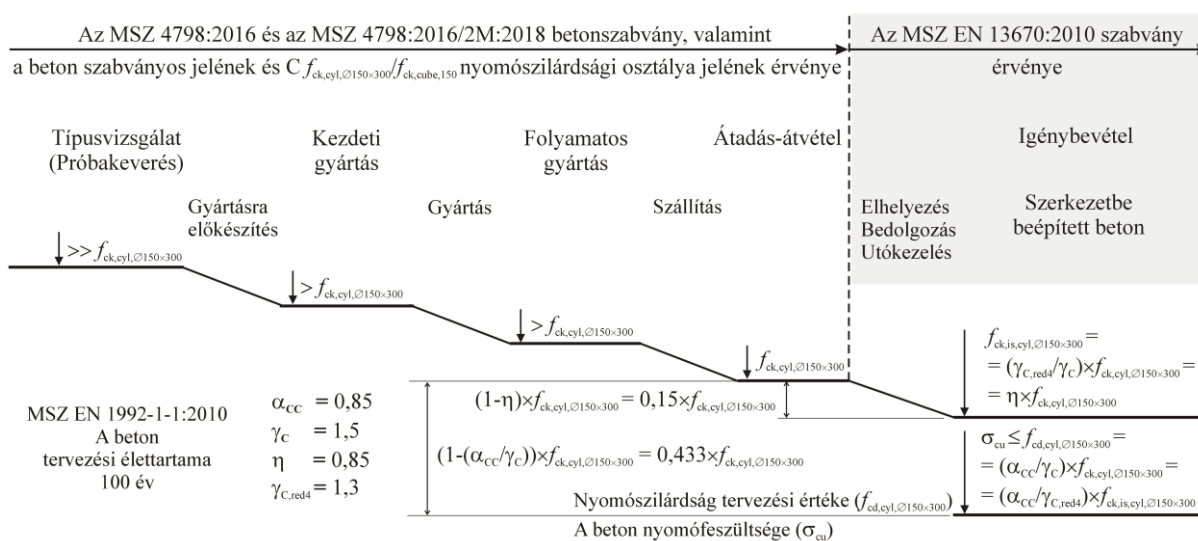
Alapvetés, hogy a friss betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei – akkor is, ha a vizsgálatot megszilárdult beton próbatesteken végzik – a friss beton tulajdonságait, a megszilárdult betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei az adott korú megszilárdult beton tulajdonságait jellemzik. Minthogy a beton tulajdonságai a beton időben változó szövetszerkezetétől függenek, következik, hogy a vizsgálati eredmények és az azokból képzett betonosztályok – mint például a nyomószilárdsági osztály, testsűrűségi osztály, környezeti osztály, konzisztencia osztály, kloridtartalmi osztály, fagyállósági osztály, vízfelvételi osztály, vízzárósági osztály, kopásállósági osztály –, valamint a beton ezekből képzett jelölése nem választhatók, illetve nem választható el a vizsgált beton korától.

A beton „szabványos jele” kifejezés a friss beton tulajdonságait tükröző jel megnevezése, amely a megszilárdult monolit beton-, vasbeton- és feszített vasbetonszerkezet, vagy előregyártott szerkezeti elem betonjának állapotáról tájékoztatást nem ad, amely jellel helytelen a szerkezetbe beépített szilárd betont felruházni, és amelyre a szilárd betonból származó próbatestek vizsgálati eredményének értékelése során legfeljebb csak múltidőben szabad hivatkozni.

A betonok „szabványos jele”, „szabványos jelölése” vagy röviden „a beton jele” kizárólag a friss betonok legfontosabb tulajdonságai osztályának megjelölésére szolgál, míg a szerkezetbe beépített betonok tulajdonságai a vizsgálati eredmények átlagos vagy jellemző értékének (karakterisztikus értékének) megadásával írhatóak le.

Ezért írják az MSZ 4798:2016 betonszabvány 1. fejezetében, hogy „Ez a szabvány a betonra mint termékre vonatkozik, és nem vonatkozik a szerkezetbe már beépített betonra”, és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabvány 3.1.2. szakaszában, hogy az Arrhenius-féle összefüggést „egy nem megfelelő referenciaszilárdság visszamenőleges igazolására általában nem szabad alkalmazni, még az utószilárdulás figyelembevételével sem”. Ugyanez vonatkozik a nyomószilárdsági osztály jelére is, amely a beton szabványos jelének legfőbb megtestesítője.

Az átadás-átvételi eljárás – legkésőbb a friss betonból vett átadás-átvételi próbatestek vizsgálati eredményeinek értékelését követő – végső zárultával a beton sorsát illetően az MSZ 4798:2016 szabvány szerepe véget ér, a továbbiak nem tartoznak az MSZ 4798:2016 szabvány érvényességi körébe (7.1. ábra).



**7.1. ábra:** A beton szabványos jele a friss beton átadás-átvételi eljárásának végső zárultával érvényét veszti (A 7.1. ábra nyomószilárdság tervezési értékre vonatkozó részének magyarázata e könyv 4.2. fejezetében található, lásd a 4.4. ábrát is.)

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton jele a következő tagokból áll (a beton jele tagjainak sorszámát fekete körben tüntettük fel, ha azok szerepeltetése kötelező, és fehér körben, ha azok a beton jelében feltételesen szerepelnek):

❶ *Nyomószilárdsági osztály* betűjellel és két számértékkel kifejezett jele, például szokványos (közönséges, normál) beton esetén: C25/30, könnyűbeton esetén: LC20/22, nehézbeton esetén: HC30/37. Megjegyzendő, hogy nehézbeton esetén a HC betűjel használatát szabvány nem írja elő, helyette általában a C betűjelet alkalmazzák.

❶<sup>+</sup> Ha a nyomószilárdságot *50% elfogadási valószínűség* mellett – az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint, az Eurocode 2 szabvány alapján – értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály fenti jele után fel kell tüntetni az erre utaló AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet, például: C25/30 – AC<sub>50</sub>(H).

❷ Ha a beton könnyűbeton, akkor a szilárd *könnyűbeton testsűrűségi osztályának* jele, például: ρ<sub>LC</sub> 1,8.

❸ *Környezeti osztály vagy osztályok* jele, például: XC4, vagy több környezeti osztály esetén: XC4-XF1-XA2.

Ha a környezeti osztályhoz tartozó ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály csak a beton 28 napos kora után, az utószilárdulás folyamán, *90 napos korra teljesül* – és ezt írásban igazolják –, akkor azt a környezeti osztály jelében „90” alsó indexszel kell jelezni. Például: XD<sub>290</sub>(H). Ebben az esetben a beton jelében meg kell adni az alkalmazandó cement jelét is.

Ha valamely környezeti osztályt magyar nemzeti szabvány vezet be, akkor a környezeti osztály jelében fel kell tüntetni *Magyarország nevének rövid jelét* (H), például: X0b(H), X0v(H), XD<sub>290</sub>(H), XF2(H), XA5(H), XK1(H), XV0(H), XV1(H).

Ezt a szabályt kell alkalmazni a magyar szabványok bevezette egyéb jelölések esetén is, olykor alsó indexbe írva a H betűt, például:  $f_{ck,cube,H}$  (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha a jelet másik magyar szabályozó irat vezet be, akkor ugyanígy kell eljárni.

❹ Adalékanyag névleges *legnagyobb szemnagyságának* a számértéke, például: 24 mm.

❺ Ha a beton adalékanyaga nem homokos kavics, az *adalékanyag megnevezése*, amellyel a beton készül, például: zúzottkő és megadva annak fajtáját (például bazalt zúzottkő, andezit zúzottkő, dolomit zúzottkő stb.), vagy barit, duzzasztott agyagkavics stb.

❻ *Konzisztencia osztály* jele, például: F3; vagy a konzisztencia jele a mérőszám határértékeivel, például: F3 (420-480 mm), vagy a konzisztencia jele a mérőszám átlagértékével és a tűréssel például: F3 (450±30 mm). A konzisztencia osztály jele a kivitelezővel kötendő szerződésben akkor is egyértelműen (egyetlen jellel) rögzítendő, ha a beton jelének megadásakor vagy a betontervezés során a konzisztencia mérési módszer mibenléte még nem volt ismert, és az előíró vagy tervező a konzisztencia jelét két mérési módszerhez illesztve is megadta, például területsméréssel: F3 és alternatívaként roskadásméréssel: S2.

Az önterülő-öntömörődő beton konzisztenciáját az MSZ 4798:2016 szabvány öntömörődő betonokra vonatkozó konzisztencia osztályainak jelével kell megadni.

❼ Ha a betonnak a *cement tömegére* vonatkoztatott megengedett *kloridiontartalma* 0,2 tömeg% – útbeton esetén 0,4 tömeg% (MSZ EN 13877-1:2013) – akkor azt a beton jelében nem kell megadni, ha ennél kisebb, akkor a megengedett kloridiontartalom jelét a beton jelében szerepeltetni kell (például feszített vasbeton esetén). Például: Cl 0,10.

- ⑧ Ha a kiíró követelményként megadja a *cement* minőségét és esetleg a *II. típusú kiegészítőanyag* minőségét is, akkor annak, illetve azok jelét a beton jelében fel kell tüntetni (például: CEM I 42,5 vagy CEM I 42,5 – Szilikapor).
- ⑨ Ha a beton *tervezési élettartama* 50 év, akkor a tervezési élettartamot a beton jelében nem kell megadni, ha ettől eltérő (például: 100 év), akkor azt a beton jelében fel kell tüntetni.
- ⑩ A szabvány, esetleg műszaki előírás száma évszámmal (például: MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018, e-UT 06.03.31:2017)

A betonjel tagjait egymás után, kötőjel közbeiktatásával tüntetjük fel:

① – (①<sup>+</sup>) – ② – ③ – ④ – ⑤ – ⑥ – ⑦ – ⑧ – ⑨ – ⑩

A tervezői műszaki leírásnak, a betontechnológiai előírásnak, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumának a *beton jelén kívül* tartalmaznia kell minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton jelén kívül előírnak. Ilyen például a betont befogadó építmény szerkezeti osztálya, a nyomószilárdság jellemző értékének kiszámításához szükséges alulmaradási tényező fajtája, illetve bármilyen más, a beton minőségével kapcsolatos egyéb követelmény (például szulfátállóság, szikramentesség stb.).

Példák a beton MSZ 4798:2016 szabvány szerinti jelére:

1. *példa:* Annak a C16/20 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből káros környezeti hatásnak ki nem tett vasalt beton pincealap készül (környezeti osztály: X0v(H)), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 48$  mm, konzisztenciája kissé képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni és a roskadási mértéknek 10-40 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S1, a következő:

C16/20 – X0v(H) – 48 – S1 – MSZ 4798:2016

2. *példa:* Annak a C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből fagyhatár alatti, talajvízszint feletti vasbeton sávalap készül (környezeti osztály: XC2, XV0(H)), vízfelvétele legfeljebb 4 tömeg%, névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 32$  mm, konzisztenciája képlékeny és a tervezés idején ismeretes, hogy a konzisztenciát roskadásméréssel fogják meghatározni, és a roskadási mértéknek 50-90 mm közé kell esnie, tehát konzisztencia osztálya S2, a következő:

C25/30 – XC2 – XV0(H) – 32 – S2 – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

3. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 24$  mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – XC3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

4. *példa:* Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből vasbeton keretszerkezet épül (környezeti osztály: XC3, XD3), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 24$  mm konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, a következő:

C35/45 – AC<sub>50</sub>(H) – XC3 – XD3 – 24 – F3 – MSZ 4798:2016

5. *példa:* Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből csúszózsalus építmóddal CEM I 42,5 N-SR 0 szulfátálló portlandcement- és szilikaportartalmú vasbeton

siló épül (környezeti osztály: XC4, XD1, XF1, XA5(H), XK1(H)), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 24$  mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van és tömörítési mértéke 1,11-1,25 közé esik, tehát konzisztencia osztálya C2, megengedett kloridiontartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,2 tömeg%, a következő:

C30/37 – AC<sub>50</sub>(H) – XC4 – XD1 – XF1 – XA5(H) – XK1(H) – 24 – C2 – Cl 0,20 –  
CEM I 42,5 N-SR 0 – Szilikapor – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018

6. *példa*: Annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelynek az erőtani méretezés szerint szükséges nyomószilárdsági jellemző értéke  $f_{ck,cyl} = 35$  N/mm<sup>2</sup> (a környezeti hatás miatt C30/37 nyomószilárdsági osztályú beton is megfelelne) és nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, amely betonból esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 24$  mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, tehát konzisztencia osztálya F3, CEM I 52,5 szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

C35/45 – AC<sub>50</sub>(H) – XC3 – 24 – F3 – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ 4798:2016 vagy  
C35/45 – AC<sub>50</sub>(H) – XC3 – 24 – F3 (420-480 mm) – CEM I 52,5 – 100 év – MSZ  
4798:2016

7. *példa*: Annak a C30/37 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszerrel gyártott betonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből fagy és sózás hatásának kitett vasbeton híd pályaszegélye készül (környezeti osztály: XC4, XF4, XK2(H), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 32$  mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke  $450 \pm 30$  mm, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C30/37 – AC<sub>50</sub>(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 – MSZ 4798:2016 vagy  
C30/37 – AC<sub>50</sub>(H) – XC4 – XF4 – XK2(H) – 32 – F3 ( $450 \pm 30$  mm) – MSZ 4798:2016

8. *példa*: Annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú, kopásálló, légbuborékképző adalékszer nélkül gyártott bazaltbetonnak a jele, amelynek nyomószilárdságát 50% elfogadási valószínűség mellett értékelték, és amelyből koptatóhatásnak, és fagy és sózás hatásának kitett beton térburkolat készül (környezeti osztály: XK3(H)), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 32$  mm, konzisztenciája képlékeny és területi mértéke 420-480 mm közé esik, konzisztencia osztálya F3, a következő:

C40/50 – AC<sub>50</sub>(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 – MSZ  
4798:2016 vagy  
C40/50 – AC<sub>50</sub>(H) – XC4 – XF4(H) – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F3 ( $450 \pm 30$  mm)  
– MSZ 4798:2016

9. *példa*: Annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban 1600-1800 kg/m<sup>3</sup> közé esik, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, és amelyből könnyűbeton belső teherbíró fal épül (környezeti osztály: X0b(H)), névleges legnagyobb szemmagysága  $D_{\max} = 16$  mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, tömörítési mértéke 1,11-1,25 között van, konzisztencia osztályának jele a tömörítési mérték jelével kifejezve C2, a következő:

LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 – MSZ 4798:2016 vagy  
LC12/13 – D1,8 – X0b(H) – 16 – duzzasztott agyagkavics – C2 (1,25-1,11) – MSZ  
4798:2016

Az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet szerint a pályaburkolati betonok (útbetonok) betűjele CP, a betűjel után a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értékét és törtvonal után a kifűrt magmintákon meghatározott hasító-húzószilárdságának jellemző értékét kell

feltüntetni, mindkettőt  $N/mm^2$  mértékegységben kifejezve.

A pályaburkolatok jele tartalmazza az adalékanyag legnagyobb szemmagyságát mm-ben, a friss beton konzisztencia osztályának jelét vagy konzisztenciájának mértékét, az útbeton környezeti osztályának a jelét és az útügyi műszaki előírás számát is.

A szilárdsági osztály jelével azonban gondjaink vannak, ugyanis a transzportbeton gyártója nem tehető felelőssé a pályalemezbe bedolgozott beton tömörségéért, utókezeléséért, a környezeti hatásoktól is befolyásolt szilárdulási folyamatáért, következésképpen a kifűrt magminta szilárdságáért; a pályaburkolatok szilárdsági jele nincs összhangban a beton jelének felfogásunk szerinti értelmezésével.

Egyébként az MSZ 4798:2016 betonszabvány az út- és térburkolatok betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő útügyi műszaki előírás erre a szabványra hivatkozik.

Példa a pályaburkolati beton (útbeton) e-Út 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet szerinti jelére:

*10. példa:* Annak az útbetonnak a jele, amelynek formában készített,  $150 \times 150 \times 600$  mm méretű, kizsaluzás után véig víz alatt tárolt próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább  $4 N/mm^2$  (F4,0), a kifűrt magmintából kialakított,  $\varnothing 150 \times 150$  mm méretű, vegyesen tárolt próbahengereken meghatározott hasító-húzószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban legalább  $2,7 N/mm^2$  (SC2,7), fagy és olvasztósó hatása éri, légbuborékképző adalékszerrel készül és meg kell feleljen a k10/15 kopásállósági osztály követelményének, adalékanyaga 32 mm legnagyobb szemmagyságú bazalt zúzottkő, friss beton konzisztencia osztálya F2, a következő:

CP4/2,7 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

Nézetünk szerint a 10. példának megfelelő transzportbetont a gyártótól például a következő jellel lenne szabatos megrendelni:

CP-F4,0 – XF4 – XK3(H) – 32 – bazalt zúzottkő – F2 – e-UT 06.03.31:2017 tervezet

**Összegezve:** A friss betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei a friss beton tulajdonságait, a megszilárdult betonból vett minták próbatestjeinek vizsgálati eredményei az adott korú megszilárdult beton tulajdonságait jellemzik.

A betonok „szabványos jele”, „szabványos jelölése” vagy röviden „a beton jele” kizárólag a friss betonok legfontosabb tulajdonságai osztályának megjelölésére szolgál, míg a szerkezetbe beépített betonok tulajdonságai a vizsgálati eredmények átlagos vagy jellemző értékének megadásával írhatók le. Ugyanez vonatkozik a nyomószilárdsági osztály jelére is, amely a beton jelének legfőbb megtestesítője.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti betonok szabványos jele a nyomószilárdsági osztály jelét, ha a nyomószilárdsági eredményeket az 50%-os elfogadási valószínűség alapján értékelik, akkor annak kísérőjelét, a környezeti osztályok, az adalékanyag legnagyobb szemmagysága, a konzisztencia osztály jelét és a szabvány jelzetét kötelezően tartalmazza.

A beton jelében feltételesen – szükség szerint – szerepel, ha könnyűbeton, akkor a testsűrűségi osztály jele; ha az adalékanyag nem homokos kavics, akkor az adalékanyag megnevezése; ha a betonnak a cement tömegére vonatkoztatott megengedett kloridion-tartalma kevesebb mint 0,2 tömeg%, akkor a megengedett kloridion-tartalom jele; a cement és esetleg az aktív, puccolános vagy rejtett hidraulikus tulajdonságú, ún. II. típusú kiegészítőanyag jele; a beton tervezési élettartama, ha az nem 50 év.

A tervezői műszaki leírásban, a betontechnológiai előírásban, illetve a beton megrendelő és szállítási dokumentumában a beton jelén kívül meg kell adni minden olyan követelményt, amelyet az építmény vagy a beton készítésével, illetve átadás-átvételével kapcsolatban a beton

jelén kívül előírnak.

## B. BETONTULAJDONSÁGOK OSZTÁLYAI

Azoknak a betontulajdonságoknak vannak osztályai, amelyek alapján a friss betont mint terméket jellemezzük, minősítjük. A beton jelében e termékminősítő tulajdonságok osztályai szerepelnek.

### 8. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY

#### 8.1. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY JELE

Az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a szokványos (közönséges, normál) beton nyomószilárdsági osztályának betűjele *C*, a könnyűbetoné *LC*<sup>102</sup>. A betűjel után törtvonallal elválasztott két számjegy következik.

Az első számjegy a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 150 mm átmérőjű, 300 mm magas próbahengeren 28 napos korban meghatározandó *hengersizilárdság előírt jellemző (karakterisztikus<sup>103</sup>) értéke* ( $f_{ck,cyl}$ ), a második a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 150 mm élhosszúságú próbakockán 28 napos korban meghatározandó *kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke* ( $f_{ck,cube}$ ) N/mm<sup>2</sup> mértékegységben, például: C20/25.

Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798:2016 szabvány *P* melléklete szerint 50%-os elfogadási valószínűség mellett értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály fenti jele után fel kell tüntetni az erre utaló AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet, például: C25/30 – AC<sub>50</sub>(H).

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati próbatesteket szabad vegyesen is tárolni. Ebben az esetben a mért  $f_{ci,H}$  nyomószilárdságot át kell számítani a víz alatt tárolt próbatest  $f_{ci}$  nyomószilárdságára (lásd a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrát). A kizsaluzást követő végig víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakasza is megengedi, de vita esetén a vízben tárolt próbatesteken meghatározott nyomószilárdság vizsgálati eredmények a döntőek.

A nyomószilárdsági osztály a még be nem épített betonból vett, sablonban készített, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás esetén 42 napos (például esetleg útépitési beton) vagy 56 napos korú (például tömegbeton) esetleg legfeljebb 90 napos korú (például nagyon lassú szilárdulású beton) próbatesten, az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.1.2. szakasza szerint mért nyomószilárdságra vonatkozik, és előírt karakterisztikus (jellemző) értéke is e betonkorok valamelyikéhez, általában a 28 napos, esetleg a 42, 56 vagy legfeljebb 90 napos korhoz tartozik.

A nyomószilárdsági osztályokat az MSZ 4798:2016 szabvány 12. és 13. táblázata tartalmazza. A szokványos (közönséges, normál) betonok és a nehézbetonok legkisebb és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C100/115 (8.1. táblázat), a könnyűbetonoké LC8/9 – LC80/88 (8.2. táblázat). A beton *C* és *LC* betűjelét a nyomószilárdsági osztály kettős számjele előtt – azzal egybeírva – kell feltüntetni.

---

<sup>102</sup> A könnyűbeton jelöléséből ésszerűen következne, hogy a nehézbetont HC betűkkel jelöljük, de ezt a betűjelet sem az MSZ EN 206:2013+A1:2017, sem az MSZ 4798:2016 szabvány nem alkalmazza. A HC betűjel hiányában az adalékanyag megnevezésével utalhatunk arra, hogy a beton nehézbeton vagy sugárvédő beton.

<sup>103</sup> A „jellemző érték” az MSZ EN 1992 (Eurocode 2), MSZ EN 1994 (Eurocode 4), MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016 stb. szabvány szerinti „karakterisztikus érték” magyar megfelelője, a „characteristic value” kifejezés fordítása. A szabványok olykor jellemző szilárdságként („characteristic strength”) is említik.

*Nagyszilárdságú* a szokványos (közönséges, normál) beton és a nehézbeton, ha a nyomószilárdsági osztályának jele legalább C55/67, a könnyűbeton pedig akkor, ha a nyomószilárdsági osztályának jele legalább LC55/60. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha a végig víz alatt tárolt, 28 napos korú, szabványos méretű próbahengeren értelmezett átlagos nyomószilárdsága legalább 60-110 N/mm<sup>2</sup>.

Az *ultra nagy szilárdságú* beton tulajdonságaival az MSZ 4798:2016 szabvány nem foglalkozik. Ultra nagy szilárdságúnak nevezik a betont, ha tapasztalati jellemző értéke legalább mintegy 10%-kal nagyobb, mint az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti C100/115 nyomószilárdsági osztályú szokványos (közönséges, normál) beton és nehézbeton, vagy LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton nyomószilárdságának előírt jellemző értéke. A szabványos ultra nagy szilárdságú betonpróbakocka átlagos nyomószilárdsága általában legalább 135 N/mm<sup>2</sup>, és elérheti a 250, esetleg 300 N/mm<sup>2</sup> értéket is.

A Model Code 2010 modell kód 5. fejezete szerint a közönséges (normál) betonok legkisebb nyomószilárdsági osztálya C12, és legnagyobb nyomószilárdsági osztálya C120, hivatkozással az ISO 1920-3:2004 szabványra.

**8.1. táblázat:** Szokványos (közönséges, normál) betonok és nehézbetonok nyomószilárdsági osztálya

Nyomószilárdsági osztály		Hengerszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke	Kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke
Szokványos beton és nehézbeton		$f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
C8/10 <sup>1)</sup>		8	10
C12/15		12	15
C16/20		16	20
C20/25		20	25
C25/30		25	30
C30/37		30	37
C35/45		35	45
C40/50		40	50
C45/55		45	55
C50/60		50	60
Nagyszilárdságú	C55/67	55	67
	C60/75	60	75
	C70/85	70	85
	C80/95	80	95
	C90/105	90	105
	C100/115	100	115
	C110 <sup>2)</sup>	110	130
	C120 <sup>2)</sup>	120	140

Megjegyzés:

<sup>1)</sup> A Model Code 2010 nem ismeri, a Model Code 2010 5. fejezete szerint C12 a legkisebb nyomószilárdsági osztály

<sup>2)</sup> A Model Code 2010 5. fejezete szerint.

**8.2. táblázat:** Könnyűbetonok nyomószilárdsági osztálya



Nyomószilárdsági osztály		Hengerszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke $f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Kockaszilárdság előírt jellemző (karakterisztikus) értéke $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
LC8/9		8	9
LC12/13		12	13
LC16/18		16	18
LC20/22		20	22
LC25/28		25	28
LC30/33		30	33
LC35/38		35	38
LC40/44		40	44
LC45/50		45	50
LC50/55		50	55
Nagy-szilárdságú	LC55/60	55	60
	LC60/66	60	66
	LC70/77	70	77
	LC80/88	80	88

A beruházónak, a vevőnek jogában áll a nyomószilárdsági osztályon kívül a szerkezetbe beépítésre kerülő beton nyomószilárdsági osztálya teljesülésének biztonsági szintjét is előírni, amely a beton nyomószilárdsági osztály meghatározásában – például az AC<sub>50</sub>(H) nyomószilárdság-kísérőjellel kifejezve – jelenik meg, és az átadás-átvétel feltételét is képezi. A nyomószilárdsági osztály teljesülésének biztonsági szintjét az építmény megvalósításával kapcsolatos szerződésekben rögzíteni kell.

A felek megállapodhatnak az MSZ EN 206:2013+A1:2017 európai, illetve MSZ 4798:2016 nemzeti szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályoktól eltérő nyomószilárdsági követelmények alkalmazásában is.

**Összegezte:** Az MSZ 4798:2016 és az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a szokványos (közönséges, normál) beton nyomószilárdsági osztályának betűjele *C*, a könnyűbetoné *LC*. A betűjel után törtvonallal elválasztva a szabványos, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú Ø150×300 mm méretű próbahengereken és 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározandó nyomószilárdság előírt jellemző értéke áll N/mm<sup>2</sup> mértékegységben.

Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798:2016 szabvány *P* melléklete szerint 50%-os elfogadási valószínűség mellett értékelik, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az erre utaló AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet.



## 8.2. MÉRTÉKADÓ NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY MEGHATÁROZÁSA

Az erőtani számításból adódó szükséges nyomószilárdsági osztály nem feltétlenül esik egybe a környezeti feltételek szerint szükséges nyomószilárdsági osztállyal.

Szokványos (közönséges, normál) betonok esetén az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály (8.1. táblázat) és a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály (10.1. táblázat) közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Ennek értelmében, ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály nagyobb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor természetesen az erőtani számítás eredménye alapján megállapított nyomószilárdsági osztály a mértékadó.

Ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban előírt, szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor a mértékadó nyomószilárdsági osztály kiválasztása tekintetében két eset lehetséges:

- ha az adott építmény esetén felelősséggel nem bizonyított, hogy az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok társításából (e könyv 10.2. fejezete) adódó nyomószilárdsági osztályt *kell* mértékadónak tekinteni. Erre az esetre vonatkozik az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.1. táblázata alatti, a beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagértéke ( $f_{ctm}$ ) számítására vonatkozó megjegyzés: „A beton összetétele befolyásolja mind a vasalás védelmét, mind a beton környezeti hatásokkal szembeni ellenállását. Az E melléklet a különböző környezeti osztályokhoz előírányzott betonszilárdsági osztályokat tartalmazza. Ez az erőtani tervezéshez szükségesnél nagyobb szilárdsági osztályok alkalmazásához vezethet. Ilyen esetekben a minimális acélmennyiség számításakor és a repedéstágasság vizsgálatokor a nagyobb szilárdsághoz tartozó  $f_{ctm}$  értéket kell figyelembe venni.”;
- ha az adott építmény esetén felelősséggel és írásban bizonyítják, hogy az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak – a tervezési élettartam alatt – ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztályt *lehet* mértékadónak tekinteni.

Annak, hogy a beton erőtani számítással meghatározott szükséges nyomószilárdsági osztálya kisebb, mint a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok társításából adódó nyomószilárdsági osztály, és írásban bizonyítják, hogy az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezett használati élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez, jellegzetes példáját adhatja a CEM III jelű kohósalakciment (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazása.

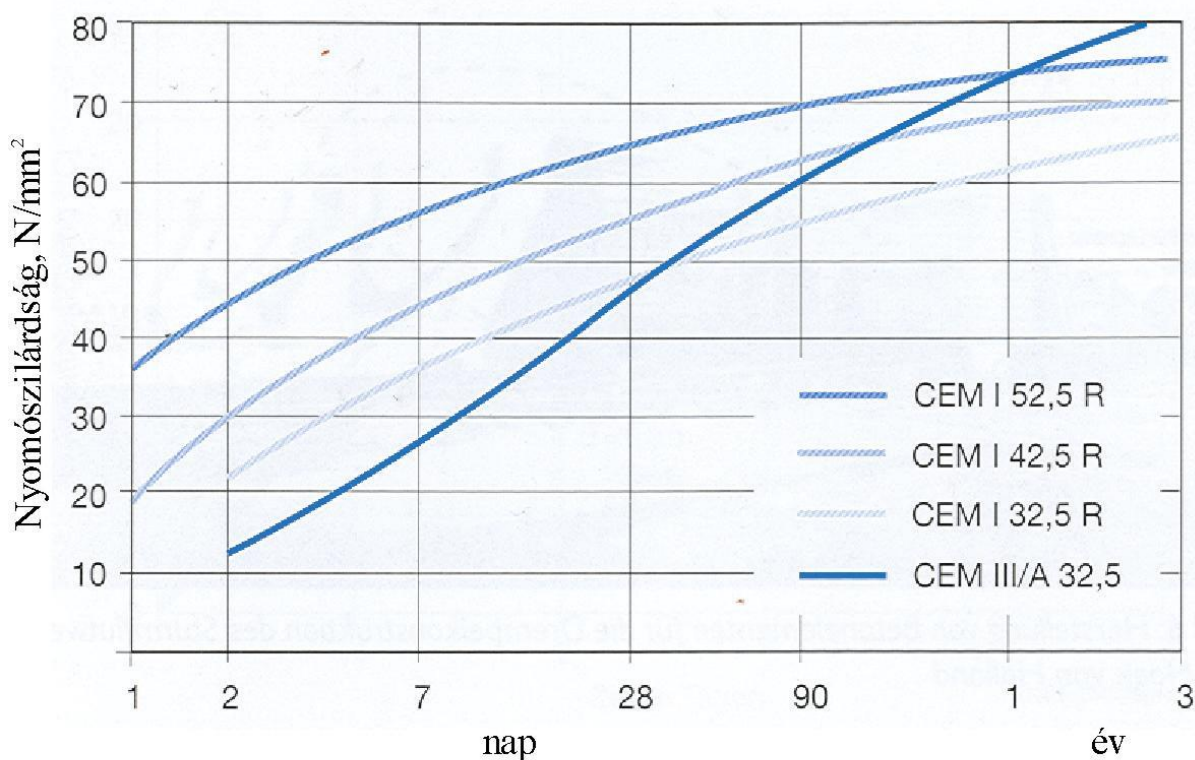
A portlandcementeknél lassabban szilárduló, de jelentős utószilárdulású CEM III/A kohósalakciment nyomószilárdsága 28 napos korban elmarad a CEM I fajtájú portlandcementek nyomószilárdságától, de egyéves korban az utóbbiakét általában már meg is haladja (8.1. ábra).

Ezért feltételezhető, hogy a CEM III kohósalakcimenttel gondosan készített és utókezelt beton nyomószilárdsági osztálya négy-öt hónapos korra eléri a 28 napos korú betonnak a környezeti

feltételek alapján – a környezeti osztályok társításából adódó – szükséges nyomószilárdsági osztályát.

Nem kizárt tehát, hogy bizonyítható: CEM III kohósalakcement alkalmazása esetén az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges – a környezeti osztály nyomószilárdsági követelményénél kisebb –, 28 napos korra vonatkozó nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezett használati élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez.

Bármiképpen történik is a mértékadó nyomószilárdsági osztály meghatározása, a meghatározott mértékadó nyomószilárdsági osztályhoz betontechnológiailag tartozó víz-cement tényezőt, cementtartalmat, adott esetben cementfajta, valamint a friss beton megengedett vagy megkövetelt levegőtartalmát, illetve az ebből adódó megkövetelt friss beton testsűrűséget kell a betongyártáshoz követelményként elfogadni, illetve előírni. Ezek a betontechnológiailag elfogadott és előírt értékek (víz-cement tényező, cementtartalom, cementfajta, a friss beton levegőtartalma) elégségek ki a vonatkozó környezeti osztályok követelményeit is.



Szabványos cementhabarcs próbatestek kora

### 8.1. ábra: Cementek szilárdulási folyamata (Rendchen 2002)

A környezeti feltételek nyomószilárdsági osztályának teljesülési idejétől függetlenül az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges, szabványos nyomószilárdsági osztály mindig a beton 28 napos korára vonatkozik, és akkor kell teljesülnie. Ez alól ritka kivételt képezhet, ha a tervező a szükséges a cementfajta (például CEM III/A) megjelölésével – például tömegbeton esetén – az erőtani követelményt nem 28 napos, hanem későbbi korra (például 90 nap) vonatkoztatja.

Fentieket már az építmény megvalósítási szerződésében, illetve annak mellékletében rögzíteni szükséges.

Említésre méltó az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 4.2. szakaszában lévő megjegyzés is, amely szerint a beton összetétele befolyásolja mind a vasalás védelmét, mind a beton környezeti hatásokkal szembeni ellenállását. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2

szabvány E mellékletében lévő E1.N táblázat a különböző környezeti osztályokhoz előírányzott betonszilárdsági osztályokat tartalmazza, lényegében az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány F1. táblázatával azonos módon.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1. fejezetének (1) bekezdése szerint az acélszerelés (vasalás) korrózióval és a beton károsító hatásokkal szembeni védeleméhez szükséges megfelelő tartósságú beton készítéséhez alkalmazott beton összetételéhez nagyobb nyomószilárdsági osztályhoz tartozhat, mint amely erőtani tervezés alapján szükséges.<sup>104</sup> Ilyen esetekben

a minimális acélmennyiség számításakor és a repedéstágasság vizsgálatokor a magasabb szilárdsághoz tartozó  $f_{ctm}$  értéket (a beton tengelyirányú húzószilárdságának átlagos értékét) kell figyelembe venni. A beton  $f_{ct}$  tengelyirányú húzószilárdságának és  $f_{ct,sp}$  hasítóhúzószilárdságának közelítő összefüggése az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 3.1.2. szakaszának (8) bekezdése szerint:  $f_{ct} = 0,9 \times f_{ct,sp}$ .

A Model Code 2010 szerint:

$$f_{ctm} = \alpha_{sp} \times f_{ctm,sp} = f_{ctm,sp} \quad \text{N/mm}^2, \quad \text{mert } \alpha_{sp} = 1,0$$

$$f_{ctk,min} = 0,7 \times f_{ctm} \quad \text{és} \quad f_{ctk,max} = 1,3 \times f_{ctm} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\leq \text{C50 nyomószilárdsági osztály esetén: } f_{ctm} = 0,3 \times (f_{ck})^{2/3} \quad \text{N/mm}^2$$

$$> \text{C50 nyomószilárdsági osztály esetén: } f_{ctm} = 2,12 \times \ln(1 + 0,1 \times (f_{ck} + 8)) \quad \text{N/mm}^2$$

**Összegezve:** Az erőtani számításból adódó szükséges nyomószilárdsági osztály nem feltétlenül esik egybe a környezeti feltételek szerint szükséges nyomószilárdsági osztállyal, amely esetben általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Ha a környezeti feltételek alapján szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor természetesen az utóbbi a mértékadó.

Ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek alapján szükséges nyomószilárdsági osztály, akkor abban az esetben, ha az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez nem elegendő, a környezeti feltételek alapján a környezeti osztályok szerint szükséges nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni; abban az esetben pedig, ha az erőtani számítással megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztályt lehet mértékadónak tekinteni.

<sup>104</sup> Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány e kitételével kapcsolatban figyelmeztetni kell arra, hogy a beton összetételéhez tartozó átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdsági osztályt kijelölő nyomószilárdsági jellemző értéket az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány alapján határozzák meg, mely szerint a nyomószilárdság átlagértéke ( $f_{cm}$ ) és jellemző értéke ( $f_{ck}$ ) közötti kapcsolatot alapesetben az  $f_{ck} = f_{cm} - 4$  N/mm<sup>2</sup> összefüggés fejezi ki, míg az erőtani tervezés alapját képező MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerint a nyomószilárdság jellemző értékét az  $f_{ck} = f_{cm} - 8$  N/mm<sup>2</sup> összefüggéssel kell meghatározni.



**8.3. KÜLÖNBÖZŐ KOROK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAINAK MEGFELELTETÉSE**

A beton legfontosabb és jól ellenőrizhető tulajdonsága általában a nyomószilárdság, és a beton szilárdság szerinti besorolása szempontjából a nyomószilárdsági osztály.

A nyomószilárdság alkalmazása a beton minősítésére azért sem kerülhető meg, mert nélküle a tartószerkezet teherbírása MSZ EN 1990:2011 szabvány 6.4.2. szakasza szerinti követelményének ( $E_d \leq R_d$ ) – nevezetesen, hogy a teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ) az igénybevétel tervezési értékénél ( $E_d$ ) nagyobb vagy azzal legfeljebb egyenlő kell legyen – a teljesülése nem igazolható, mert az igénybevétel tervezési értéke ( $E_d$ ) teher (terhelés) jellegű mennyiség, amely a betonban nyomófeszültséget ( $\sigma_{cu}$ ) ébreszt, feszültség pedig csak feszültség jellegű mennyiséggel, esetünkben a nyomószilárdság tervezési értékével ( $f_{cd}$ ) állítható párhuzamba ( $f_{cd} \geq \sigma_{cu}$ ). Ennek a feltételnek a teljesülésével teljesül az a követelmény, hogy a beton a nyomó igénybevételnek ellen tudjon állni, azaz, hogy a beton nyomószilárdsági osztályához tartozó előírt jellemző érték ( $f_{ck,cyl}$ ) a nyomófeszültség értékéből ( $\sigma_{cu}$ ) számított megengedett legkisebb jellemző értéknél ( $f_{ck,cyl,min}$ ) nagyobb, vagy azzal legalább azonos értékű legyen ( $f_{ck,cyl} \geq f_{ck,cyl,min}$ ), mint az a 4.3. ábrán látszik.

Mind a beton nyomószilárdságának követelménye és vizsgálata, mind a nyomószilárdsági osztály értelmezése a kezdetektől máig sokat változott.

Például az 1926. évi magyar Építésügyi Szabályzat függeléke IV. 1. B) fejezetének V. szakasza úgy rendelkezett, hogy „hajlított vasbeton gerendákban a betonban nyomásra  $50 \text{ kg/cm}^2$ , lemezeknél  $45 \text{ kg/cm}^2$  lehet az igénybevétel. Oszlopokban, ha az excentrikus terhelésből származó feszültség ki van számítva,  $50 \text{ kg/cm}^2$ , centrikus nyomásra számítható oszlopoknál  $40 \text{ kg/cm}^2$  lehet a beton nyomóigénybevétele.” A beton oszlopokban a betonra megengedhető fenti igénybevételt, ha a karcsúság (oszlopmagasság osztva a kisebbik keresztmetszeti mérettel)  $> 15$  és  $\leq 20$  közé esett, akkor 0,8-del, ha  $> 20$  és  $\leq 25$  közé esett 0,6-del szorozták.

Az egykori Építésügyi Szabályzat így folytatta: „A vasbetonhoz használandó beton olyan legyen, hogy a belőle vasformában készített 20 cm élhosszúságú próbakockák szilárdsága 6 hetes korokban  $160 \text{ kg/cm}^2$  legyen. Kivételesen sürgős esetekben a 4 hetes próba is elegendő. Ily korában a betonnak szilárdsága  $140 \text{ kg/cm}^2$  legyen, a szilárdságot úgy értelmezve, hogy négy darab kocka közül háromnak ezt a szilárdságot el kell érnie.”

A biztonsági tényezővel kapcsolatban például Pécsi Eszter<sup>105</sup> 1947-ben egyebek mellett így írt: „A biztonsági tényezőnek, vagyis a biztonság mértékének megállapítását időszerűvé teszi az építési anyagoknak, nevezetesen a betonnak és a vasnak újabban elérhető nagyobb szilárdsága. A nagyszilárdságú cement és a megfelelően válogatott adalékanyag, a betonnak vibrátorral

<sup>105</sup> Pécsi Eszter, Fischer Józsefné (1898, Kecskemét – 1975, New York) okl. mérnök, statikus. Mérnöki oklevelet a Kir. József Műegyetem mérnöki szakosztályán – első nőként – 1920-ban szerzett. Eleinte a Guth és Gergely irodában kezdett dolgozni, majd hamarosan saját irodát nyitott. A Budapesti Mérnöki Kamarának 1931-ben lett a tagja. Pécsi Eszter készítette a margitszigeti fedett uszoda, a Fiumei úti baleseti kórház – amely Budapest első vasszerkezetű magasháza volt – a Kútvölgyi úti kórház és sok modern magánvilla, lakóépület, irodaház stb. szerkezeti tervét. 1949-ben a KGMTI (Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Intézete) munkatársa, majd később statikus főmérnöke lett. 1957-ben elhagyta az országot és Bécsben elkészítette a Neue Markt-on, az Operaház mellett épült első belvárosi többemeletes parkolóháznak a statikai tervét. 1958-tól New Yorkban élt, az első vasbetonvázás felhőkarcolónak, a Hotel Americanak volt a statikus tervezője. Különleges alapozási módszert fejlesztett ki a Hudson folyó partján épülő toronyházakhoz. Tervei háromszor is megkapták „Az év legjobb statikai terve” díjat New York városától. Férje, Fischer József neves építészmérnök volt.

(<http://www.hajosalfred.hu/hun/news.php?id=137>),

([http://jelesnapok.oszk.hu/prod/unnep/pecsi\\_eszter](http://jelesnapok.oszk.hu/prod/unnep/pecsi_eszter)),

(<http://epiteszforum.hu/node/16265>)

történő bedolgozása lehetővé tette, hogy a beton kockaszilárdságát  $500 \text{ kg/cm}^2$ -ig, sőt bizonyos esetekben  $1000 \text{ kg/cm}^2$ -ig fokozzuk. A betonnyomásra a megengedett igénybevétel fokozása mintegy  $100 \text{ kg/cm}^2$ -ig a beton minőségének javulásával mind gazdasági, mind műszaki szempontból kívánatos, amennyiben a betonszilárdság fokozásának előfeltételeit betartják.... A beton szilárdságára a legkülönbözőbb tényezőknek van befolyása, amelynél a beton alkatrészeinek anyagi minősége éppen olyan fontossággal bír, mint a készítés módja és a kész beton utókezelése. Eppen ezért az eltérés a kísérletileg kimutatott kockaszilárdság és az épület szerkezetében előforduló beton szilárdsága között a gyakorlatban még a leglelkiismeretesebb munkamenetnél is nagy, indokolt lenne a biztonság fokát legalább háromszorosnak megállapítani.” (Pécsi 1947)

Ha az egykori  $4\text{-}5 \text{ N/mm}^2$  értékű megengedett beton határfeszültségeket a mai – például C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonhoz tartozó –, a tartós szilárdságot is figyelembe vevő  $f_{cd} = 28 \text{ N/mm}^2$  tervezési értékkel, vagy az egykori, nagyjából küszöb értéknek tekinthető  $14,0 \text{ N/mm}^2$  követelményt a mai  $f_{ck,cube} = 60 \text{ N/mm}^2$  jellemző értékkel összevetjük, egyértelmű a végbement fejlődés.

A beton régi és mai szilárdsági előírásainak összevetése során azonban rögtön felvetődik a kérdés, hogy az adott számértékek minden további meggondolás nélkül összehasonlíthatók-e, ugyanazon feltétel rendszerben értelmezendők-e. A válasz kézen fekvő: nem, hiszen a méretezés módja, a biztonság fogalma, a vizsgálati módszer, a jellemző érték számításának módja, tehát a számértékek mögött álló feltételek az idők folyamán többszörös változáson mentek keresztül.

Tekintsük át ezeket a változásokat a magyar és európai szabványok, valamint néhány hazai szabályzat alapján 1949-től napjainkig:

#### *Feltételek 1949-1951 között*

(1941. évi Építésügyi szabályzat, MNOSZ 934:1949)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni,  $\text{kp/cm}^2$ -ben**. Példa a beton jelére: B 280.

#### *Feltételek 1951-1971 között*

(MNOSZ 934:1951, MNOSZ 15022:1951 Á, MNOSZ 15022:1952, MNOSZ 15022 Mt:1955, 1956. évi Közúti Hídszabályzat, MSZ 4715:1955 K:1959, MSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961, MSZ 4719:1958, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1961 K:1964, MSZ 15022-1:1961 K:1967, MSZ 15022-1:1961)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni,  $\text{kp/cm}^2$ -ben**. Példa a beton jelére: B 280.

A **biztonsági tényező** értéke, érteve alatta a kockaszilárdság átlagértékének és a határfeszültségnek a hányadosát ( $R_{m,200,vegyes}/\sigma_{bH}$ ), a kockaszilárdság függvényében változott, például B 140 betonminőség esetén 2,00; B 400 betonminőség esetén 2,35 volt. A biztonsági tényező az 1956. évi *Közúti Hídszabályzat* szerint helyszínen készült vasbeton szerkezetek esetén, ha a beton minősége B 200, akkor 2,20, ha B 400, akkor 2,85; helyszínen készült feszített vasbeton szerkezetek esetén, ha a beton minősége B 280, akkor 2,45, ha B 560, akkor 3,10 volt.

#### *Feltételek 1971-1977 között*

(MSZ 4715:1961, MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1958, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **átlagértékével** kellett **minősíteni** és **jelölni,  $\text{kp/cm}^2$ -ben**. Példa a beton jelére: B 280.



A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 2,28%, az **alulmaradási tényező** értéke: 2,0. Az alulmaradási tényező értéke a  $K_{\text{átlag}} = K_{\text{küszöb}} / (1 - 2 \times s / K_{\text{átlag}}) \rightarrow K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{küszöb}}$  összefüggésből adódik.

A **biztonsági tényező** értéke  $R_{m,200,vegyes} / \sigma_{bH} = 2,0$  volt.

*Feltételek 1977-1980 között*

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720:1961, MSZ 15022-1:1971)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. Ebben az időszakban a 28 napos korú betont már a nyomószilárdság **jellemző** értékével kellett **minősíteni**, de a beton **jelében** még a nyomószilárdság **átlagértékét** kellett szerepeltetni, **kp/cm<sup>2</sup>**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A beton **jellemző** értékét az  $R_{k,200,vegyes} = 0,7 \times R_{m,200,vegyes}$  összefüggéssel határozták meg.

A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 2,28%, az **alulmaradási tényező** értéke: 2,0. Az alulmaradási tényező értéke a  $K_{\text{átlag}} = K_{\text{küszöb}} / (1 - 2 \times s / K_{\text{átlag}}) \rightarrow K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{küszöb}}$  összefüggésből adódik.

A **biztonsági tényező** értéke  $R_{m,200,vegyes} / \sigma_{bH} = 2,0$  volt. Feltételezték, hogy a **relatív szórás** (variációs tényező) értéke  $s_{rel} = 15\%$ , tehát  $s = 0,15 \times K_{\text{átlag}}$ , és ebből  $K_{\text{küszöb}} = K_{\text{átlag}} - 2 \times s = K_{\text{átlag}} - 0,3 \times K_{\text{átlag}} = 0,7 \times K_{\text{átlag}}$ , illetve a fenti jelöléssel a jellemző érték:  $R_{k,200,vegyes} = 0,7 \times R_{m,200,vegyes}$

*Feltételek 1980-1982 között*

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1980)

A próbatestek **200 mm** méretű kockák voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A betont 28 napos korában a nyomószilárdság **jellemző** értékével kellett **minősíteni**, de a beton **jelében** még a nyomószilárdság **átlagértékét** kellett szerepeltetni, **kp/cm<sup>2</sup>**-ben. Példa a beton jelére: B 280.

A beton **jellemző** értékét az  $R_{k,200,vegyes} = 0,75 \times R_{m,200,vegyes}$  összefüggéssel határozták meg.

A **relatív szórás** (variációs tényező) az 1,645 értékű alulmaradási tényezővel számolva, a  $0,75 \times R_{m,200,vegyes} = R_{m,200,vegyes} - 1,645 \times s$  összefüggésből  $\rightarrow s_{rel} = 15\%$ . A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke,  $t_{>40} = 1,645$ .

A **biztonsági tényező** értéke  $R_{m,200,vegyes} / \sigma_{bH} = 2,0$  volt.

*Feltételek 1982-1986 között*

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1971 M:1982)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm élhosszúságú kockák** voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A 28 napos korú beton nyomószilárdságát a **vegyesen** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek nyomószilárdságának **jellemző** értékével kellett **minősíteni** és **jelölni**, **N/mm<sup>2</sup>**-ben. Példa a beton jelére: C 25.

A beton **jellemző** értékét az  $R_{k,vegyes} = R_{m,vegyes} - k \times t \times s$  összefüggéssel kellett meghatározni.

A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke,  $t_{>40} = 1,645$ , a **relatív szórás** (variációs tényező) 15%.

A **biztonsági tényező** értéke, értve alatta a hengerszilárdság küszöb értékének (jellemző érték) és a határfeszültségnek a hányadosát ( $R_{k,cyl,vegyes} / \sigma_{bH}$ ), a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöb értékének) függvényében változott, például C 20 nyomószilárdsági osztály esetén 1,25; C 55 nyomószilárdsági osztály esetén 1,45 volt.

Az MSZ 4719:1982 szabvány 3. táblázatában a szabványos próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értékéhez ( $R_{k,cyl,vegyes}$ ) hozzárendelték a szabványos próbakockák nyomószilárdságának jellemző értékét ( $R_{k,cube,vegyes}$ ), de a  $R_{k,cyl,vegyes} = 30 \text{ N/mm}^2$  értéktől felfelé a szabvány szerinti  $5 \text{ N/mm}^2$  értékű eltérések hibás kapcsolatra vezettek (például az  $R_{k,cyl,vegyes} = 30 \text{ N/mm}^2$  értékhez nem a szabványban szereplő  $R_{k,cube,vegyes} = 35 \text{ N/mm}^2$  érték, hanem helyesen az  $R_{k,cube,vegyes} = 37 \text{ N/mm}^2$  érték tartozik stb.).

*Feltételek 1986-2002 között*

(MSZ 4715-4:1972, MSZ 4715-4:1987, MSZ 4719:1982, MSZ 4720-2:1980, MSZ 15022-1:1986)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm élhosszúságú kockák** voltak, amelyeket **vegyesen** tároltak. A beton nyomószilárdságát 28 napos korban a **vegyesen** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek nyomószilárdságának **jellemző** értékével kellett **minősíteni** és **jelölni**, N/mm<sup>2</sup>-ben. Példa a beton jelére: C 25.

A beton **jellemző** értékét az  $R_{k,vegyes} = R_{m,vegyes} - k \times t \times s$  összefüggéssel kellett meghatározni. A meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, az **alulmaradási tényező** értéke,  $t_{>40} = 1,645$ , a **relatív szórás** (variációs tényező) 15%.

A **biztonsági tényező** értéke ( $R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{bH}$ ) a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöb értékének) függvényében változott, például C 20 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C 55 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

*Feltételek 2002-2004 között*

(MSZ 15022-1:1986, MSZ EN 206-1:2002, MSZ ENV 1992-1-1:1999, MSZ EN 12390-2:2002, MSZ EN 12390-3:2002)

A próbatestek **Ø150×300 mm** méretű hengerek és **150 mm élhosszúságú kockák** voltak, amelyeket kizsaluzás után végig **víz alatt** tároltak. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban a végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal elválasztott értékével kell **jelölni**, N/mm<sup>2</sup>-ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár ne hallgassuk el, hogy az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az MSZ ENV 1992-1-1:1999 (Eurocode 2) méretezési szabványtervezet szerint:  $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8$ ; a betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerint kezdeti gyártás esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - 4$  ( $\geq$  C55/67 osztály esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - 5$ ); folyamatos gyártás esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - \lambda \times s$ , (ha  $n = 15$ , akkor az **alulmaradási tényező** értéke  $\lambda_{15} = 1,48$ ), míg az MSZ EN 1990:2003 méretezési szabvány szerint  $f_{ck} = f_{cm} - t \times s$ , (ha  $n = \infty$ , akkor  $t_{n=\infty} = 1,64$ ). Az európai méretezési szabvány (Eurocode) szerint a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 50%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%, míg az európai betonszabvány szerint (MSZ EN 206-1:2002) a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 70%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%.

A **biztonsági tényező** értéke ( $R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{bH}$ ) a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöb értékének) függvényében változott, például C25/30 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

*Feltételek 2004-2010 között*

(MSZ 4798-1:2004, MSZ 15022-1:1986, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 1990:2005, MSZ EN 1992-1-1:2005, MSZ EN 12390-2:2002, MSZ EN 12390-3:2002)

A szabványos **Ø150×300 mm** méretű hengereket és **150 mm élhosszúságú kockákat** az európai szabványoknak megfelelően kizsaluzás után végig **víz alatt** kell tárolni, de az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási szabványa (MSZ 4798-1:2004) szerint a **vegyes tárolás is** megengedett. Az víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2002 és az azt felváltó MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3. szakasza is megengedi, azzal a megjegyzéssel, hogy az eltérő tárolás mellett meghatározott nyomószilárdságot át szabad számítani a víz alatti tároláshoz tartozó nyomószilárdságra. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban, kizsaluzás után végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal

elválasztott értékével kell **jelölni**,  $\text{N/mm}^2$ -ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, ugyanúgy, ahogy az előző időszakban, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár megjegyzendő, hogy az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az MSZ EN 1990:2005 (Eurocode) méretezési szabvány D7.2. szakasza a szilárdság jellemző tervezési értékének ( $X_d$ ) meghatározására az  $X_d = (\eta_d/\gamma_m) \times (m_x - k_n \times s_x)$  statisztikai összefüggést ajánlja (jelöléseket lásd e könyv 1.3. fejezetében), amely összefüggésben szereplő  $k_n$  alulmaradási tényező értéke, ha a relatív szórás ( $V_x = s_x/m_x$  variációs tényező) előzetesen nem ismert, viszonylag közel áll az általunk korábban alkalmazott *Student*-tényezőhöz, és értéke  $n = \infty$  esetén  $k_n = 1,64$ . Az MSZ EN 1992-1-1:2005 (Eurocode 2) szabvány szerint:  $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8$ . Az európai betonszabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerint kezdeti gyártás esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - 4$  ( $\geq C55/67$  osztály esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - 5$ ); folyamatos gyártás esetén:  $f_{ck} = f_{cm} - \lambda \times s$ , (ha  $n = 15$ , akkor az **alulmaradási tényező** értéke  $\lambda_{15} = 1,48$ ), és a meg nem felelő tétel **elfogadási valószínűsége**: 70%, az **alulmaradási hányad**: 5,0%.

A **biztonsági tényező** értéke ( $R_{k,cyl,vegyes}/\sigma_{bH}$ ), a nyomószilárdsági osztály (azaz a hengerszilárdság küszöb értékének) függvényében változott, például C25/30 nyomószilárdsági osztály esetén 1,38; C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén 1,58 volt.

#### *Feltételek 2010 óta*

(MSZ 4798-1:2004, MSZ 4798:2016, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ EN 1990:2011, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 12390-2:2009, MSZ EN 12390-3:2009)

A szabványos **Ø150×300 mm** méretű hengereket és **150 mm élhosszúságú kockákat** az európai szabványoknak megfelelően kizsaluzás után végig **víz alatt** kell tárolni, de a magyar nemzeti alkalmazási feltételek szabványa (MSZ 4798-1:2004, MSZ 4798:2016) szerint a **vegyes tárolás is** megengedett. Az víz alatti tárolástól való eltérést az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány 5.5.3 szakasza is megengedi. Az európai szabványoknak megfelelően a beton nyomószilárdságát 28 napos korban, kizsaluzás után végig **víz alatt** tárolt **Ø150×300 mm** méretű hengerek, illetve **150 mm élhosszúságú kockák** nyomószilárdságának jellemző értékével kell **minősíteni**, és ezek tört vonallal elválasztott értékével kell **jelölni**,  $\text{N/mm}^2$ -ben. Példa a beton jelére: C20/25.

Az európai szabványokban a beton nyomószilárdsága **jellemző** értékének és átlagértékének kapcsolatát többféle, egymástól különböző módon fejezik ki, ugyanúgy, ahogy az előző időszakban, annak ellenére, hogy az Eurocode-ok előszavában kimondják, hogy az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak és az építményekre vonatkozó műszaki előírásoknak összhangban kell lenniük (bár megjegyzendő, hogy az MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabvány nem harmonizált szabvány). Az **elfogadási valószínűség**, az **alulmaradási hányad** és az **alulmaradási tényező** európai szabványokbeli értékeiben az előző időszakhoz képest változás nem történt.

Változást az MSZ 4798:2016 nemzeti betonszabvány hozott, amelynek P melléklete szerint lehetőség nyílt a nyomószilárdság közel 50% elfogadási valószínűség melletti értékelésére, és ezzel a beton nyomószilárdsága értékelésének az Eurocode szabványokhoz közelítésére, elsősorban a folyamatos gyártás alatt, amelynek idején a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a  $t_n$  *Student*-féle **alulmaradási tényező** alkalmazásával kell igazolni, de valamelyest az átadás-átvételi eljárásban is, amelyben az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványbelihez képest mintegy másfélszeres **alulmaradási tágassággal** kell számolni. Ennek a lehetőségnek az alkalmazása során a beton MSZ 4798:2016 szabvány szerinti

nyomószilárdsági osztályának jele után fel kell tüntetni az 50%-os elfogadási valószínűségre utaló AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet, például: C25/30 – AC<sub>50</sub>(H).

Az európai méretezési szabvány (MSZ EN 1992-1-1:2010) szerint a **biztonsági tényező** értéke, értve alatta a hengerszilárdság küszöb értékének (jellemző érték, karakterisztikus érték) és a nyomószilárdság tervezési értékének a hányadosát ( $f_{ck,cyl,víz\ alatt}/f_{cd}$ ), a tartós szilárdság figyelembevétele nélkül általában 1,5; a tartós szilárdság figyelembevételével általában 1,77.

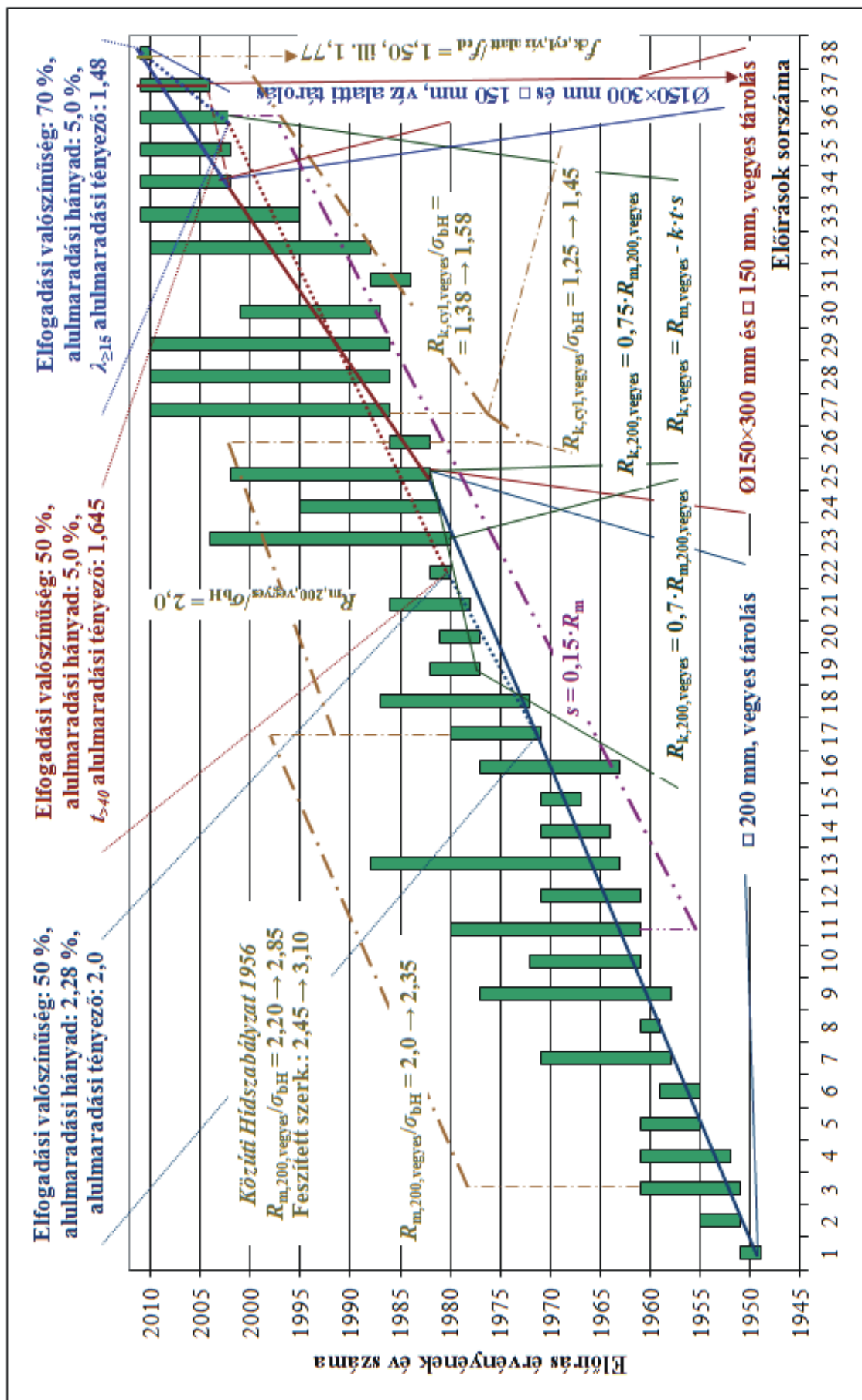
Az 1950-es éveket követően érvényben volt beton szabványok és előírások főbb változásait a 8.2. ábrán grafikus formában foglaltuk össze. A hisztogramok a szabványok érvényének időtartamát mutatják. A 8.2. ábra vízszintes tengelyén lévő sorszámokhoz a következő szabványok, műszaki előírások tartoznak:



- 19 MSZ 4719:1977 „A betonok fajtái, jelölésük és minőségi követelményeik”  
Előző szabvány: MSZ 4719:1958                      Következő szabvány: MSZ 4719:1982
- 20 ÉSZKMI 19:1977 „Beton és vasbeton készítése” Műszaki irányelv. Építésügyi Szabványosítási Központ. Építésügyi Tájékoztató Központ, 1977.  
1. számú kiegészítés: ÉSZKMI 19:1977 K (1977) II. rész. „Tömeges felhasználású különleges betonok” megjelent: 1978.  
Előző műszaki előírás: ME-19:1963                      Következő műszaki irányelv: MI-04.19:1981
- 21 MSZ KGST 1406:1978 „Beton és vasbetonszerkezetek tervezési alapelvei”  
Nem érvénytelenít egyetlen szabványt sem.      Következő szabvány: MSZ 15022-1:1986  
Jóváhagyás időpontja: 1981. február 13.      Hatálybalépés időpontja: 1983. január 1.
- 22 MSZ 15022-1:1971 M (1980) „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbetonszerkezet”  
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971      Következő szabvány: MSZ 15022-1:1971 M (1982)
- 23 MSZ 4720-2:1980 „A beton minőségének ellenőrzése. Általános tulajdonságok ellenőrzése”  
Előző szabvány: MSZ 4720:1961  
Következő szabvány: MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004
- 24 MI-04.19:1981 „Beton és vasbeton készítése” építésügyi ágazati műszaki irányelv. Építésügyi Szabványosítási Központ. Építésügyi Tájékoztató Központ, 1981.  
1. számú módosító kiegészítés: MI-04.19:1981 M (1983), megjelent: 1984.  
Előző műszaki irányelv: ÉSZKMI 19:1977  
Következő műszaki előírás: MÉASZ ME-04.19:1995
- 25 MSZ 4719:1982 „Betonok”  
Előző szabvány: MSZ 4719:1977  
Következő szabvány: MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004  
(Az MSZ 4719:1982 szabvány 1985 februárjában kelt, a módosításokat is tartalmazó 3. kiadása szerint az érvénybe lépés időpontja: 1983. január 1., de az F2. függelék szerint az új nyomószilárdsági minősítési értékek tekintetében 1984. január 1.)
- 26 MSZ 15022-1:1971 M (1982) „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbetonszerkezet”  
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971 M (1980)      Következő szabvány: MSZ 15022-1:1986
- 27 MSZ 15022-1:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek”  
Előző szabvány: MSZ 15022-1:1971, MSZ 15022-1:1971 M (1982), MSZ KGST 1406:1978  
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 28 MSZ 15022-2:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Feszített vasbeton szerkezetek”  
Előző szabvány: MSZ 15022-2:1972  
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 29 MSZ 15022-3:1986 „Épületek teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Betonszerkezetek”  
Előző szabvány: MSZ 15022-3:1972  
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005, és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010

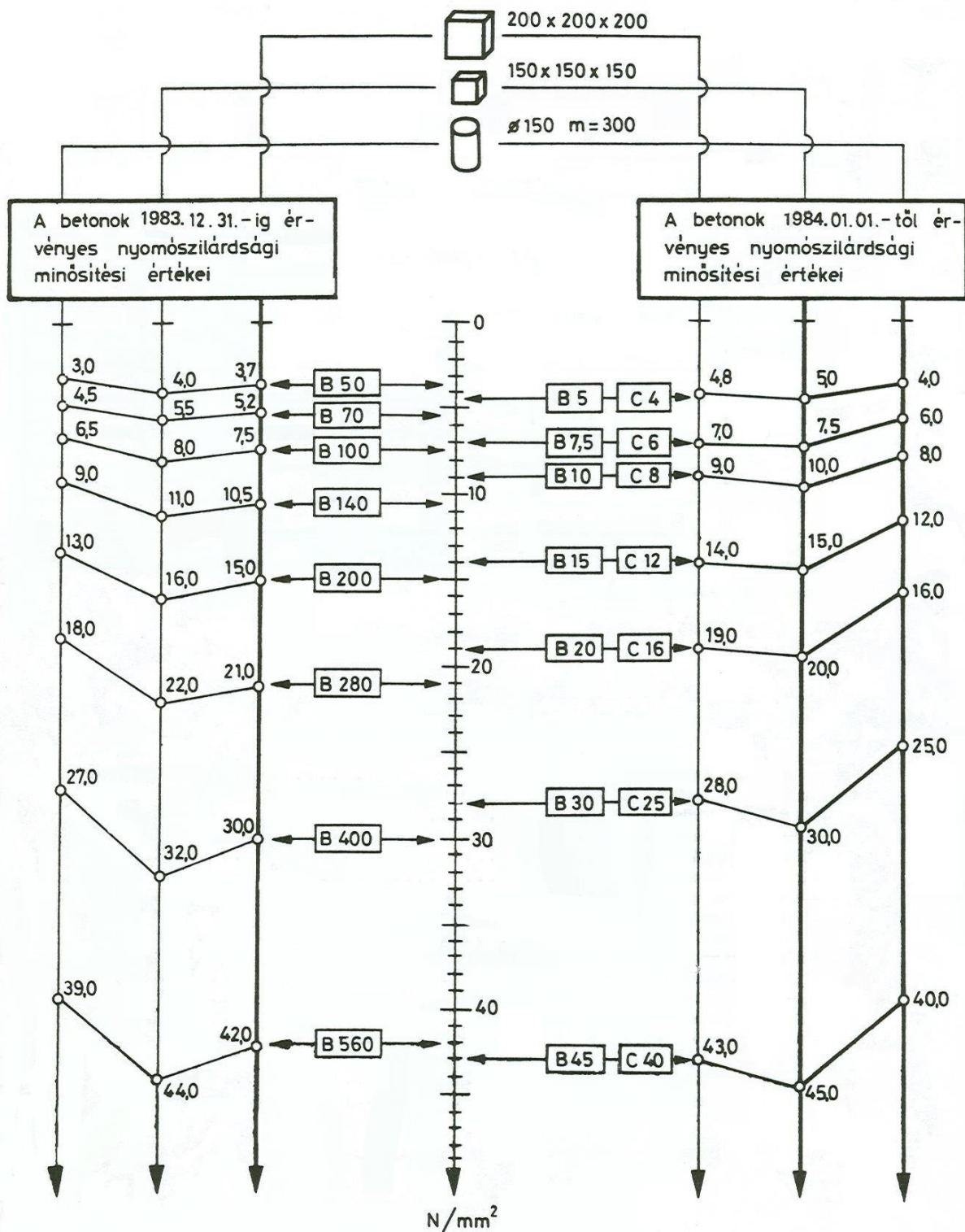
- 30 MSZ 4715-4:1987 „Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata”  
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1972    Következő szabvány: MSZ EN 12390-2 és -3:2002
- 31 MSZ 15227:1980 M (1984) „Vízépítési műtárgyak vasbeton szerkezeteinek erőtani tervezése”  
Az MSZ 15227:1980 szabványhoz    Következő szabvány: MSZ 15227:1980 M (1988)
- 32 MSZ 15227:1980 M (1988) „Vízépítési műtárgyak vasbeton szerkezeteinek erőtani tervezése” Az MSZ 15227:1980 szabványhoz  
Előző szabvány: MSZ 15227:1980 M (1984)  
Következő szabvány: MSZ ENV 1992-1-1:1999, majd MSZ EN 1992-1-1:2005,  
és az utóbbi visszavonása után: MSZ EN 1992-1-1:2010
- 33 MÉASZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” Műszaki előírás  
Előző műszaki irányelv: MI-04.19:1981
- 34 MSZ EN 12390-2:2002 „A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: Szilárdságvizsgálati próbatestek készítése és tárolása”  
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1987
- 35 MSZ EN 12390-3:2002 „A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága”  
Előző szabvány: MSZ 4715-4:1987
- 36 MSZ EN 206-1:2002 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés”  
Előző szabvány: MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980  
Követő szabvány: MSZ EN 206:2013+A1:2017
- 37 MSZ 4798-1:2004 „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon”  
Előző szabvány: MSZ 4719:1982 és MSZ 4720-2:1980  
Követő szabvány: MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018
- 38 MSZ EN 1992-1-1:2010 „Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok”  
Előző szabvány: MSZ 15022-1, -2 és -3:1986, valamint MSZ ENV 1992-1-1:1999 és MSZ EN 1992-1-1:2005

Az 1983-ig érvényben volt és az 1984-ben érvénybe lépett – ma már nem érvényes – nyomószilárdsági osztályok és minősítési értékek (akkor így nevezték a jellemző értéket) összehasonlítását a visszavont MSZ 4719:1982 betonszabványban ábrával könnyítették meg (8.3. ábra).



8.2. ábra: A beton nyomószilárdsága jellemzésének változásai





**8.3. ábra:** Nyomószilárdsági osztályok és minősítési értékek összehasonlító ábrája az egykori MSZ 4719:1982 szabványban

A 8.3. táblázatban az egymásnak megfelelő átlagos beton nyomószilárdságokat az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti átlagos nyomószilárdságokkal vetettük egybe a 20.1.21. és 20.1.2.6. ábra összefüggéseinek felhasználásával, amelyeket az 8.3. táblázatban is feltüntettük. Úgy gondoljuk, hogy az esetenként többféle úton is számítható egyazon adatra vonatkozó esetleges kerekítésből adódó eltérések mondandónkat nem befolyásolják.

**8.3. táblázat:** Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok szokványos (közönséges, normál), normál szilárdságú (nem nagyszilárdságú) betonok esetén, ha a viszonyítási alap az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti átlagos nyomószilárdság ( $R_{m,cube,200,H}$ )

Időszak					
1951-1982	1982-2002		2002 óta		
Mértékegység					
(kg/cm <sup>2</sup> ) N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
$R_{m,cube,200,H}$	$R_{m,cyl,H}$	$R_{m,cube,H}$	$f_{cm,cyl}$	$f_{cm,cube,H}$	$f_{cm,cube}$
Összefüggések az $R_{m,cube,200,H} \leq 20$ N/mm <sup>2</sup> esetre a 20.1.2.5. ábrából					
		$0,74 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cyl}$			
$0,80 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cyl,H}$		$0,92 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cube}$			
	$(1/0,75) \times R_{m,cyl,H} = R_{m,cube,H}$		$(1/0,81) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube}$		
$1,06 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cube,H}$			$(1/0,74) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube,H}$		
	$0,99 \times R_{m,cyl,H} = f_{cm,cyl}$			$0,92 \times f_{cm,cube,H} = f_{cm,cube}$	
$0,79 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cyl}$					
$0,98 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cube}$					
Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok, ha $R_{m,cube,200,H} \leq 20$ N/mm <sup>2</sup>					
(50) 5	4,0	5,3	4,0	5,3	4,9
(70) 7	5,6	7,4	5,5	7,5	6,9
(100) 10	8,0	10,6	7,9	10,7	9,8
(140) 14	11,2	14,9	11,1	14,9	13,7
(200) 20	16,0	21,3	15,8	21,3	19,6
Összefüggések az $R_{m,cube,200,H} > 20$ N/mm <sup>2</sup> esetre a 20.1.2.6. ábrából					
		$0,75 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cyl}$			
$0,83 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cyl,H}$		$0,92 \times R_{m,cube,H} = f_{cm,cube}$			
	$(1/0,77) \times R_{m,cyl,H} = R_{m,cube,H}$		$(1/0,81) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube}$		
$1,09 \times R_{m,cube,200,H} = R_{m,cube,H}$			$(1/0,75) \times f_{m,cyl} = f_{cm,cube,H}$		
	$0,98 \times R_{m,cyl,H} = f_{cm,cyl}$			$0,92 \times f_{cm,cube,H} = f_{cm,cube}$	
$0,81 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cyl}$					
$1,00 \times R_{m,cube,200,H} = f_{cm,cube}$					
Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságok, ha $R_{m,cube,200,H} > 20$ N/mm <sup>2</sup>					
(280) 28,0	23,2	30,4	22,7	30,4	28,0
(350) 35,0	29,1	38,0	28,4	38,0	35,0
(400) 40,0	33,2	43,5	32,4	43,5	40,0
(500) 50,0	41,5	54,3	40,5	54,3	50,0
(560) 56,0	46,5	60,9	45,4	60,9	56,0
{-} 57,3	47,6	62,3	46,4	62,3	57,3
{-} 62,3	51,7	67,7	50,5	67,7	62,3
{-} 67,3	55,9	73,1	54,5	73,1	67,3
{-} 72,3	60,0	78,6	58,6	78,6	72,3

Megjegyzések a 8.3. táblázathoz:

1) Az  $R_{m,cube,200,H}$  átlagos nyomószilárdság 200 mm élhosszúságú próbakockára, az  $R_{m,cube,H}$ ,  $f_{cm,cube,H}$  és az  $f_{cm,cube}$  átlagos nyomószilárdság 150 mm élhosszúságú próbakockára, az  $R_{m,cyl,H}$  és az  $f_{cm,cyl}$  átlagos nyomószilárdság Ø150×300 mm méretű próbahengerre vonatkozik.

2) A nyomószilárdsági jelekben a „H” index (Hungary) az MSZ 4798:2016 szabványt követve a próbatestek kizsaluzást követő vegyes tárolására (például:  $R_{m,cube,H}$  vagy  $f_{cm,cube,H}$ ), annak hiány pedig a kizsaluzást követő végig víz alatti tárolásra utal.

A 8.3. táblázat szerinti egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságokból és a szabványosítási időszakban érvényes alulmaradási tágasságokból a 8.4., illetve 8.5. táblázatban meghatároztuk egyrészt az 1982 előtt érvényes szabványok (MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977), másrészt a 2002 óta érvényes Eurocode 2 (mai változata: MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok különböző szabványosítási időszakokban értelmezett nyomószilárdsági osztályát.

A 8.4. táblázat arra a kérdésre ad választ, hogy az 1982 előtt érvényes szabványok szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok a 1982 után érvényes szabványok mely nyomószilárdsági osztályának felelnek meg. Az 1982 előtti időben nyolc nyomószilárdsági osztály volt, míg napjainkban azok száma a C55/67 jelű nyomószilárdsági osztályig tizenegy.

A 8.5. táblázatban azt mutatjuk be, hogy a 2002 óta érvényes Eurocode 2 (mai változata MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982 és MSZ 4798:2016 szabvány mely nyomószilárdsági osztályának felelnek meg.

Az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ 4719:2016 szabvány egymásnak megfelelő nyomószilárdsági osztályait a 8.4. és 8.5. ábrán vetettük össze. Az összevetés alapját a 8.4. ábrán és a belőle szerkesztett 8.6. táblázatban az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány, a 8.5. ábrán és a belőle szerkesztett 8.7. táblázatban az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi. A 8.4. és 8.5. ábra, illetve a 8.6. és a 8.7. táblázat gyakorlati alkalmazásának alapvetően két területe látszik.

Egyrészt a 8.4. ábra és 8.6. táblázat segítségével – amelyben az összevetés alapját a 1982 előtti szabványok képezik – a 1982 előtti szabványokban, előírásokban, irodalmi közlésekben, számítási módszerekben (például *Palotás*-féle betontervezési képletek) és terv dokumentációkban szereplő, legfeljebb C50/60 nyomószilárdsági osztályok a mai előírások szerint értelmezhetők, feltéve, ha az összevetésnek az egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztálya képezi az alapját. Például az egykori MSZ 4719:1977 szabvány szerinti B 400 nyomószilárdsági osztályba eső betonok átlagos nyomószilárdságuktól függően az 1982-2002 között érvényben volt MSZ 4719:1982 szabvány szerint C 20, C 25 vagy C 30 nyomószilárdsági osztályúnak, a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerint C20/25, C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint C25/30, C30/37 vagy C35/45 nyomószilárdsági osztályúnak, az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint C25/30 vagy C30/37 nyomószilárdsági osztályúnak tekinthetők.

Másrészt a 8.5. ábra és 8.7. táblázat segítségével – amelyben az összevetés alapját a mai Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány képezi – meg lehet vizsgálni, hogy az Eurocode 2 szerinti nyomószilárdsági osztályú beton az MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982, MSZ 4798:206 szabvány O vagy P melléklete mely nyomószilárdsági osztályával egyenértékű. Például az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1.1:2010) szerinti C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok az 1976 évi Vasúti Hídszabályzat-tervezet szerint a B 350, az MSZ 4719:1982 szabvány szerint a C 16 vagy C 20, az MSZ 4798:206 szabvány O melléklete szerint a C25/30, az MSZ 4798:206 szabvány P melléklete szerint a C20/25 vagy C25/30 nyomószilárdsági osztályba esnek.

1951-1982 Osztály	1982-2002 $R_{m,cube,H} - k \cdot t \cdot s = R_{m,cube,H}$		2002 óta $f_{m,est} - 8 = f_{fc,est}$		2016 óta $f_{m,cube} - 6 = f_{fc,cube}$	
	Osztály	Osztály	Osztály	Osztály	Osztály	Osztály
B 50	$5,3-3,5 = 1,8 < 5,0$	–	$4,0-8 < 0$	$4,8-4 = 0,9 < 10$	$4,9-6 < 10$	–
B 70	$7,4-4,5 = 2,9 < 5,0$	–	$5,5-8 < 0$	$6,9-4 = 2,9 < 10$	$6,9-6 = 0,9 < 10$	–
B 100	$10,6-6,2 = 4,4 < 5,0$	–	$7,9-8 < 0$	$9,8-4 = 5,8 < 10$	$9,8-6 = 3,8 < 10$	–
B 140	$14,9-9,0 = 5,9 > 5,0$	C 4	$11,1-8 = 3,1 < 8$	$13,7-4 = 9,7 < 10$	$13,7-6 = 7,7 < 10$	–
B 200	$21,3-13,0 = 8,3 > 7,5$	C 6	$15,8-8 = 7,8 < 8$	$19,6-4 = 15,6 > 15$	$19,6-6 = 13,6 > 10$	C 8/10
B 280*	$30,4-14,2 = 16,2 > 15$	C 12	$22,7-8 = 14,7 > 12$	$28,0-4 = 24,0 > 20$	$28,0-6 = 22,0 > 20$	C 16/20
B 350*	$38,0-15,0 = 23,0 > 20$	C 16	$28,4-8 = 20,4 > 20$	$35,0-4 = 31,0 > 30$	$35,0-6 = 29,0 > 25$	C 20/25
B 400	$43,5-15,6 = 27,9 > 25$	C 20	$32,4-8 = 24,4 > 20$	$40,0-4 = 36,0 > 30$	$40,0-6 = 34,0 > 30$	C 25/30
B 500*	$54,3-16,6 = 37,7 > 35$	C 30	$40,5-8 = 32,5 > 30$	$50,0-4 = 46,0 > 45$	$50,0-6 = 44,0 > 37$	C 30/37
B 560	$60,9-17,2 = 43,7 > 40$	C 35	$45,4-8 = 37,4 > 35$	$56,0-4 = 52,0 > 50$	$56,0-6 = 50,0 > 50$	C 40/50
Lásd: MSZ 4720:1961, MSZ 4719:1977		C 40	$46,4-8 = 38,4 > 35$	$57,3-4 = 53,3 > 50$	$57,3-6 = 51,3 > 50$	C 40/50
*A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1976-évi Vasúti Hídszabályzat- tervezetben szerepelt		C 45	$50,5-8 = 42,8 > 40$	$62,3-4 = 58,3 > 55$	$62,3-6 = 56,3 > 55$	C 45/55
		C 50	$54,5-8 = 46,5 > 45$	$67,3-4 = 63,3 > 60$	$67,3-6 = 61,3 > 60$	C 50/60
		C 55	$58,6-8 = 50,6 > 50$	$72,3-4 = 68,3 > 67$	$72,3-6 = 66,3 > 60$	C 55/60
			Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat, MSZ 4798-1:2004 14. táblázat, MSZ 4798:2016 O melléklet (előírás)	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató)	
			Előfordási valószínűség: ~50%	Előfordási valószínűség: ~70%	Előfordási valószínűség: ~70%	

**8.4. táblázat:** Az 1982 előtt érvényes MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977 szabványok szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok 1982 utáni szabványos nyomószilárdsági osztályai (A táblázatban az  $R$  és  $f_c$  nyomószilárdság mértékegysége  $N/mm^2$ )<sup>106, 107, 108, 109</sup>

<sup>106</sup> A „2016 óta” oszlophoz tartozó megjegyzés: A nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet.

<sup>107</sup> Az ebben a könyvben és az MSZ 4798:2016 szabványban szereplő *Student*-tényező értékek *Stange – Henning* (1966) matematikai statisztikai könyvéből származnak. Ugyanezek az értékek találhatóak *Mohr* (2008) mérnököknek és természettudósoknak szánt matematikai statisztikai könyvében. Ezekről a *Student*-tényező értékektől bizonyos mértékig eltérnek a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban és az MSZ EN 1990:2011 Eurocode szabványban szereplő *Student*-tényező értékek.

<sup>108</sup> Az „1982-2002” oszlophoz tartozó megjegyzés: Az  $s$  szórás értékét az  $5 N/mm^2 \leq R_{m,cube,H} \leq 20 N/mm^2$  tartományban az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatában szereplő  $s$  szórás adatokra fektetett  $s = 0,0033 \times R_{m,cube,H}^2 + 0,1829 \times R_{m,cube,H} + 1,029$  összefüggéssel határoztuk meg,  $R_{m,cube,H} \geq 20 N/mm^2$  esetben pedig  $s = 6,0 N/mm^2$ .

<sup>109</sup> Az „ $f_{m,cube} - 4 = f_{c,cube}$ ” oszlophoz tartozó megjegyzés: A betont az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint általában a kezdeti gyártás nyomószilárdsági megfelelőségi feltétele ( $f_{m,test} \geq f_{ck} + 4$ ) szerint adták át, mert a folyamatos gyártás feltétele szerinti  $n \geq 15$  vizsgálati eredmény csak ritkán állt rendelkezésre.

1951-1982		1982-2002		2002 óta		2016 óta	
$R_{m,cube,H} / \dots = R_{m,cube,200,H}$	Osztály	$R_{m,cube,H} - k \times t \times s = R_{k,cube,H}$	Osztály	$f_{cm,cyl} - 8 = f_{k,cyl}$	Osztály	$f_{cm,cube} - 4 = f_{k,cube}$	Osztály
5,41/1,06 = 51 > 50	B 50	4/0,74-3,5 = 1,9 < 5	–	4-8 < 8	–	(4/0,81)-4 = 0,9 < 10	–
10,81/1,06 = 102 > 100	B 100	8/0,74-6,3 = 4,5 < 5	–	8-8 < 8	–	(8/0,81)-4 = 5,9 < 10	–
16,22/1,06 = 153 > 140	B 140	12/0,74-9,9 = 6,3 > 5,0	C 4	12-8 = 4 < 8	–	(12/0,81)-4 = 10,8 > 10	C 8/10
21,62/1,06 = 204 > 200	B 200	16/0,74-13,0 = 8,6 > 7,5	C 6	16-8 = 8	<b>C 8/10</b>	(16/0,81)-4 = 15,8 > 15	C 12/15
27,03/1,06 = 255 > 200	B 200	20/0,74-13,7 = 13,3 > 12,5	C 10	20-8 = 12	<b>C 12/15</b>	(20/0,81)-4 = 20,7 > 20	C 16/20
32,43/1,06 = 306 > 280	B 280	24/0,74-14,4 = 18,0 > 15	C 12	24-8 = 16	<b>C 16/20</b>	(24/0,81)-4 = 25,6 > 25	C 20/25
37,33/1,09 = 343 > 280	B 280	28/0,75-14,9 = 22,4 > 20	C 16	28-8 = 20	<b>C 20/25</b>	(28/0,81)-4 = 30,6 > 30	C 25/30
44,00/1,09 = 404 > 400	B 400	33/0,75-15,6 = 28,4 > 25	C 20	33-8 = 25	<b>C 25/30</b>	(33/0,81)-4 = 36,7 > 30	C 25/30
50,67/1,09 = 465 > 400	B 400	38/0,75-16,3 = 34,4 > 30	C 25	38-8 = 30	<b>C 30/37</b>	(38/0,81)-4 = 42,9 > 37	C 30/37
57,33/1,09 = 526 > 500	B 500*	43/0,75-16,9 = 40,5 > 40	C 35	43-8 = 35	<b>C 35/45</b>	(43/0,81)-4 = 49,1 > 45	C 35/45
–	–	48/0,75-17,4 = 46,6 > 45	C 40	48-8 = 40	<b>C 40/50</b>	(48/0,81)-4 = 55,3 > 55	C 45/55
–	–	53/0,75-18,0 = 52,7 > 50	C 45	53-8 = 45	<b>C 45/55</b>	(53/0,81)-4 = 61,4 > 60	C 50/60
–	–	58/0,75-18,5 = 58,9 > 55	C 50	58-8 = 50	<b>C 50/60</b>	(58/0,81)-4 = 67,6 > 67	C 55/67
Lásd: MSZ 4720:1961, MSZ 4719:1977		Ha $k = 0,54 + 0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}$ $n = 5$ , $t = 2,132$ , és az $s$ szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték. Lásd: MSZ 4720-2:1980, MSZ 4719:1982		Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat, MSZ 4798-1:2004 14. táblázat, MSZ 4798:2016 O melléklet (előírás)	Atadás-átvételi eljárás
*A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1976-ban használatba vett Vasúti Hídszabályzat- tervezetben szerepelt							Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató)
							50% < Elfogadási valószínűség < 70%

**8.5. táblázat:**

A 2002 óta érvényes Eurocode 2 (mai változata: MSZ EN 1992-1-1:2010) szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályok határértékének megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok MSZ 4719:1977, MSZ 4719:1982 és MSZ 4798:2016 (O és P melléklet) szabványok szerinti nyomószilárdsági osztálya (A táblázatban az  $R$  és  $f_c$  nyomószilárdság mértékegysége  $N/mm^2$ )<sup>110</sup>

<sup>110</sup> A „2016 óta” oszlophoz tartozó megjegyzés: A nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet.



A 8.7. táblázat jól érzékelteti az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) méretezési szabvány és az MSZ EN 206-1:2002, illetve annak nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány eltérő felfogásának esetleges következményét is. Ha az Eurocode 2 alapján készített tervdokumentáció szerint valamely szerkezet elkészítéséhez például C25/30 nyomószilárdsági osztályú betonra van szükség, akkor a betont lehet, hogy az MSZ EN 206-1:2002 szerinti C30/37 minőségben kell elkészíteni ahhoz, hogy a tervezett és a gyártott beton átlagos nyomószilárdsága egymásnak megfeleljen. Ha a gyártó ezt nem veszi figyelembe, és a betont az MSZ EN 206-1:2002 szerinti C25/30 minőségben szállítja, akkor azt át fogja tudni adni, ha az átadás-átvételi eljárás során a beton átlagos nyomószilárdságából a nyomószilárdsági osztályt az MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány szerint számítják ki, de nehézségei lehetnek, ha a nyomószilárdsági osztály meghatározását a beruházó, a tervező vagy a vevő az Eurocode 2 méretezési szabvány felfogásában követeli meg.

Például legyen egy beton kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengereken értelmezett átlagos nyomószilárdsága  $f_{cm,cyl,test} = 31,2 \text{ N/mm}^2$ , amelynek tapasztalati jellemző értéke az MSZ EN 206-1:2002, illetve az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány szerint  $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_5 \times s_{min} = 31,2 - 1,99 \times 2,2 = 26,8 \text{ N/mm}^2$ , és ebből kifolyólag a nyomószilárdsági osztálya C25/30, és ezt a gyártó jóhiszeműen leszállítja. Ha ennek a betonnak a nyomószilárdságát átvételkor a megrendelő nem az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint, hanem az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) előírása szerint ellenőrzi, akkor a beton tapasztalati jellemző értékére  $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 = 31,2 - 8 = 23,2 \text{ N/mm}^2$  adódik, amely csak C20/25 jelű nyomószilárdsági osztálynak felel meg. Ha szóban forgó betont a gyártó  $f_{cm,cyl,test} = 35,4 \text{ N/mm}^2$  átlagos nyomószilárdsággal készítette volna el, akkor igaz, hogy annak az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a tapasztalati jellemző értéke  $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - \lambda_5 \times s_{min} = 35,4 - 1,99 \times 2,2 = 31,0 \text{ N/mm}^2$  és a nyomószilárdsági osztálya C30/37, tehát a megrendelnél egy osztállyal nagyobb, de a beton Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) szerinti átadása során nem támadtak volna nehézségei, mert a beton  $f_{cm,cyl,test} = f_{cm,cyl,test} - 8 = 35,4 - 8 = 27,4 \text{ N/mm}^2$  tapasztalati jellemző értékűnek és C25/30 nyomószilárdsági osztályúnak minősült volna.

Példát e visszasságra a 150 mm élhosszúságú, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbakockák vizsgálatával – és például a nyomószilárdság vizsgálati eredmények szórásának figyelembevételével – meghatározott nyomószilárdsági jellemző értékek esetére is fel lehet írni: legyen például 5 darab szóban forgó betonkocka nyomószilárdságának átlagértéke  $f_{cm,cube,test} = 36,1 \text{ N/mm}^2$  és szórása  $s_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$  (lásd az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasza alatti D módszert), és egyrészt az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszának (5) bekezdése és a NAD 13. táblázat szerint a jellemző érték:  $f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - \lambda_5 \times s_{cube,test,min} = 36,1 - 1,99 \times 3,0 = 30,1 \text{ N/mm}^2$  és így a beton betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya C25/30, másrészt – az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D7.2. fejezetét követve – az MSZ 4798:2016 szabvány P2.2.3. szakasza és a NAD P1. táblázat szerint a jellemző érték:  $f_{ck,cube,test} = f_{cm,cube,test} - t_5 \times s_{cube,test,min} = 36,1 - 2,132 \times 3,0 = 29,7 \text{ N/mm}^2$ , és így a beton MSZ EN 1992-1-1:2010 méretezési szabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya csak C20/25.

A bemutatott ellentmondás hatásának csökkentésére az MSZ 4798:2016 szabvány P2.2.4. szakasza kínál lehetőséget.

Az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010) méretezési szabvány és az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 betonszabvány eltérő karakterisztikus (jellemző) érték számítási felfogásából eredő esetleges vita ellen szerződéskötéskor kell védekezni.

B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	C8/10 - AC <sub>50</sub> (H)
B 200	C 6	C8/10	C12/15	C12/15 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 8			
	C 10			
B 280	C 12	C12/15	C16/20	C16/20 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 16	C16/20	C20/25	C20/25 - AC <sub>50</sub> (H)
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC <sub>50</sub> (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 30	C30/37		
B 500	C 35	C35/45	C35/45	C35/45 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 40		C40/50	C40/50 - AC <sub>50</sub> (H)
B 560	C 45	C40/50	C45/55	C45/55 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 50	C45/55	C50/60	C50/60 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 55	C50/60	C55/67	C55/67 - AC <sub>50</sub> (H)
		C55/67		
		C55/67		
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1:2010	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4719:2016 P melléklet (tájékoztató)

**8.4. ábra:** Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi



B 50				
B 70				
B 100				
B 140	C 4		C8/10	
	C 6			C8/10 - AC <sub>50</sub> (H)
B 200	C 8	C8/10	C12/15	C12/15 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 10			
		C12/15	C16/20	C16/20 - AC <sub>50</sub> (H)
B 280	C 12	C16/20	C20/25	C20/25 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 16			
B 350	C 20	C20/25	C25/30	C25/30 - AC <sub>50</sub> (H)
B 400	C 25	C25/30	C30/37	C30/37 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 30	C30/37		
B 500	C 35	C35/45	C35/45	C35/45 - AC <sub>50</sub> (H)
			C40/50	C40/50 - AC <sub>50</sub> (H)
B 560	C 40	C40/50	C45/55	C45/55 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 45	C45/55		
			C50/60	C50/60 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 50	C50/60		
			C55/67	C55/67 - AC <sub>50</sub> (H)
	C 55	C55/67		
MSZ 4720:1961 MSZ 4719:1977	MSZ 4720-2:1980 MSZ 4719:1982	<b>Eurocode 2</b> <b>MSZ EN 1992-1-1:2010</b>	MSZ EN 206-1:2002 MSZ EN 206:2013 MSZ 4798-1:2004 MSZ 4798:2016 O mell.	MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató)

**8.5. ábra:** Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

**8.6. táblázat:** Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az 1982-ig érvényben volt MSZ 4719:1977 szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
<b>B 140</b>	C 4 C 6	–	C8/10 C12/15	C8/10 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 200</b>	C 6 C 8 C 10 C 12	C8/10 C12/15	C12/15 C16/20	C 8/10 – AC <sub>50</sub> (H) C12/15 – AC <sub>50</sub> (H) C16/20 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 280</b>	C 12 C 16	C12/15 C16/20	C16/20 C20/25 C25/30	C16/20 – AC <sub>50</sub> (H) C20/25 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 350*</b>	C 16 C 20	C20/25	C25/30	C20/25 – AC <sub>50</sub> (H) C25/30 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 400</b>	C 20 C 25 C 30	C20/25 C25/30 C30/37	C25/30 C30/37 C35/45	C25/30 – AC <sub>50</sub> (H) C30/37 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 500*</b>	C 30 C 35	C30/37 C35/45	C35/45 C40/50	C30/37 – AC <sub>50</sub> (H) C35/45 – AC <sub>50</sub> (H)
<b>B 560</b>	C 35 C 40 C 45	C35/45 C40/50	C40/50 C45/55	C40/50 – AC <sub>50</sub> (H) C45/55 – AC <sub>50</sub> (H)
–	C 45	C40/50 C45/55	C45/55 C50/60	C45/55 – AC <sub>50</sub> (H) C50/60 – AC <sub>50</sub> (H)
	C 50	C45/55 C50/60	C50/60 C55/67	C50/60 – AC <sub>50</sub> (H)
	C 55	C50/60 C55/67	C55/67	C50/60 – AC <sub>50</sub> (H) C55/67 – AC <sub>50</sub> (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977  *A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Híd- szabályzatban szerepelt	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982 Ha $k = 0,54 +$ $+0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}$ , $n = 5, t = 2,132,$ és az $s$ szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	Átadás-átvételi eljárás	
	Elfogadási valószínűség: ~50 %		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztatás)
			Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%

**8.7. táblázat:** Egymásnak megfelelő átlagos nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsági osztályainak összevetése, ha az összevetés alapját az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány képezi

Nyomószilárdsági osztályok				
1951-1982 között	1982-2002 között	2002 óta		2016 óta
B 140	C 4 C 6	–	C8/10	C8/10 – AC <sub>50</sub> (H)
B 200	C 6 C 8 C 10	<b>C8/10</b>	C12/15 C16/20	C 8/10 – AC <sub>50</sub> (H) C12/15 – AC <sub>50</sub> (H)
B 200 B 280	C 10 C 12	<b>C12/15</b>	C16/20 C20/25	C12/15 – AC <sub>50</sub> (H) C16/20 – AC <sub>50</sub> (H)
B 280	C 12 C 16	<b>C16/20</b>	C20/25 C25/30	C16/20 – AC <sub>50</sub> (H) C20/25 – AC <sub>50</sub> (H)
B 350*	C 16 C 20	<b>C20/25</b>	C25/30	C20/25 – AC <sub>50</sub> (H) C25/30 – AC <sub>50</sub> (H)
B 400	C 20 C 25	<b>C25/30</b>	C25/30 C30/37	C25/30 – AC <sub>50</sub> (H) C30/37 – AC <sub>50</sub> (H)
B 400 B 500*	C 25 C 30 C 35	<b>C30/37</b>	C30/37 C35/45	C30/37 – AC <sub>50</sub> (H) C35/45 – AC <sub>50</sub> (H)
B 500* B 560	C 35 C 40	<b>C35/45</b>	C35/45 C40/50	C35/45 – AC <sub>50</sub> (H) C40/50 – AC <sub>50</sub> (H)
B 560	C 40 C 45	<b>C40/50</b>	C45/55 C50/60	C40/50 – AC <sub>50</sub> (H) C45/55 – AC <sub>50</sub> (H)
–	C 45 C 50	<b>C45/55</b>	C50/60	C45/55 – AC <sub>50</sub> (H) C50/60 – AC <sub>50</sub> (H)
	C 50 C 55	<b>C50/60</b>	C50/60 C55/67	C50/60 – AC <sub>50</sub> (H) C55/67 – AC <sub>50</sub> (H)
	C 55	<b>C55/67</b>	C55/67	C55/67 – AC <sub>50</sub> (H)
Lásd: MSZ 4720:1961 és MSZ 4719:1977  *A B 350 és B 500 jelű nyomószilárdsági osztály az 1982 előtti Vasúti Hid- szabályzatban szerepelt	Lásd: MSZ 4720-2:1980 és MSZ 4719:1982 Ha $k = 0,54 +$ $+0,1027 \times \sqrt{R_{m,cube,H}}$ , $n = 5, t = 2,132,$ és az $s$ szórás az MSZ 4720-2:1980 szabvány 2. táblázatából interpolált érték	Lásd: Eurocode 2, ma érvényes változata: MSZ EN 1992-1-1:2010 1. táblázat	<b>Átadás-átvételi eljárás</b>	
	Elfogadási valószínűség: ~50 %		Lásd: MSZ EN 206-1:2002 14. táblázat és MSZ 4798-1:2004 14. táblázat és MSZ 4798:2016 O melléklet	Lásd: MSZ 4798:2016 P melléklet (tájékoztató)
			Elfogadási valószínűség: ~70%	50% < Elfogadási valószínűség < 70%

Betontechnológiai kultúránk több vonatkozásban a német gyakorlatot követve fejlődött, ezért érdemes a nyomószilárdsági osztályok Németországban szokásos átszámítását is áttekinteni.

A beton és vasbetonépítés szabályozásának múlt századi fejlődését *F. Fingerloos* (2009) a régi német szabványok és előírások gyűjteményében mutatja be. A reprint alakban, 1316 oldalon, CD melléklettel megjelent könyv a korábbi, úgy nevezett történelmi korok német DIN és TGL jelzetű beton, vasbeton és feszített vasbetonépítés szabványait és különböző műszaki irányelveit tartalmazza. A könyvben az 1904-2004 közötti száz évben Németországban érvényben volt több mint 130 vasbetonmagasépítési méretezési és kivitelezési szabvány, előírás eredeti formában, ábrákkal, táblázatokkal együtt olvasható, látható. A könyv bevezetéséből megtudjuk, hogy Németországban az első betonépítési szabványt 1877-ben adták ki, témaköre a portlandcement minősége volt.

Az 1904 után megjelent német DIN és TGL jelzetű vasbeton és feszített vasbeton méretezési szabványokat *J. Schnell* és szerzőtársai (2016) is áttekintették a DAfStb 616. sz. „zöldfüzet”-ben. A kiadványban időszaki bontásban megtaláljuk a méretezési és nem csak a beton, hanem a betonacél és feszítő acél anyagvizsgálati szabványokban használt szilárdsági és alakváltozási jelöléseket, jellemzőket és követelmény értékeket is. A szerzők terjedelmes táblázatban mutatják be az NSZK-ban és az NDK-ban 1960 után jóváhagyott feszítési eljárások adatait.

*J. Schnell* más szerzőkkel korábban két tanulmányt is közzé tett, amelyben a Németországban 1943 és 1972 között (2010), valamint az 1972 és 2001 között (2009) előállított betonok nyomószilárdsági osztályát állította párhuzamba a DIN EN 206-1:2001 európai szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályokkal (8.8. táblázat).

**8.8. táblázat:** Egymásnak hozzávetőlegesen megfelelő beton nyomószilárdsági osztályok Németországban 1943 óta (*Schnell et al.* 2009, 2010)

1943-1972	1972-1978	1978-2001	1980-1990 (NDK)	2001 óta
DIN 1045:1943 DIN 1045:1959 DIN 1048:1944 DIN 1048:1957 DIN 4227:1953	DIN 1045:1972	DIN 1045:1978 DIN 1045:1988 DIN 1048-5:1991	TGL 33411-01:1979 TGL 33433-04:1979	DIN EN 206-1:2001 DIN EN 1990:2002 DIN EN 12390-2:2001 DIN EN 12390-3:2002 DIN 1045-2:2008
–	Bn 50	B 5	Bk 5	–
B 120	–	–	B5 7,5	–
B 160	Bn 100	B 10	Bk 10	C8/10
B 225	Bn 150	B 15	Bk 15	C12/15
–	–	–	Bk 20	C12/15
–	Bn 250	B 25	Bk 25	C16/20
B 300	–	–	–	C20/25
–	Bn 350	B 35	Bk 35	C25/30
B 450	–	–	Bk 45	C30/37
–	Bn 450	B 45	–	C35/45
B 600	Bn 550	B 55	Bk 55	C40/50

Az irodalomból (*Trüb* 1980, *Springenschmid* 2007, *Schnell et al.* 2009 és 2010, *Fingerloos* 2009) ismeretes, hogy Németországban a szabványos próbakockák mérete 1916-1925 között beton esetén 300 mm, vasbeton betonja esetén 200 mm, majd 1925-2001 között minden fajta beton esetén 200 mm volt, kivétel ez alól az NDK, ahol 1980-1990 között 150 mm élhosszúságú próbakockákat alkalmaztak. Németországban a próbakockákat vegyesen tárolták. A betont 1972-ig a 200 mm élhosszúságú próbakockák  $\text{kp/cm}^2$ -ben kifejezett átlagos nyomószilárdságával jellemezték, például: B 225. 1972 és 1978 között a 20 cm élhosszúságú

próbakockák  $\text{kp/cm}^2$ -ben kifejezett, az 5%-os alulmaradási hányadhoz tartozó jellemző értéke képezte a beton nyomószilárdsági osztályát adó  $\beta_{wN}$  névleges nyomószilárdságot (németül: Nennfestigkeit, „Nenndruckfestigkeit” vagy „Nennwert”), például Bn 250. 1978-ban ez csak annyiban változott, hogy a mértékegység  $\text{N/mm}^2$  lett, például B 25. A jellemző értéken a szabványos próbakockákon meghatározott átlagos nyomószilárdság (németül: Serienfestigkeit) és az alulmaradási tágasság különbségét értették, ahol az alulmaradási tágasság vagy egy adott (például az  $5 \text{ N/mm}^2$ ) vagy a szórástól függő érték volt. Az átlagos nyomószilárdságot legalább 3 próbakockából meghatározták meg. 2001 óta Európában a szabványos szabványos próbatestek  $\text{Ø}150 \times 300$  mm méretű hengerek, illetve 150 mm élhosszúságú kockák, így a nyomószilárdsági osztály jele például: C12/15.

A különböző korok német nyomószilárdsági osztályainak kapcsolata a *Schnell*-féle rendszertől (8.8. táblázat) némiképpen eltér *R. Springenschmid* (2007) könyve 1.2.2 fejezetének példájában, amely szerint a nyomószilárdsági osztályok jelölése a következő példa szerint változott: B 300 ~ Bn 250 = B 25 ~ C20/25. Magyarországon B 300 jelű beton nyomószilárdsági osztály nem volt, de ha a bemutatott módszerrel elvégezzük az átszámítást, akkor a 20.1.2.6. ábra és az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint az  $R_{m,cube,200,H} = 300 \text{ kp/cm}^2$  értékből kiindulva ugyanerre az eredményre jutunk:  $f_{ck,cube} = 0,1 \times R_{m,cube,200,H} - 4 = 26,0 > 25 \text{ N/mm}^2$ , amiből C20/25 az MSZ EN 206:2013+A1:2017 európai betonszabvány szerinti nyomószilárdsági osztály.

**Összegezve:** A betonszilárdság jellemzésének módja az utóbbi közel hetven évben többször változott. A régebbi betonjelölések a ma szabványos betonjelölésekkel megfeleltethetők, de a szilárdság átszámító összefüggések kizárólag az egyedi, illetve az átlagos nyomószilárdságok kapcsolatának kifejezésére alkalmasak, és teljesen alkalmatlanok a különböző időszakokénti nyomószilárdságok jellemző (karakterisztikus) értékének, illetve nyomószilárdsági osztályának közvetlen átszámítására, hiszen az átlagos nyomószilárdságok viszonyát az alulmaradási tágasság eltorzíthatja (lásd e könyv 20.1.2. szakaszát).

Mínt hogy a nyomószilárdsági osztályok határértékei, illetve azok értelmezése a történelmi idők folyamán nem estek egybe, a különböző korok nyomószilárdsági osztályai általában átfedésben vannak egymással, mint az a 8.4. és 8.5. ábrából, illetve a 8.6. és 8.7. táblázatból kitűnik.



### 8.4. NYOMÓSZILÁRDSÁGI FOKOZATOK

Ha meggondoljuk, hogy a nyomószilárdság jellemző értékéhez az alulmaradási tágasság ( $\Delta_{IV}$ ) függvényében háromféle nyomószilárdság értékelési rendszer szerint, illetve elfogadási valószínűség ( $A_{(p)}$ ) mellett lehet szabványosan átlagos nyomószilárdságot ( $f_{cm}$ ) rendelni, akkor kimondhatjuk, hogy a nyomószilárdságnak egyazon nyomószilárdsági osztályon belül három fokozata van.

*Erős nyomószilárdsági fokozatú* a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a  $\Delta_{IV} = 8 \text{ N/mm}^2$  alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

*Közepes nyomószilárdsági fokozatú* a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint a  $\Delta_{IV} = 6 \text{ N/mm}^2$  alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

*Gyenge nyomószilárdsági fokozatú* a beton, ha a jellemző értékhez tartozó átlagos nyomószilárdságot, illetve az átlagos nyomószilárdságból a nyomószilárdság jellemző értékét az átadás-átvételi eljárás során az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint a  $\Delta_{IV} = 4 \text{ N/mm}^2$  alulmaradási tágassággal határozzuk meg (8.9. táblázat).

A gyengébb nyomószilárdsági fokozat gyengébb betonminőséget jelent, mert a beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdság alapján szokás megtervezni.

**8.9. táblázat:** Adott nyomószilárdsági osztályon belüli nyomószilárdsági fokozatok szokványos betonok és nehézbetonok esetén

Nyomószilárdsági osztály	Előírt jellemző érték, legalább, $\text{N/mm}^2$ $f_{ck,cyl}$	Erős		Közepes		Gyenge	
		nyomószilárdsági fokozatú beton előírt átlagos nyomószilárdsága, legalább, $\text{N/mm}^2$					
		$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 6$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,81$
C8/10	8	16	19,8	14	17,3	12	14,8
C12/15	12	20	24,7	18	22,2	16	19,8
C16/20	16	24	29,6	22	27,2	20	24,7
C20/25	20	28	34,6	26	32,1	24	29,6
C25/30	25	33	40,7	31	38,3	29	35,8
C30/37	30	38	46,9	36	44,4	34	42,0
C35/45	35	43	53,1	41	50,6	39	48,1
C40/50	40	48	59,3	46	56,8	44	54,3
C45/55	45	53	65,4	51	63,0	49	60,5
C50/60	50	58	71,6	56	69,1	54	66,7
Nagyszilárdságú beton		$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 6$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$	$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$	$f_{cm,cube} = f_{cm,cyl}/0,84$
C55/67	55	63	75,0	61	72,6	59	70,2
C60/75	60	68	81,0	66	78,6	64	76,2
C70/85	70	78	92,9	76	90,5	74	88,1
C80/95	80	88	104,8	86	102,4	84	100,0
C90/105	90	98	116,7	96	114,3	94	111,9

C100/115	100	108	128,6	106	126,2	104	123,8
Megjegyzés: Az $f_{cm,cyl} \rightarrow f_{cm,cube}$ átszámítást a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra szerint végeztük.							

A 8.9. táblázatból kitűnik, hogy a beton nyomószilárdsági osztálya általában nagyobbra adódik, ha a betont átlagos nyomószilárdsága alapján gyenge nyomószilárdsági fokozatúként minősítik az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete szerint, és kisebbre adódik, ha a betont erős nyomószilárdságúként minősítik az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint.

Az erős nyomószilárdsági fokozathoz mintegy 50%, a gyenge nyomószilárdsági fokozathoz mintegy 70%-os elfogadási valószínűség tartozik.

Az EN 206-1:2000 szabvány bevezetése óta a CEN tagsággal rendelkező országokban általában az EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2 szabvány szerint tervezettnél, azaz az erőtni biztonság és a tartósság szempontjából szükséges erős nyomószilárdsági fokozatúnál gyengébb átlagos nyomószilárdságú, gyengébb összetételű betont építettek, illetve építenek be. Ez alól vélhetően Spanyolország kivétel, lásd az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány J mellékletét.

**Összegezve:** Tekintve, hogy a beton összetételét az elérendő átlagos nyomószilárdság alapján tervezzük meg, a beton erőtni biztonsága és a tartósság szempontjából nem különböz, hogy az átlagos nyomószilárdságot a tervezett nyomószilárdsági osztályt megjelenítő nyomószilárdsági jellemző értékből az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány, az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete vagy az MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete alapján határozzuk meg, amelytől függően erős, közepes vagy gyenge nyomószilárdsági fokozatú betonról beszélhetünk.

A CEN tagállamok a gyenge, Spanyolország az erős nyomószilárdsági fokozatú beton alkalmazása mellett döntött.







## 9. ÚTBETONOK HÚZÓ- ÉS NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYA

Az útpályaburkolati betonokat szilárdság szerint a hajlító-húzószilárdság és a hasító-húzószilárdság alapján osztályozzák, a pályaburkolati betonoknak ugyanis a hajlító igénybevétellel szembeni ellenállóképességét, és így a burkolat szükséges vastagságát és a forgalomtól függő fáradását döntően a beton húzószilárdsága határozza meg.

Az útpályabetonok (beton pályaburkolatok) húzószilárdsági osztályának betűjele az e-UT 06.03.31:2017 (ÚT 2-3.201:2006), e-UT 06.03.11:2010 (ÚT 2-1.502:2010) és e-UT 06.03.15:2006 (ÚT 2-3.211:2006) útügyi műszaki előírás szerint: CP. A CP betűjelet tört alakú számjel követi, ennek számlálója a sablonban készített, végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdság jellemző értéke (MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerinti jele: F), és nevezője a kifűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság jellemző értéke (MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerinti betűjele: SC), például: CP4/2,7. A beton szilárdságának ilyen megjelölési módja nem szerencsés, és a beton megfelelőségét illetően vitákra adhat okot, mert a beton gyártója csak a formában készített próbahasábok hajlító-húzószilárdságáért felel, és nem tehető felelőssé a betonburkolatból kifűrt magmintából kialakított próbahengerek hasító-húzószilárdságáért, hiszen a betonpályaszerkezet tömörítése és utókezelése nem tartozik a feladatai közé.

Az utak, autópályák, repülőterek, járdák, kerékpárutak, rakodási területek és általában a közlekedési szerkezetek betonburkolatainak anyagaival az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány foglalkozik. A szabvány a helyszínen készült betonburkolatok betonjára vonatkozik, de a hengerelt betonok nem képezik tárgyát. Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány az MSZ EN 206 szabványra támaszkodik, és követelmények megadása nélkül szól arról, hogy a cement, az adalékszer, a kiegészítőanyag az MSZ EN 206 szabványban megadott feltételeknek, az adalékanyag az MSZ EN 12620 vagy az alkalmazás helyén érvényes szabványnak, illetve előírásnak, a keverővíz az MSZ EN 1008 szabványnak feleljen meg. Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága a rétegvastagság és ha van, a hosszirányú acélbetétek (hosszvasak) közötti távolság egyharmadát ne lépje túl. A friss beton konzisztenciája és 1,5% tőrésel a testsűrűsége az MSZ EN 206 szabvány szerinti legyen. A friss beton levegőtartalmát, ha szükséges, akkor az MSZ EN 12350-7 szabvány szerint kell, cementtartalmát a vonatkozó nemzeti szabvány vagy az alkalmazás helyén érvényes előírás szerint lehet meghatározni. A 0,25 mm alatti szemek mennyisége feleljen meg a nemzeti szabványban vagy az alkalmazás helyén érvényes előírásban foglaltaknak. A friss beton cementtartalomra vonatkoztatott kloridiontartalma ne legyen 0,4%-nál több, ha abból korrózióvédelemmel el nem látott acélbetétet (összekötő vasat, betonacélt, -hálót, -rudat) tartalmazó betonburkolat készül,

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerint a megszilárdult beton fagy- és olvasztósó-állóságát az MSZ CEN/TS 12390-9:2018 műszaki specifikáció szerint, nyomószilárdságát ( $f_c$ ) az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint, hasító-húzószilárdságát ( $f_s$ ) az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint, hajlító-húzószilárdságát ( $f_t$ ) az MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerint kell vizsgálni. A jellemző érték megadásával – túl a betonburkolat építési alkalmazáson – a nyomószilárdsági osztályok (C8/10 stb., lásd e könyv 8.1. táblázatát) teljes jegyzékét az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány, a hasító-húzószilárdsági osztályok (S1,3 stb., a felsorolást lásd lejjebb) és a hajlító-húzószilárdsági osztályok (F2 stb., a felsorolást lásd lejjebb) teljes jegyzékét az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány tartalmazza.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány szerinti vizsgálati próbatestek sablonban készülnek.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza szerint a betonburkolat készítési célú betonok nyomószilárdsági osztálya az MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabványbeli nyomószilárdsági osztályokkal azonos.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza a betonburkolat készítési célú betonokat *hajlító-húzószilárdság* ( $f_{tk}$ ) szerint F2, F3, F3,5, F4, F4,5, F5,5, F6,5, F8,5 F9, F10 jelű osztályba sorolja, ahol a jelben szereplő számérték a formában készített, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahasábokon meghatározott hajlító-húzószilárdság előírt jellemző értéke N/mm<sup>2</sup> mértékegységben. A hajlító-húzószilárdságot az MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerint a próbatest szélességének háromszorosával egyenlő  $\ell$  támaszközön, az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet szerint harmad-pontos terheléssel (lásd e könyv 20.3.3. fejezetét) kell vizsgálni. A próbahasábok keresztmetszeti mérete az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány 4.1 szakaszának megfelelően az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának legalább három és félszerese, de legalább 100×100 mm legyen; a próbahasábok hossza pedig érje el a keresztmetszeti méret három és félszeresét. Az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezetben megadott 150×150×600 mm hasábméret az európai előírásnak megfelel. A próbahasábokat az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány értelmében a kizsaluzást követően közvetlenül a vizsgálatig 20±2 °C hőmérsékletű vízben vagy 20±2 °C hőmérsékletű és legalább 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni, illetve vegyes tárolás esetén a vizsgálati eredményeket – ha az átszámítási tényező ismert – az előírt végig víz alatti tárolási módhoz tartozó vizsgálati eredményekre át kell számítani.

Az MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.3.2. szakasza a betonburkolat készítési célú betonokat *hasító-húzószilárdság* ( $f_{sk}$ ) szerint S1,3, S1,7, S2, S2,4, S2,7, S3, S3,3, S3,7, S4, S4,3, S4,6, S4,8, S5, S5,5, S6 jelű osztályokba sorolja, ahol a jelben szereplő számérték a formában készített, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbahengeren meghatározott hasító-húzószilárdság előírt jellemző értéke N/mm<sup>2</sup> mértékegységben. A próbahengerek átmérője az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának legalább három és félszerese legyen, magassága érje el az átmérő kétszeresét, de legalább 100 mm legyen. A formában készített Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengerek hasító-húzószilárdságát az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint kell megmérni.

Ha a szilárdságot betonburkolatból kifűrt magminták (fűrasmagok) tulajdonságai alapján kell értékelni, akkor az MSZ EN 13877-2:2013 szabványt kell alkalmazni, amelyben a 28 napos korú betonburkolat geometriai, és betonjának testsűrűségi, szilárdsági, fagyállósági osztályba sorolásának feltételeit, valamint két betonrétegre vonatkozólag a tapadószilárdság értékelését stb. tárgyalják.

Véleményünk szerint a betonburkolat szilárdságát akkor kell kifűrt magminták alapján értékelni, ha a 28 napos korú, laboratóriumi sablonban készített betonpróbatetek MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerinti nyomószilárdság vizsgálati, MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerinti hasító-húzószilárdság vizsgálati, MSZ EN 12390-5:2019 szabvány szerinti hajlító-húzószilárdság vizsgálati eredménye az előírt értéket nem éri el, vagy a betonburkolat szemrevételezése, roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati eredménye alapján a betonburkolat megfelelő szilárdságát illetően kétségek merülnek fel. A kifűrt magminták nyomószilárdságáért a beton gyártója nem tartozik felelősséggel, hiszen a betonburkolatba csak az átadás-átvételi eljárás során megfelelő minőségűnek ítélt friss betont szabad beépíteni.

Az elkészült betonburkolat betonját a kifűrt magmintákból kivágott próbahengerek nyomószilárdsága és hasító-húzószilárdsága jellemző értékének alapján kell az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerinti nyomószilárdsági és hasító-húzószilárdsági osztályba sorolni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a magmintából kivágott próbahenger nyomószilárdságát ( $f_{c,core}$ ) az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány szerint, hasító-húzószilárdságát ( $f_{t,core}$ ) az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint kell vizsgálni. A próbahengereket e vizsgálati szabványok szerint kell tárolni és a tárolás módját meg kell adni, illetve a szilárdságot lehetőség szerint a vizsgálat előtt legalább 48 órán át  $20 \pm 2$  °C hőmérsékletű vízben tárolt próbahengereken kell meghatározni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány jellemző érték megadásával – túl a betonburkolat építési alkalmazáson – tartalmazza az útpályabetonból fűrt próbahengerek nyomószilárdsági osztályainak (CC8 stb.) és hasító-húzószilárdsági osztályainak (SC1,3 stb., a felsorolást lásd lejjebb) teljes jegyzékét. A CC jelű nyomószilárdsági osztály számjelét a C jelű nyomószilárdsági osztály (8.1. táblázat) próbahengerekre vonatkozó jellemző értéke képezi.

Az útbetonok nyomószilárdsági osztálya legalább CC20, hasító-húzószilárdsági osztálya legalább SC1,7 legyen. A CRCP és CRCB folyamatosan vasalt útpálya- és útalapbetonok szilárdságára felső határt lehet megadni.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint a fűrt magminta próbahengerek négy egymást követő vizsgálati eredményből számított átlagos nyomószilárdsága  $f_{cm,core} \geq f_{ck,core} + 4 \text{ N/mm}^2$ , átlagos hasító-húzószilárdsága  $f_{tm,core} \geq f_{tk,core} + 0,5 \text{ N/mm}^2$ , az egyedi vizsgálati eredmény pedig nyomószilárdság vizsgálat esetén  $f_{ci,core} \geq f_{ck,core} - 4 \text{ N/mm}^2$ , hasító-húzószilárdság vizsgálat esetén  $f_{ti,core} \geq f_{tk,core} - 0,5 \text{ N/mm}^2$  legyen.

Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványnak a megszilárdult betonburkolatból fűrt magminták hasító-húzószilárdságával foglalkozó 4.2.3. szakasza szerint a betonburkolatok betonjának *hasító-húzószilárdsági* osztályát a fűrt magminták hasító-húzószilárdságának jellemző értéke ( $f_{tk,core}$ ) alapján az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 3. táblázatában szereplő hasító-húzószilárdsági osztályok közül kell kiválasztani. Ezek a következők: SC1,3, SC1,7, SC2, SC2,4, SC2,7, SC3,3, SC3,7, SC4, SC4,3, SC4,6, SC4,8, SC5, SC5,5, SC6. A hasító-húzószilárdsági osztályok jelében a szám a hasító-húzószilárdság jellemző értéke ( $f_{tk,core}$ )  $\text{N/mm}^2$  mértékegységben. A szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat hasító-húzószilárdsági osztálya legalább SC1,7 legyen. A magminták hasító-húzószilárdsági osztálya és a magminták nyomószilárdsági osztálya között nincs közvetlen összefüggés. Ha a magmintákat nem 28 napos korban vizsgálják  $20$  °C hőmérséklet mellett, akkor a hasító-húzószilárdság vizsgálati eredményeket a szilárdulási folyamat alapján vagy a felhasználás helyén érvényes előírásoknak megfelelően át kell számítani a 28 napos  $+20$  °C hőmérséklet melletti hasító-húzószilárdságokra. A magmintákat a beton 3-7 napos korában kell kifűrni, és utókezelésük az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány szerint tömegállandóságig víz alatt történjék. A hasító-húzószilárdságot általában  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű próbahengerek alkalmazásával kell meghatározni, de az MSZ EN 12390-6:2010 szabvány szerint a fűrt magmintából kialakított próbahenger 1:1 magasság/átmérő arányú, magyarán  $\emptyset 150 \times 150$  mm méretű is lehet. Ha a próbahenger mérete ettől eltér, akkor a hasító-húzószilárdságot a próbatest tényleges méretei alapján szabad kiszámítani, mert tapasztalatok szerint a próbahenger méretének a hasító-húzószilárdságra nincs jelentős hatása. Ezen a véleményen van például *Bonzel* (1964) is, aki szerint a hasító-húzószilárdság a szokásos próbatestek esetén gyakorlatilag független a próbatest méretétől, és azonos tömörítettség mellett közel megegyezik a  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű próbahenger és a 200 mm élhosszúságú próbakocka esetén.

Az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet szerint a beton pályaburkolatoknak három húzószilárdsági osztálya van: CP4,5/3,5, CP4/2,7 és CP3,5/2,4. Ennek elődjében, az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírásban szereplő CP3,5/2,5 húzószilárdsági osztály jelét CP3,5/2,4 jelre, a CP4/3 húzószilárdsági osztály jelét CP4/2,7 jelre módosították. A régebbi pályaburkolat tárgyú ütügyi műszaki előírásokban, így például az ÚT 2-3.201:2006

(ma e-UT 06.03.31:2006), vagy az ÚT 2-3.211:2006 (ma e-UT 06.03.15:2006) útügyi műszaki előírásban szereplő CP3/2 húzószilárdsági osztály az e-UT 06.03.31.2017 útügyi műszaki előírástervezetben már nem szerepel.

A forgalmi terhelési osztálytól (lásd a 9.5. táblázatot) függően

- CP3/2 szilárdsági osztályú betonból kerékpárutak, gyalogutak és járdák kopórétege (e-UT 06.03.11:2010), útpályaszerkezetek pályaburkolata, kétrétegű pályaburkolatának alsó, teherviselő rétege (e-UT 06.03.31:2006);
- CP3,5/2,4 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek pályaburkolata (e-UT 06.03.15:2006, e-UT 06.03.31:2017);
- CP4/2,7 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek egyrétegű pályaburkolata és kétrétegű pályaburkolatának felső rétege (e-UT 06.03.15:2006, e-UT 06.03.31:2017), kompozit útpályaszerkezet folytonosan vasalt betonlemeze (e-UT 06.03.34:2007), hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű merev útpályaszerkezet betonburkolata (e-UT 06.03.35:2008), hídon átvezetett betonburkolatok (e-UT 08.02.31:2007);
- CP4,5/3,5 szilárdsági osztályú betonból útpályaszerkezetek pályaburkolata (e-UT 06.03.31:2017), hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű merev útpályaszerkezet betonburkolata (e-UT 06.03.35:2008) készíthető.

Az ÚT 2-3.201:2006 útügyi műszaki előírás 6.2.2. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 5.2.2. szakasza szerint – követve az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ EN 206:2013:2013+A1:2017 szabvány felfogását – ha a húzószilárdság vizsgálati eredmények száma  $n < 15$ , akkor a *hajlító-húzószilárdság*  $f_{ctm,fl,test}$  átlagértékéből a jellemző értéket ( $f_{ctk,fl,test}$ ) az  $f_{ctk,fl,test} = f_{ctm,fl,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$  összefüggéssel; és függetlenül attól, hogy a próbahenger formában készült vagy magmintából alakították ki – magminta esetén az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány szerint is – a *hasító-húzószilárdság*  $f_{ctm,sp,test}$  átlagértékéből a jellemző értéket ( $f_{ctk,sp,test}$ ) az  $f_{ctk,sp,test} = f_{ctm,sp,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$  összefüggéssel kell kiszámítani. Az útbeton a húzószilárdság szempontjából akkor felel meg, ha  $f_{ctk,test} \geq f_{ctk}$ , illetve  $1,15 \times f_{ctk,core,test} \geq f_{ctk}$ . Az  $f_{ctk,test} = f_{ctm,test} - 0,5 \text{ N/mm}^2$ , illetve  $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5 \text{ N/mm}^2$  alakú összefüggések az ÚT 2-3.201:2006 útügyi műszaki előírás 6. táblázatában és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatában szereplő  $f_{ctm}$  átlagértékkel nincsenek összhangban, mert e táblázatbeli  $f_{ctm}$  átlagértékeket nem az  $f_{ctm} = f_{ctk} + 0,5 \text{ N/mm}^2$ , hanem az  $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$  összefüggéssel számították ki.<sup>111</sup> A gyakorlatban célszerű az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatának nagyobb biztonságot adó előírt  $f_{ctm}$  húzószilárdsági átlagértékeit meghatározónak tekinteni, és a kifogásolható  $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5 \text{ N/mm}^2$  alakú összefüggések alkalmazását mellőzni.

Ha a húzószilárdság vizsgálati eredmények száma  $n \geq 15$ , akkor a húzószilárdság  $f_{ctm}$  átlagértékét az ÚT 2-3.201:2006 útügyi műszaki előírás 6.2.2. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 5.2.2. szakasza alatti  $f_{ctm} = f_{ctk} + 1,48 \times \sigma_{húzó}$  összefüggés helyett az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 és az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletével összhangban, a húzószilárdság 50% elfogadási valószínűsége érdekében (lásd

<sup>111</sup> Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerint a húzószilárdság átlagértéke és jellemző értéke közötti összefüggés:  $f_{ctm} = f_{ctk}/0,7 = 1,429 \times f_{ctk}$ .

1980-1982 között a magyar betonos szabványokban (például: MSZ 4720-2:1980) a jellemző értéket még megfelelő biztonsággal, a  $t = 1,645$  értékű alulmaradási tényező és az  $s_{rel} = 0,15$  értékű variációs tényező alkalmazásával számították ki (lásd e könyv 8.3. fejezetét), amelyből  $f_{ctk} = f_{ctm} - t \times s = f_{ctm} - t \times f_{ctm} \times s_{rel} = (1 - t \times s_{rel}) \times f_{ctm} = 0,75 \times f_{ctm}$ , illetve  $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$  adódik, amivel bár pusztán véletlen is lehet, mégis érdekes, hogy egyezőséget mutat az ÚT 2-3.201:2006 útügyi műszaki előírásban és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezetben alkalmazott  $f_{ctm} = 1,33 \times f_{ctk}$  összefüggés.

e könyv 20.1.5.5. fejezetét) az  $f_{ctm} = f_{ctk} + t_n \times \sigma_{húz}$  összefüggéssel javasolt előírni, illetve meghatározni, ahol  $t_n$  a Student-féle alulmaradási tényező és  $\sigma_{húz}$  a húzószilárdságnak a kezdeti gyártás során legalább 35 egymás utáni vizsgálati eredményből meghatározott szórása, amely 35-nél kevesebb vizsgálati eredmény esetén azok  $s_{húz}$  szórásával helyettesíthető.

A hasító-húzószilárdság vizsgálatát e könyv 20.3.2. fejezetében, a hajlító-húzószilárdság vizsgálatát e könyv 20.3.3. fejezetében tárgyaljuk.

Az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírásban és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezetben megadták a húzószilárdsági osztályoknak megfelelő nyomószilárdsági osztályokat is. A nyomószilárdságot 28 napos korban, a kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren kell az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány szerint megmérni, és a Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára kell átszámítani. Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványban ajánlják, hogy a betonburkolat nyomószilárdsági osztálya legalább CC20 legyen.

Az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6.2.1. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 5.2.1. szakasza szerint – követve az MSZ EN 13877-2:2013, MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ EN 206:2013:2013+A1:2017 szabvány felfogását – ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények száma  $n < 15$ , akkor a nyomószilárdság  $f_{cm, test}$  átlagértékéből a jellemző értéket ( $f_{ck, test}$ ) az  $f_{ck, test} = f_{cm, test} - 4$  összefüggéssel kell kiszámítani, N/mm<sup>2</sup> mértékegységben. A útbeton a nyomószilárdság szempontjából akkor felel meg, ha  $f_{ck, test} \geq f_{ck}$ , illetve  $1,15 \times f_{ck, core, test} \geq f_{ctk}$ . Az  $f_{ck, test} = f_{cm, test} - 4$ , illetve  $f_{ck} = f_{cm} - 4$  alakú összefüggések az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6. táblázatában és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatában szereplő  $f_{ctm}$  átlagértékkel nincsenek összhangban, mert e táblázatbeli  $f_{ctm}$  átlagértékeket nem az  $f_{cm} = f_{ck} + 4$ , hanem az MSZ EN 1992-1-1:2010 felfogása szerinti  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  összefüggéssel számították ki.

A gyakorlatban célszerű az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 3. táblázatában szereplő, nagyobb biztonságot adó előírt  $f_{ctm}$  húzószilárdsági átlagértékeket meghatározónak tekinteni, és a kifogásolható  $f_{ck} = f_{cm} - 4$  alakú összefüggések alkalmazását mellőzni.

Ha nyomószilárdság vizsgálati eredmények száma  $n \geq 15$ , akkor a nyomószilárdság  $f_{cm}$  átlagértékét az ÚT 2-3.201:2006 ütügyi műszaki előírás 6.2.1. szakasza és az e-UT 06.03.31:2017 ütügyi műszaki előírástervezet 5.2.1. szakasza alatti  $f_{ctm} = f_{ctk} + 1,48 \times \sigma_{húz}$  összefüggés helyett az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 és az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletével összhangban, a húzószilárdság 50% elfogadási valószínűsége érdekében (lásd e könyv 20.1.5.5. fejezetét) az  $f_{cm} = f_{ck} + t_n \times \sigma_{nyomó}$  összefüggéssel javasolt előírni, illetve meghatározni, ahol  $t_n$  a Student-féle alulmaradási tényező és  $\sigma_{nyomó}$  a nyomószilárdságnak a kezdeti gyártás során legalább 35 egymás utáni vizsgálati eredményből meghatározott szórása, amely 35-nél kevesebb vizsgálati eredmény esetén azok  $s_{húz}$  szórásával helyettesíthető.

Az útpályabetonok szilárdság-vizsgálati próbatesteinek alakját és méretét az ütügyi műszaki előírások alapján a 9.1. táblázatban foglaltuk össze.

### 9.1. táblázat: Útpályabetonok szilárdság-vizsgálati próbatestjeinek alakja és mérete

Vizsgálat	Próbatest alakja mérete, mm			
	Sablonban készült			Betonburkolatból fűrt magmintából kivágott
	próbakocka	próbagerenda	próbahenger	
Nyomószilárdság	150×150×150	–	Ø150×300	Ø100×100 <sup>1)</sup>

				Ø100×200 <sup>2)</sup> Ø150×150 <sup>3)</sup>
Hajlító- húzószilárdság	–	150×150×600	–	–
Hasító- húzószilárdság	–	–	Ø150×300	Ø150×150
A betonburkolatból fűrt magmintából kivágott, vegyesen tárolt próbahengeren mért nyomószilárdságot ( $f_{ci, is, cyl, test, H}$ ) a következő összefüggéssel át kell számítani a végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengeren mért nyomószilárdságra ( $f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test}$ ):				
1) $f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times (0,83/1,09) \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 100, test, H} = 0,75 \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 100, test, H}$				
2) $f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times 1,18 \times (0,83/1,09) \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 200, test, H} = 0,88 \times f_{ci, is, cyl, Ø100 \times 200, test, H}$				
3) $f_{ci, cyl, Ø150 \times 300, test} = 0,98 \times (1,0/1,18) \times f_{ci, is, cyl, Ø150 \times 150, test, H} = 0,83 \times f_{ci, is, cyl, Ø150 \times 150, test, H}$				

Az útpályabetonok húzószilárdsági és nyomószilárdsági osztályainak tartalmát a 9.2. táblázatban tekintettük át, és ugyanitt mutatjuk be, hogy az útpályabetonok húzószilárdsági osztálya miként felel meg a nyomószilárdsági osztálynak.

**9.2. táblázat:** Útpályabetonok szilárdsági osztályának értelmezése és követelményei<sup>1)</sup>

Útpályabetonok szilárdsági osztálya	CP3/2	CP3,5/2,4	CP4/2,7	CP4,5/3,5 »CP4,5/3«
Hajlító-húzószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített 150×150×600 mm méretű próbagerendán, két pontos terheléssel meghatározott érték, legalább				
Hajlító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-1:2013 szerint értelmezve	F3,0	F3,5	F4,0	F4,5
Jellemző érték, $f_{ctk, fl}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	3,0	3,5	4,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	3,5	4,0	4,5
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm, fl}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm, fl} = 1,33 \times f_{ctk, fl}$	4,0	4,6	5,3	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat <sup>2)</sup> $f_{ctm, fl} = 1,33 \times f_{ctk, fl}$	–	4,6	5,3	6,5 »6,0«
Hasító-húzószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített Ø150×300 mm méretű próbahengeren meghatározott érték, legalább				
Hasító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-1:2013 szerint értelmezve	S2,4	S2,7	S3,0	S3,8 »S3,3«
Jellemző érték, $f_{ctk, sp}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	2,4	2,7	3,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	2,7	3,0	3,5 »3,3«
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm, sp}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm, sp} = 1,33 \times f_{ctk, sp}$	3,2	3,6	4,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat <sup>2)</sup> $f_{ctm, sp} = 1,33 \times f_{ctk, sp}$	–	3,6	4,0	5,0 »4,4«
Hasító-húzószilárdság 28 napos korban, kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren meghatározott érték, legalább				
Hasító-húzószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-2:2013 szerint értelmezve	SC2,0	SC2,4	SC2,7	SC3,5



				»SC3,0«
Jellemző érték, $f_{ctk,sp,core}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	2,0	2,4	2,7	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	2,4	2,7	3,2 <sup>4)</sup> »3,0«
Átlagérték (várható érték), $f_{ctm,sp,core}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$	3,2	3,6	4,0	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat <sup>3)</sup> $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$	–	–	–	–
		»3,2«	»3,6«	»4,0«

A 9.2. táblázat folytatódik

## A 9.2. táblázat folytatása

Útpályabetonok szilárdsági osztálya	CP3/2	CP3,5/2,4	CP4/2,7	CP4,5/3,5 »CP4,5/3«
Nyomószilárdság 28 napos korban, kifűrt magmintából kivágott Ø150×150 mm méretű, tömegállandóságig víz alatt tárolt próbahengeren meghatározott és Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságára átszámított érték, legalább				
Nyomószilárdsági osztály				
MSZ EN 13877-2:2013 szerint értelmezve	CC20	CC25	CC30	CC35
Jellemző érték, $f_{ck,core}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	20	25	30	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	25	30	33 <sup>4)</sup> »35«
Átlagérték (várható érték), $f_{cm,core}$ , N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{cm,core} = f_{ck,core} + 8$	28	34 »33«	40 »38«	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat $f_{cm,core} = f_{ck,core} + 8$	–	34 »33«	40 »38«	45 »43«
Nyomószilárdság 28 napos korban, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, formában készített 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott érték, legalább				
Nyomószilárdsági osztály				
MSZ EN 1992-1-1:2010 szerint értelmezve $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 8/0,81$	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45
MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3. szakasza szerint értelmezve az üzemi műszaki előírások szerinti átlagértékek biztosításához $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 4$	C30/37	C30/37	C35/45	C45/55
MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezve az üzemi műszaki előírások szerinti átlagértékek biztosításához $f_{ck,cube} \geq f_{cm,cube} - 6$	C25/30 – AC <sub>50</sub> (H)	C30/37 – AC <sub>50</sub> (H)	C35/45 – AC <sub>50</sub> (H)	C40/50 – AC <sub>50</sub> (H)
Jellemző érték, $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 4. táblázat	25	30	37	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 4. táblázat	–	30	37	40 »45«
Átlagérték (várható érték), $f_{cm,cube}$ N/mm <sup>2</sup>				
ÚT 2-3.201:2006, 6. táblázat $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \gg 8/0,81 = + 10\llcorner$	33 »35«	40	45 »47«	–
e-UT 06.03.31:2017 tervezet, 3. táblázat $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \gg 8/0,81 = + 10\llcorner$	–	40	45 »47«	50 »55«
Megjegyzés:				
1) »Lúdláb« jelben a logikailag idekívánkozó értékeket tüntettük fel.				
2) A hajlító-húzószilárdságnak az „e-UT 06.03.31:2017 tervezet” sorokban szereplő átlagértékei többé-kevésbé elfogadhatóak, de azokat nem az e-UT 06.03.31:2017 üzemi műszaki előírástervezet 5.2.2. szakaszában előírt $f_{ctk} = f_{ctm} - 0,5$ alakú összefüggésből számították ki, amiért ezt a kifogásolható előírást célszerű figyelmen kívül hagyni.				
3) Az e-UT 06.03.31:2017 üzemi műszaki előírástervezet 3. táblázatában nem található adat a kifűrt magmintából kivágott próbahengeren mért hasító-húzószilárdság előírt várható értékére (átlagértékére) Minthogy az előírt jellemző értékhez előírt átlagértéknek is kell tartoznia, a hiányzó átlagértékeket az $f_{ctm,sp,core} = 1,33 \times f_{ctk,sp,core}$ összefüggéssel meghatároztuk és »lúdláb« jelben megadtuk.				
4) Amennyiben egy rétegben épül.				

A fűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, különböző magasság/átmérő arányú próbahengerek nyomószilárdságának az azonos átmérőjű, de 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára való – az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezetnek megfelelő – átszámítási tényezőjét a 9.3. táblázatban tüntettük fel. E táblázat szerint a fűrt magmintából kialakított, vegyesen tárolt, 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságát  $1/1,18 = 0,85$  értékkel megszorozva a vegyesen tárolt, ugyanolyan átmérőjű, 2,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára jutunk. Ezt 0,98 értékkel szorozva – ha a vizsgálatot  $\emptyset 150 \times 150$  mm méretű próbahengeren végeztük – megkapjuk a végig víz alatt tárolt,  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű próbahenger nyomószilárdságát.

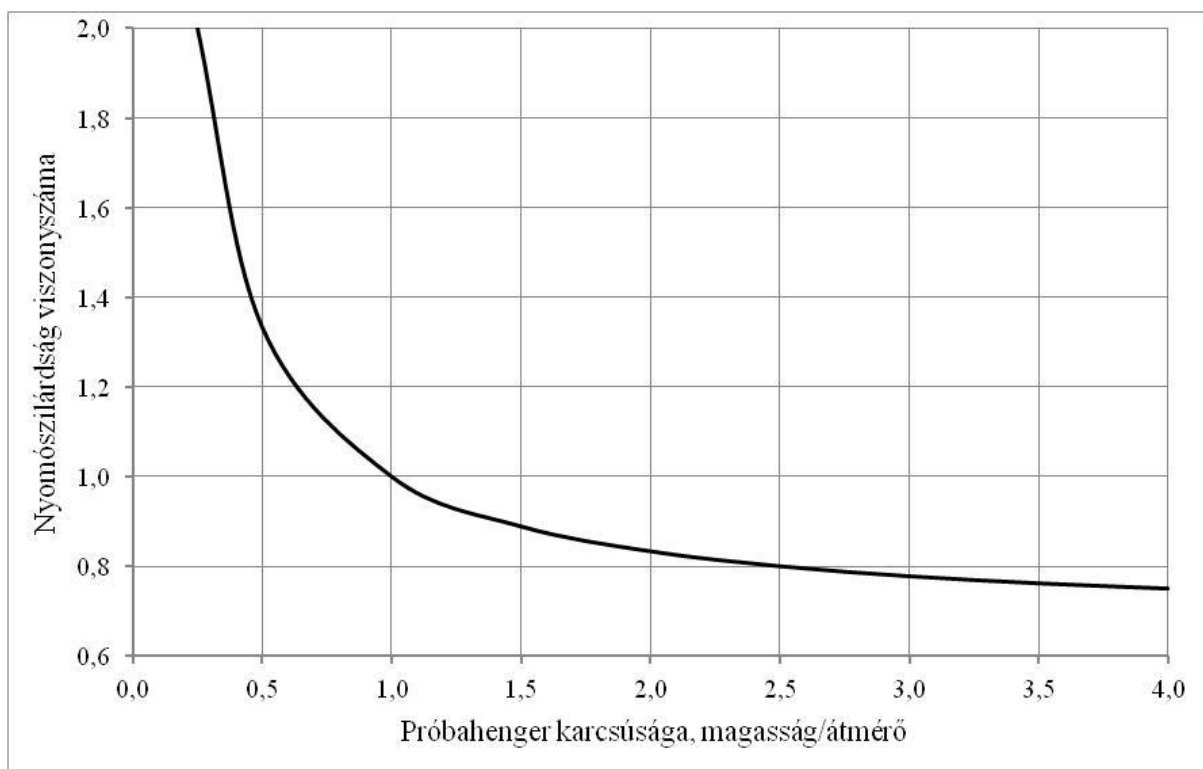
**9.3. táblázat:** A nyomószilárdság átszámítási tényezője azonos átmérőjű, vegyesen tárolt próbahengerek magasság/átmérő aránya függvényében az 1,00 magasság/átmérő arányú próbahenger nyomószilárdságára az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázata és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 5. táblázata szerint

Magasság/átmérő aránya	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
Nyomószilárdság átszámítási tényezője	1,00	1,07	1,12	1,16	1,18
Például:	$f_{c, is, cyl, \emptyset 150 \times 300, H} = (1/1,18) \times f_{c, is, cyl, \emptyset 150 \times 150, H} = 0,85 \times f_{c, is, cyl, \emptyset 150 \times 150, H}$ $f_{c, is, cyl, \emptyset 100 \times 200, H} = (1/1,18) \times f_{c, is, cyl, \emptyset 100 \times 100, H} = 0,85 \times f_{c, is, cyl, \emptyset 100 \times 100, H}$				

Wesche (1993) szerint a nyomószilárdság viszonyszáma a próbahenger karcsúsága függvényében a következő összefüggéssel fejezhető ki (9.1. ábra):

$$\text{Nyomószilárdság viszonyszáma} = \frac{2 + \frac{1}{\text{magasság/átmérő}}}{3}$$

Eszerint a magasság/átmérő = 1,0 arányú próbahenger nyomószilárdsága a magasság/átmérő = 2,0 arányú próbahenger nyomószilárdságának 1,2-szerese, következésképpen  $f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 150} = 1,2 \times f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 300}$ , például az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány szerinti C20/25 nyomószilárdsági osztályú beton esetén  $f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 150} = 1,2 \times (20+8) = 33,6 \text{ N/mm}^2$ . Átrendezve az  $f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 150} = 1,2 \times f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 300}$  összefüggést kapjuk, hogy  $f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 300} = 0,83 \times f_{cm, cyl, \emptyset 150 \times 150}$ , amelyben szereplő 0,83-os szorzóhoz az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírástervezet 0,85 értékű szorzója jól közelít.



**9.1. ábra:** A próbahenger nyomószilárdságának viszonyyszáma a henger karcsúságának (magasság/átmérő) függvényében vegyes tárolás esetén (*Wesche, Band 2, 1993*)

A roncsolásos nyomószilárdság vizsgálattal e könyv 20.1.1. fejezetében, a magmintából kialakított próbahengerek nyomószilárdságának értékelésével e könyv 20.1.8.1. fejezetében foglalkozunk.

A német *TL BetonStB 07 (2007)* műszaki követelmények 4. fejezete – amely a korabeli DIN 18316 szabvány 2.1.6 szakaszára hivatkozik – szerint az útbetonok nyomószilárdsági osztálya valamennyi betonútépítési osztályban legalább C30/37, a beton három próbahasábon mért hajlító-húzószilárdságának átlaga a típusvizsgálat során az SV és I-III betonútépítési osztályban legalább 4,5 N/mm<sup>2</sup>, a IV-VI betonútépítési osztályban legalább 3,5 N/mm<sup>2</sup> legyen. A német betonútépítési osztályok és forgalmi terhelési osztályok a 9.4. táblázat szerintiék, és összehasonlításként a 9.5. táblázatban az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírásstervezetben szereplő forgalmi terhelési osztályokat tüntettük fel.

**9.4. táblázat:** Német betonútépítési osztályok az RStO 12 (2012) műszaki irányelv szerint

Forgalmi terhelési osztály jele	10 tonna (100 kN) egyenértékű tengelyáthaladások száma, millió db	Példa	Betonútépítési osztály
Bk100	> 32,0	Autópályák, gyorsforgalmi utak	SV
Bk32	10,0 – 32,0	Ipari utak	I
Bk10	3,2 – 10,0	Főközlekedési utak	II
Bk3,2	1,8 – 3,2	Bekötőutak	III
Bk1,8	1,0 – 1,8	Gyűjtőutak és kisforgalmú főközlekedési utak	III
Bk1,0	0,3 – 1,0	Lakóutak	IV
Bk0,3	< 0,3	Kisforgalmú lakóutak	V és VI

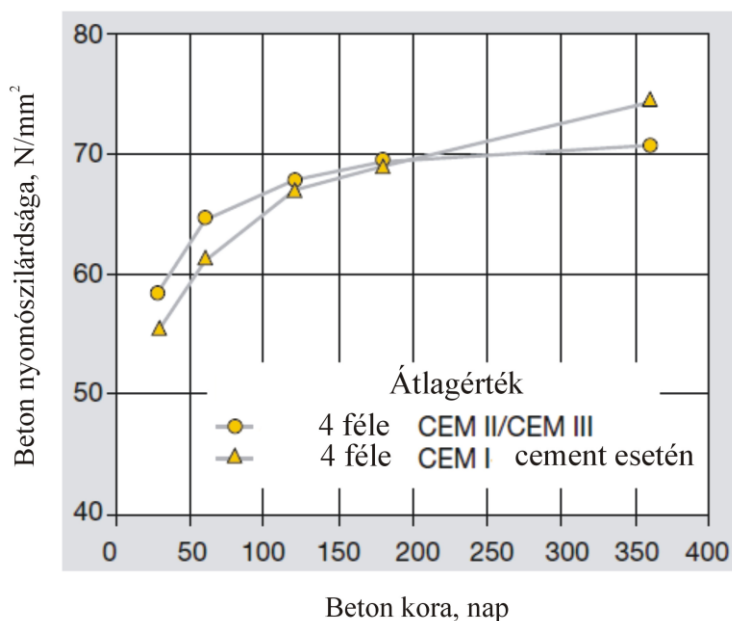
**9.5. táblázat:** Forgalmi terhelési osztályok az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírastervezet szerint

Forgalmi terhelési osztály jele	Forgalom jellemzése	10 tonna (100 kN) egyenértékű tengely-áthaladások száma, millió db
R	Rendkívül nehéz	> 30,0
K	Különösen nehéz	10,0 – 30,0
E	Nagyon nehéz	3,0 – 10,0
D	Nehéz	1,0 – 3,0
C	Közepes	0,3 – 1,0
B	Könnyű	0,1 – 0,3
A	Nagyon könnyű	< 0,1

A német *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás 3.2.3.2 szakasza szerint a sablonban készült 150×150 mm keresztmetszetei méretű, legalább 525 mm ( $3,5 \times 150 = 525$  mm) hosszúságú próbahasáb hajlító-húzószilárdságát harmad-pontos terheléssel 28 napos korban kell a DIN EN 12390-5 szabványnak megfelelően meghatározni.

A *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás 4.2.4 szakaszában úgy rendelkeznek, hogy a betonburkolatból, illetve beton teherhordórétegből legkorábban a beton 14 napos korában szabad a magmintát kifűrni, és a nyomószilárdság vizsgálatig  $20 \pm 2$  °C hőmérsékleten, zárt térben, levegőn kell tárolni. A kifűrt magminták átmérője 150 mm legyen, amelyekből 150 mm magas próbahengereket kell kivágni. A próbahengerek nyomószilárdságát a beton 60 napos korában kell meghatározni. Ez az előírás eltér a fenti, érvényes európai szabványoktól és a magyar útügyi műszaki előírásoktól, amelyek szerint a betonburkolatok nyomószilárdságát 28 napos korban kell vizsgálni. A vizsgálati előírásban nem említik, hogy a beton minősítése esetén a 60 napos korban mért nyomószilárdságot át kellene számítani a 28 napos korhoz tartozó értékre; csak hogy ebben az esetben a C30/37 jelölést nem lenne szabad használni, mert az a 28 napos korú beton nyomószilárdsági osztályának a jele.

Közbevetőleg megemlítjük, hogy Müller és szerzőtársai (2013) nyolc-féle CEM I 32,5 R, két különböző gyárból származó CEM I 42,5 N, CEM I 42,5 R, CEM II/A-S 42,5 R, CEM II/B-S 32,5 R, CEM II /B-S 42,5 N és CEM III/A 42,5 N cementtel készített betonok 28, 60, 120, 180 és 360 napos nyomószilárdságát vizsgálták. A betonok szilárdulási sebessége alapján csoportosított kísérleti eredményekből (9.2. ábra) meghatározott időtényezőket (9.6. táblázat) a német szövetségi közlekedési, építési és városfejlesztési miniszter (BMVBS) az ARS 27/2012 közlekedésügyi körlevéllel a ZTV BetonStB 07:2007 kiegészítő szerződési feltételek és építési irányelv részévé tette.



**9.2. ábra:** Az útpályabeton nyomószilárdsága a cement fajtája és a beton kora függvényében (Müller et al. 2013)

Az ábra a 2017. évi Beton Kalendar 1. kötetének IV. fejezetében (Ch. Müller: Zement und seine Anwendung), a 275. oldalon is megtalálható.

Beton kora, nap	Átszámítási tényező, szorzó	
	CEM I	CEM II és CEM III
60	1,00	1,00
120	0,92	0,95
180	0,88	0,93
≥ 360	0,82	0,92

**9.6. táblázat:** A különböző korú útpályabetonok nyomószilárdságának átszámítási tényezője a cement fajtája függvényében a 60 napos korú beton nyomószilárdságára (Müller et al. 2013)

A *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás szerint a vegyesen tárolt próbahengerek nyomószilárdságát a végig víz alatt tárolt próbahengerek nyomószilárdságának meghatározásához 0,92 értékű átszámítási tényezővel meg kell szorozni. Ha a kifűrt magmintából kialakított, 150 mm átmérőjű próbahenger magassága nem 150 mm, akkor a nyomószilárdság vizsgálat eredményét a 9.7. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel el kell osztani.

**9.7. táblázat:** Osztó tényező a 150 mm átmérőjű, átmérő/magasság  $\neq 1,0$  arányú próbahenger nyomószilárdságának átszámítására 150 mm magas próbahenger nyomószilárdságára a német *TP BetonStB 10* (2010) vizsgálati előírás szerint

Próbahenger magassága, mm	Osztó tényező
100	1,12
120	1,07
140	1,02
150	1,00
160	0,98
180	0,94

Próbahenger magassága, mm	Osztó tényező
200	0,91
220	0,89
240	0,87
260	0,86
300	0,85

Az egykori Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat (ÉKSZ 1970) „VI. kötet. Közlekedési Mélyépítmények. 4. munkanem. Beton pályaburkolatok” kötet E.5 fejezetében a betonburkolatból kivágott, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák nyomószilárdságának és az ehhez tartozó hajlító-húzószilárdságnak a megkövetelt átlagértékét adták meg. Ugyanitt megtalálható a betonpályaburkolat megengedett vízfelvétele is (9.8. táblázat).

**9.8. táblázat:** A betonburkolatból kivágott, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák előírt átlagos nyomószilárdsága és az ehhez tartozó előírt átlagos hajlító-húzószilárdsága, valamint a betonpályaburkolat megengedett vízfelvétele az érvényét vesztt 1970. évi ÉKSZ VI. kötet. E.5 fejezete szerint

Burkolat csoport	A tervben előírt szilárdság		I.		II.		III.	
	Nyomó-	Húzó-	minőségi osztály esetén					
			Nyomó-	Hajlító-húzó-	Nyomó-	Hajlító-húzó-	Nyomó-	Hajlító-húzó-
szilárdság átlagértéke, legalább, N/mm <sup>2</sup>								
V.	45	5,0	45	5,0	42	4,5	40	4,0
IV.	40	4,5	40	4,5	36	4,0	32	3,6
III.	32	4,0	32	4,0	30	3,6	28	3,2
II.	28	3,5	28	3,5	26	3,2	24	2,8
I.	24	3,0	24	3,0	22	2,7	20	2,4
Vízfelvétel, legfeljebb, tömeg%								
V.			5		6		7	
IV.			5		6		7	
III.			6		7		8	
II.			7		8		9	
I.			8		9		10	

Még korábbi az MSZ 15123:1952 beton útburkolási szabvány, amelyben az acélformában készített 200×200×700 mm méretű, a betonút utókezelésével azonos módon utókezelt próbahasábok hajlító-húzószilárdság vizsgálatát a beton 42 napos korában írták elő. A betonburkolat hajlító-húzószilárdságának megkövetelt átlagértéke legalább 4,5 N/mm<sup>2</sup>, legkisebb egyedi értéke legalább 3,5 N/mm<sup>2</sup> volt. Az MSZ 15125:1952 szabvány szerint a repülőterek guruló- és futópályái betonburkolatából kimunkált, 42 napos korú próbahasábok átlagos hajlító-húzószilárdsága legalább 5,0 N/mm<sup>2</sup>, a kész betonpályából kimunkált, legalább 100 mm élhosszúságú, 42 napos korú próbakockák átlagos nyomószilárdsága legalább 50 N/mm<sup>2</sup> kellett legyen.

Az 1950-es években az útépitésben általános volt betonburkolatok 42 napos korú szilárdságvizsgálata; 42 napos korban a tervezési irányelvekben 4,5 N/mm<sup>2</sup> hajlító-húzószilárdsággal jellemezték például a főközlekedési utak (MSZ 15266:1952 R), az alsóbbrendű utak (MSZ 11346:1954 R), a városi és községi utak (KPMSZ KT/1:1954) és az ipartelepi belső utak (MSZ 11336:1952 R) betonburkolatát is.

Az 1980-as években a beton pályaburkolatok kifűrt magmintáiból kialakított, Ø150×150 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának jellemző értékét 60 napos korban határozták meg. Az MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint a beton pályaburkolatok friss betonjából készített 28 napos korú próbakockák nyomószilárdságának és próbagerendák hajlító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke, valamint a betonburkolatból kifűrt magmintákból kialakított 60 napos korú próbahengerek nyomószilárdságának és hasító-húzószilárdságának előírt jellemző értéke a 9.9. táblázat szerinti volt. Az MSZ-07 3212-3:1981 szabványban a betonburkolat megengedett vízfelvétele megegyezett az I.-IV. burkolat csoportban az 1970. évi ÉKSZ VI. kötet. E.5 fejezetében megengedett értékkel (9.8. táblázat).

**9.9. táblázat:** A pályaburkolatok betonja szilárdságának előírt jellemző értéke az érvényét veszített MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint

Burkolat csoport		Friss betonból formában készített		Ø150×150 mm méretű, a kész betonburkolatból kifűrt magmintából kialakított próbahengeren mért	
		200 mm élhosszúságú próbakockán mért	150×150×700 mm méretű próbahasábon mért		
jele	alkalmazási területe	nyomószilárdság	hajlítóhúzószilárdság	nyomószilárdság	hasítóhúzószilárdság
		előírt jellemző értéke, N/mm <sup>2</sup>			
		28 napos korban		60 napos korban	
IV.	Repülőtér, autópálya, főút	31	3,6	28	3,0
III.	Alsórendű út	25	3,2	24	2,6
II.	Mezőgazdasági út	22	2,8	20	2,2
I.	Kerékpár- és gyalogút	19	2,4	18	1,7

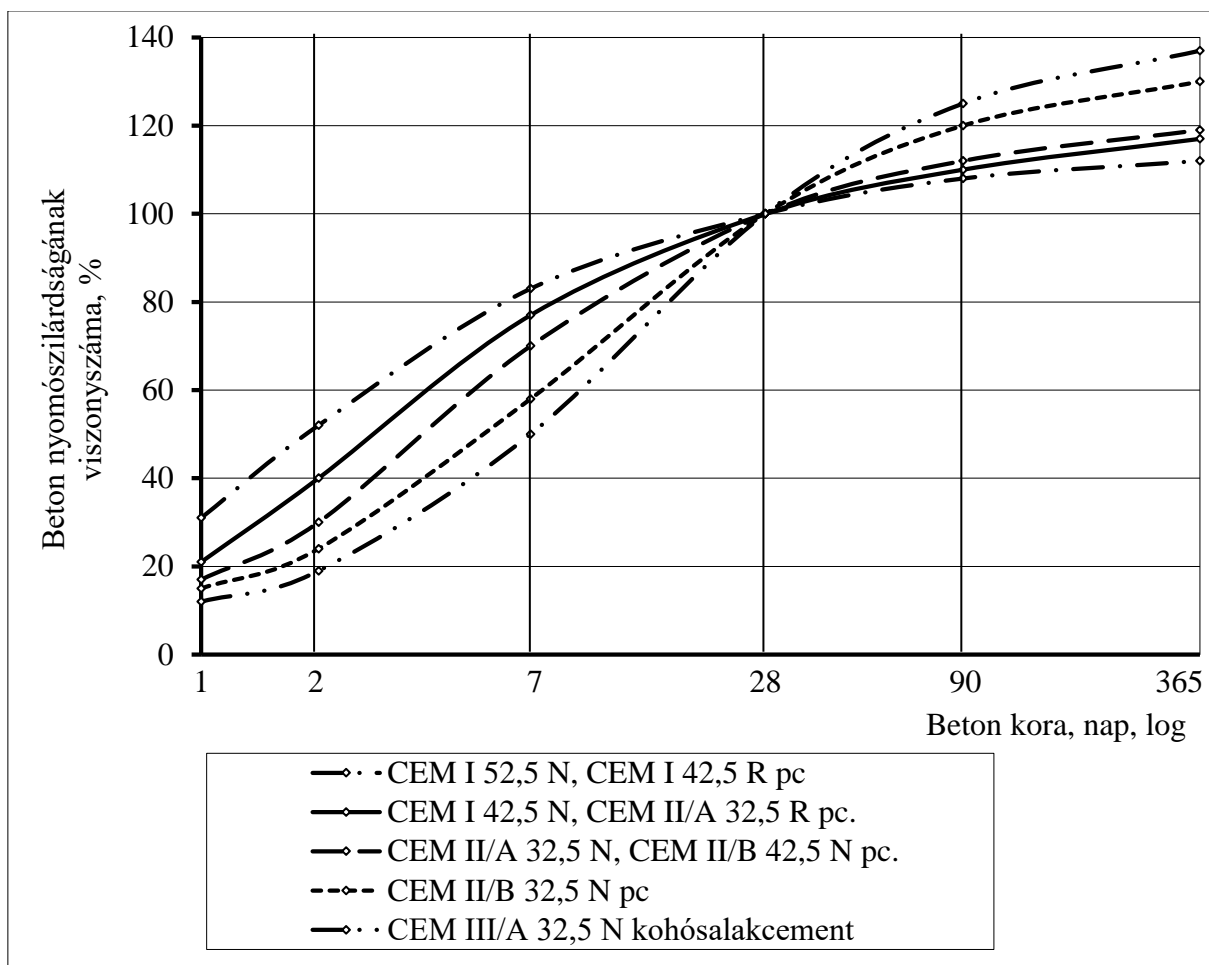
Az MSZ-07 3212-3:1981 szabvány táblázatot tartalmazott a 150 mm átmérőjű, de a 150 mm magasságtól eltérő magasságú 60 napos magminta próbahengerek nyomószilárdságának és hasítóhúzószilárdságának átszámítási (korrekciós) szorzó tényezőire (9.10. táblázat). A nyomószilárdság MSZ-07 3212-3:1981 szabványban közölt átszámítási tényezői lényegében megegyeznek a MSZ EN 13877-2:2013 szabvány és az e-UT 06.03.31:2017 útügyi műszaki előírásstervezet átszámítási tényezőivel (lásd a 9.3. táblázatot).

**9.10. táblázat:** A 150 mm átmérőjű, de a 150 mm magasságtól eltérő magasságú 60 napos útbeton magminta próbahengerek nyomószilárdságának és hasítóhúzószilárdságának átszámítási (korrekciós) szorzó tényezői az érvényét veszített MSZ-07 3212-3:1981 szabvány szerint

150 mm átmérőjű henger magassága, mm	Nyomószilárdság	Hasítóhúzószilárdság
	átszámítási (korrekciós) szorzó tényezője	
15	1,00	1,00
16	1,02	1,02
18	1,06	1,04
20	1,10	1,07
22	1,12	1,09
24	1,15	1,12
26	1,16	1,15
30	1,18	1,21

Mint ahogy fenn a pályaburkolatból kifűrt vagy kivágott betonpróbatetek 42 napos és 60 napos korban végzett nyomószilárdság vizsgálatáról szót ejtettünk, és az MSZ 4798:2016 szabvány 4.3. fejezetében és O mellékletében is foglalkoznak a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságával, nem érdektelen idézni *Palotás László* és *Balázs György* professzort (1980), akik külföldi és hazai adatok alapján a különböző cementekkel készített betonok szilárdulásának viszonyát jelleggörbén mutatták be (9.3. ábra).





**9.3. ábra:** Különböző cementekkel készített betonok nyomószilárdságának viszonyyszáma a beton korának függvényében (*Palotás – Balázs 1980*)

**Összegezve:** Az útépitési beton burkolatalapok betonjának szilárdságát az e-UT 06.03.32:1993 ütügyi műszaki előírastervezet szerint értelemszerűen az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerinti nyomószilárdsági osztállyal kell jellemezni, mert az tekinthető a visszavont MSZ 4719:1982 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztállyal egyenértékűnek.

Az 1950-1980 években bevezetett, mára érvényüket veszített magyar betonútépitési szabványok és az ÉKSZ (1970) VI. kötet. E.5 fejezete szerint a betonburkolatból kivágott vagy kifürt minták 42 vagy 60 napos szilárdság vizsgálatával nem, vagy nem elsősorban a betont, hanem a megépült betonburkolatot minősítették. E régi magyar előírások mai utóda, az MSZ 4798:2016 betonszabvány csak előzetes írásbeli megállapodás, és alapos indok esetén fogadja el a beton nyomószilárdsági osztályának meghatározását sablonban készített 42, 56, legfeljebb 90 napos korú próbatestek nyomószilárdság vizsgálatára alapján, mert az MSZ 4798:2016 szabvány a betonra, mint termékre vonatkozik, és nem vonatkozik a szerkezetbe már beépített betonra.



## 10. KÖRNYEZETI OSZTÁLY

### 10.1. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÖVETELMÉNYEI

Az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok szerint a betonokat a beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében környezeti osztályokba kell sorolni.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány a környezeti osztályokat a 4.1. táblázatban és szerkezeti osztályokkal, illetve a betonfedéssel kapcsolatban a 4.3.N – 4.5.N táblázatban, a repedéstágasságra vonatkozólag a 7.1.N táblázatban tárgyalja, és a nemzeti melléklet – amely előírás – NA3.1.2. szakaszában a 4. fejezet (5) bekezdéséhez megjegyzik, hogy a környezeti feltételeknek a 4.1. táblázatban szereplőnél részletesebb osztályozása, valamint az XA1-XA3 környezeti osztállyal kapcsolatban a környezet agresszivitásának mértékére vonatkozó határértékek az MSZ EN 206-1 szabványban – következésképpen az MSZ EN 206:2013+A1:2017, az MSZ 4798:2016 és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban – található.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798:2016 szabvány 4.1. fejezetében a környezeti osztályokat az 1. táblázatban ismertetik, és a beton követelményeire az F mellékletben, illetve az F1. táblázatban adnak ajánlást. Az F1. táblázatban szereplő követelmények betartásával 50 év beton használati élettartam várható.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány F1. táblázatának értékei az MSZ EN 197-1:2011 szabvány szerinti CEM I fajtájú 32,5 szilárdsági osztályú cementnek és a 20-32 mm legnagyobb névleges szemmagyságú adalékanyagának a felhasználására vonatkoznak.

Amennyiben a tervezési élettartam eltér az 50 évtől, vagy ha nem CEM I 32,5 osztályú cementet, vagy nem 20-32 mm legnagyobb szemmagyságú adalékanyagot kívánnak a betonkeverékhez alkalmazni, akkor a felhasználható betonösszetételek és az elérendő betontulajdonságok meghatározását e kérdésben jártas szakértőre, illetve betontechnológusra kell bízni.

A Magyarországon kötelezően alkalmazandó környezeti osztályok az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabványnak a NAD F1. táblázatában található.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 11.4. szakasza szerint a *könnyűbetonok* környezeti osztálya célszerűen azonos a szokványos (normál) betonok környezeti osztályával.

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány a környezeti osztályokat az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványhoz képest a kis szilárdságú betonokra (C8/16, C12/16, C16/20), a légbuborék nélküli fagyálló betonokra, az agresszív vizek stb. okozta oldódásos korrózióknak ellenálló betonokra, a kopásálló betonokra, a vízzáró betonokra és a megengedett vagy a megkövetelt levegőtartalom előírásával lényegében a bedolgozott friss betonok testsűrűségére is kiterjeszti, és a környezeti osztályok alkalmazását, és e követelmények betartását *az európai szabványt meghaladó módon kötelezővé teszi.*

Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány szerinti környezeti osztályok és követelmények az 50 év tervezési élettartamú, CEM I 32,5 osztályú cementtel és 20-32 mm legnagyobb névleges szemmagyságú adalékanyaggal készített betonokra a 9.1. táblázatban található. Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány környezeti osztályokkal foglalkozó F melléklete előírás. A táblázatban szereplő követelmények függetlenek attól, hogy a betonra kerül-e szigetelés vagy bevonat, vagy nem kerül. Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek esetén az előírt legkisebb betonfedést ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) is be kell tartani.

**10.1. táblázat:** Beton környezeti osztályai

Alkalmazási terület <sup>1)</sup>	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2), 3)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb <sup>4)</sup>	Friss beton levegőtartalma, hivatkozott táblázat szerint
<b>Káros környezeti hatásoktól mentes beton és vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek korrózióknak ellen nem álló betonja</b>					
Káros környezeti hatás nem éri a betont	XN(H)	C8/10	165	0,90	10.2. tábl.
	Szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
	X0b(H)	C12/15	230	0,75	10.2. tábl.
Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont (nem vasbetont!)	Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges földémbéleltest, üreges válaszfallap, üreges zsaluzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges pince-falazóelem, belső főfali tömör vagy üreges főfal-falazóelem				
	X0v(H)	C16/20	250	0,70	10.2. tábl.
<b>Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetétjeit korróziótól védő, karbonátosodásnak ellenálló betonja</b>					
Száras vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	10.2. tábl.
	Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	10.2. tábl.
	Például: Épületalap, támfalalap, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	10.2. tábl.
	Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz helyen lévő, vízpermettel stb. érintkező beton	XC4	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	Például: Szárnyfal, pincefal, fűrt cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja				
<b>Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetétjeit klorid-korróziótól védő, nem tengervízből származó kloridoknak ellenálló betonja <sup>5) új</sup></b>					
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridokkal (sópárával) érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton	XD1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Vegyipari üzem szerkezete, szabadban lévő szerkezet vegyipari üzem környezetében, sópince és környezete				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton <sup>5)</sup>	XD2	C35/45	320	0,50	10.2. tábl.
	Például: Alépitmény, szárnyfal, kloridtartalmú talajvízzel vagy ipari vízzel érintkező építmény, medence, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek				
Váltakozva nedves és száraz helyen, olvasztósók permetével, sólével érintkező beton <sup>6)</sup>	XD3	C35/45	320	0,45	10.2. tábl.
	Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület <sup>1)</sup>	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2), 3)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb <sup>4)</sup>	Friss beton levegő-tartalma, hivatkozott táblázat szerint
<b>Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek acélbetétjeit klorid-korróziótól védő, tengervízből származó kloridoknak ellenálló betonja</b>					
Tengervízzel nem, de sós tengeri levegővel érintkező beton	XS1	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	Például: Tengerparton lévő szerkezetek, tengervízi akvárium környezete				
Állandóan tengervízbe merülő beton	XS2	C35/45	320	0,45	10.2. tábl.
	Például: Tengervízben álló szerkezetek, tengervízzel töltött akvárium				
Árapálllyal, hullámzó tengervízzel vagy tengervíz permetével érintkező beton	XS3	C35/45	340	0,45	10.2. tábl.
	Például: Tengervízzel érintkező szerkezetek részei				
<b>Függőleges felületű <sup>7)</sup> beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonja <sup>9)</sup></b>					
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű beton, amelyet fagy és csapadék ér, de olvasztósó hatásának nincs kitéve	XF1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	<b>Légbuborékképző adalékszer nélkül</b> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű beton, amelyet fagy és csapadék, vagy a pályaburkolatról felfröccsenő olvasztósós víz, illetve az útpályától legfeljebb 10 m-re olvasztósós vízpermet ér <sup>11)</sup>	XF2	C25/30	300	0,55	10.3. tábl.
	<b>Légbuborékképző adalékszerrel</b> készül a beton. <sup>10)</sup> Példa: Útépitési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek				
	XF2(H)	C35/45	320	0,50	10.2. tábl.
<b>Légbuborékképző adalékszer nélkül</b> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek Alkalmazása útpályaburkolatok, és hídpályaszerkezetek esetén <b>tilos!</b>					
<b>Vízszintes felületű <sup>8)</sup> beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonja <sup>9)</sup></b>					
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű beton, amelyet fagy és csapadék ér, de olvasztósó hatásának nincs kitéve, vagy az útpályától legfeljebb 10 m-re vízpermet ér <sup>11)</sup>	XF3	C30/37	320	0,50	10.3. tábl.
	<b>Légbuborékképző adalékszerrel</b> készül a beton. <sup>10)</sup> Példa: Útépitési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek				
	XF3(H)	C40/50	340	0,45	10.2. tábl.
<b>Légbuborékképző adalékszer nélkül</b> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok, hídpályalemezek esetén <b>tilos!</b>					
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű beton, amelyet csapadék, fagy és olvasztósó közvetlenül ér, vagy az útpályától legfeljebb 10 m-re olvasztósós vízpermet ér <sup>11)</sup>	XF4	C30/37	340	0,45	10.3. tábl.
	<b>Légbuborékképző adalékszerrel</b> készül a beton. <sup>10)</sup> Például: Útpályaburkolatok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hídépítési szerkezetek				
	XF4(H)	C40/50	360	0,40	10.2. tábl.
<b>Légbuborékképző adalékszer nélkül</b> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek Alkalmazása utak, repülőterek és hidak pályaburkolata esetén <b>tilos!</b>					

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület <sup>1)</sup>	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2), 3)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb <sup>4)</sup>	Friss beton levegő-tartalma, hivatkozott táblázat szerint
<b>Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek természetes talajvíz és talaj okozta kémiai korrózióknak ellenálló betonja <sup>12), 13)</sup></b>					
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszelektények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműsatornák				
Mérsékeltén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszelektények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműsatornák				
Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA3	C35/45	360	0,45	10.2. tábl.
	Például: Pincék, alaptestek, fűrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztőszelektények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműsatornák				
<b>Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok okozta kémiai korrózióknak ellenálló betonja <sup>14)</sup></b>					
Közcsatornába bocsátható, enyhén agresszív szennyvizek, valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok	XA4(H)	C30/37	320 <sup>15)</sup>	0,45 <sup>16)</sup>	10.2. tábl.
	Az XA4(H) környezeti osztályba sorolandó: <ul style="list-style-type: none"> <li>- az új létesítésű szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül;</li> <li>- a meglévő, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján;</li> <li>- az enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tároló műtárgyak stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.</li> </ul>				

A 10.1. táblázat folytatódik

A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület <sup>1)</sup>	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2), 3)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb <sup>4)</sup>	Friss beton levegő-tartalma, hivatkozott táblázat szerint
<b>Beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok okozta kémiai korrózióknak ellenálló betonja <sup>14)</sup></b>					
Közcsatornába bocsátható, közepesen agresszív szennyvizek, valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok  A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét ajánlott védőréteggel bevonni!	XA5(H)	C30/37	330 <sup>15)</sup>	0,43 <sup>16)</sup>	10.2. tábl.
	Az XA5(H) környezeti osztályba sorolandó: <ul style="list-style-type: none"> <li>- a szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, új létesítésű, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők és szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül;</li> <li>- a meglévő, közepesen agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján;</li> <li>- a közepesen agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.</li> </ul>				
Közcsatornába bocsátható, fokozottan agresszív szennyvizek, valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok  A beton agresszív folyadékkal és gőzével érintkező felületét védőréteggel kell bevonni!	XA6(H)	C35/45	345 <sup>15)</sup>	0,40 <sup>16)</sup>	10.2. tábl.
	Az XA6(H) környezeti osztályba sorolandó: <ul style="list-style-type: none"> <li>- az új létesítésű, közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzőitől függetlenül;</li> <li>- a meglévő, fokozottan agresszív szennyvizekkel érintkező felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonja a szennyvíz – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján;</li> <li>- a fokozottan agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsis mosók, veszélyeshulladék-tárolók stb. betonja az agresszív közeg – MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2019/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata szerinti – kémiai jellemzői alapján.</li> </ul>				

A 10.1. táblázat folytatódik

## A 10.1. táblázat folytatása

Alkalmazási terület <sup>1)</sup>	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2), 3)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb <sup>4)</sup>	Friss beton levegő-tartalma, hivatkozott táblázat szerint
<b>Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja</b>					
Mérsékelt kopásálló, k14/21 jelű kopásálló kavics- vagy zúzottkőbeton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	10.2. tábl.
	Például: Silók, bunkerek, tartályok könnyű anyagok tárolására, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátandó ipari padlóburkolatok kopásálló réteg nélkül				
Kopásálló, k12/18 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	10.2. tábl.
	Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	10.2. tábl.
	Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőtéri pályaburkolatok, konténer átrakó állomások térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű kopásálló zúzottkőbeton	XK4(H)	C45/55	370	0,38	10.2. tábl.
	Például: Nehéz terheknek, hernyótalpas járműveknek kitett térburkolatok, csarnokok és raktárak padlóburkolata, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
Különlegesen kopásálló, k6/9 jelű kopásálló zúzottkőbeton <sup>17)</sup>	XK5(H) <sup>17)</sup>	C50/60	390	0,35	10.2. tábl.
	Például: Vibropréselt térburkolóelemek				
<b>Vízzáró, illetve nedvességálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja</b>					
Föld alatt, állandóan nedves környezetben, de légköri nyomáson lévő nedvességálló (nem vízzáró) beton vagy ilyenből készülő, de beágyazottsága folytán kevésbé karbonátosodó nedves vasbeton, feszített vasbeton <sup>18)</sup>	XV0(H) <sup>18)</sup>	C25/30	300	0,55	10.2. tábl.
	Például: Föld alatt, de talajvízszint felett lévő szerkezetek, talajnedvességnek vagy talajpárának kitett alapozások, pincefalak, cölöpök vagy olyan mélygarázsok, amelyek környezetében például vízelszívással tartósan megszüntették a víznyomást. Föld alatti vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteknek már az egyoldali karbonátosodási veszélye is indokoltá teheti a beton valamely XC környezeti osztályba sorolását (például mélygarázs vasbetonfala)				
Mérsékelt vízzáró beton (vz50, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 50 mm) <sup>19)</sup>	XV1(H) <sup>19)</sup>	C25/30	300	0,55	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása 2 m-nél kisebb (<2,0 bar). Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalapok, átereszek, folyókák, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelemek, rézsűburkolatok, víztároló medencék, záportárolók, esővízgyűjtők				
Fokozottan vízzáró beton (vz35, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 35 mm) <sup>19)</sup>	XV2(H) <sup>19)</sup>	C30/37	300	0,50	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása: 2 – 10 m (0,2 – 1,0 bar). Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók, föld alatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
Igen vízzáró beton (vz20, a megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás az MSZ EN 12390-8:2009 szerint vizsgálva 20 mm) <sup>19)</sup>	XV3(H) <sup>19)</sup>	C30/37	300	0,45	10.2. tábl.
	A szerkezetre ható vízoszlop nyomása: 10 m-nél nagyobb (>1,0 bar). Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak				

A 10.1. táblázat folytatódik



## A 10.1. táblázat folytatása

- 1) Ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor ezeket a hatásokat a környezeti osztályok MSZ 4798:2016 szabvány F mellékletének (23) szakasza szerinti társításával (kombinálásával) kell kifejezni (lásd e könyv 10.2. fejezetét).
- 2) Vasbetont az MSZ 4798:2016 szabvány szerint csak legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonból, feszített vasbetont az MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2013 szabvány szerint csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni.
- Az e-UT 07.02.14:2011 közúti hidépítési útügyi műszaki előírás 2.2.1. szakasza a feszített vasbetonelemek legkisebb betonnyomószilárdsági osztályaként a C30/37 jelű nyomószilárdsági osztályt jelöli meg, míg az e-UT 07.01.14:2011 közúti hídtervezési útügyi műszaki előírás 1. táblázata szerint feszített vasbeton hídszerkezetek, üzemben előregyártott hídgerendák készítéséhez legalább C40/50 nyomószilárdsági osztályú betont kell használni.
- 3) Ha a beton nyomószilárdsági osztályát nem az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány, hanem az Eurocode 2 (MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 1992-2:2009, MSZ EN 1992-3:2011), illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és számítják, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC<sub>50</sub>(H) kísérőjelet (lásd e könyv 20.1.5.5. fejezetét).
- A 100 év tervezési élettartamú, legalább C20/25 nyomószilárdsági osztályú betonok nyomószilárdsági osztályát – beleértve a nagyszilárdságú betonok ( $\geq$  C55/67) nyomószilárdsági osztályát is – az Eurocode 2 szabvánnyal való egyezés érdekében mindenképpen az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint ajánlott meghatározni (lásd e könyv 20.1.5.5. fejezetét).
- CEM III kohósalakcementtel, illetve nagy mennyiségű ( $\geq$  40 tömeg%) örölt granulált kohósalak kiegészítőanyaggal kevert portlandcementtel készített beton esetén a nyomószilárdsági osztály az MSZ 4798:2016 szabvány 4.3.1. szakasza 2. megjegyzésének figyelembevételével a 28 napostól eltérő korú nyomószilárdsággal is kifejezhető (lásd e könyv 8.2. fejezetét).
- 4) A beton összetétel e táblázatban szereplő értékeit CEM 32,5 jelű cement alkalmazásának feltételezésével határozták meg. A környezeti osztályok követelményei szempontjából a beton nyomószilárdsága és a víz-cement tényező közül a víz-cement tényező a döntő: hiába nagyobb az 52,5 vagy 42,5 szilárdsági osztályú cementtel készített beton nyomószilárdsága, mint a 32,5 szilárdsági osztályú cementtel készítetté, a víz-cement tényezőt a – az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány F1. táblázatában, illetve az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány NAD F1. táblázatában szereplő – megengedett legnagyobb értékhez képest megnövelni nem szabad. Ha CEM 42,5 vagy CEM 52,5 jelű cementtel készül a beton, az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F1. és NAD F1. táblázatának értékeit akkor is alkalmazni kell, és akkor sem szabad a víz-cement tényezőt e táblázatban megengedett érték fölé emelni, vagy a megköveteltnél kevesebb cementet adagolni.
- Az 50 év tervezési élettartamú betonok egyedi (egyes) tényleges víz-cement tényezője, víz-kötőanyag tényezője és hatékony víz-kötőanyag tényezője a megengedett legnagyobb értéket legfeljebb +0,02 értékkel lépheti túl.

A 10.1. táblázat folytatódik

## A 10.1. táblázat folytatása

Az 50 év tervezési élettartamú betonok egyedi (egyed) tényleges cementtartalma, kötőanyagtartalma és hatékony kötőanyagtartalma a megkövetelt legkisebb értéknél legfeljebb  $10 \text{ kg/m}^3$ -rel lehet kevesebb.

100 év tervezési élettartamú betonok esetén a megengedett víz-cement, illetve víz-kötőanyag tényező az e táblázatban szereplő értéknél,

- ha az 0,50, vagy annál nagyobb, akkor 10%-kal kisebb (például 0,50 helyett 0,45),
- ha az 0,50-nál kisebb és eléri a 0,40 értéket, akkor 5%-kal kisebb (például 0,40 helyett 0,38).

5) Az XD környezeti osztály a jelében szereplő D betű (deicing = jégtelenítősó) sugallata ellenére minden édesvízi eredetű só acélbetét-károsító (és tegyük hozzá, erősítő acélszál-károsító) hatása esetén alkalmazandó.

6) Az agresszív vízzel (talajvízzel, egyéb természetes vízzel, szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal) érintkező vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint akkor kell XD2 környezeti osztályba sorolni, ha az agresszív víz kloridtartalma  $\text{Cl}^- > 500 \text{ mg/liter}$ .

A talajvíz és természetes víz kloridiontartalmát az MSZ 18094-11:1979 szabvány szerint, a szennyvizek és egyéb agresszív vizek kloridiontartalmát az MSZ 260-6:1977 vagy az MSZ EN ISO 10304-1:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Az XD2 környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.

7) Ha a beton, vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezetet olvasztósók és fagyási-olvadási ciklusok hatása éri, akkor a betont az XD3 környezeti osztályon kívül az XF2, XF2(H), XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályba is kell sorolni.

Az XD3 környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.

8) A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb. A fogalom az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 1 táblázatából származik.

9) A felületet vízszintesnek kell tekinteni, ha lejtése legfeljebb 5%. A fogalom az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 1 táblázatából származik.

10) Az XF1, XF3 és XF3(H) környezeti osztályú fagyálló betonok, illetve az XF2, XF2(H), XF4 és XF4(H) környezeti osztályú fagy- és olvasztósó-álló betonok a nyomószilárdsági és összetételi követelményeken kívül az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.5. szakasza alatti NAD 6. táblázat alapján meghatározandó fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság a NAD 7. – NAD 10. táblázat szerinti követelményének is meg kell feleljenek.

Az XF2, XF3, XF4, XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú betonok készítéséhez 4 mm alatti újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyagot használni nem szabad.

11) Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztály esetén szilikaport csak akkor szabad a betonban alkalmazni, ha a cement/kötőanyag tényező értéke legfeljebb 0,37.

Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztály esetén a beton kötését lassítani adalékszerrel általában nem szabad. Ha a lassító és képlékenyítő vagy lassító és folyósító adalékszer együttes használatára kerül sor, akkor a megszilárdult beton légbuborékszerkezetét az MSZ EN 480-11:2006 szerint ellenőrizni kell, kivéve, ha az adalékszer kombinációk hatását a légbuborékrendszerre már igazolták.

A 10.1. táblázat folytatódik

## A 10.1. táblázat folytatása

Légbuborékos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betont 4 mm feletti újrahasznosított adalékanyaggal vagy visszanyert tört adalékanyaggal készíteni általában csak akkor ajánlatos, ha az újrahasznosított adalékanyagot vagy a visszanyert tört adalékanyagot légbuborékos betonból állították elő.

Az e-UT 07.02.11:2000 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerkezet hidak teherhordó szerkezeteiben nem szabad alkalmazni, de tartószerkezetnek nem minősülő szerkezetek építéséhez a zárt rugalmas műanyagburokban lévő légbuborékok (mikrogömbök) alkalmazása – az építető és a kezelő írásbeli beleegyezése mellett – megengedett.

- <sup>12)</sup> Az MSZ 4798:2016 szabvány csak az XF3, illetve XF4 környezeti osztály esetén említi a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő betonfelületeket, mint amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz, illetve sós víz vagy a közlekedési felületről származó víz, illetve sós víz permete ér, pedig az XF2, valamint az XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályú, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő betonfelületeket is érheti a közlekedési felületről felfröccsenő víz, illetve sós víz vagy a közlekedési felületről származó víz, illetve sós víz permete.

- <sup>13)</sup> A természetes talajvíz és talaj kémiai korróziójának ellenálló betonokat a talajvíz, illetve a talaj kémiai jellemzői alapján az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata szerint kell az XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba sorolni.

- <sup>14)</sup> A talajvíz és a talaj kémiai összetételétől függően (MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázata) alapvetően duzzadási és esetleg oldódási betonkorróziót okozhat. A kémiai korrózió jellegének megfelelő cement alkalmazására az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete tartalmaz ajánlást.

- <sup>15)</sup> Az agresszív vizek, folyadékok stb. a kémiai összetételtől függően (MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:206/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázata) alapvetően oldódási és esetleg duzzadási betonkorróziót okozhatnak. A kémiai korrózió jellegének megfelelő cement alkalmazására az MSZ 4798:2016 szabvány Q melléklete tartalmaz ajánlást.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a légbuborékos beton alkalmazása kis vízfelszívása folytán kedvező lehet.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályú korrózióálló betonok a nyomószilárdsági és összetételi követelményeken kívül a vízzáróság követelményének is meg kell feleljenek; a vízbehatolás legnagyobb mélysége az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.3. szakasza szerint meghatározva az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint legfeljebb 20 mm lehet. Az adalékanyag szemmegoszlási görbéje célszerűen a B határgörbe alatt helyezkedjék el (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezete).

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban betonnal szembeni követelményeket kielégítő összetétel meghatározásához a betontechnológiai szakvéleményben elő lehet írni például az áteresztőképességi, a korróziós közeg okozta oldódási tömegveszteségi, hosszú idejű szulfátduzzadási, porozitási, pórusméret-eloszlási, stb. vizsgálatok szükségességét.

Mészke adalékanyaggal csak felületi védőréteggel ellátott XA4(H) és XA5(H) környezeti osztályú szerkezeti elem betonját szabad készíteni. XA6(H) környezeti osztályú betont mészke adalékanyaggal készíteni nem szabad.

Csapadékvizek miatt csak akkor kell XA4(H) környezeti osztályba sorolni a betont, ha az tartósan érintkezik a csapadékvizekkel (például esővíz tároló medence esetén).

A 10.1. táblázat folytatódik

## A 10.1. táblázat folytatása

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályú betonokat újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.

- 16) II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb vagy legnagyobb cementtartalom alatt legkisebb, illetve legnagyobb hatékony kötőanyagtartalom értendő.

A cementtartalom, illetve a hatékony kötőanyagtartalom a portlandittartalom ( $\text{Ca(OH)}_2$ -tartalom) korlátozása, illetve a beton savállósága érdekében a megkövetelt legkisebb értéket legfeljebb 5%-kal haladhatja meg. Ez a követelmény az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD F1. táblázatában félreérthető, ezért hangsúlyozni kell, hogy nem a legkisebb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalom lehet a megadott értéknél legfeljebb 5%-kal több, hanem a legnagyobb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalom lehet az előírt legkisebb cement- vagy hatékony kötőanyagtartalomnál legfeljebb 5%-kal több.

Ha a beton folyósító adalékszeres képlékenyíthetősége érdekében – megkönnyítve a transzportbeton építéshelyi bedolgozását a zsaluzatba – azt akarjuk, hogy a kiindulási beton  $160 \text{ kg/m}^3$  vízigényű lehessen, akkor meg kell engedni, hogy a legnagyobb hatékony kötőanyagtartalom az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a legkisebb hatékony kötőanyagtartalomnak 105%-a helyett rendre a 112%-a ( $358 \text{ kg/m}^3$ ), 114%-a ( $376 \text{ kg/m}^3$ ) és 116%-a ( $400 \text{ kg/m}^3$ ) lehessen.

- 17) II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a megengedett legnagyobb víz-cement tényező alatt a megengedett legnagyobb víz-hatékony kötőanyag tényező értendő.

- 18) Az XK5(H) környezeti osztály nem szabványos, az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány nem tartalmazza.

- 19) Az XV0(H) környezeti osztályba sorolható a nedves környezetben lévő, de víznyomásnak ki nem tett

- beton, ha a beton vízfelvétele  $\leq 6,0$  tömegszázalék;
- vasbeton betonja, ha a beton vízfelvétele  $\leq 4,0$  tömegszázalék;
- feszített vasbeton betonja, ha a beton vízfelvétele  $\leq 2,0$  tömegszázalék,

és vasbeton vagy feszített vasbeton betonja esetén, ha a szerkezetnek nincs a légkörrel közvetlenül érintkező felülete (például talajban, de a talajvízszint felett). Karbonátosodás veszélye esetén a vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját az XV0(H) környezeti osztály helyett valamely XC környezeti osztályba kell besorolni, vagy az XV0(H) környezeti osztályt az XC környezeti osztályok valamelyikével kell társítani (például XC2 + XV0(H)).

Az XV0(H) környezeti osztály – vasbeton vagy feszített vasbeton esetén az XC, fagyveszély esetén az XF stb. környezeti osztályok valamelyikével társítva – a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek vízfelvételének korlátozására is alkalmas lehet (például támfal, útbeton, szegélyelem).

A karbonátosodás a vasalatlan betonszerkezetet (például vasalatlan útpályabeton) nem károsítja, de egyéb agresszív hatás (például fagy, szulfáttartalmú talajvíz, savas eső stb.) mind a vasalatlan, mind a vasalt betonszerkezet korrózióját okozhatja.

Az XV0(H) környezeti osztályba soroláshoz a beton vízfelvételét fokozatos vízbemerítéssel az MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerint kell meghatározni, azzal a különbséggel, hogy

- a próbatest acélformában készített legalább  $100 \text{ mm}$  élhosszúságú ( $\geq 32 \text{ mm}$  legnagyobb adalékanyag szemnagyság esetén  $150 \text{ mm}$  élhosszúságú) próbakocka, amelyet az MSZ EN 12390-2:2009 szerint legalább 16 órán át, de 3 napnál nem hosszabb ideig  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten formában, majd a formából kivéve közvetlenül a vizsgálatig  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű vízben vagy  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű és legalább 95%-os relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni.

- a próbakocka a vizsgálat kezdetén 28 napos korú legyen;
  - a tömegállandóságig kiszáritott beton próbatest tömegének meghatározása során a kiszáritást  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten kell végezni.
- 20) A megengedett egyedi legnagyobb vízbehatolás
- vízzáró vasbeton szerkezet betonja esetén 35 mm, ezért a vízzáró vasbeton szerkezetet az XV2(H) vagy XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni;
  - vízzáró feszített vasbeton szerkezet betonja esetén 20 mm, ezért a vízzáró feszített vasbeton szerkezetet az XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Vannak környezeti osztályok (például XD, XF, XK, XV), amelyekben a beton összetételi feltételein kívül a nyomószilárdsági osztály mellett a beton bizonyos előírt egyéb tulajdonságai is betartandók. Ha valamely összetételében meg nem felelő beton (például víz-cement tényezője a megengedettnél nagyobb) szóban forgó tulajdonsága a laboratóriumi vizsgálat eredménye szerint megfelelő, akkor a beton, illetve a belőle készített betonelem megnevezésében utalhat az ezt kifejező vizsgálati jegyzőkönyvre<sup>112</sup>, de jelében ne viselje a betonszabvány vagy a termékszabvány jelzetét, mert a nem megfelelő összetételű beton egyébként elvárt 50 év használati élettartama nem valószínűsíthető.

A különböző környezeti osztályokban alkalmazandó, illetve tiltott cementfajtákra a nemzetek (például a németek, az osztrákok, a franciák, a svédek stb) betonszabványaikban ajánlásokat adnak, amelyeket követve, és az irodalmi közléseket és hazai tapasztalatokat is figyelembe véve az MSZ 4798:2016 szabvány Q mellékletében és az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F mellékletének (15) bekezdésében dolgoztak ki ajánlásokat a cementek, illetve kötőanyagok környezeti osztályok szerinti alkalmazására. Ezzel az új magyar betonszabványok jelentősen hozzájárulnak a cementeknek a beton tartóssága szempontjából, a környezeti hatásoknak megfelelően és a hazai szempontok mérlegelésével történő helyes kiválasztása fontosságának tudatosításához.

Az MSZ 4798:2016 szabványban – a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD F1. táblázatában sajnálatosan megkövetelt testsűrűségek helyett – előírták a betömörített friss beton megengedett levegőtartalmát (lásd e könyv 10.2. táblázatát) és a betömörített friss, légbuborékképzős fagyálló beton megkövetelt levegőtartalmát (lásd e könyv 10.3. táblázatát). A betömörített friss beton tényleges, tapasztalati levegőtartalmát az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerint méréssel, vagy az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.3. szakasza szerint számítással lehet meghatározni (lásd e könyv 19.1. fejezetét).

**10.2. táblázat:** A légbuborékképző adalékszer nélkül készített friss beton tervezett levegőtartalmának értéke a nyomószilárdsági osztály és a konzisztencia osztály függvényében (MSZ 4798:2016 szabvány NAD F2. táblázata)

<sup>112</sup> Sajnálatos, hogy a beton egyes tulajdonságai fokozatának az újabb szabványokban nincs jele, mert gyakorlatias lenne a vizsgálati jegyzőkönyv helyett ezekre utalni. Emlékeztetünk arra, hogy a visszavont MSZ 4719:1982 szabvány és a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás az f 25, f 50 és f 150 jelű fagyállósági fokozatot, a vz 2, vz 4, vz 6 és vz 8 jelű vízzárósági fokozatot és a k 16/24, k 14/21, k 12/18, k 10/15, k 8/12 és k 6/9 jelű kopásállósági fokozatot ismertezte; a kiállott fagyasztási ciklusok száma, a barban kifejezett vizsgálati víznyomás, illetve a száraz és a vizes koptatási vizsgálatához tartozó, cm<sup>3</sup>-ben kifejezett térfogatvesztés alapján.

Szívesen vennénk, ha ma az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványra hivatkozva f1, f2, f3 és f4 jelű fagyállósági fokozatról, vz50, vz35 és vz20 jelű vízzárósági fokozatról és k14/21, k12/18, k10/15 és k8/12 jelű kopásállósági fokozatról beszélhetnénk a beton XF1, XF3-XF3(H) környezeti osztályok szerinti fagyállósági és XF2-XF2(H), XF4-XF4(H) környezeti osztályok szerinti fagy- és olvasztósó-állósági megfelelése, a vízbehatolás mm-ben kifejezett legnagyobb egyedi mélysége, illetve a száraz és a vizes koptatási vizsgálatához tartozó, cm<sup>3</sup>-ben kifejezett térfogatvesztés alapján.

A beton konzisztencia osztálya az MSZ 4798:2016 szabvány szerint				
Roskadási osztály	–	S1	S2, S3	S4, S5
Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
Területi osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
A beton konzisztenciája <i>Palotás – Balázs</i> (1980) és az ÉSZKMI 19:1977, MI-04.19:1981, MI-04.19:1985 műszaki irányelv szerint				
Konzisztencia	Földnedves	Kissé képlékeny	Képlékeny	Folyós
A beton nyomószilárdsági osztálya	Friss beton tervezett levegőtartalma, legfeljebb, térfogat% (MSZ 4798:2016)			
C8/10	5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15	4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20	3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25	3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30	2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37	1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C10/115	1,0	1,0	1,0	1,0
Megjegyzés:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A betömörített friss beton tényleges, tapasztalati levegőtartalmát (légpórustartalmát) méréssel (MSZ EN 12350-7:2009) vagy számítással lehet meghatározni az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.3. szakasza, illetve <i>e könyv 19.1. fejezete</i> szerint.</li> <li>- Az egyedi levegőtartalom vizsgálati eredményének megengedett legnagyobb eltérése az előírt felső határértéktől +1,5 térfogat%.</li> <li>- Zúzottkőbeton esetén a friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályt – 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5 térfogat%) lehet.</li> <li>- Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5 térfogat%) lehet.</li> <li>- A friss beton tervezett levegőtartalma feszített vasbeton esetén a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.</li> <li>- 100 év tervezési élettartamú beton esetén a friss beton tervezett levegőtartalma az MSZ 4798.2016 szabvány NAD F2. táblázatában szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.</li> <li>- Ha a 100 év tervezési élettartamú beton feszített vasbeton, akkor a friss beton tervezett levegőtartalma az MSZ 4798.2016 szabvány NAD F2. táblázatában szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 30%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,4 térfogat%) legyen.</li> <li>- Több körülmény egyidejűsége esetén – ha a beton nem légbuborékképző adalékszerrel készül – a friss beton tervezett levegőtartalmainak átlaga tekinthető követelménynek.</li> <li>- Ha a beton különböző tulajdonságainak javítására (kivérzés csökkentése, konzisztencia, szivattyúzhatóság és bedolgozhatóság stb.) légbuborékképző adalékszer alkalmaznak, akkor a friss beton összes átlagos levegőtartalma a <i>10.3. táblázatnak</i> feleljen meg.</li> </ul>				

A 10.2. táblázat forrásaként az ÉSZKMI 19:1977 műszaki irányelv jelölhető meg, de a táblázat megtalálható a korabeli irodalomban is (*Palotás – Balázs*, 1980). A 10.3. táblázat az ÖNORM

B 4710-1:2007 osztrák szabványból került az MSZ 4798:2016 szabványba, de ugyanez a táblázat szerepel a tíz évvel későbbi, mai ÖNORM B 4710-1:2018 szabványban is.

A 10.2. és 10.3. táblázattal kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy minden 1,0 térfogat% többlet levegőtartalom általában 10% nyomószilárdság csökkenést okoz, de a többlet levegőtartalom csökkenti a húzószilárdságot és a rugalmassági modulust is, következésképpen növeli az alakváltozásokat és a vasbeton repedéstágasságát.

A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton levegőtartalmának felső korlátjára (10.3. táblázat) azért van szükség, mert szokványos (normál) beton esetén minden 1,0 térfogat% többlet levegőtartalom mintegy (22-24) kg/m<sup>3</sup> friss beton testsűrűség csökkenéssel jár, és ennek nyomószilárdság csökkenés a vonzata. Az egyébként megengedett - 30 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség tűrés szokványos beton esetén mintegy a (1,35-1,25) térfogat% többlet levegőtartalomnak felel meg,

Az MSZ EN 206-1:2013+A1:2017 európai szabvány felfogása szerint a légbuborékos friss beton előírt levegőtartalma elegendő a fagyállósághoz, mert a megszilárdult beton légbuboréktartalmára előírást nem tartalmaz. Feltételezhető, hogy alkalmassági engedéllyel rendelkező légbuborékképző adalékszerrel, a javasolt adagolással, adott cementfajta és szakszerű betontechnológia mellett elegendő számú, megfelelő méretű és távolsági tényezőjű légbuborék szerkezet jön létre.

**10.3. táblázat:** A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton előírt összes, átlagos levegőtartalmának (légpórus + légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának a függvényében (MSZ 4798:2016 szabvány NAD F3. táblázata)

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemmagyság mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), térfogat%	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
Megjegyzés:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A légbuborékképző adalékszerrel tartalmazó friss beton összes levegőtartalma egyedi vizsgálati eredményének megengedett legnagyobb eltérése az előírt alsó határértéktől -0,5 térfogat% és az előírt felső határértéktől +1,5 térfogat%.</li> <li>- Az XF4 környezeti osztályú kopásálló betonok esetén a friss beton levegőtartalmának alsó határértéke 0,5 térfogatszázalékkal csökkenthető, de a betonok a fagy- és olvasztósó-állósági követelményeknek feleljenek meg.</li> <li>- A légbuborékképző adalékszer nyomószilárdság-csökkentő hatására tekintettel a beton nyomószilárdságát a friss beton levegőtartalma határértékének a megengedett +1,5 térfogat% eltéréssel növelt értékére kell megtervezni.</li> </ul>		

A betonok környezeti osztályainak legfontosabb jellemzőit két oldalra sűrítve a 10.4. táblázatban foglaltuk össze.

Az MSZ EN 13369:2013 szabványban a környezeti osztályokat másképp csoportosítják, amely csoportosítás a az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatában is látható, és amelyek alapján a 10.4. táblázatunkat elkészítettük.

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.4.3 szakasza szerint a *friss betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalomnak legalább 2,5 térfogat%-nak kell, és legfeljebb 5,0 térfogat%-nak szabad lennie, hacsak a kezdeti, illetve a megfeleléség vagy

azonosító vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható. Megfelelőség vagy azonosító vizsgálattal a *friss betonban* legfeljebb 8,0 térfogat% összes levegőtartalom igazolható. Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10 táblázatában a légbuborékképző adalékszerrel készített, XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú friss beton megkövetelt és megengedett összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborék) értékét a friss cementpépben és a friss betonban, illetve péptelített friss betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának függvényében írták elő (10.5. táblázat).



**10.4. táblázat: A beton környezeti osztályainak áttekintő táblázata** <sup>1)</sup>  
(XS környezeti osztályok nélkül)

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább <sup>2)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma <sup>3)</sup> , MSZ 4798 táblázata
<b>Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek</b>				
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt betont				
XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
<b>Káros környezeti hatás nem éri a betont</b>				
X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
Például: Alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges földembélestest, üreges válaszfal, üreges zsazsazóelem, kétrétegű járdalap hátfonja, kétrétegű útburkolóelem hátfonja, üreges pince-falazóelem, belső föfali üreges föfal-falazóelem, belső föfali tömör föfal-falazóelem				
<b>Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek</b>				
Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont				
X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térfataroló beton				
<b>Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek</b>				
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton				
XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
Például: Belső pillér, belső földem, vízszint alatti betonok				
<b>Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton</b>				
XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
Például: Épületalap, támfal, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelt nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton				
XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
Például: Fűrdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
<b>Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitétt beton</b>				
XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Szárnyfal, pincefal, fűt cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy földem betonja				
<b>Nem tengervízből származó kloridoknak ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek</b>				
Mérsékelt nedves helyen, levegőben lévő kloridokkal (sópárával) érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton				
XD1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Vegyipari üzem szerkezete, szabadban lévő szerkezet vegyipari üzem környezetében, sópince és környezete				
<b>Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de olvasztósókkal nem érintkező beton</b>				
XD2	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Például: Alépitmény, szárnyfal, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek, ha az agresszív víz klorid-tartalma Cl <sup>-</sup> > 500 mg/liter				
<b>Váltakozva nedves és száraz helyen, olvasztósók permetével, sólével érintkező beton</b> <sup>4)</sup>				
XD3	C35/45	320	0,45	NAD F2.
Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább <sup>2)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma <sup>3)</sup> , MSZ 4798 táblázata
<b>Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek</b> <sup>5)</sup>				
<b>Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagnak kitétt, olvasztósózás nélküli fagyálló beton</b>				
XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
<b>Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagnak és olvasztósók permetének kitétt fagyálló beton</b>				
XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. <sup>6)</sup> Példa: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén tilos!				
<b>Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek</b> <sup>5)</sup>				
<b>Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitétt, olvasztósózás nélküli fagyálló beton</b>				
XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. <sup>6)</sup> Példa: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!				
<b>Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, fagnak és olvasztósókkal közvetlenül kitétt fagyálló beton</b>				
XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.
Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. <sup>6)</sup> Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
XF4(H)	C40/50	360	0,40	NAD F2.
Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!				

A 10.4. táblázat folytatódik

Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma <sup>3)</sup> MSZ 4798 táblázata
<b>Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek <sup>7)</sup></b>				
<b>Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton</b>				
XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szerkezetek (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
<b>Mérsékeltén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton</b>				
XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szerkezetek (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
<b>Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton</b>				
XA3	C35/45	360	0,45	NAD F2.
Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocsölöpök, résfalak, tűbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szerkezetek (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
<b>Egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek <sup>8)</sup></b>				
Közcsatornába bocsátható, <b>enyhén agresszív szennyvizek</b> , valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
XA4(H)	C30/37	320 <sup>9)</sup>	0,45 <sup>10)</sup>	NAD F2.
Például: Szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyak, enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tároló műtárgyak stb. betonja				
Közcsatornába bocsátható, <b>közepesen agresszív szennyvizek</b> , valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét ajánlott védőréteggel bevonni!				
XA5(H)	C30/37	330 <sup>9)</sup>	0,43 <sup>10)</sup>	NAD F2.
Például: Szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi áttemelők, és szennyvízszap kezelési műtárgyak betonja, valamint közepesen agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja				
Közcsatornába nem bocsátható, <b>fokozottan agresszív szennyvizek</b> , valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok				
A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét védőréteggel kell bevonni!				
XA6(H)	C35/45	345 <sup>9)</sup>	0,40 <sup>10)</sup>	NAD F2.
Például: Közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, áttemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, valamint fokozottan agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állapototó vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsis mosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja				
<sup>1)</sup> E táblázat alkalmazása az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint kötelező.				
<sup>2)</sup> Vasbetont csak legalább C20/25, feszített vasbetont csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni (MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2013). Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az Eurocode 2, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és határozzák meg, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC <sub>30</sub> (H) kísérőjelet.				
<sup>3)</sup> A friss beton levegőtartalma feszített vasbeton esetén az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal				
Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább <sup>2)</sup>	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m <sup>3</sup>	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma <sup>3)</sup> MSZ 4798 táblázata
<b>Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek <sup>11)</sup></b>				
<b>Mérsékeltén kopásálló, k14/21 jelű kavics- vagy zúzottkőbeton</b>				
XK1(H)	C30/37	310	0,50	NAD F2.
Például: Silók, bunkerek, tartályok könnyű anyagok tárolására, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátott ipari padlóburkolatok kopásálló réteg nélkül				
<b>Kopásálló, k12/18 jelű zúzottkőbeton</b>				
XK2(H)	C35/45	330	0,45	NAD F2.
Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
<b>Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű zúzottkőbeton</b>				
XK3(H)	C40/50	350	0,40	NAD F2.
Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőteri fel(le)szállópályák és gördülő utak, konténer átrakó állomások térburkolata				
<b>Igen kopásálló, k8/12 jelű zúzottkőbeton</b>				
XK4(H)	C45/55	370	0,38	NAD F2.
Például: Nehéz és hemnyőtalpas járművek járta térburkolatok, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
<b>Nedvességálló, illetve vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek</b>				
<b>Csak légköri nyomáson lévő nedvességálló (nem vízzáró) beton <sup>12)</sup></b>				
XV0(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
Például: Talajvízszint feletti föld alatti szerkezetek, vagy vízelvezéssel tartósan víztelenített környezeti szerkezetek				
<b>Mérsékeltén vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be <sup>13)</sup></b>				
XV1(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalap, áteresztő, folyóka, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelem, rézsűburkolat, víztároló medencék, záportárolók, esővízgyűjtő aknák				
<b>Közepesen vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be <sup>13)</sup></b>				
XV2(H)	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
<b>Fokozottan vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be <sup>13)</sup></b>				
XV3(H)	C30/37	300	0,45	NAD F2.
Például: Mélygarázsok, mélyraktrák, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak				
legyen kisebb. Ha a beton újrahaznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton levegőtartalma az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal nagyobb lehet.				
<sup>4)</sup> Fagyhatás esetén a betont az XD3 környezeti osztályon kívül az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe is be kell sorolni.				
<sup>5)</sup> A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb; és vízszintesnek, ha lejtése legfeljebb 5%. A fagy- és olvadásiállósági követelmények az MSZ 4798:2015 szabvány 5.5.5. szakasza szerinti.				
<sup>6)</sup> Az e-UT 07.02.11-2011 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerkezet alkalmazása közötti hidak teherhordó szerkezetében nem megengedett.				
<sup>7)</sup> A beton környezeti osztályba sorolásához az agresszív talajvíz és talaj kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában találhatók.				
<sup>8)</sup> A beton környezeti osztályba sorolásához az egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázatában találhatók. Az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti meghatározott legnagyobb vízbehatolás 20 mm lehet.				
<sup>9)</sup> A cement-tartalom a megkövetelt legkisebb érték legfeljebb 5%-kal haladhatja meg. II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb cement-tartalom alatt legkisebb hatékony kötőanyag-tartalom értendő.				
<sup>10)</sup> II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz-cement tényező alatt legnagyobb víz-(hatékony kötőanyag) tényező értendő.				
<sup>11)</sup> A kopásállóságot az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti Böhme-féle vizsgálattal az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.6. szakaszában leírtaknak megfelelően kell meghatározni.				
<sup>12)</sup> A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti vízfelvétele betonszerkezet esetén ≤ 6,0 tömeg%, vasbetonszerkezet esetén ≤ 4,0 tömeg%, feszített vasbeton szerkezet esetén ≤ 2,0 tömeg% legyen.				
<sup>13)</sup> A vízzáróságot az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerinti kell meghatározni.				

**10.5. táblázat:** A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton összes levegőtartalma az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 10 táblázatában

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemmagyság, mm (Zárójelben az MSZ 4798:2016 szabványnak megfelelő $D_{max}$ érték)	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
	A friss kötőanyagpép összes (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), átlagos levegőtartalma legalább, térfogat%	
	9,0	13,0

A DIN 1045-2:2008 szabvány F.2.2 táblázata szerint az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú friss beton átlagos levegőtartalma a bedolgozás módjától függetlenül a legnagyobb szemmagyság és a konzisztencia függvényében a 10.6. táblázat szerinti legyen.

**10.6. táblázat:** A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton összes levegőtartalma a DIN 1045-2:2008 szabvány F.2.2 táblázata szerint

Legnagyobb szemmagyság, mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), legalább, térfogat% <sup>1)</sup>	
	Földnedves <sup>2)</sup> , kissé képlékeny, képlékeny	Folyós <sup>3)</sup>
	konzisztencia esetén	
8	5,5	6,5
16	4,5	5,5
32	4,0	5,0
63	3,5	4,5
Megjegyzés:		
1) Az egyes értékek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal lehetnek kisebbek az előírt értéknél.		
2) A legfeljebb 0,4 víz-cement tényezőjű földnedves beton légbuborékképző adalékszer nélkül is elkészíthető.		
3) Folyós légbuborékképzős beton készítése és bedolgozása az FGSV-Merkblatt für Luftporenbeton (2004) műszaki útmutató figyelembevételével történjék.		

Svájcban a SIA 262/1:2019, SIA 262/1-C2:2016 műszaki előírásban és az SN EN 206+A1:2016 szabványban a környezeti osztályok függvényében

- korlátozták a betonok vízvezetőképességét,
- előírták a karbonátosodás megengedett sebességét;
- az XD2 környezeti osztályt két alosztályra osztották: az XD2a(CH) környezeti osztályba a legfeljebb 500 mg/liter kloridtartalmú „édes vizekkel” érintkező betonokat (például a legtöbb uszoda betonja), az XD2b(CH) környezeti osztályba a több mint 500 mg/liter kloridtartalmú „sós vizekkel” érintkező betonokat (például a sós fürdők

betonja) kell sorolni, és megadták az XD2b(CH) környezeti osztályban betartandó klorid-diffúziós együttható megengedett mértékét;

- előírták a fagy- és olvasztósó-álló betonok hámlási veszteségének megengedett mértékét;
- a fokozottan fagy- és olvasztósó-álló betonokra előírták, hogy bizonyos esetekben meg kell vizsgálni a fagyasztási görbe irányának jellegét, és meghatározták a fagyasztási görbe lassulási feltételét;
- rendelkeztek a próbatestek szulfát-hatásra bekövetkező hosszváltozásának megengedett mértékéről;
- előírták, hogy mekkora lehet a karbonátosodás sebessége az 50 év és a 100 év tervezési élettartamú beton esetén.

Ezeket a svájci előírásokat a 10.7. táblázatban foglaltuk össze.

**10.7. táblázat:** Svájci követelmények a környezeti osztályokban, egybeszerkesztve a SIA 262/1:2019 műszaki előírásból és az SN EN 206+A1:2016 szabványból

Hivatkozás	A határértékek forrása az SN EN 206+A1:2016 szabvány NA.9. táblázata	Az irányértékek forrása az SN EN 13670:2009 szabvány NA.4. táblázata
Tulajdonságok és vizsgálati módszer	Határérték	Irányérték
	Vizsgálat 28 napos korú	
	formában készült próbatesteken (TT-1 vizsgálatfajta)	kifűrt magmintából kialakított próbatesteken (TT-2 vizsgálatfajta)
Vízvezetőképesség, $q_w$ , g/(m <sup>2</sup> óra) Vízáró beton esetén általában nem vizsgálendő. Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás A melléklete	Vizsgálat az XC3(CH), XC4(CH) és XD1(CH) környezeti osztályban	
	átlag $\leq 10$ átlag + tűrés $\leq 12$	átlag $\leq 12$
Légáteresztő-képességi együttható (hidrodinamikai permeabilitási együttható gázokra), $K_{Ts}$ , m <sup>2</sup> Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás E melléklete Irodalom: <i>Jakobs et al. (2009)</i>	Vasbeton szerkezetek helyszíni vizsgálata az XC4(CH), XD1(CH), XD2a(CH), XF1(CH), XF2(CH) és XF4(CH) környezeti osztályban, legfeljebb $x = 0,50$ víz-cement tényező esetén	
	átlag $\leq 2 \times 10^{-16}$	
	Vasbeton szerkezetek helyszíni vizsgálata az XC4(CH), XD2b(CH), XD3(CH), XF2(CH) és XF4(CH) környezeti osztályban, legfeljebb $x = 0,45$ víz-cement tényező esetén	
	átlag $\leq 0,5 \times 10^{-16}$	
	átlag $\leq 10 \times 10^{-12}$ átlag + tűrés $\leq 13 \times 10^{-12}$	átlag $\leq 12 \times 10^{-12}$

A 10.7. táblázat folytatódik

A 10.7. táblázat folytatása

Hivatkozás		A határértékek forrása az SN EN 206+A1:2016 szabvány NA.9. táblázata	Az irányértékek forrása az SN EN 13670:2009 szabvány NA.4. táblázata
Tulajdonságok és vizsgálati módszer		Határérték	Irányérték
		Vizsgálat 28 napos korú	
		formában készült próbatesteken (TT-1 vizsgálatfajta)	kifűrt magmintából kialakított próbatesteken (TT-2 vizsgálatfajta)
Klorid-diffúziós együttható, $D_{Cl}$ , $m^2/s$ Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás B melléklete		Vizsgálat az XD2b(CH) és XD3(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 10 \times 10^{-12}$ átlag + tűrés $\leq 13 \times 10^{-12}$	átlag $\leq 12 \times 10^{-12}$
Fagyasztási veszteség, $m$ , $g/m^2$ Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás C melléklete	Fokozott fagyállóság	Vizsgálat az XF4(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 200$ vagy átlag $\leq 600$ és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$ átlag + tűrés $\leq 250$ vagy átlag + tűrés $\leq 800$ és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$	átlag $\leq 300$ vagy átlag $\leq 800$ és $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
	Közepes fagyállóság	Vizsgálat az XF2(CH) és XF3(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 1200$ átlag + tűrés $\leq 1800$	átlag $\leq 1500$
Szulfátállóság. Hosszváltozás, $\Delta I_s$ , % Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás D melléklete		Vizsgálat az XA1(CH), XA2(CH) és XA3(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 1,0$	átlag $\leq 1,0$
Karbonátosodási sebesség, karbonátosodási együttható, $K_N$ , $mm/\sqrt{év}$ Vizsgálati módszer: SIA 262/1:2019 műszaki előírás I melléklete	50 év tervezési élettartam	Vizsgálat az XC3(CH), XC4(CH), XD1(CH), XD2a(CH) és XF1(CH) környezeti osztályban	
		átlag $\leq 5,0$ átlag + tűrés $\leq 5,5$	átlag $\leq 5,3$
	100 év tervezési élettartam	Vizsgálat feltehetőleg az XC3(CH), XD1(CH), XF1(CH) környezeti osztályban (az osztályra bontást a svájci szabványokban nem adták meg)	
		átlag $\leq 4,0$	átlag $\leq 4,3$
		Vizsgálat feltehetőleg az XC4(CH) és XD2a(CH) környezeti osztályban (az osztályra bontást a svájci szabványokban nem adták meg)	
		átlag $\leq 4,5$	átlag $\leq 4,8$

A 10.7. táblázattal kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy bár az ion-áramlási jellemzők értékét a Model Code 1990 és Model Code 2010 szerint a beton minőségéből, illetve nyomószilárdságából becsüljük meg, azok hatása az ion-áramlásra korlátozott. Az ugyanolyan nyomószilárdságú, különböző összetételű betonok ion-áramlási jellemzőinek értékei akár egy nagyságrenddel is eltérhetnek egymástól, illetve mintegy  $40 \text{ N/mm}^2$  értékkel eltérő nyomószilárdságú betonok is rendelkezhetnek ugyanakkora diffúziós vagy permeabilitási együtthatóval. Ez a főképp kötőanyag-választás befolyásolta pórusszerkezettel magyarázható, amelynek sokkal nagyobb hatása van az ion-áramlásra, mint a nyomószilárdságra. Ezért nem lehet a beton használati élettartamát sem a nyomószilárdsági osztályból megtervezni, és ezért

lenne jó, ha a beton szövetszerkezeti tulajdonságait már a tervezés során ismernénk, és a mért ion-áramlási együtthatókat a tervezési élettartam során figyelembe vennénk (Müller – Wiens 2016), illetve a diffúziós és permeabilitási együtthatók értékét – amelyek a szövetszerkezet időbeni változása folytán nem is állandók – előírnánk.

Ez az oka annak, hogy 2020. évben a CEN az EN 1992 és EN 206 szabványok módosításával, a tartósság fokozása érdekében, a környezeti osztályok új rendszerét tervezte bevezetni (CEN/TC 250:2013). A klorid-diffúzió kutatásának – XD és XS környezeti osztályokat érintő – újabb eredményei a *fib Bulletin No. 76. 2015. számából* ismerhetők meg.

Az előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek MSZ EN 13369:2013 szabványának A mellékletében a környezeti osztályokat környezeti hatások erőssége szerint csoportosították, és a vasbeton és feszített vasbeton előregyártott elemek szükséges  $c_{min,dur}$  legkisebb betonfedését ezek függvényében adták meg (lásd e könyv 6.7. táblázatát). Ezeket a környezeti feltételi csoportokat az MSZ EN 13369:2013 szabványból hiányzó környezeti osztályokkal kibővítve tartalmazza az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázata, amelyet az XV(H) környezeti osztályok helyét – figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét – megváltoztatva mutatunk be e könyv 10.8. táblázatában.

**10.8. táblázat:** Környezeti hatások erőssége előregyártott beton, vasbeton és feszített vasbetonelemek esetén az MSZ EN 13369:2013, MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok alapján (az XV(H) vízzárósági környezeti osztályok tekintetében az MSZ 4798:2016 szabványtól eltérő módon, lásd e könyv 6.1. és 6.2. táblázatát)

Környezeti hatások erősségének csoportja (Környezeti feltételek)	Környezeti hatások erőssége (Agresszivitás)	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban szereplő környezeti osztályok	
		MSZ EN 13369:2013 szabványban szereplő környezeti osztályok	MSZ EN 13369:2013 szabványban nem szereplő környezeti osztályok
(Zárójelben az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatában használt kifejezés)			
A	nincs	X0	XN(H), X0b(H), X0v(H)
B	kicsi	XC1	–
C	mérsékelt	XC2, XC3	XV0(H), XV1(H)
D	normál	XC4	XF1, XV2(H)
E	nagy	XD1, XS1	XF2, XF3, XA1, XK1(H), XV3(H)
F	nagyon nagy	XD2, XS2	XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)
G	rendkívül (extrém) nagy	XD3, XS3	XF4(H), XA3, XA5(H), XK3(H)
H	legeslegnagyobb (különösen extrém)	–	XA6(H), XK4(H)

Megjegyzés:

- 1) E táblázat annyiban különbözik az MSZ 4798:2016 szabvány NAD N3. táblázatától, hogy helyet kapott benne az XV0(H) és XV1(H) környezeti osztály, az XV2(H) környezeti osztály pedig a környezeti hatások erősségének G sorából a D sorba és az

XV3(H) környezeti osztály a környezeti hatások erősségének D sorából az E sorba került, figyelembe véve a víznyomás e vízzárósági környezeti osztályokhoz tartozó mértékét (lásd a 10.1. táblázatot és az MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázatát, valamint az XV0(H) környezeti osztályra vonatkozólag az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványt).

- 2) XV1(H) környezeti osztályú betonból előregyártott vasbeton és feszített vasbetonelemet készíteni nem szabad.
- 3) XV2(H) környezeti osztályú betonból előregyártott feszített vasbetonelemet készíteni nem szabad.
- 4) A kiemelt szintű minőségellenőrzés mellett készített előregyártott vasbetonelemek szükséges legkisebb tartóssági betonfedése ( $c_{\min, \text{dur}}$ ) a 6.7. táblázatban található.

**Összegezve:** A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében a betont az MSZ EN 1992-1-1:2010, MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványok szerint környezeti osztályokba kell sorolni, és a beton összetételét úgy kell megtervezni, hogy a környezeti osztályokhoz tartozó követelményeknek megfeleljen.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 európai szabványban található környezeti osztályok: X0, XC1 – XC4, XS1 – XS3, XD1 – SD3, XF1 – XF4, XA1 – XA3, amelyek számát az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány bővítette: XN(H), X0b(H), X0v(H), XF2(H), XF3(H), XF4(H), XA4(H), XA5(H), XA6(H), XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H), XV0(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H).

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány F melléklete az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványbeli módosításokkal együtt előírás, tehát az ezekben foglaltak betartása kötelező.

A betont alapvetően az MSZ 4798:2016 szabvány F melléklete szerint, de az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban található módosítások figyelembevételével kell környezeti osztályba sorolni. A besorolás szempontjait a beton vagy acélbetét-korróziót okozható környezeti hatások, mint például a nedvesség és megjelenési formái, a hőmérséklet, a betonnal érintkező levegő vagy víz vagy más folyadék kémiai összetétele képezik.

A környezeti osztályok követelményei egyrészt a beton összetételére, nevezetesen a megengedett legnagyobb víz-cement vagy víz-hatékony kötőanyag tényezőre, a megengedett legkisebb – oldódásos betonkorrózió veszélye esetén a legkisebb és legnagyobb – cement- vagy hatékony kötőanyagtartalomra, a levegőtartalomra, esetenként a beton összetevőinek tulajdonságaira (például a cement fajtájára), másrészt a beton tulajdonságaira, mint a nyomószilárdsági osztályra, a megengedett kloridtartalomra vagy esetenként a fagyállóságra, illetve a fagy- és olvasztósó-állóságra, a légbuburékszerkezetre, a kopásállóságra, a vízzáróságra, a vízfelvételekre vonatkoznak.





## 10.2. KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK TÁRSÍTÁSA

Az MSZ 4798:2016 szabvány F mellékletének (23) bekezdése szerint, ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor e hatásokat a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni. Ebben az esetben általában olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, társított környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti. E szabály alól kivételt képez a légbuborékképző adalékszerrel készített fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok társított környezeti osztályának, valamint az agresszív vizek és folyadékok okozta oldódásos betonkorroziónak ellenálló betonok társított környezeti osztályának megtervezése, amelyet e különleges betontulajdonságok – nevezetesen a fagyállóság, illetve a kémiai ellenállóképesség – érvényre juttatásával kell végezni.

Ha a környezeti hatások egyike fagy-, illetve fagy- és olvasztósó hatás, és a beton légbuborékképző adalékszerrel készül, akkor a friss beton átlagos levegőtartalma a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton XF2, XF3, XF4 környezeti osztályban előírt összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) feleljen meg.

Ha a betont más hatások mellett a szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok valamelyikének korrozív hatása is éri, akkor a cementfajta és a legkisebb cementtartalom a szóban forgó XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályra előírt cementfajta és legkisebb cementtartalomnak feleljen meg, amely esetben a cementfajta, illetve cementtartalom alatt kötőanyag-fajta, illetve kötőanyagtartalom értendő.

Például:

- valamely esőnek és fagynak kitett, olvasztósózás nélküli, agresszív talajvízzel érintkező vasbeton támfal légbuborékképző adalékszer nélkül, szulfátálló cementtel készülő betonjának környezeti osztály csoportja a hatások összegzésével: XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H). A beton szükséges nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37, cementtartalma legalább 320 kg/m<sup>3</sup>, víz-cement tényezője legfeljebb 0,5, konzisztencia osztálya S2, a bedolgozott friss beton levegőtartalma legfeljebb 1,0 térfogat% legyen (10.9. táblázat a) példája);
- valamely kopásálló (k12/18 jelű) és egyidejűleg fagynak és olvasztósók hatásának kitett, légbuborékképzővel készülő zúzottkőbeton szegélyelem társított környezeti osztálya a kopásállóság, a vízfelvétel és a fagyállóság feltételének összegzésével: XK2(H) – XV0(H) – XF4. A szükséges nyomószilárdsági osztály legalább C35/45, cementtartalma legalább 340 kg/m<sup>3</sup>, víz-cement tényezője legfeljebb 0,45, konzisztencia osztálya S1, a bedolgozott friss beton összes levegőtartalma legalább 4,0 térfogat%, de legfeljebb 8,0 térfogat% legyen; feltéve, hogy a zúzottkő-adalékanyag legnagyobb szemnagysága 24 mm vagy 32 mm. A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti megengedett vízfelvétele legfeljebb 6,0 tömeg% (10.9. táblázat b) példája);
- valamely nagymértékben agresszív talajban fekvő, közepesen agresszív szennyvizet szállító vasbeton csatorna korrózióálló betonjának társított környezeti osztálya: XC2 – XA3 – XA5(H). A beton szükséges nyomószilárdsági osztálya legalább C30/37, hatékony kötőanyagtartalma legalább 330 kg/m<sup>3</sup>, de legfeljebb 345 kg/m<sup>3</sup>, víz-(hatékony kötőanyag) tényezője legfeljebb 0,43, konzisztencia osztálya S1, a bedolgozott friss beton levegőtartalma legfeljebb 1,0 térfogat% legyen. Az XA5(H) környezeti osztályú beton MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolása 20 mm lehet (10.9. táblázat c) példája).

**10.9. táblázat:** Példák a környezeti osztályok társítására (kombinációjára) az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány F melléklete alapján

Környezeti osztály	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-, illetve hatékony kötőanyag-tartalma, kg/m <sup>3</sup>	Beton víz-cement, illetve víz-hatékony kötőanyag tényezője, legfeljebb	Friss beton átlagos összes levegő-tartalma, térfogat%
a) példa: XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H) környezeti osztályú vasbeton támfal fagy- és olvasztósóálló, a talajvíz korrozív hatásának ellenálló, talajvíznyomásálló kavicsbetonja				
XC4	<b>C30/37</b>	≥ 300	<b>0,50</b>	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XF1	<b>C30/37</b>	≥ 300	0,55	
XA2	<b>C30/37</b>	≥ <b>320</b>	<b>0,50</b>	
XV1(H)	C25/30	≥ 300	0,55	
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H)	<b>C30/37</b>	≥ <b>320</b>	<b>0,50</b>	
b) példa: XF4 – XK2(H) – XV0(H) környezeti osztályú beton útszegélyelem fagy- és olvasztósó-, valamint kopásálló zúzottkőbetonja				
XK2(H)	<b>C35/45</b>	≥ 330	<b>0,45</b>	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XV0(H)	C25/30	≥ 300	0,55	
XF4	C30/37	≥ <b>340</b>	<b>0,45</b>	10.3. táblázat szerint 4,0 – 8,0 térfogat%
XF4 – XK2(H) – XV0(H)	<b>C35/45</b>	≥ <b>340</b>	<b>0,45</b>	
c) példa: XC2 – XA2 – XA5(H) környezeti osztályú vasbeton csatorna korrózióálló betonja				
XC2	C25/30	≥ 280	0,60	10.2. táblázat szerint legfeljebb 1,0 térfogat%
XA3	C35/45	≥ 360	0,45	
XA5(H)	<b>C30/37</b>	<b>330 - 345</b>	<b>0,43</b>	
XC2 – XA3 – XA5(H)	<b>C30/37</b>	<b>330 - 345</b>	<b>0,43</b>	

**Összegezve:** Ha a betont élettartama során várhatóan többféle környezeti hatás éri, akkor a betont olyan szilárdságúra, és akkora víz-cement tényezővel (vagy víz-hatékony kötőanyag tényezővel), cementtartalommal (vagy hatékony kötőanyagtartalommal) és levegőtartalommal kell elkészíteni, hogy az a szóban forgó környezeti osztályok mindegyike követelményének megfeleljen.

Az ilyen beton nyomószilárdsági osztálya

- a társított környezeti osztályokban előírt nyomószilárdsági osztályok legnagyobbika,
- megengedett legkisebb cementtartalma a társított környezeti osztályokban megengedett legkisebb cementtartalmak legnagyobbika,
- megengedett legnagyobb víz-cement tényezője a társított környezeti osztályokban megengedett legnagyobb víz-cement tényezők legkisebbike,
- a friss beton megengedett legnagyobb levegőtartalma pedig a társított környezeti osztályokban megengedett legnagyobb levegőtartalmak legkisebbike,

ahol II. típusú aktív kiegészítőanyag adagolás esetén cementtartalom alatt hatékony kötőanyagtartalom és víz-cement tényező alatt víz-hatékony kötőanyag tényező értendő.

A fenti szabály a társított környezeti osztályú légbuborékos betonokra és a társított környezeti osztályú oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonokra nem alkalmazható. Ennek az az oka, hogy

- légbuborékos betonok esetén a levegőtartalom nem a megengedett legnagyobb, hanem a megkövetelt legkisebb érték követelményének, és
- oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonok esetén a cementtartalom, illetve a hatékony kötőanyagtartalom nem csak a megkövetelt legkisebb, hanem egyidejűleg a megengedett legnagyobb érték követelményének is

meg kell feleljen. Ez a követelmény csak akkor teljesül,

- ha a társított környezeti osztályú fagyálló-, illetve fagy- és olvasztósó-álló légbuborékos betonok az XF2, XF3, illetve XF4 környezeti osztályra előírt levegőtartalommal, és
- ha a társított környezeti osztályú oldódásos betonkorrozio veszélyének kitett betonok az XA4(H), XA5(H), illetve XA6(H) környezeti osztályra előírt cementtartalommal, illetve hatékony kötőanyagtartalommal

készülnek.







## 11. ADALÉKANYAG NÉVLEGES LEGNAGYOBB SZEMNAGYSÁGA

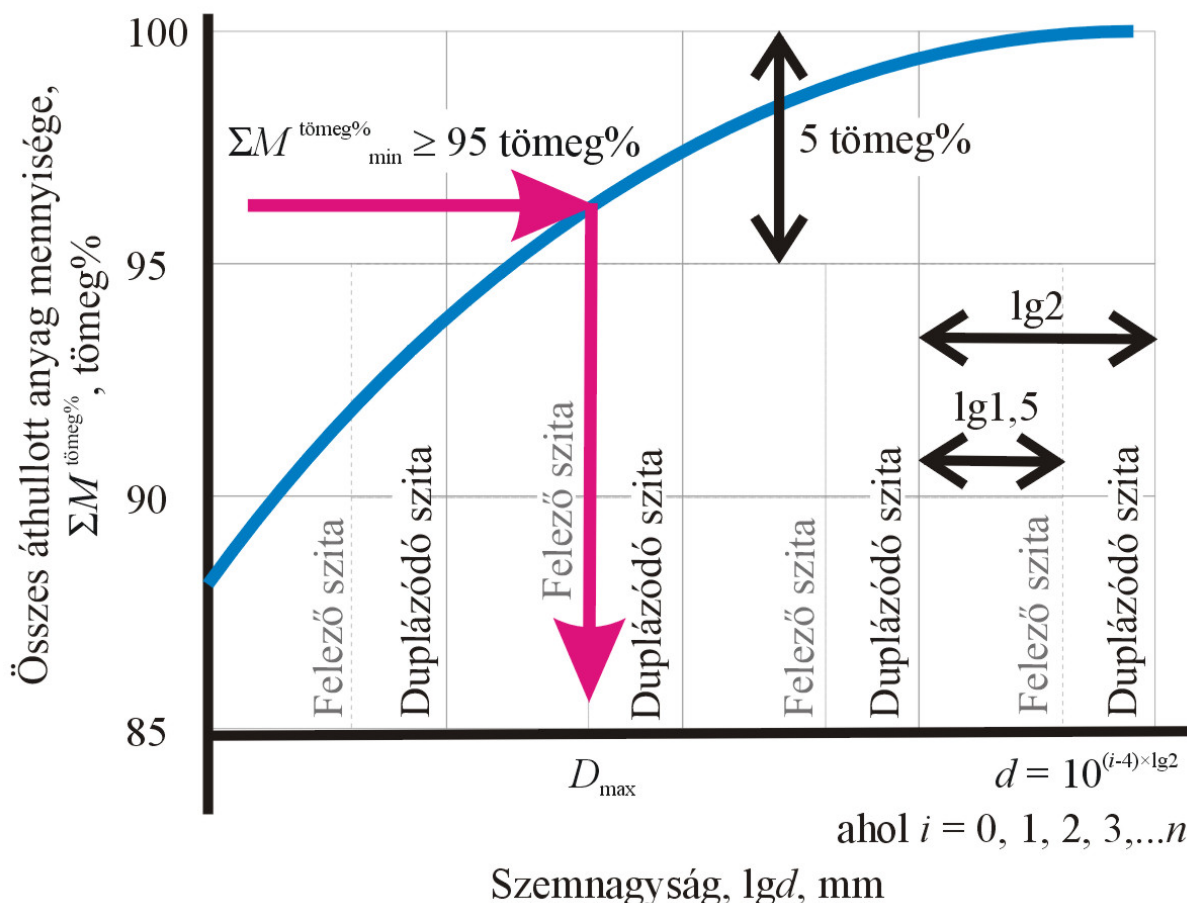
Az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának jele:  $D_{max}$ ,  $D$  vagy  $d_{max}$ .

A betonok szabványos jelölésében a környezeti osztályok jelét az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának számértéke követi.

A betonadalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága Magyarországon az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a következők valamelyike: 8 mm, 12 mm, 16 mm, 24 mm, 32 (31,5) mm, 48 mm, 63 mm. A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban névleges legnagyobb szemmagyságként a határgörbékkel együtt a 20 mm is szerepelt.

A 8, 16, 32, 63 mm-es szemmagysághoz tartozó szitanyílások az ún. duplázódó alapszitasorozat, a 12, 24, 48 mm-es szemmagysághoz tartozó szitanyílások az ún. felező szitasorozat tagjai.

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságát négyzetes nyílású szitasorozat segítségével az MSZ EN 933-2:1998 szabvány szerinti szitavizsgálat eredményéből lehet meghatározni. Az adalékanyag ahhoz a duplázódó vagy felező szita legkisebbikéhez tartozó szemmagysága a legnagyobb szemmagyság, amelyiken összesen legfeljebb 5 tömeg% (térfogat%) anyag marad fenn (11.1. ábra).



**11.1. ábra:** Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagysága a szemmegoszlási görbén

A 11.1. ábrán  $d$  a duplázódó sziták jele,  $i$  a duplázódó sziták sorszám, így  $i = 0$  esetén  $d \approx 0,063$  mm, vagy például  $i = 7$  esetén  $d = 8$  mm,  $i = 8$  esetén  $d = 16$  mm,  $i = 9$  esetén  $d = 32$  mm és  $i = 10$  esetén  $d \approx 63$  mm. Ha a duplázódó sziták  $\lg 2$  abszcissa-különbségét kifejező távolság hossza a rajzon  $\Delta$  [mm], akkor a a duplázódó szitákat követő felező sziták helye a rajzon – nem a duplázódó sziták abszcissa-különbségének felezőjében, hanem – a duplázódó szita helyét követő  $(\lg 1,5 / \lg 2) \times \Delta \approx 0,585 \times \Delta$  [mm] távolságra található. Például, ha a rajzon a duplázódó sziták helyének egymástól való távolsága  $\Delta = 25$  mm, akkor a felező sziták

helye a rajzon a duplázódó sziták helyétől – nem  $d/2 = 12,5$  mm-re, hanem  $-0,585 \times 25 = 14,6$  mm-re van.

A legnagyobb szemmagyság tervezése során a szerkezeti elem legkisebb méretére, vasbeton szerkezetek betonja esetén a betonfedés mértékére és az acélbetétek közötti szabad távolságra kell tekintettel lenni. A legnagyobb szemmagyság a következő három adat közül a legkisebbnél nem lehet nagyobb:

- a szerkezet rész legkisebb méretének egyharmada;
- a  $c_{nom}$  névleges betonfedés (lásd e könyv 6. fejezetét) kétharmada;
- az acélbetétek egymástól való legkisebb távolságának (a legkisebb szabad nyílásnak) kétharmada.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.3.1. szakaszának (2) bekezdése szerint a szivattyúval továbbított beton adalékanyagának névleges legnagyobb szemmagysága ne legyen a szivattyúvezeték átmérője egyharmadánál nagyobb.

A visszavont DIN 1045-1:2008 szabvány 6.3. szakaszának (6) bekezdése és az MSZ 4798:2016 szabvány N mellékletének (4) bekezdése szerint zárt szövetszerkezetű vasalt könnyűbeton esetén az XC1 környezeti osztályú beton kivételével a könnyű adalékanyag legnagyobb szemmagysága legalább 5 mm-rel legyen kisebb, mint a  $c_{min,dur}$  előírt legkisebb betonfedés.

Az előregyártott vasbeton vagy feszített vasbetonelemeket illetően a betonfedésre, és így az adalékanyag legnagyobb szemmagyságára az MSZ 4798:2016 szabványban található előírások csak akkor évenyesekek, ha a vonatkozó termékszabvány másként nem rendelkezik.

A névleges legnagyobb szemmagyságok mindegyikéhez három szemmegoszlási határgörbe tartozik (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezete, illetve a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány M melléklete), tehát az adalékanyag szemmegoszlási görbéjének meghatározó jellemzője a legnagyobb szemmagyság.

A betontechnológus az adalékanyag legnagyobb szemmagyságán kívül a következők egyike szerint is jellemezze az adalékanyag szemmegoszlását (MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezetének (8) bekezdése):

- az „A”, „B”, illetve „C” határgörbével vagy a közöttük lévő I. illetve II. területtel is, például:  $D_{max} = 16$  (AB) vagy  $D_{max} = 16$  (I.), vagy AB16;
- a finomsági modulussal is, például:  $D_{max} = 16$  ( $m = 5,6-6,6$ );
- az egyenlőtlenégi együtthatóval is, például:  $D_{max} = 16$  ( $U_{70/10} = 14-22$ ).

Megjegyzés: A visszavont MSZ 4798-1:2004 szabványban a 4.2.2. szakaszban adták meg az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának osztályait. Ennek tartalma az MSZ 4798:2016 szabványban jórészt az E mellékletbe került, mert átszámolás folytán az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány 4.2.2. szakasza az öntömörödő betonok konzisztencia osztályait tartalmazza.

### Összegezve:

Az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának növelése általában hatásos eszköze a cementtakarékos beton készítésének. A legnagyobb szemmagyság növelésének azonban mind a beton, mind a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonja esetén korlátai vannak: mind a vasalatlan, mind a vasalt szerkezet rész legkisebb méretének egyharmadánál nem szabad nagyobbak lennie; ha pedig a betonból vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet készül, akkor legfeljebb a névleges betonfedésnek és az acélbetétek egymástól való távolságának kétharmada lehet.







## 12. KONZISZTENCIA OSZTÁLY

### 12.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIA OSZTÁLYAI

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 betonszabvány a tömörítendő friss könnyűbetont, szokványos (közönséges, normál) betont és nehézbetont konzisztenciája alapján háromféle szabványos konzisztencia vizsgálati módszer szerint sorolja osztályba. A betonszabvány a háromféle konzisztencia vizsgálati módszer között betűjellel tesz különbséget: roskadási mérték (S), terülési mérték (F), tömörítési mérték (C), a konzisztencia osztályt pedig a megfelelő betűjel és a beton folyósságával növekvő, az adott konzisztencia mérték tartományhoz rendelt számjel társításával jelöli (12.1. – 12.3. táblázat).

A konzisztenciát a friss beton megrendelésekor tervezett értékkel is megadhatjuk, ilyenkor azonban elő kell írni a tűrést is, például:  $S = 30 \pm 10$  mm. Célszerűbb azonban a konzisztencia mérési módszernek megfelelő konzisztencia osztály jelét (például S1) és a hozzá tartozó tartományt, például S1 (10 - 40 mm) megadni.

A beton jelében nem javasoljuk sem a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti konzisztencia osztályokra utaló FN (földnedves), KK (kissé képlékeny), K (képlékeny), F (folyós) betűjel, sem a konzisztencia megnevezésének szöveges megjelenítését (például: földnedves) szerepeltetni.

A konzisztencia osztályok határértéke a vizsgálati eredmények átlagára vonatkozik. A tömörítendő betonok egyedi konzisztencia vizsgálati eredményei az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerinti mértékben térhetnek el az átlagos eredményekre vonatkozó határértékektől.

#### 12.1. táblázat: Roskadási osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Roskadási mérték, mm	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek tűrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
S1	10 - 40	$\pm 10$
S2	50 - 90	$\pm 20$
S3	100 - 150	$\pm 30$
S4	160 - 210	$\pm 30$
S5		
A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	$\geq 220$	$\pm 30$

A roskadási mértéket az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi roskadásmérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -10 mm-rel, felső határától legfeljebb +10 mm-rel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezéses gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -20 mm, +20 mm.

**12.2. táblázat:** Területi osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Területi átmérő (Területi mérték), mm	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek túrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
F1 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	$\leq 340$	$\pm 40$
F2	350 – 410	$\pm 40$
F3	420 – 480	$\pm 40$
F4	490 – 550	$\pm 40$
F5	560 – 620	$\pm 40$
F6 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	$\geq 630$	$\pm 40$

A területi mértéket az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi területmérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -10 mm-rel, felső határától legfeljebb +10 mm-rel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezésű gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -20 mm, +20 mm.

**12.3. táblázat:** Tömörítési osztályok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Osztály	Tömörítési mérték (A tömöríthetőség mértéke)	
	A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek	Határértékek túrése az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata szerint
C0 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.	$\geq 1,46$	$\pm 0,13$
C1	1,45 – 1,26	$\pm 0,13$
C2	1,25 – 1,11	$\pm 0,11$
C3	1,10 – 1,04	$\pm 0,08$
C4 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny. Ezt az osztályt csak könnyűbeton esetén szabad alkalmazni.	$\leq 1,03$	$\pm 0,08$

A tömörítési mértéket az MSZ EN 12350-4:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az egyedi tömörítésmérési eredmények a beton átadása helyén az előírt konzisztencia osztály alsó határától legfeljebb -0,03 értékkel, felső határától legfeljebb +0,03 értékkel térhetnek el. Ha a mintát a mixer vagy kavaróberendezésű gépkocsi ürítésének kezdetekor veszik, akkor a megengedett eltérés rendre -0,04, +0,04 mm.

**12.4. táblázat:** VEBE osztályok a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint

Osztály	VEBE-méteres átformálási idő, (VEBE-mérték), s A vizsgálati eredmények átlagára vonatkozó határértékek
V0	$\geq 31$ A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.
V1	30 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4	5 - 3 A módszer e tartományban kevésbé érzékeny.

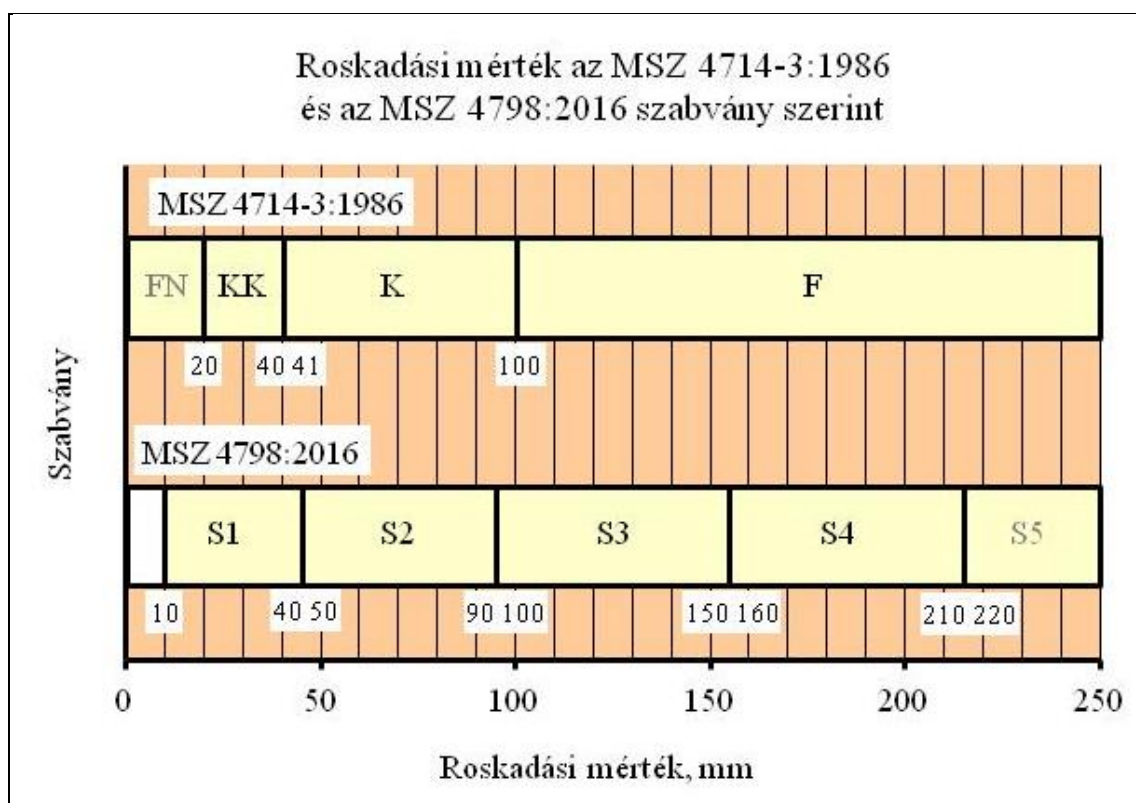
A Vebe-méteres átformálási időt az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004 szabvány visszavonásával a VEBE mérték (V) (12.4. táblázat) termékminősítő szerepét elvesztette.

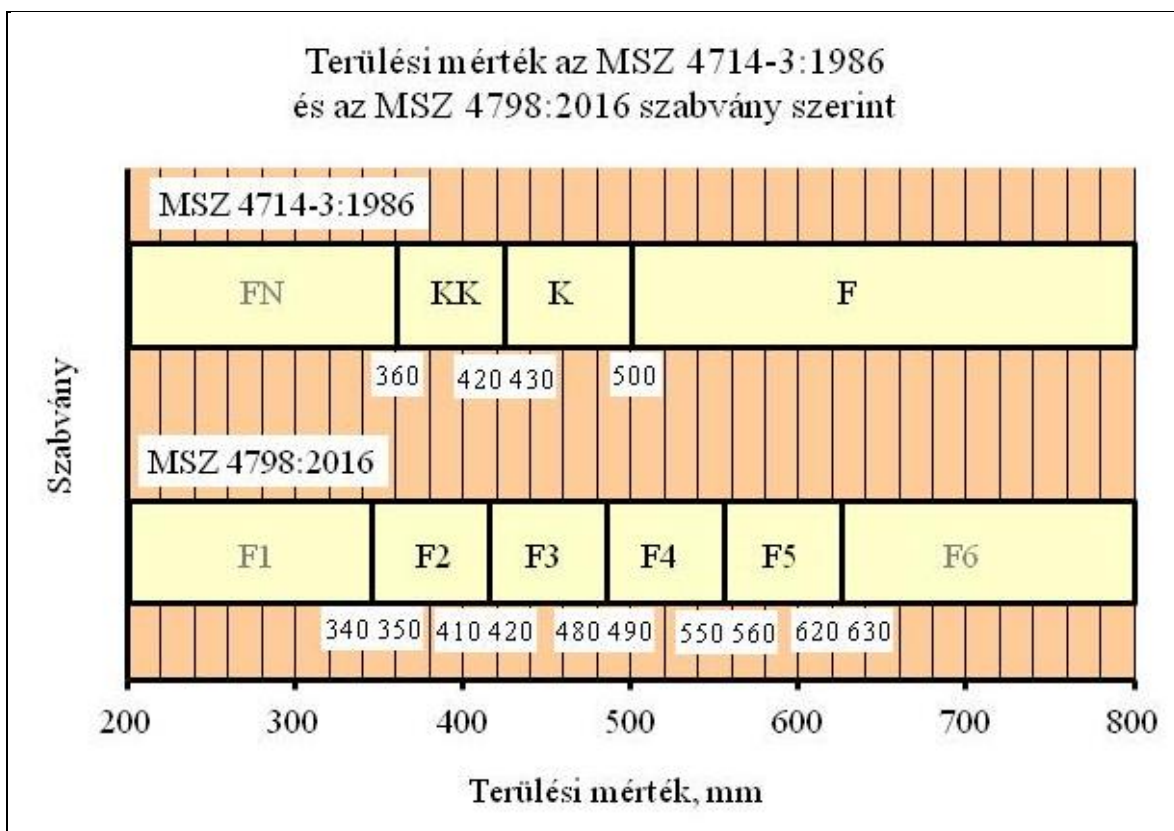
A 12.1. – 12.3. ábrán a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány F2. függeléke és az új MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány 4.2.1. szakasza szerinti konzisztencia osztályokat vetettük össze.

A 12.4. ábrán a régi, visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány F2. függeléke és a közel múltban ugyancsak visszavont MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány 4.2.1. szakasza szerinti VEBE-méteres átformálási konzisztencia osztályok összehasonlítása látható.

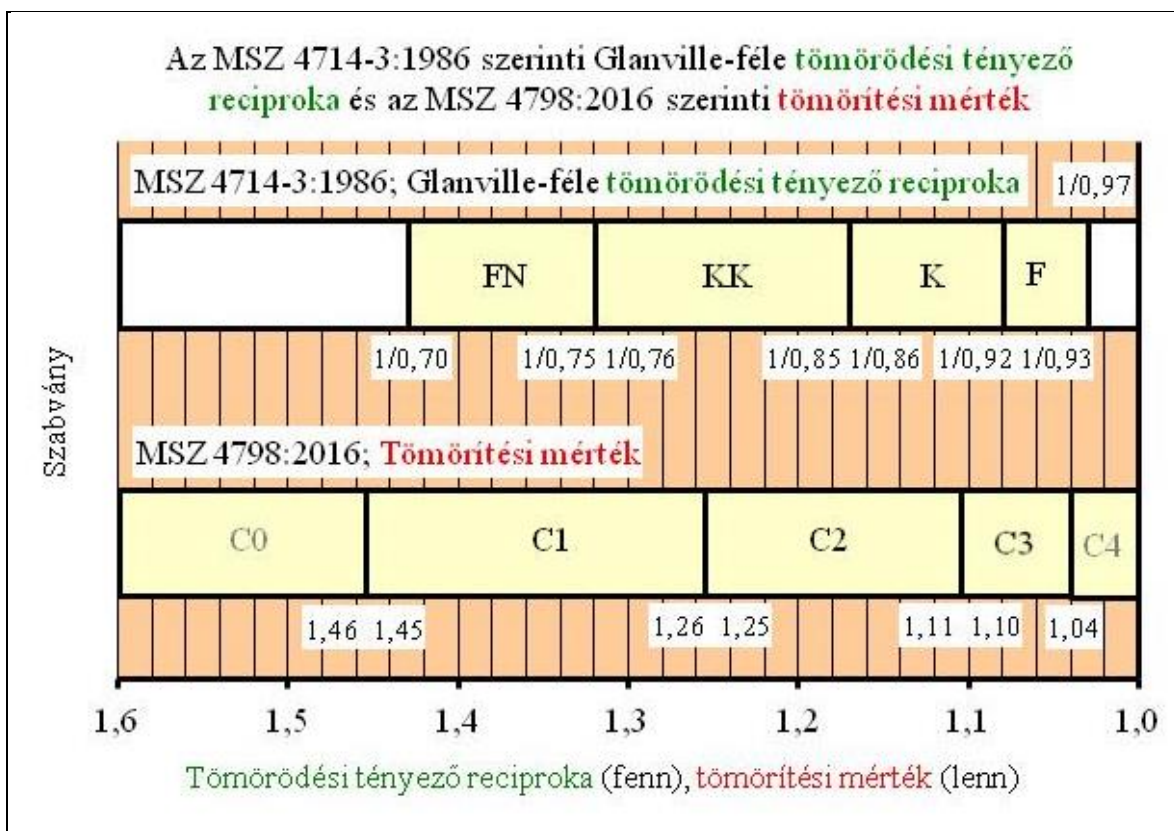
A légszáras állapotú könnyű adalékanyagok vízfelszívása folytán a könnyűbetonok konzisztencia osztálya akár egy fokozatot is csökkenhet, ezért meg kell határozni a könnyű adalékanyag 1 órás vízfelvételét, és azt a betonkeverés során a keverővízhez kell adni. A könnyűbetonokat általában képlékeny konzisztenciával célszerű készíteni (javasolt konzisztencia osztály például F2), mert az ennél lágyabb konzisztenciájú könnyűbetonok könnyen szétosztályozódnak (*Zement-Merkblatt B 13*).



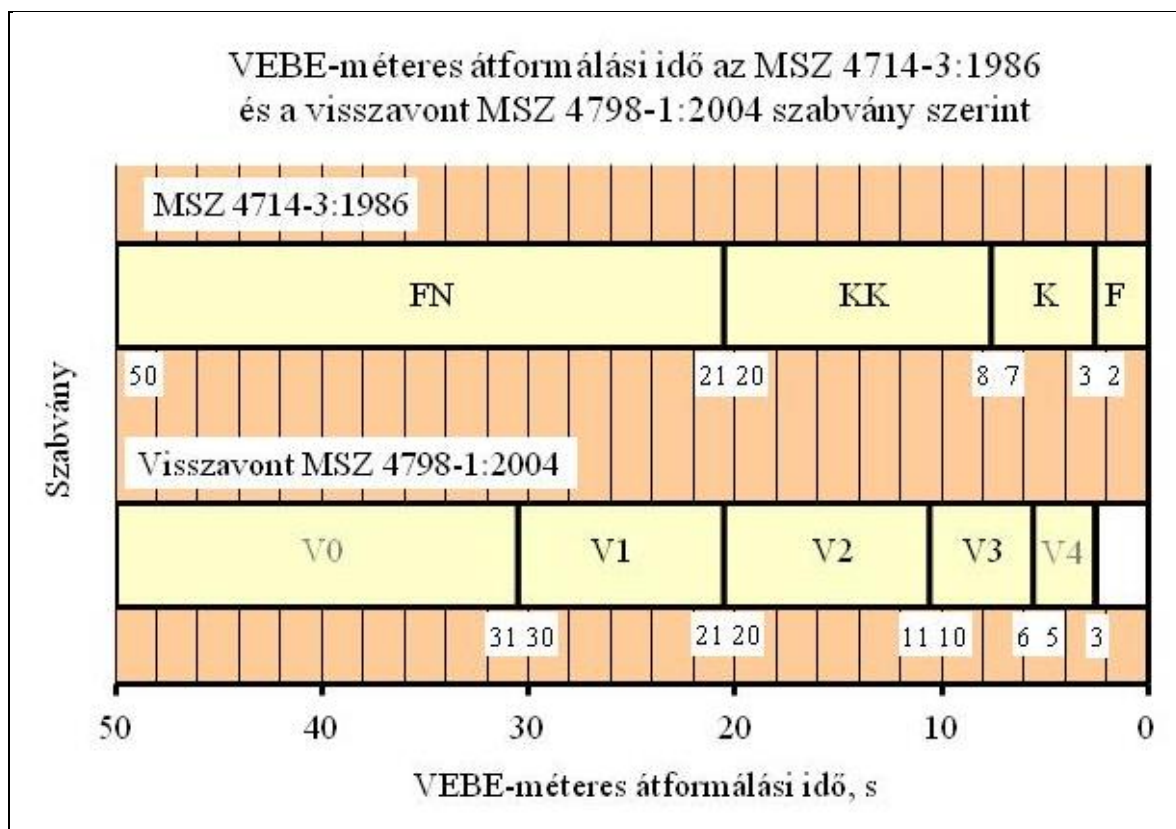
**12.1. ábra:** A régi (MSZ 4714-3) és a mai (MSZ 4798) roskadási osztályok összevetése



12.2. ábra: A régi (MSZ 4714-3) és a mai (MSZ 4798) területi osztályok összevetése



12.3. ábra: A régi tömörödési (MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti Glanville-féle) és a mai tömörítési (MSZ 4798:2016 szabvány szerinti Walz-féle) osztályok összevetése



**12.4. ábra:** A régi (MSZ 4714-3:1986) és a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti VEBE osztályok összevetése

## 12.2. ÖNTÖMÖRÖDŐ-ÖNTERÜLŐ BETON KONZISZTENCIA OSZTÁLYAI

Az öntömörödő beton konzisztencia osztályait eredetileg előíró MSZ EN 206-9:2010 szabványt 2014. július 1-jén visszavonták, és tartalmát 4.2.2. szakasz-számmal beépítették az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabványba.

Az öntömörödő beton konzisztenciáját az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798:2016 szabvány szerint a 12.5. táblázat szerinti konzisztencia osztály jelével, vagy határértékével, vagy különleges esetben (MSZ 4798:2016 szabvány L mellékletének 1. sora) a konzisztencia tervezett értékével lehet megadni.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 21. táblázata szerint az öntömörödő beton egyedi konzisztencia vizsgálati eredményeinek eltérése a tőrésel módosított határértéktől nem megengedett, miáltal a határérték követelményét a konzisztencia vizsgálat eredményének átlagértéke is kielégíti; más szóval az öntömörödő beton konzisztencia osztályainak határértéke az egyedi konzisztencia vizsgálati eredményekre vonatkozik. A tőréseket az MSZ 4798:2016 szabvány 23. táblázata tartalmazza.

Ha az öntömörödő beton folyási képességét kell meghatározni, akkor az MSZ EN 12350-8:2010 szerinti roskadási területet kell megmérni. A roskadási területi osztályokat tömörítendő betonok esetén is alkalmazni lehet, azokat az MSZ 4798:2016 szabvány a szokványos betonok konzisztencia osztályai között tartja számon.

Ha az öntömörödő beton viszkozitását kell meghatározni, akkor vagy a  $t_{500}$  területi időt (MSZ EN 12350-8:2010) vagy a tölcséres kifolyási időt (MSZ EN 12350-9:2010) kell megmérni.

**12.5. táblázat:** Az öntömörödő betonok konzisztencia osztályai az MSZ 4798:2016 szabványban. A tűréseket a szabvány 23. táblázata tartalmazza. A határértékek az egyedi (egyed) vizsgálati eredményekre is vonatkoznak.

<b>Roskadási terület szerinti osztályok</b>		
Osztály jele	Roskadási területi mérték határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
SF1	(500±50) – (650±50)	MSZ EN 12350-8:2010
SF2	(660±50) – (750±50)	
SF3	(760±50) – (850±50)	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a roskadási terület tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemmagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
<b>Viszkozitási (területi idő) osztályok (az 500 mm-es területi átmérő eléréséhez szükséges idő roskadási területmérés során)</b>		
Osztály jele	$t_{500}$ területi idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VS1	$< 2 \pm 1$	MSZ EN 12350-8:2010
VS2	$\geq 2 \pm 1$	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a területi idő tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemmagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
<b>Viszkozitási (tölcséres kifolyási idő) osztályok</b>		
Osztály jele	$t_v$ tölcséres kifolyási idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VF1	$< 9 \pm 3$	MSZ EN 12350-9:2010
VF2	(9±5) – (25 ± 5)	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a kifolyási idő tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemmagysága: $D_{\max} \leq 22,4$ mm (24 mm).		
<b>L-szekerényes (L-dobozos) átfolyási képesség szerinti osztályok</b>		
Osztály jele	L-szekerényes átfolyási képesség arányszámának határértéke [-]	Vizsgálati szabvány
PL1	$\geq 0,8$ két fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-10:2010
PL2	$\geq 0,8$ három fékező acélrúd alkalmazásával	
Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet az L-szekerényes átfolyási képesség arányszámának legkisebb értékével.		
<b>Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) átfolyási képesség szerinti osztályok</b>		
Osztály jele	Területi hajlam, a betonlepeny belső és külső magassága különbségének határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
PJ1	$\leq 10$ tizenkét fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-12:2010
PJ2	$\leq 10$ tizenhat fékező acélrúd alkalmazásával	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a betonlepeny belső és külső magassága különbségének legnagyobb tervezett értékével. b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemmagysága: $D_{\max} \leq 40$ mm.		
<b>Ülepedési (szitán szétosztályozódási) ellenállás, stabilitás szerinti osztályok</b>		
Osztály jele	Szitán átfolyt anyag mennyiségének határértéke [tömeg%]	Vizsgálati szabvány
SR1	$\leq 20$	MSZ EN 12350-11:2010
SR2	$\leq 15$	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a szitán fennmaradt anyag tömeg%-ban kifejezett mennyiségének legnagyobb értékével. b) A szétosztályozódási osztály szálerősítésű vagy könnyű adalékanyagos beton esetén nem érvényes.		



Ha az öntömörödő beton átfolyási képességét kell meghatározni, akkor vagy az L-szekrényes vizsgálatot (MSZ EN 12350-10:2010) vagy a fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) vizsgálatot (MSZ EN 12350-12:2010) kell elvégezni.

Az L-szekrényes átfolyási képesség és a fékező gyűrűs átfolyási képesség osztályainak mértékegysége eltérő, és ezeknek a tőrését az MSZ 4798:2016 szabvány nem tartalmazza.

Ha az öntömörödő beton szétosztályozódással szembeni ellenállását kell meghatározni, akkor az ülepedési (szétosztályozódási) hajlam vizsgálata végzendő el az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint.

Öntömörödő betont könnyűbetonból is lehet készíteni (*Zement-Merkblatt B 13, Müller – Haist 2004*).



### 13. TESTSÚRÚSÉGI OSZTÁLY

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a 28 napos korban,  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten, tömegállandóságig kiszárított állapotban meghatározott testsűrűségük alapján a megszilárdult betonokat könnyűbetonnak, szokványos betonnak (közönséges vagy normál betonnak, vagy legtöbbször egyszerűen betonnak) és nehézbetonnak nevezik (13.1. táblázat).

Az MSZ 4798:2016 szabvány a könnyűbetonok közül a legalább  $800 \text{ kg/m}^3$  testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonokkal foglalkozik; a  $800 \text{ kg/m}^3$ -nél kisebb testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonok és a sejtesített könnyűbetonok (a gázbetonok, szabványos és kereskedelmi nevük szerint pórusbetonok, a habbetonok stb.) nem tartoznak tárgykörébe.

#### 13.1. táblázat: Betonok osztályozása testsűrűség alapján (MSZ 4798:2016)

Beton fajta	Beton betűjele	Beton testsűrűsége 28 napos korban, kiszárított állapotban, $\text{kg/m}^3$
Könyűbeton	LC	800 – 2000
Közönséges beton	C	> 2000 – 2600
Nehézbeton	HC (nem szabványos jelölés)	> 2600

A legalább  $800 \text{ kg/m}^3$  testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonokat testsűrűségük alapján a 13.2. táblázat szerint osztályozzuk.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 22. táblázata szerint a szilárd nehézbeton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűsége a tervezett értéktől legfeljebb -1,5%-kal térhet el.

#### 13.2. táblázat: A legalább $800 \text{ kg/m}^3$ testsűrűségű, adalékanyagos könnyűbetonok osztályozása testsűrűség alapján (MSZ 4798:2016)

Testsűrűségi osztály	$\rho_{LC} 1,0$	$\rho_{LC} 1,2$	$\rho_{LC} 1,4$	$\rho_{LC} 1,6$	$\rho_{LC} 1,8$	$\rho_{LC} 2,0$
Testsűrűség, $\text{kg/m}^3$	800 – 1000	> 1000 – 1200	> 1200 – 1400	> 1400 – 1600	> 1600 – 1800	> 1800 – 2000

Az MSZ 4798:2016 szabvány 22. táblázata szerint a szilárd könnyűbeton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűsége a testsűrűségi osztály alsó határértékétől legfeljebb -2%-kal, felső határértékétől legfeljebb +2%-kal térhet el.

A  $\rho_T < 800 \text{ kg/m}^3$  testsűrűségű adalékanyagos könnyűbetonokkal e könyvben csak érintőlegesen, a sejtesített könnyűbetonokkal pedig nem foglalkozunk,

A könnyűbetonok lehetséges csoportosítását testsűrűségük és nyomószilárdságuk, illetve alkalmazhatóságuk szerint a 13.3. táblázatban mutatjuk be.



**14. FRISS BETONOK KLORIDIONTARTALMÁNAK OSZTÁLYA**

A kloridiontartalom esetenként szokásos, kevésbé szabatos megnevezése: kloridtartalom.  
Jele:  $\text{Cl}^-$

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.8. szakasza szerint a friss beton összes kloridiontartalmát a cementtartalom tömegszázalékában kell kifejezni, és annak tényleges értéke nem haladhatja meg a kloridiontartalmi osztály követelményét, amelyet a 14.1. táblázatban tüntetünk fel.

**14.1. táblázat:** A friss beton legnagyobb kloridiontartalma a cementtartalom tömegszázalékában kifejezve az MSZ 4798:2016 szabvány 15. táblázata alapján

Beton fajtája	Kloridiontartalom osztály <sup>a)</sup>	Megengedett legnagyobb kloridion- ( $\text{Cl}^-$ )-tartalom a cementtartalom tömegszázalékában <sup>b)</sup>
Beton. Nem tartalmaz acélbetétet vagy más beágyazott fémet, kivéve a korrózióálló emelőfüleket <sup>c)</sup>	$\text{Cl} 1,0$	1,0
Vasbeton. Acélbetétet vagy más beágyazott fémet tartalmaz	$\text{Cl} 0,2$	0,2
	$\text{Cl} 0,4$ <sup>d)</sup>	0,4 <sup>d)</sup>
Feszített vasbeton. Feszített acélbetétet is tartalmaz	$\text{Cl} 0,1$	0,1
	$\text{Cl} 0,2$ <sup>d)</sup>	0,2 <sup>d)</sup>

<sup>a)</sup> Különleges betonfelhasználás esetén az alkalmazott osztály függ a beton felhasználási helyén érvényes utasításoktól.  
<sup>b)</sup> Ha II. típusú kiegészítőanyagot (például kohósalakot, pernyét, szilikaport) alkalmazunk, és ezt beszámítjuk a cementtartalomba, akkor a cement + teljes mennyiségű kiegészítőanyag tömegszázalékában kifejezett kloridion-mennyiség az a kloridiontartalom, amelyet számításba kell venni.  
<sup>c)</sup> Az emelőfüleket nem kell korrózióálló acélból készíteni akkor, ha a szerkezeti elemet egyszer emelik be a helyére, és később az emelőfüleknél fogva már nem mozgatják.  
<sup>d)</sup> Kizárólag nedvességtől elzárt térben lévő szerkezetek esetén szabad megengedni.

Az utak, autópályák, repülőterek, járdák, kerékpárutak, rakodási területek és általában a közlekedési szerkezetek betonburkolataira vonatkozó MSZ EN 13877-1:2013 szabvány 5.2.6. szakasza szerint, ha a betonban korrózióvédelem nélküli horgonyzó acélbetét, betonvasalás vagy teherátadó acélbetét van, akkor az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerinti összes kloridtartalom nem haladhatja meg a cement tömegének 0,4 %-át.

Kalcium-kloridot és kloridalapú adalékszerkeket nem szabad acélbetéteket (vasbeton), előfeszített acélokat (előfeszített vasbeton) vagy más beágyazott fémekeket tartalmazó betonhoz adagolni.

A friss betonok kloridiontartalmát a beton környezeti osztályától függetlenül korlátozni kell.

Az ismert összetételű friss beton kloridiontartalmát a betonalkotók, a cement, a keverővíz, az adalékanyag, a kiegészítőanyag és az adalékszer kloridiontartalmából a következő módszerek egyikével vagy ezek társításával lehet meghatározni, és a cementtartalom tömegszázalékában kifejezni:

- az alkotóanyagok szabványai által megengedett vagy az alkotóanyag gyártói által megadott legnagyobb kloridiontartalom alapján;

- az alkotóanyagok havonta elvégzett kloridiontartalom vizsgálata utolsó 25 eredményének az átlagából és az ehhez hozzáadott 1,64-szoros szórásából meghatározott várható legnagyobb kloridiontartalom alapján. Az alkotóanyagok ennél nagyobb kloridiontartalmának előfordulási valószínűsége legfeljebb 5%.

A betonalkotóanyagok megengedett legnagyobb kloridiontartalmáról a vonatkozó termékszabványok intézkednek. Például a betonszerkezetek gyártásához használt betonalkotóanyagok megengedett vízdoldható kloridiontartalma a következő:

- cement (MSZ EN 197-1:2011), az MSZ EN 196-2:2013 szerint vizsgálva:  $\leq 0,1$  tömeg%
- víz (MSZ EN 1008:2003), az MSZ EN 196-2:2013 szerint vizsgálva:
  - betonhoz:  $\leq 0,45$  tömeg%
  - vasbetonhoz:  $\leq 0,10$  tömeg%
  - feszített vasbetonhoz:  $\leq 0,05$  tömeg%
- adalékanyag – beleértve a kiegészítőanyagként alkalmazott kőlisztet is – (MSZ EN 12620:2002+A1:2008), a szemek felületéről vízzel leoldható kloridiontartalom, az MSZ EN 1744-1:2019+A1:2019 szabvány 7. fejezete szerint vizsgálva (DIN-Fachbericht 100:2010):
  - beton esetén:  $\leq 0,15$  tömeg%
  - vasbeton esetén:  $\leq 0,04$  tömeg%
  - feszített vasbeton esetén:  $\leq 0,02$  tömeg%
  - az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány 6.2. szakaszának megjegyzése szerint, ha ismert, hogy az adalékanyag vízdoldható kloridiontartalma legfeljebb 0,01 tömeg%, akkor ezt az értéket (0,01 tömeg%) a beton kloridiontartalmának kiszámításánál alkalmazni szabad.
- adalékszer (MSZ EN 934-1:2008), kloridmentes (német jelölése gyakran „OC”: ohne Chlorid), az MSZ EN 480-10:2009 szerint vizsgálva:  $\leq 0,1$  tömeg%

Példaképpen számítsuk ki egy  $300 \text{ kg/m}^3$  cementtartalmú,  $0,5$  víz-cement tényezőjű,  $1940 \text{ kg/m}^3$  adalékanyagtartalmú (mészkőliszt kiegészítőanyaggal együtt, ha van benne),  $4,5 \text{ kg/m}^3$  adalékszer adagolású, vasbeton szerkezetbe beépítésre kerülő friss beton kloridiontartalmát annak feltételezésével, hogy a cement, a víz és az adalékszer kloridiontartalma a megengedett felső határérték 80 százalékát, míg a mosott adalékanyag kloridiontartalma a megengedett felső határérték 20 százalékát éri el:

$$\begin{aligned} Cl_{\text{cement}} &= 0,8 \times 300 \times 10^{-3} = 0,2400 \text{ kg/m}^3 \\ Cl_{\text{víz}} &= 0,8 \times 150 \times 10^{-3} = 0,1200 \text{ kg/m}^3 \\ Cl_{\text{adalékanyag}} &= 0,2 \times 1940 \times 4 \times 10^{-4} = 0,1552 \text{ kg/m}^3 \\ Cl_{\text{adalékszer}} &= 0,8 \times 4,5 \times 10^{-3} = 0,0036 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

azaz a betonban lévő összes klorid-ion tömege  $= 0,5188 \text{ kg/m}^3$ , amelyet a cementtartalom tömegszázalékában kifejezve kapjuk az MSZ 4798-1:2004 szabvány 10. táblázatában szereplő követelménnyel összevetendő kloridiontartalmat  $= (0,5188/300) \times 100 = 0,173$  tömeg%.

Minthogy  $0,173 < 0,2$  tömeg%, a példa szerinti beton az MSZ 4798:2016 szabvány 15. táblázata szerint a  $Cl$  0,20 jelű kloridiontartalom osztályba tartozik, és vasbeton szerkezet készítésére alkalmas.

Értelemszerűen kell a bemutatott számítási módszert alkalmazni akkor is, ha a

kloridiontartalmat esetleg a friss beton tömeg%-ában adják meg, és ki kívánjuk számítani a cementtartalom tömegszázalékában kifejezett kloridiontartalmat. Fenti példában a a friss beton tömeg%-ában kifejezett kloridiontartalom:  $100 \cdot 0,5188 / (300 + 150 + 1940 + 4,5) = 100 \cdot 0,5188 / 2394,5 = 0,022$  tömeg%. Ha a pontos számításhoz szükséges összes adatot nem ismerjük, akkor  $300 \text{ kg/m}^3$  cementtartalom és  $2400 \text{ kg/m}^3$  friss beton testsűrűség feltételezésével, a friss beton tömeg%-ában megadott kloridiontartalmát nyolccal ( $2400/300 = 8$ ) megszorozva kapjuk a cementtartalom tömeg%-ában kifejezett hozzávetőleges kloridiontartalmat, példánk szerint:  $0,022 \cdot 8 = 0,176$  tömeg%  $\sim 0,173$  tömeg%, amely utóbbi a példa szerinti pontos érték.

## C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

### 15. VÍZ-CEMENT TÉNYEZŐ, VÍZ-KÖTŐANYAG TÉNYEZŐ

A víz-cement tényező ( $x$ ) a friss beton víz- és cementtartalmának tömegaránya:

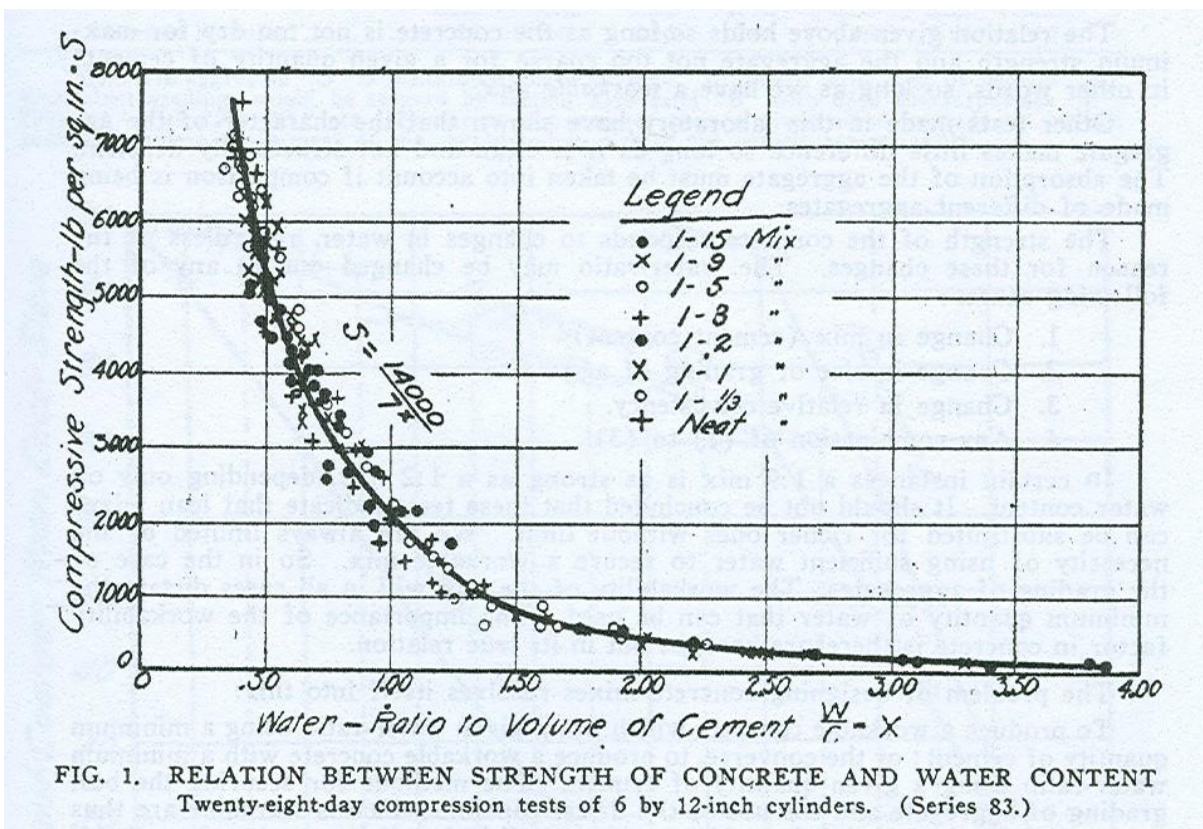
$$x = \frac{v}{c}$$

ahol:

$v$  = friss beton hatékony víztartalma, amely a keverővíznek és az adalékanyag felületi nedvességének az összege [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. Számítása során célszerű az adalékanyag rövid idejű vízfelszívását figyelembe venni. A hatékony víztartalmat szükség esetén a párolgási veszteséggel csökkenteni szokták.

$c$  = a bedolgozott friss beton cementtartalma,  $\text{kg}/\text{m}^3$

A „víz-cement tényező – nyomószilárdság” törvény a betontechnológia legalapvetőbb anyagtani szabálya, amelyet *Duff A. Abrams* 1918 decemberében, New Yorkban, a Portland Cement Szövetség (Portland Cement Association) éves ülésén ismertetett: a víz-cement tényező ( $x$ ) növekedésével csökken a beton nyomószilárdsága ( $S$ ), mert a víz-cement tényező növekedésével a növekszik cementkő pórustartalma (15.1. ábra). *Abrams* a nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggést ( $S = 14000/7^x$ ) három év alatt végzett mintegy 50000 vizsgálat eredménye alapján határozta meg, annak feltételezésével, hogy a cement halmazsűrűsége 94 lb. per cu. ft. = 94 font/láb<sup>3</sup> = 1,506 kg/liter.

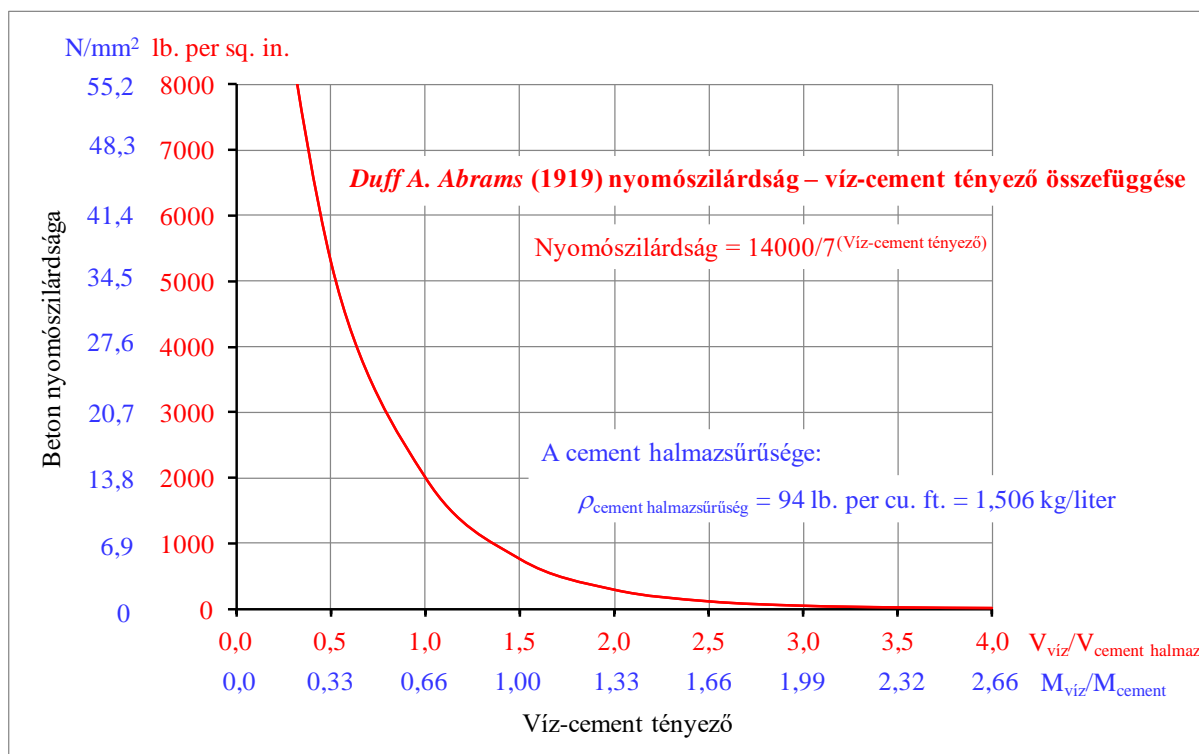


**15.1. ábra:** *D. A. Abrams* 1919 májusában nyomtatásban közzétett „Összefüggés a beton nyomószilárdsága és víztartalma” aláírású ábrája, amelyet 28 napos Ø6×12 hüvelyk = Ø152,4×304,8 mm méretű próbahengerek nyomószilárdság vizsgálati eredménye alapján szerkesztett meg. Az ábra forrása a Forgotten Books & c Ltd., Dalton House, London „Classic Reprint Series” sorozatában 2017-ben megjelent hasonmás kiadás.



Az *Abrams*-féle 15.1. ábra ordinátájának mértékegysége:  $1 \text{ lb./sq. in.} = 1 \text{ font/hüvelyk}^2 = 1 \text{ psi} = 0,006895 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$ , abszcisszájának mértékegysége: térfogatarány =  $V_{\text{víz}}/V_{\text{cement}}$  halmaz =  $\rho_{\text{cement}} \text{ halmazsűrűség} \times M_{\text{víz}}/M_{\text{cement}} = 1,506 \times M_{\text{víz}}/M_{\text{cement}} = \text{tömegarány}$ .

Az *Abrams*-féle nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggést a nyomószilárdság angolszász mértékegységét metrikusan, és a víz-cement tényezőt tömegarányban is kifejező koordináta-rendszerben a 15.2. ábrán rajzoltuk meg.



**15.2. ábra:** Az *Abrams*-féle nyomószilárdság – víz-cement tényező összefüggés a hazánkban ma használatos koordináta-rendszer feltüntetésével

Az *Abrams*-féle törvény *Hummel, A.*<sup>113</sup> (1959) megfogalmazásában így szól: „a víz-cement tényező növekedésével rohamosan csökken a cementkő, a cementhabarcs és a beton nyomószilárdsága, csökken a hajlító-húzószilárdság, a kopásállóság és a rugalmassági modulus, és növekszik a zsugorodás”.

*Weiss György (Weisz)*<sup>114</sup> (1952) az *Abrams*-féle víz-cement tényező törvényt közérthetően így magyarázza: „Ha a víz-cement tényező növekszik, akkor a cement kötése szempontjából

<sup>113</sup> *Hummel, Alfred* (1891, Heilbronn – 1973, Aachen), német építész, betontechnológus, egyetemi tanár. Dr.-Ing. címet 1923-ban szerzett. 1928-ban a Verein Deutscher Portland-Cement Fabrikanten Berlin-karlshorsti laboratóriumának vezetője, ebben az időben írta az azóta számos kiadást elért „Das BetonABC” című könyvet (1934). 1936-ban a Berlin-dahlemi Staatlichen Material-Prüfungsamt osztályigazgatója, 1938-ban a Technische Hochschule Berlin, 1948-ban a Technische Hochschule Aachen professzora lett. Itt alapította az Institut für Bauforschung kutatóintézetet, amelynek vezetője lett. 1960-ban német nagykereszt érdeméremmel tüntették ki. Publikációinak száma több, mint 100. Szívesen festett és rajzolt.

<sup>114</sup> *Weiss (máshol Weisz) György* (1904, Szombathely - ?, Budapest) okl. építőmérnök, aki legutóbb az Építőipari Minőségellenőrző Intézet (ÉMI) kutatója volt. Mérnöki oklevelét 1931-ben, a M. kir. József Műegyetemen szerezte. Egyetemi doktori fokozatot a Budapesti Műszaki Egyetemen 1975-ben, „A cement hidratációjánál felszabaduló hő hatásának a vizsgálata” című értekezésével, summa cum laude minősítéssel nyert. Vállalkozóként 1947-ben kivitelezte az újjáépített szentgotthárdi és rumi Rába-híd aléptípményét és pályaszerkezetét (*Tóth*, 2015). Szakirodalmi alkotásai közül kiemelkedik a „A betonozás technológiája” című (Közlekedési Kiadó, 1952) és a

felesleges vízmennyiség is növekszik, ennek a víznek a betonból el kell párolognia, és helyén pórusok keletkeznek, amelyek a beton szilárdságában nem vesznek részt; feltéve, hogy a beton oly tömören bedolgozható, hogy a fölös víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű durva pórus marad a betonban. Ezért a víz-cement tényező csak a kis levegőtartalmú képlékeny (értsd alatta: nem földnedves) betonok estén alkalmazható.”

A cement hidratációjához felesleges, ún. többlet víz helyén visszamaradó pórusokon kívül egyéb pórust (például zárványt, léghólyagot) is tartalmazó földnedves betonok nyomószilárdságának előrebecslésére a víz-levegő-cement tényezőt kell használni. A víz-levegő-cement tényező a cementkő teljes hézagterefogatát jellemzi:  $r = (M_{Víz} + V_{Levegő})/M_{Cement}$ , ahol az  $M$  tömeg kg-ban, a  $V$  térfogat literben értendő. Az  $r$  víz-levegő-cement tényező az  $x$  víz-cement tényező és a levegő-cement tényező ( $l = V_{Levegő}/M_{Cement}$ ) összege, amely utóbbi a cementkő porozitását fejezi ki azzal, hogy a cement tömegegységére eső pórustérfogatát adja meg. A víz-levegő-cement tényező nem csak a földnedves, hanem az egyéb konzisztenciájú betonok esetén is előnyösen használható a beton várható nyomószilárdságának előrebecslésére (Palotás 1938, 1952).

A portlandcement teljes hidratációjához elvileg 26 tömeg% víz szükséges, az ilyen cementpép cementtartalma 74 tömeg%, és víz-cement tényezője  $26/74 = 0,35$ . Ha a cement anyagsűrűsége például  $3,1 \text{ g/cm}^3$ , akkor a  $0,35$  értékű víz-cement tényező  $26/(74/3,1) = 26/23,9 = 0,35 \times 3,1 = 1,09 \approx 1,1$  víz:cement térfogataránynak felel meg, azaz a teljes hidratációhoz szükséges víz  $V_{Víz} = 100 \times x / (x + (\rho_{Víz}/\rho_{Cement})) = 52$  térfogat% helyet foglal el a friss cementpépben. Powers és Brownyard (1948) kimutatta, hogy a teljes hidratációhoz szükséges 26 tömeg% vízmennyiség elvi adat, mert a hidratációs termékek helyigénye több mint a hidratálatlan cementé, és a helyszükséglet gyakorlatban csak  $0,42$  értékű víz-cement tényező mellett biztosított. A  $0,42$  értékű víz-cement tényező közelítőleg  $0,42 \times 3,1 \approx 1,3$  víz:cement térfogataránynak felel meg. A víz-cement tényező csökkentése a pórustartalom csökkenése folytán akkor is szilárdság növekedéshez vezet, ha víz-, illetve helyhiány miatt a cementkőben a teljes hidratáció nem jön létre (Riesz et al. 1989).

Ujhelyi János (2005) megállapította, hogy a cementkő és a megszilárdult beton porozitása a péptelítettségnek és a cementtartalomnak a függvénye. Felvázolta a beton nyomószilárdságának a péptelítettségtől, a beton konzisztenciájától és a víz-cement tényezőtől függő változását.

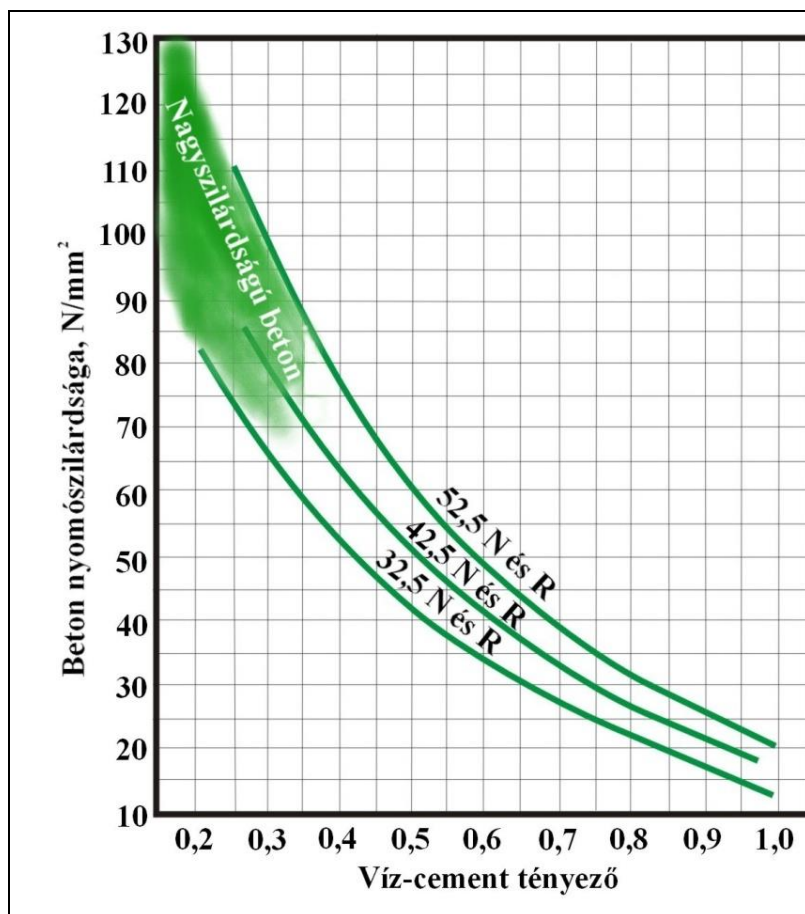
Spránitz Ferenc (2008) a betonkeverék összetételét a péptartalom és levegőtartalom térfogatarányainak figyelembevételével számítja ki, a péptérfogatba beleértve valamennyi  $0,125 \text{ mm}$  alatti méretű szem térfogatát.

Pekár Gyula tanulmányában a pép térkitöltő és a friss beton mozgékonyágát befolyásoló szerepét tekintve minden  $0,063 \text{ mm}$ -nél kisebb szemnagyságú alkotóanyagot a pép összetevőjének tekint, függetlenül annak hidraulikus kötőképességétől (Pekár 2010).

A víz-cement tényező és a beton nyomószilárdság összefüggését különböző cementfajták (MSZ EN 197-1:2011) esetére grafikusán Walz (1970) után a 15.3. ábrán tüntettük fel.

---

három kötetes „Építőipari laboratóriumi mérés technika és műszerismeret” című (Építésügyi Tájékoztatói Központ, 1974-1976) könyve.



**15.3. ábra:** A víz-cement tényező és a beton nyomószilárdságának összefüggése 28 napos, vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka esetén (Walz 1970).

Megjegyzés:  
Nagyszilárdságú beton esetén a cement szilárdsági osztálya elveszti a jelentőségét (Heidelberger Zement AG, 2009)

Hazai gyakorlatban az alkalmazandó víz-cement tényezőt ( $x$ ) a beton tervezett átlagos, 28 napos nyomószilárdságának ( $R_{m,150}$ , mai jelöléssel  $f_{cm,cube,H}$ ) függvényében, például a Bolomey-Palotás-féle összefüggés alapján (Palotás – Balázs 1980) szoktuk meghatározni (15.4. ábra):

- C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztály esetén  
( $f_{cm,cube,H} < (25 + 8)/0,92 = 35,9 N/mm^2$ , mert  $f_{cm,cube} = 0,92 \times f_{cm,cube,H}$ ):

$$x = \frac{1}{\frac{0,94 \times f_{cm,cube,H}}{A} + 0,3}$$

- C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén  
( $f_{cm,cube,H} \geq (25 + 8)/0,92 = 35,9 N/mm^2$ , mert  $f_{cm,cube} = 0,92 \times f_{cm,cube,H}$ ):

$$x = \frac{1}{\frac{0,92 \times f_{cm,cube,H}}{A} + 0,3}$$

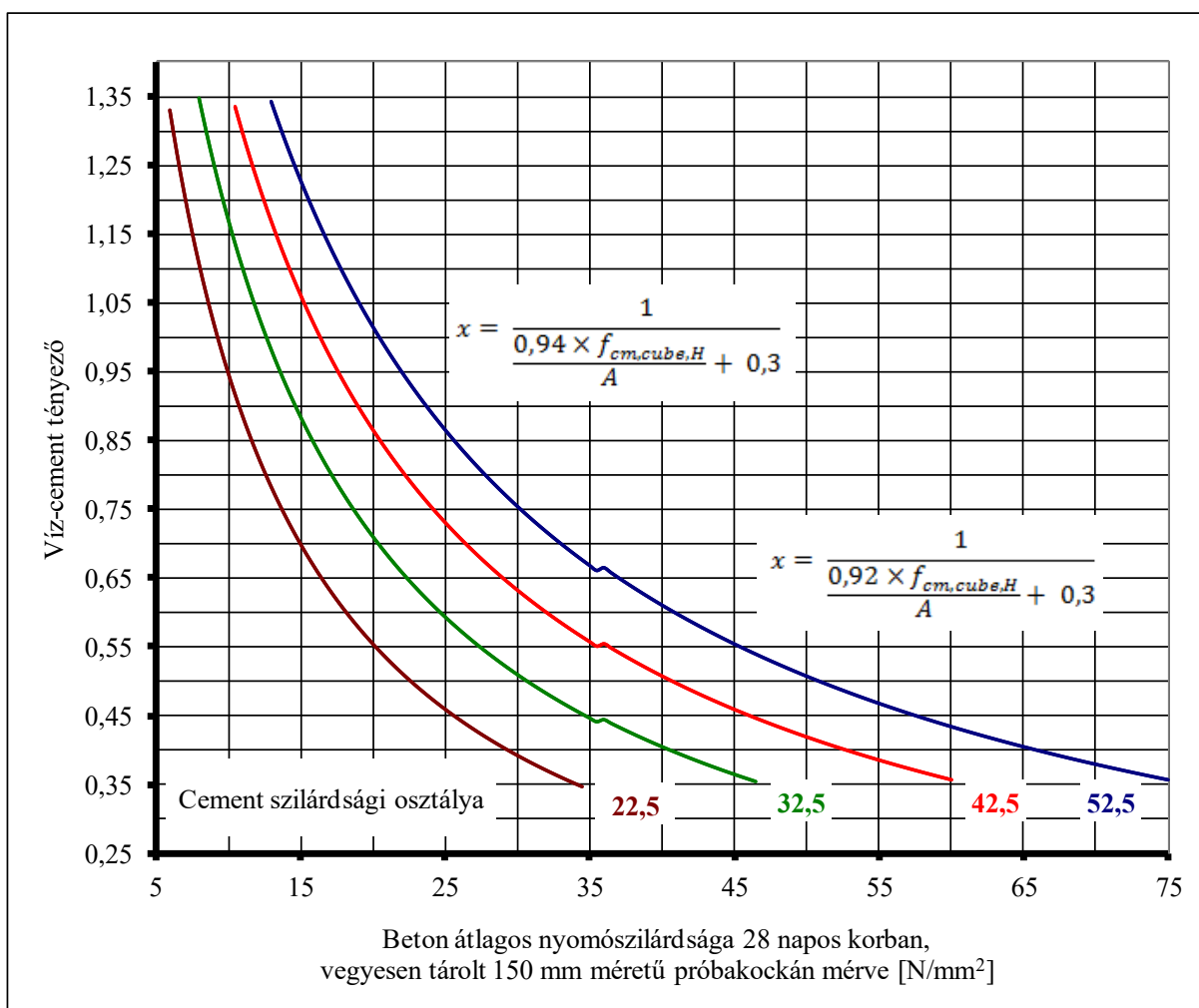
ahol:

- $R_{m,150}$  a beton 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbakockán értelmezett átlagos nyomószilárdsága,  $N/mm^2$
- $0,94 = 1/1,06$  a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú és 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdsága közötti átszámítás szorzója C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztály esetén (lásd a 20.1.2.5. ábrát):  
 $f_{cm,cube,200,H} = 0,94 \times f_{cm,cube,H}$

$0,92 = 1/1,09$  a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú és 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdsága közötti átszámítás szorzója C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén (lásd a 20.1.2.6. ábrát):  
 $f_{cm,cube,200,H} = 0,94 \times f_{cm,cube,H}$

A függvény állandó, amelynek értéke CEM 52,5; CEM 42,5; CEM 32,5; CEM 22,5 szilárdságú cement esetén rendre 27,5; 22,0; 17,0; 12,5

Palotás László a víz-cement tényezőhöz tartozó legkedvezőbb cementtartalmat és adalékanyag finomsági modulust a mai értelemben vett CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített földnedves konzisztenciájú beton  $x_0$  alap víz-cement tényezője (redukált víz-cement tényezőnek is nevezik) függvényében határozta meg (Palotás 1938, 1952, 1961, 1980).



**15.4. ábra:** A víz-cement tényező a beton nyomószilárdságának függvényében a Bolomey-Palotás-féle összefüggés alapján (Palotás – Balázs 1980). Megjegyzés: Adott víz-cement tényező esetén a Bolomey-Palotás-féle (15.4. ábra) összefüggés kisebb beton nyomószilárdságot ad, mint a Walz-féle (15.3. ábra) összefüggés.

Az  $x_0$  alap víz-cementtényező összefüggése:

$$x_0 = \frac{x}{h \cdot h_0 \cdot h_1}$$

A képletben  $h$  a hígítási tényező,  $h_0$  a cement relatív vízszükséglete,  $h_1$  az adalékanyag relatív vízszükséglete. A redukált víz-cement tényező  $h \times h_0 \times h_1$  osztója azt fejezi ki, hogy a beton vízigénye hányszorosa a földnedves konzisztenciájú, CEM 42,5 szilárdsági osztályú cementtel és 24 mm legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített beton vízigényének (Palotás – Balázs 1980). Az  $x$  víz-cement tényező tehát az  $x_0$  alap víz-cement tényező és a beton relatív vízigényét figyelembe vevő  $h \times h_0 \times h_1$  szorzat szorzata:  $x = x_0 \times h \times h_0 \times h_1$ .

A  $h$ ,  $h_0$ ,  $h_1$  tényezők értéke a konzisztencia, a cement minősége és az adalékanyag legnagyobb szemmagysága függvényében a 15.1. táblázatban található.

**15.1. táblázat:** A  $h$ ,  $h_0$ ,  $h_1$  függvényállandók értéke a Palotás-féle betontervezés  $x_0$  redukált víz-cement tényező összefüggésében

Konzisztencia	$h$	Cementminőség	$h_0$	$d_{\max}$ mm	$h_1$
Alig földnedves	0,85	CEM 52,5	0,98	8	1,07
Földnedves	1,00	CEM 42,5	1,00	12	1,04
Kissé képlékeny	1,15	CEM 32,5	1,04	16	1,01
Képlékeny	1,25	CEM 22,5	1,07	24	1,00
Folyós	1,35			32	0,98
Önthető	1,45			63	0,96

Ujhelyi János (2005) összehasonlította Feret, Powers, Abrams, Bolomey különböző alakú víz-cement tényező és nyomószilárdság összefüggését, és megállapította, hogy a különböző becslő képletekkel különböző beton nyomószilárdságokat lehet kapni, és az eltérés szélső esetben 8-12 N/mm<sup>2</sup> is lehet. Az eltéréseket a felhasznált cementek különböző vízerzékenységének tulajdonítja. A cementek vízerzékenységén Ujhelyi azt érti, hogy különböző cementfajták a különböző vízadagolások (különböző víz-cement tényezők) mellett eltérő módon viselkednek, például vannak cementek, amelyek szilárdsága nagyobb vízadagolás mellett gyorsabban csökken, mint más cementeké, és fordítva. A cement vízerzékenységének hatását 0,35; 0,55 és 1,0 értékű víz-cement tényezővel végzett betonkísérletekkel meghatározott függvényegyütthatók („ $n$ ”, „ $A$ ”, „ $B$ ”) alkalmazásával lehet kiküszöbölni az Abrams-féle összefüggésből továbbfejlesztett függvény segítségével, amelynek alakja:

$$f_{\text{cm,cube,H}} = A \cdot e^{-B \cdot x^n} = A \cdot \exp(-B \cdot x^n) \quad [\text{N/mm}^2]$$

ahol:

$f_{\text{cm,cube,H}}$  vegyesen tárolt, 3 db 150 mm élhosszúságú beton próbakockán meghatározott 28 napos átlagos nyomószilárdság

$x$  víz-cement tényező

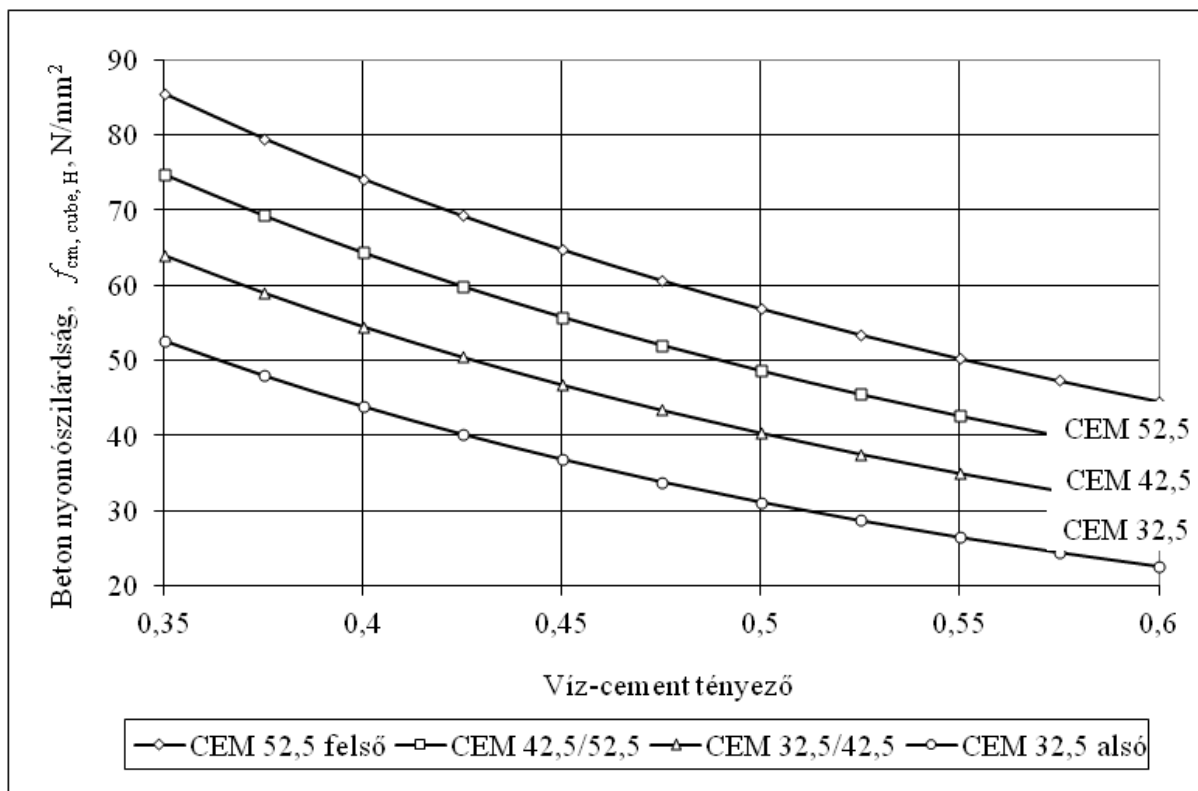
$A$ ,  $B$ ,  $n$  függvény-állandók a 15.2. táblázat szerint

Az Ujhelyi-féle  $f_{\text{cm,cube,H}} = A \times \exp(-B \times x^n)$  függvényt a 15.2. táblázatban szereplő, Ujhelyi-féle (Ujhelyi 2005, pp. 86.) függvény-állandók alkalmazásával a 15.5. ábrán tüntettük fel. Az egyes görbék a CEM 32,5, CEM 42,5 és CEM 52,5 szilárdsági osztályú cementekkel készített betonok nyomószilárdságának határgörbéi.

**15.2. táblázat:** Ujhelyi  $f_{\text{cm,cube,H}} = A \times \exp(-B \times x^n)$  alakú, a cementek vízerzékenységét kiküszöbölő nyomószilárdság becslő függvényének együtthatói

Függvényegyüttható	$A$	$B$	$n$
CEM 52,5 felső görbe	470	3,2	0,60
CEM 52,5 és CEM 42,5 közötti görbe	410	3,3	0,63

CEM 42,5 és CEM 32,5 közötti görbe	375	3,5	0,65
CEM 32,5 alsó görbe	355	3,9	0,68



**15.5. ábra:** Ujhelyi (2005)  $f_{cm,cube,H} = A \times \exp(-B \times x^n)$  alakú, a cementek vízérzékenységét kiküszöbölő nyomószilárdság becslő függvényének ábrája

A víz-cement tényező nemcsak a beton szilárdságát, hanem szilárdulási ütemét (sebességét) is befolyásolja. A szilárdulási ütem a felhasznált cement fajtájától és a víz-cement tényezőtől függ; minél több aktív kiegészítőanyagot tartalmaz a cement és minél nagyobb a víz-cement tényező, annál lassabb a szilárdulás. Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD Q3. táblázatában a beton utókezelésének megkövetelt idejét napban a beton szilárdulási ütemének és a környezeti osztálynak a függvényében adták meg (lásd e könyv 1.9. táblázatát).

A víz-cement tényező korlátozása a tartós beton készítésének feltétele. Ezért az új betonszabványok (MSZ EN 206:2013+A1:2017, MSZ 4798:2016) egyéb feltételek mellett környezeti osztályonként megjelölik azokat a víz-cement tényező határértékeket, amelyek figyelembevételével készített betonok a tervezett 50 év tervezési élettartam alatt a remények szerint károsodás nélkül viselik a környezeti hatásokat. A víz-cement tényező egyedi értéke a határértéknél legfeljebb 0,02-dal lehet nagyobb.

Az MSZ CR 13902:2000 CEN jelentés holland és egyesült királyságbeli tapasztalatok alapján ad módszereket a friss beton víz- és a cementtartalmának vizsgálatára, amelyek eredményéből a friss beton tényleges víz-cement tényezője meghatározható.

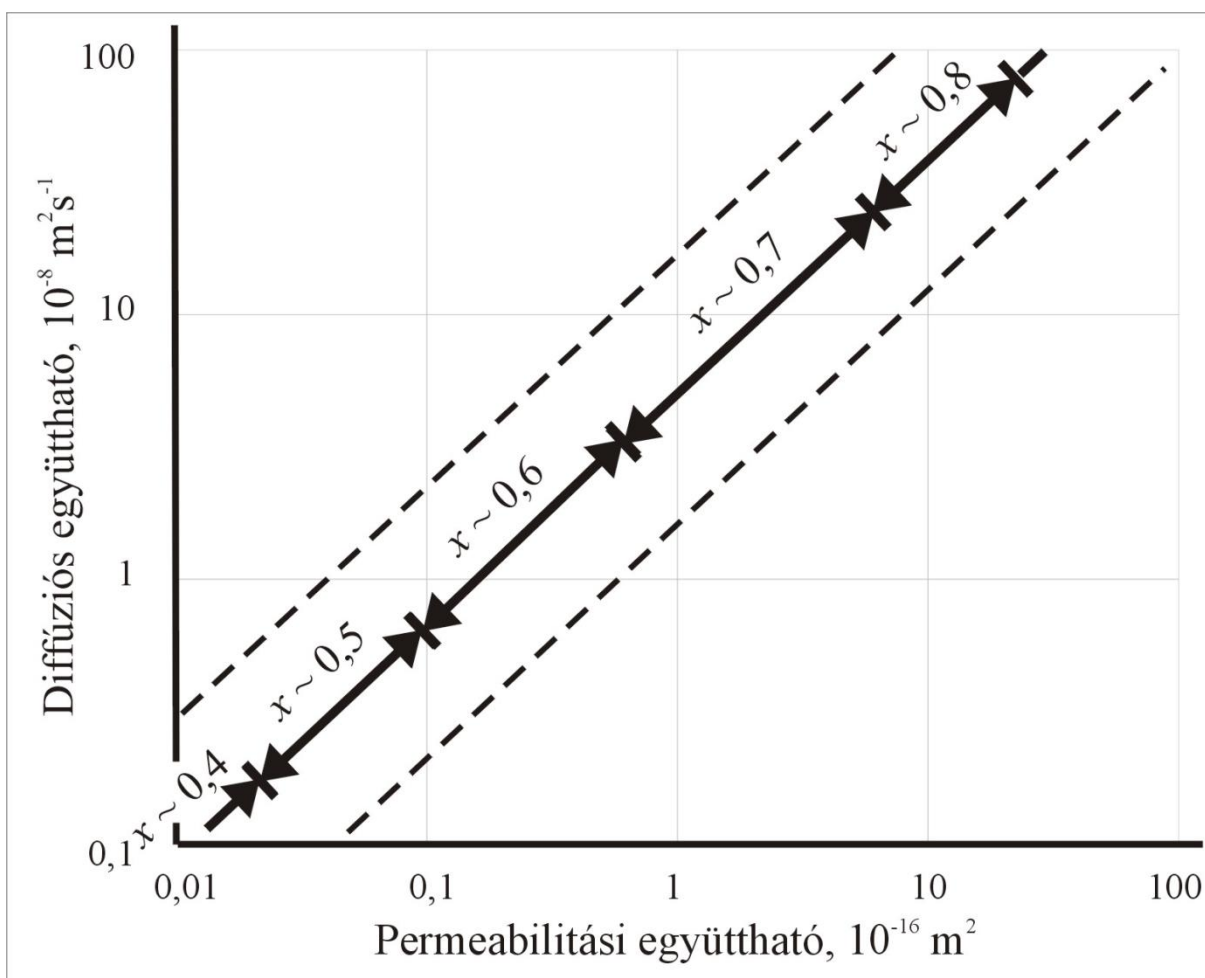
Ma már a beton bedolgozhatóságát korszerű folyósító adalékszerek alkalmazásával kis víz-cement tényező mellett is biztosítani tudjuk. Gröbl – Weigler – Karl (2001) szerint szélső esetben még az  $x = 0,3$  víz-cement tényezőjű betonok is kifogástalanul bedolgozhatók.

Nagy cementtartalommal, hatékony kiegészítőanyagokkal és igen kis víz-kötőanyag ( $x_{eq}$ ) tényezővel készített, nagyszilárdságú betonból épült szerkezetekről számol be az irodalom (König et al. 2001):

- Trianon magasház, Frankfurt am Main,  $x_{eq} = 0,33$
- Taunustor Japan Center, Frankfurt am Main,  $x_{eq} = 0,30$
- Kastor und Pollux Forum, Frankfurt am Main,  $x_{eq} = 0,27 - 0,38$
- Commersbank Zentrale, Frankfurt am Main,  $x_{eq} = 0,37$
- Main Tower, Frankfurt am Main,  $x_{eq} = 0,27$
- Hollandiai hidak pilonja,  $x_{eq} = 0,30$
- Sasbachi (Németország) híd pilonjai,  $x_{eq} = 0,32$
- Rudislebeni (Németország) gyalogoshíd,  $x_{eq} = 0,34$
- Drezdában a Weißeritz folyó feletti üzemi híd,  $x_{eq} = 0,33$
- Lipcsei Karl-Heine-Bogen gyalogos és kerékpáros híd nagyszilárdságú, könnyűbeton pilonjai,  $x_{eq} = 0,31 - 0,36$
- Altenheim-Eschau Rajna-híd,  $x_{eq} = 0,35$

Ugyanebben a könyvben olvashatjuk, hogy a kis víz-kötőanyag tényezőjű beton keverési ideje akár a 7,5 percet is elérheti, és rendkívül gondos tömörítést és utókezelést igényel.

Lawrence (1984) kísérletekkel bizonyította, hogy a víz-cement tényező csökkenésével a beton diffúziós együtthatója és permeabilitási együtthatója jelentősen lecsökken (15.6. ábra), aminek következtében a beton tartóssága számottevően javul, Lawrence a különböző víz-cement tényezővel készített,  $\varnothing 50 \times 150$  mm méretű próbatesteket 28 napos koruktól tartósan  $20^\circ\text{C}$  hőmérsékletű és 65% relatív páratartalmú térben tárolta, és oxigénáteresztő-képességüket 1,5 éves korukban vizsgálta (Gräf – Grube 1986).



**15.6. ábra:** Lawrence (1984) diagramja a beton víz-cement tényezőjének hatásáról a légszáraz beton oxigénáteresztő-képességére (Gräf – Grube 1986)

A trasz, kohósalak, savanyú pernye, savanyú szilikapor kiegészítőanyagok (az úgy nevezett II. típusú kiegészítőanyagok) bizonyos hányadát a „ $k$ ” érték nevű szorzóval a víz-cement tényezőben akkor szabad számításba venni, ha az alkalmasságukat kísérletekkel megállapították, illetve ha ezek a rájuk vonatkozó szabványnak megfelelnek. Ebben az esetben a víz-cement tényező helyettesíthető a „víz/(cement +  $k$ ×kiegészítőanyag) tényező”-vel, amelyet szokás „víz-cement tényező egyenérték”-nek ( $x_{eq}$ ) vagy „víz-kötőanyag tényező”-nek ( $x_{kötőanyag}$ ) nevezni. A víz-kötőanyag tényező ne legyen nagyobb, mint az adott környezeti osztályra az MSZ 4798:2016 szabvány szerint megengedett legnagyobb víz-cement tényező. A víz-kötőanyag tényező kiszámításához alkalmazható „ $k$ ” érték az MSZ 4798:2016, illetve MSZ4798:2016/2M:2018 szabvány 5.2.5.2. szakasza szerint, például

- pernye esetén:  $k = 0,4$
  - 1. osztályú szilikapor esetén  $k = 2,0$ , de ha az XC és XF környezeti osztályú beton víz-cement tényezője  $> 0,45$ , akkor  $k = 1$ ;
  - 2. osztályú szilikapor esetén:  $k = 1,0$ ;
  - örölt granulált kohósalakra:  $k = 0,6$ ;
  - metakaolin esetén:  $k = 1,0$ ;
  - természetes puccolán esetén:  $k = 0,4$ .
- Az osztrák ÖNORM B 4710:2014 szabványban megengedik az adalékanyag belső nedvességtartalmának ( $W_K$  Kernfeuchte) figyelembevételét a víz-kötőanyag tényezőben, ha a belső nedvességtartalom 0,5 tömeg%-nál több, és ha azt nem régebben mint két év akkreditált laboratórium megvizsgálta és igazolta.
  - A kis víz-cement tényezőjű betonok alkalmazhatóságának bizonyítéka az ÖNORM B4710-1:2017 szabvány, amely szerint az olvasztósózással kísért vagy anélküli fagyhatás esetén (XF környezeti osztályok) szilikapor kiegészítőanyagot vagy CEM II/A-D szilikaporportlandcement csak akkor szabad használni, ha a víz-kötőanyag tényező  $x_{eq} \leq 0,37$ .
  - A DIN 1045-2:2008 szabvány szerint az XF4 környezeti osztályban a földnedves konzisztenciájú,  $x \leq 0,4$  víz-cement tényezőjű fagyálló betont légbuborékképző adalékszer nélkül is elő szabad állítani.
  - Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány előírja, hogy ha a folyadékállapotú adalékszer teljes mennyisége 3 liter/(beton  $m^3$ ) értéknél több, akkor annak víztartalmát be kell számítani a víz-cement tényezőbe.

**Összegezve:** A víz-cement tényező a beton nyomószilárdságának meghatározója.

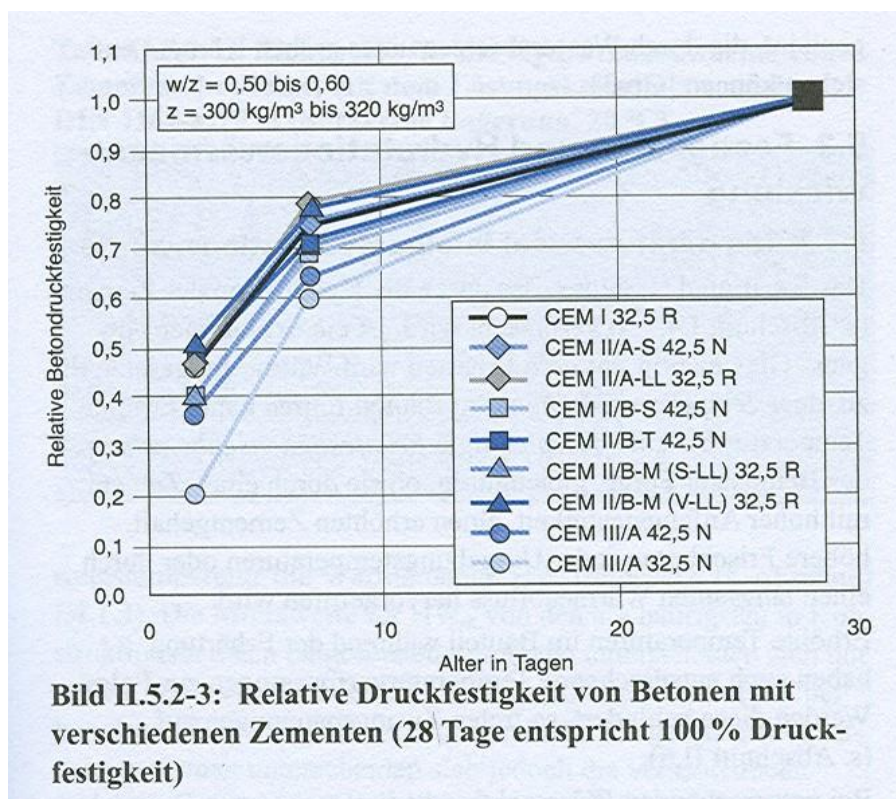


## 16. A CEMENT ÉS A BETON SZILÁRDULÁSI FOLYAMATA<sup>115</sup>

A cementet, illetve a betont vízzel keverve a vízmentes klinkerásványok felhasadnak, és a keverővíz egy részét hidroxilgyök alakjában megkötik. Ez a folyamat a *hidratáció*, amelynek során oldhatatlan, szilárd hidráttermékek keletkeznek. A klinkerásványok mindegyike reagál a vízzel, de egymással nem lépnek reakcióba. A hidratáció csak vízzel hozható létre, a cement más folyadékkal keverve nem szilárdul (*Talabér 1966, Riesz et al. 1989*). A cementhidratáció modelljét először *Powers* fogalmazta meg 1947-ben, és 1948-ban már *Brownyard* társkutatójaként, majd a modellt maga *Powers* és munkatársai (1949, 1953, 1960) továbbfejlesztették, akiket követve későbbi korok számos kutatója újragondolta (*Stark et al. 2001, Adam 2006, Nothnagel 2007 stb.*).

Általános tapasztalat, hogy a beton szilárdulása egy sok-változós folyamat eredménye, és a beton szilárdulásának időfüggvényét befolyásoló független változók egyik legfontosabbika a cementfajtája.

LÁSD AZ ÁBRÁT Az ábra forrása: vdz: Zement-Taschenbuch, 51.Ausgabe. Verein Deutscher Zementwerke e.V. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2008.



### 16.1. PORTLANDCEMENT HIDRATÁCIÓJA

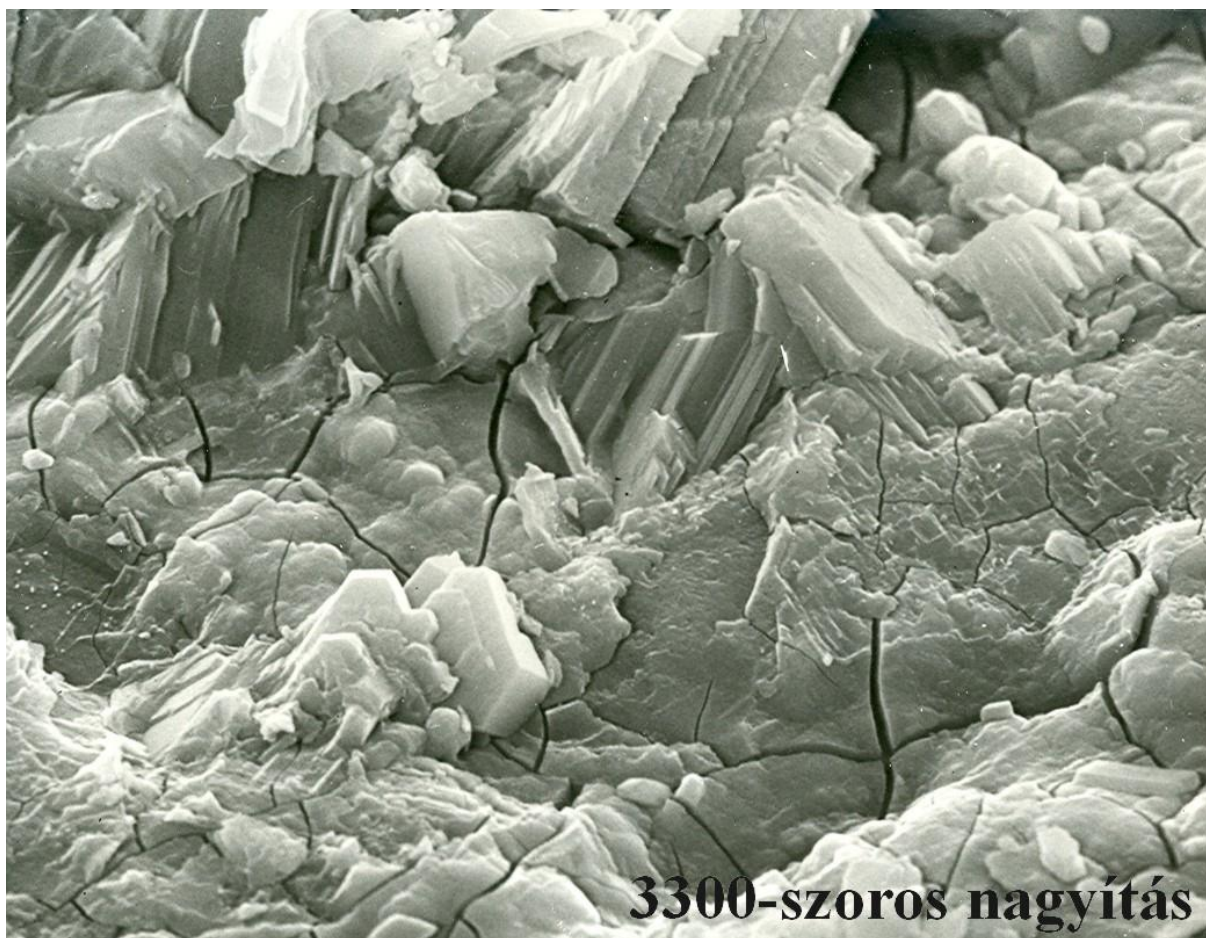
A vízzel való keverést követően kialakuló kalciumhidroxid-kalciumszilikát-kalciumaluminát gélrendszerből szilárd kristályos hidráttermékek válnak ki, és összefüggő vázszerkezetet alkotva kialakul a szilárd cementkő (*16.1. ábra*). A hidratáció a cementszemcse külső felületén létrejövő gélrétegben indul, és halad fokozatosan a szemcse belseje felé. A cementszemcséknek csak egy vékony, néhány mikrométer (10-15  $\mu\text{m}$ ) vastagságú felületi rétege hidratálódik. Minél finomabb őrlésű a cement, annál nagyobb az egységnyi cementtömegre eső felület (fajlagos felület), következésképpen nagyobb a vízzel érintkező és

<sup>115</sup> A fiatal beton szilárdulási folyamatának modelljeit e könyv II. kötetében a 20.1.9. fejezetben tárgyaljuk.

így a hidratációban résztvevő klinkerásványok részaránya, és bizonyos határig a cement kialakuló kötőereje, szilárdsága. A hidratációs termékek kialakulásához víz és hely kell, ezért, ha a víz-cement tényező kisebb, mint 0,32-0,36, akkor kellő mennyiségű víz és kapillaris pórus hiányában *gátolt hidratáció* lép fel (*Palotás 1979*).

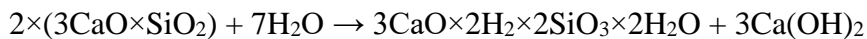
A gélréteg kezdetben duzzad, majd vízvesztés közben a cementkővé szilárduló cementpép (cement + víz) zsugorodik. Ha a zsugorodás folytán ébredő húzóerő a még csak kialakulóban lévő húzószilárdságot meghaladja, akkor a cementkő összeroppan. A zsugorodás mértéke és a vele járó repedésképződés veszélye a száradás megakadályozásával, a beton gondos utókezelésével csökkenthető.

A klinkerásványok közül az *alit* (trikalcium-szilikát) gyorsan, nagyrészt az első 50 nap alatt, a *belit* (dikalcium-szilikát) lassabban, lényegében 10-90 nap között hidratálódik. A *felit* (trikalcium-aluminát) kezdetben gyorsan szilárdul, majd néhány nap múlva a szilárdulás leáll, sőt a korábban kialakult szilárdság elvész. A *celit* (tetraalkalcium-aluminát-ferrit) szilárdulása lassú, egyenletesen enyhén emelkedő (*16.2. ábra*). A hidratáció sebességét a tárolás módja is befolyásolja. A szilikátos alit és belit hidratációjának főterméke a kezdetben csaknem amorf, majd kristályosodó és rendkívül szilárd anyaggá váló kalcium-szilikát-hidrát gél (a kalcium-szilikát-hidrát a természetben, például a Balaton-felvidéken Uzsabányán vagy a Prága-hegyen is előforduló ásvány, amelynek egyik változata a tobermorit:  $5\text{CaO} \times 3\text{SiO}_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$  vagy  $\text{Ca}_5(\text{OH})_2 \times \text{Si}_6\text{O}_{16} \times 4\text{H}_2\text{O}$ ), mellékterméke a szilárdságot nem adó kristályos kalcium-hidroxid, az ún. portlandit (*16.3. ábra*).



**16.1. ábra:** Portlandcementkő elektronmikroszkópi felvétele

Az *alit* (trikalcium-szilikát) több lépcsős hidratáció eredményeként kalcium-szilikát-hidrátá alakul:

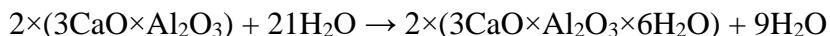


A *belit* (dikalcium-szilikát) és az alit hidratációja között voltaképpen nincs nagy különbség, mert a végtermék azonos:

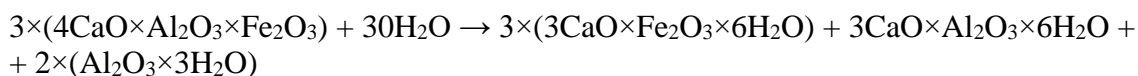


Minél nagyobb a kalcium-szilikát-hidrát gélben a Ca/Si arány, annál kisebb a keletkező portlandit mennyisége. A portlandit heterogén cementek esetén kalciumforrásként működik, és további kötőképes kalcium-szilikát-hidrát gél keletkezéséhez vezet.

A *felit* (trikalcium-aluminát) hidratációjának a folyamat végére kialakuló stabilis végterméke a trikalcium-aluminát-hexahidrát:

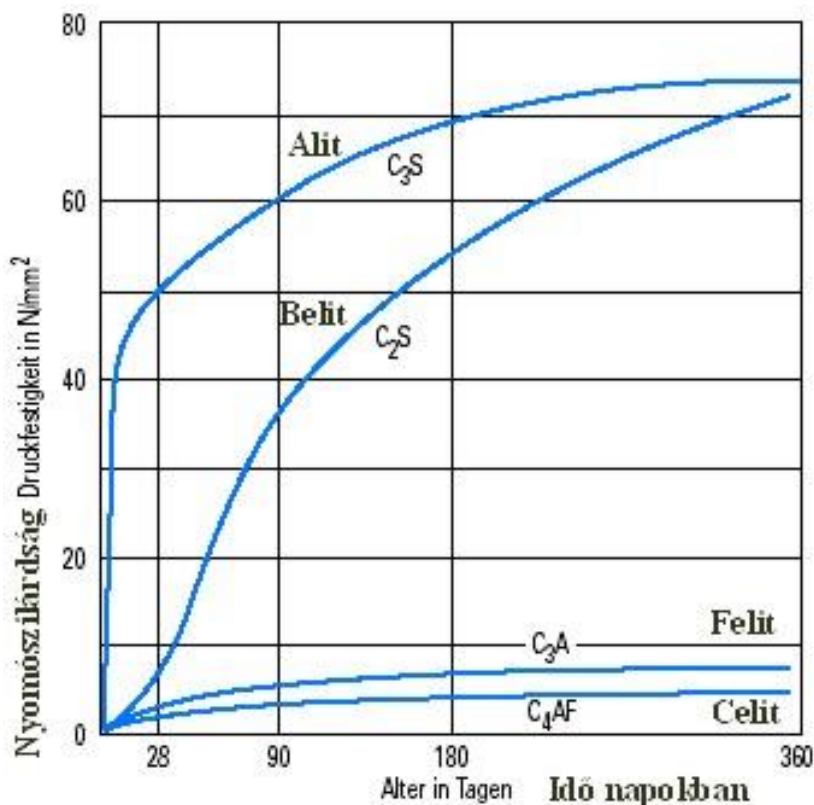


A *celit* (tetraalkalcium-aluminát-ferrit) hidratációja a felitéhez hasonló:



A hidratáció rendkívül bonyolult, összetett folyamat, a fenti összefüggések csak a hidratáció lényegét fejezik ki.

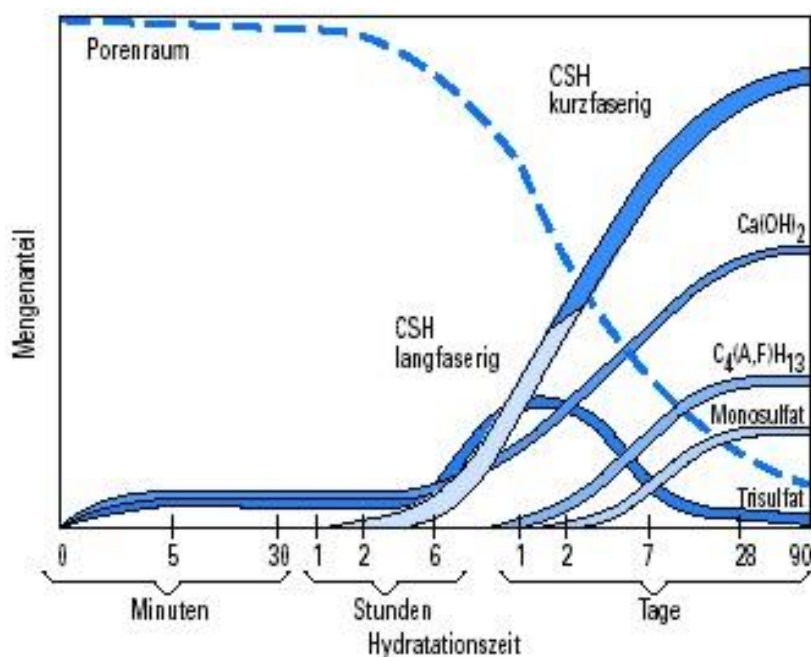
A felit és celit fázist összefoglaló néven „köztes anyag”-nak nevezik, mert a klinker mikroszkópi képén az alit és belit közötti teret tölti ki. Az alumínátos klinkerásványok („köztes anyag”) hidratációját a portlandcementhez kötősszabályozási céllal adagolt gipszkő (kalcium-szulfát,  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) befolyásolja, az  $\text{SO}_3$  kén-trioxid beépül az alumínát fázisba. A hidratáció során a trikálcium-alumínát kalciumszulfát jelenlétében – melléktermék nélkül – főtermékként kalcium-alumínát-szulfátokká, a természetben is előforduló *ettringitté*, másnéven *trisulfáttá* ( $6\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{SO}_3 \times 32\text{H}_2\text{O}$ ) és a természetben elő nem forduló ún. *monoszulfáttá* ( $4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SO}_3 \times 12\text{H}_2\text{O}$ ) alakul. Sok gipsz jelenlétében ettringit (ezt elsődleges ettringit képződésnek nevezik), kevés jelenlétében monoszulfát képződik, és ezek a trikálcium-alumínát és a szulfátionok arányának függvényében kölcsönösen átalakulhatnak egymásba. Sok szulfát hatására a monoszulfát ettringitté alakul át, sok trikálcium-alumínát hatására pedig fordítva. A ferritfázis hidratációja során is főtermékként ettringit és monoszulfát keletkezik, csak az alumínium egy részét vas helyettesíti, és a melléktermék alumíniumhidroxid. Későbbi külső szulfátforrás hatására a monoszulfát a betonban ettringitté alakulhat (ez a másodlagos ettringit képződés), ez az átalakulás térfogat növekedéssel jár, és káros duzzadást okoz (ezt szulfátkorrózióknak hívják). (Riesz et al.1989)



**16.2. ábra:** Klinker fázisok hidratációs termékének szilárdulási folyamata.

A hidratációs termékek (hidrátok) szilárdsága az idő függvényében *Bogue, R. H. és Lerch, W. után*

(vdz. 2008.)



**16.3. ábra:** Hidrát termékek képződése

Hydrationszeit =  
Hidratációs idő

Minuten = Percek

Stunden = Órák

Tage = Napok

Mengelanteil = Részarány

Porenraum = Pórustérfogat

CSH kurzfaserig =

rövidszálú kalcium-  
szilikát-hidrát

CSH langfaserig =  
hosszszálú kalcium-  
szilikát-hidrát

$C_4(A,F)H_{13}$  = Celit

(vdz 2008.)

Adam-nál (2006) olvashatjuk, hogy Powers és Brownyard (1947-1948) szerint 1 g cement legfeljebb  $M_{v,n} = 0,23$  g el nem gőzölhető vizet köt meg (víz-cement tényezővel kifejezve  $x_{el}$  nem gőzölhető = 0,23). Ez kevesebb, mint a teljes hidratációhoz szükséges víz, amely mint látni fogjuk 1 g cementre vetítve  $x_{0,min} = 0,36$  g, illetve  $x_{0,min}' = 0,42$ . Ha az el nem gőzölhető víz sűrűsége nagyobb a kapilláris víz sűrűségénél ( $\rho_{v,szabad} = 1,00$  g/cm<sup>3</sup>) és értéke  $\rho_{v,n} = 1,35$  g/cm<sup>3</sup>, akkor ennek reciproka az el nem gőzölhető víz fajlagos térfogata:  $v_{v,n} = 0,74$  cm<sup>3</sup>/g. Ha a cement sűrűsége  $\rho_c = 3,125$  g/cm<sup>3</sup>, akkor ennek reciproka a cement fajlagos térfogata:  $v_c = 0,32$  cm<sup>3</sup>/g. Teljes hidratáció esetén az 1 g cementkőben lévő el nem gőzölhető víz térfogata:

$$V_{v,n} = M_{v,n} \times v_{v,n} = 0,23 \times 0,74 = 0,17 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Az 1 g cementből képződő hidratációs szilárd fázis térfogata a cement térfogatának és az el nem gőzölhető víz térfogatának az összege:

$$V_{hc} = V_c + V_{v,n} = 0,32 + 0,17 = 0,49 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Ha 1 g cementből 0,49 cm<sup>3</sup>/g hidratációs szilárd fázis képződik, akkor 1 cm<sup>3</sup> cementből képződő szilárd fázis térfogata  $V_{hc}/v_c = 0,49/0,32 = 1,531$  cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

(Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a német szakirodalomban előfordul, hogy a szilárd fázist nevezik cementgélnek → Zementgel.)

A cement hidratációs termékeinek összege alkotja a szilárd fázist és a cementgélt. A hidratációs cementgél gélpórusokat tartalmaz. Olykor a cementgélt egyszerűen gélpórusnak nevezik, értve alatta a pórusos cementgélt. (A gélpórusok átmérője kisebb, mint 0,01  $\mu\text{m}$ , de feltétlenül kisebb, mint 0,1  $\mu\text{m}$ ; a pórusméretek megadása szerzőnként eltérő lehet). A cementkő térfogata a szilárd fázis és a gélpórusokat tartalmazó cementgél térfogatának összege. (Ha a vízadagolás, illetve víztartalom nem nagyobb, mint amennyi víz a teljes hidratációhoz szükséges, és az el sem tud párologni, akkor  $V_{kapilláris}$  kapilláris pórusok nem keletkeznek, illetve nem törvényszerű, hogy keletkezzenek. Ezeket a kapilláris pórusokat nem szabad összetéveszteni a  $V_{zsugorodási}$  zsugorodási pórusokkal.)

A modellalkotók feltételezték továbbá, hogy a 1 cm<sup>3</sup> cementkő kb.  $v_{GP} = 0,28$  cm<sup>3</sup> cementgélből és  $(1 - v_{GP}) = 0,72$  cm<sup>3</sup> hidratációs termékből áll. Ha 1 cm<sup>3</sup> cementből  $V_{hc}/v_c = 1,531$  cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

hidratációs termék (cementgél) keletkezik, és ez a cementkő térfogatának  $(1 - v_{GP}) = 0,72$  része, akkor az  $1 \text{ cm}^3$  cementből képződő cementkő  $X$  térfogata:

$$X = \frac{V_{hc} / v_c}{1 - v_{GP}} = \frac{V_{hc}}{v_c \cdot (1 - v_{GP})} = \frac{V_c + V_{v,n}}{v_c \cdot (1 - v_{GP})} = \frac{0,32 + 0,17}{0,32 \cdot (1 - 0,28)} = \frac{1,531}{0,72} = 2,126 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

Tehát  $1 \text{ cm}^3$  cement teljes hidratációja során a keletkező cementkő (cementgél + gélpórus) térfogata  $2,126 \text{ cm}^3$ . Ha feltételezzük, hogy a keletkező cementkő térfogata a hidratációs fokkal arányos, akkor az előbbi összefüggés a *hidratációs fok* ( $\alpha$ ) függvényében (teljes hidratáció esetén  $\alpha = \alpha_\infty = 1$ ) a következő alakot ölti:

$$X_\alpha = \frac{\alpha \cdot V_{hc} / v_c}{1 - \alpha \cdot v_{GP}} = \frac{\alpha \cdot V_{hc}}{v_c \cdot (1 - \alpha \cdot v_{GP})} \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

Ha  $1 \text{ cm}^3$  cement teljes hidratációjából  $X = 2,126 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$  térfogatú cementkő képződik, akkor  $1 \text{ g}$  tömegű cementből  $X / \rho_c = v_c \times X = 0,32 \times 2,126 = 0,68 \text{ cm}^3 / \text{g}$  térfogatú cementkő lesz. Az  $1 \text{ g}$  tömegű cement teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége az  $1 \text{ g}$  tömegű cementből keletkező cementkő térfogatának és az  $1 \text{ g}$  tömegű cement térfogatának különbségeként írható fel, és a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényezőként ( $x_{0, \min}$ ) értelmezhető, ha a próbatestet az utókezelés alatt többlet vízhez juthat:

$$x_{0, \min} = v_c \times X - v_c = v_c \times (X - 1) = 0,68 - 0,32 \equiv 0,32 \times (2,126 - 1) = 0,36 \text{ g/g}$$

A kémiai zsugorodás folytán a hidratáció során zsugorodási pórusok ( $V_{zsugorodási}$ ) jönnek létre. Ha teljes hidratáció esetén az  $1 \text{ g}$  cement által megkötött, el nem gőzölhető víz tömege  $M_{v,n} = 0,23 \text{ g/g}$ , akkor ennek a víznek a térfogata keverővíz alakjában  $V_{v, szabad} = M_{v,n} / \rho_{v, szabad} = 0,23 / 1,00 = 0,23 \text{ cm}^3 / \text{g}$ , és el nem gőzölt víz alakjában  $V_{v,n} = M_{v,n} / \rho_{v,n} = 0,23 / 1,35 = 0,17 \text{ cm}^3 / \text{g}$ . Az  $1 \text{ g}$  tömegű cement teljes hidratációja esetén létrejövő  $V_{zsugorodási}$  zsugorodási pórusok térfogata a hidratációhoz szükséges el nem gőzölt víz térfogat-csökkenéséből adódik:

$$V_{zsugorodási} = V_{v, szabad} - V_{v,n} = (M_{v,n} / \rho_{v, szabad}) - (M_{v,n} / \rho_{v,n}) = M_{v,n} \times \{ (1 / \rho_{v, szabad}) - (1 / \rho_{v,n}) \} = 0,23 - 0,17 \equiv 0,23 / 1,00 - 0,23 / 1,35 = 0,23 \times (1,00 - 0,74) = 0,23 \times 0,26 = 0,06 \text{ cm}^3 / \text{g}$$

Ha  $1 \text{ g}$  tömegű cement teljes hidratációjakor  $V_{zsugorodási, M} = 0,06 \text{ cm}^3 / \text{g}$  térfogatú zsugorodási pórusok keletkeznek, akkor ezeknek a pórusoknak a térfogata  $1 \text{ cm}^3$  térfogatú cementre vetítve:  $V_{zsugorodási, V} = \rho_c \times V_{zsugorodási, M} = 3,125 \times 0,06 = 0,188 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$ .

A vízfelszívástól és párologtatástól fóliatakarással védett („konzervált”) próbatest zsugorodási pórusai levegővel telnek meg. Ha azonban a próbatestet víz alatt tárolják, akkor próbatest zsugorodási pórusai vizet szívnak fel. Ha a víz alatt tárolt próbatest a teljes hidratációhoz szükségesnél ( $x_{0, \min}' = 0,42$ ) kisebb  $x_0$  víz-cement tényezővel készült, akkor a pótlólagosan felszívott víz a készítéskori kis víz-cement tényező ( $x_0 < x_{0, \min}'$ ) ellenére lehetővé teszi a teljes hidratációt. A teória szerint ebben az esetben az  $1 \text{ cm}^3$  cementből képződő cementkő térfogata nem  $X$ , hanem  $V_{zsugorodási, V}$  térfogattal több:

$$X' = X + V_{zsugorodási, V} = X + \rho_c \times V_{zsugorodási, M} = 2,126 + 3,125 \times 0,06 = 2,126 + 0,188 = 2,314 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$$

A nagyobb térfogatú cementkő kialakulásához teljes hidratáció esetén nem  $x_{0, \min}$ , hanem  $x_{0, \min}'$  víz mennyiségre van szükség, amit úgy kapunk meg, hogy az  $x_{0, \min}$  fenti összefüggésébe  $X$  helyett  $X'$ -t írunk:

$$x_{0, \min}' = v_c \times X' - v_c = v_c \times (X' - 1) = v_c \times (X + V_{zsugorodási, V} - 1) = 0,32 \times (2,126 + 0,188 - 1) = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ g/g}$$

Tehát víz alatt tárolt próbatest esetén az 1 g tömegű cement teljes hidratációhoz felhasznált víz mennyisége, más szóval a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező értéke  $x_{0,\min}' = 0,42$ .

Ha a hidratáció nem teljes, akkor a hidratációs fokhoz ( $\alpha \leq 1,0$ ) tartozó víz-cement tényező:

$$x_{0,\min',\alpha} = \alpha \times x_{0,\min}' = \alpha \times v_c \times (X' - 1) = \alpha \times 0,42 \leq x_{0,\min}'$$

és az alkalmazott  $x_0 \leq x_{0,\min}'$  víz-cement tényezőhöz tartozó hidratációs fok:

$$\alpha = \frac{x_{0,\min',\alpha}}{v_c \cdot (X' - 1)} = \frac{x_{0,\min',\alpha}}{0,42} \rightarrow \frac{x_0}{0,42}$$

Az  $x_{0,\min}' = 0,42$  értéknél kisebb víz-cement tényezővel ( $x_0'$ ) készült és elegendő pótlólagos vízhez (1,0 g cement esetén:  $x_{0,\min}' - x_0$ ) nem jutó cementkő hidratációja nem lehet teljes. Az  $x_0 < x_{0,\min}' = 0,42$  víz-cement tényezővel készült és víz alatt tárolt, de elegendő pótlólagos vízhez még sem jutó cementkő hidratációs foka ( $\alpha' \leq 1,0$ ) az

$$x_0 = \alpha' \times x_{0,\min}' = \alpha' \times (v_c \times X' - v_c) = \alpha' \times v_c \times (X + V_{\text{zsugorodási,V}} - 1) = \alpha' \times 0,42 \leq 0,42$$

összefüggésből legfeljebb:

$$\alpha' = \frac{x_{0,\min,\alpha'}}{v_c \cdot (X + V_{\text{zsugorodási,V}} - 1)} = \frac{x_{0,\min,\alpha'}}{0,42} \rightarrow \frac{x_0'}{0,42}$$

Ha a hidratáció alatt a teljes hidratációhoz szükséges vízből elpárolog, akkor levegő tartalmú kapilláris pórusok maradnak vissza. Ha az alkalmazott  $x_0$  víz-cement tényező a hidratáció  $\alpha$  fokához szükségesnél nagyobb ( $x_0 > \alpha \times x_{0,\min}'$ ), akkor törvényszerű a  $V_{\text{kapilláris}}$  fajlagos térfogatú kapilláris pórusok keletkezése, mert az  $(x_0 - \alpha \times x_{0,\min}')$  vízfelesleg el fog párologni. {A kapilláris pórusok átmérője nagyobb, mint 0,01  $\mu\text{m}$ , de feltétlenül nagyobb, mint 0,1  $\mu\text{m}$  és kisebb, mint 40  $\mu\text{m}$ , de feltétlenül kisebb, mint 150  $\mu\text{m}$  (a pórusméretek megadása szerzőnként eltérő lehet)}. A kapilláris pórusok fajlagos térfogatát  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$  mértékegységben az 1 g cementre vetített  $(x_0 - \alpha \times x_{0,\min}')$   $\text{cm}^3/\text{g}$  térfogatú vízfeleslegnek és a cement és keverővíz térfogatösszegének  $(v_c + x_0)$   $\text{cm}^3/\text{g}$  a hányadosa adja:

$$V_{\text{kapilláris}} = \frac{x_0 - \alpha \cdot x_{0,\min}'}{v_c + x_0} = \frac{x_0 - \alpha \cdot v_c \cdot (X' - 1)}{v_c + x_0} = \frac{x_0 - \alpha \cdot 0,42}{0,32 + x_0} \quad \text{cm}^3 / \text{cm}^3$$

Ha a cementkő 1  $\text{cm}^3$  térfogatából levonjuk a kapilláris pórusok fajlagos térfogatát, akkor a cementkő tömörségét (mértékegység nélkül) kapjuk:

$$t = 1 - V_{\text{kapilláris}} = 1 - \frac{x_0 - \alpha \cdot 0,42}{0,32 + x_0} = 1 - \frac{3,125 \cdot x_0 - 1,3125 \cdot \alpha}{1 + 3,125 \cdot x_0} = \frac{1 + 1,3125 \cdot \alpha}{1 + 3,125 \cdot x_0}$$

A cementkő porozitása (mértékegység nélkül):

$$p = 1 - t = V_{\text{kapilláris}}$$

A teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében a 16.4. és a 16.5. ábrán láthatók.

A cement hidratáció Powers és Brownyard féle modelljének fenn ismertett verziója Adam (2006) akadémiai doktori értekezésében található. Az értekezést olvasva lépésről lépésre követhető a modellalkotó cementkutatók gondolkodás módja. A modell főbb elveit és a számítások eredményét hasznos lehet összefoglalni:

- A cementkő térfogata a teljes hidratáció állapotában kapilláris pórusokat nem tartalmaz, hanem a szilárd fázis és a gélpórusokat tartalmazó cementgél térfogatának összege.

- A cement teljes hidratációjában el nem gőzölhető és elgőzölhető víz is részt vesz, következésképpen a gélpórusokban elgőzölhető víz is van.
- Az el nem gőzölhető víz sűrűsége a belső nyomás folytán  $\rho_{v,n} = 1,35 \text{ g/cm}^3$ , tehát  $1 \text{ g} = 1 \text{ cm}^3$  térfogatú keverővíz fajlagos térfogata a cementkőbe beépülve  $v_{v,n} = 1/1,35 = 0,74 \text{ cm}^3/\text{g}$  lesz. E tekintetben nem tesznek különbséget az el nem gőzölhető víz és a gélvíz között.
- $1 \text{ g}$  cement legfeljebb  $M_{v,n} = 0,23 \text{ g/g}$  el nem gőzölhető vizet köt meg (víz-cement tényezővel kifejezve  $x_{el \text{ nem gőzölhető}} = 0,23$ ). Ez kevesebb, mint a teljes hidratációhoz szükséges víz, amely  $1 \text{ g}$  cementre vetítve  $x_{0,\min} = 0,36 \text{ g/g}$ , ha a próbatestet az utókezelés alatt vízhez jut.
- $1 \text{ g}$  cement által teljes hidratáció során megkötött el nem gőzölhető víz térfogata a cementkőben  $V_{wn} = 0,17 \text{ cm}^3/\text{g}$ .
- $1 \text{ g}$  cementből teljes hidratáció során képződő hidratációs szilárd fázis térfogata  $V_{hc} = 0,49 \text{ cm}^3/\text{g}$ .
- $1 \text{ cm}^3$  cementből teljes hidratáció során képződő hidratációs szilárd fázis térfogata  $V_{hc}/v_c = 1,53 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .
- $1 \text{ cm}^3$  cement teljes hidratációjából képződő cementkő (szilárd fázis + cementgél) térfogata  $X = 2,13 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .
- A teljes hidratációhoz szükséges minimális készítési víz-cement tényező – ha a próbatestet az utókezelés alatt vízhez jut –  $x_{0,\min} = 0,36$ .
- $1 \text{ g}$  tömegű cement teljes hidratációjakor  $V_{zsugorodási,M} = 0,06 \text{ cm}^3/\text{g}$  térfogatú zsugorodási pórus keletkezik. Ezeknek a pórusoknak a térfogata  $1 \text{ cm}^3$  térfogatú cementre vetítve:  $V_{zsugorodási,V} = \rho_c \times V_{zsugorodási,M} = 3,125 \times 0,06 = 0,188 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .
- A vízfelszívástól és párologtatástól fóliatakarással védett („konzervált”) próbatestet zsugorodási pórusai levegővel telnek meg. Ha azonban a próbatestet víz alatt tárolják, akkor próbatestet zsugorodási pórusai vizet szívnak fel. Víz alatt tárolt próbatestet esetén az  $1 \text{ g}$  tömegű cement teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége  $x_{0,\min}' = x_{0,\min} + V_{zsugorodási,M} = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ g/g}$ , más szóval a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező értéke  $x_{0,\min}' = 0,42$ .
- Ha a víz alatt tárolt próbatestet a teljes hidratációhoz szükségesnél ( $x_{0,\min}' = 0,42$ ) kisebb  $x_0$  víz-cement tényezővel készült, akkor a pótlólagosan felszívott víz a készítés kori kis víz-cement tényező ( $x_0 < x_{0,\min}'$ ) ellenére lehetővé teszi a teljes hidratációt. A teória szerint ebben az esetben az  $1 \text{ cm}^3$  cementből képződő cementkő térfogata  $X' = 2,31 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .
- Ha az alkalmazott  $x_0$  víz-cement tényező a hidratáció  $\alpha$  fokához szükségesnél nagyobb ( $x_0 > \alpha \times x_{0,\min}'$ ), akkor törvényszerű a  $V_{\text{kapilláris}}$  fajlagos térfogatú kapilláris pórusok keletkezése, mert az  $(x_0 - \alpha \times x_{0,\min}')$  vízfelesleg el fog párologni.
- Teljes hidratációhoz szükséges víz mennyisége a cementnek megközelítőleg mintegy 40 – 42 tömeg%-a (víz-cement tényezővel kifejezve:  $x = 0,40$  vagy  $0,42$ ). E cementkő víztartalma például  $100 \times 0,42 / (1 + 0,42) = 29,6$  tömeg%. A teljesen hidratált cementkő a cementre vetítve mintegy 25 – 26 tömeg% ( $x_k = 0,25$  vagy  $0,26$ ) kémiaileg (szerkezetileg) kötött, ún. el nem gőzölhető vizet tartalmaz (az ilyen cementkő kémiaileg kötött víztartalma például  $100 \times 0,26 / (1 + 0,26) = 20,6$  tömeg%), míg a víz másik része a fizikailag kötött, elgőzölhető víz (pórusvíz) 15 – 16 tömeg% ( $x_f = 0,15$  vagy  $0,16$ ). E cementkő fizikailag kötött víztartalma például  $100 \times 0,16 / (1 + 0,16) = 13,8$  tömeg%.

A fenti  $p = V_{\text{kapilláris}}$  képlettel kiszámított kezdeti porozitás ( $p_0$ ;  $\alpha = 0,0$ ), az  $\alpha = 0,5$  és  $\alpha = 0,7$  hidratációs fokhoz tartozó közbenső porozitás ( $p_{0,5}$ ;  $p_{0,7}$ ) értékeit, valamint a porozitás értékeit a hidratációs egyensúlyi végállapotban ( $p_{0,85}$ ;  $\alpha = 0,85$ ) a 16.1. táblázatban mutatjuk

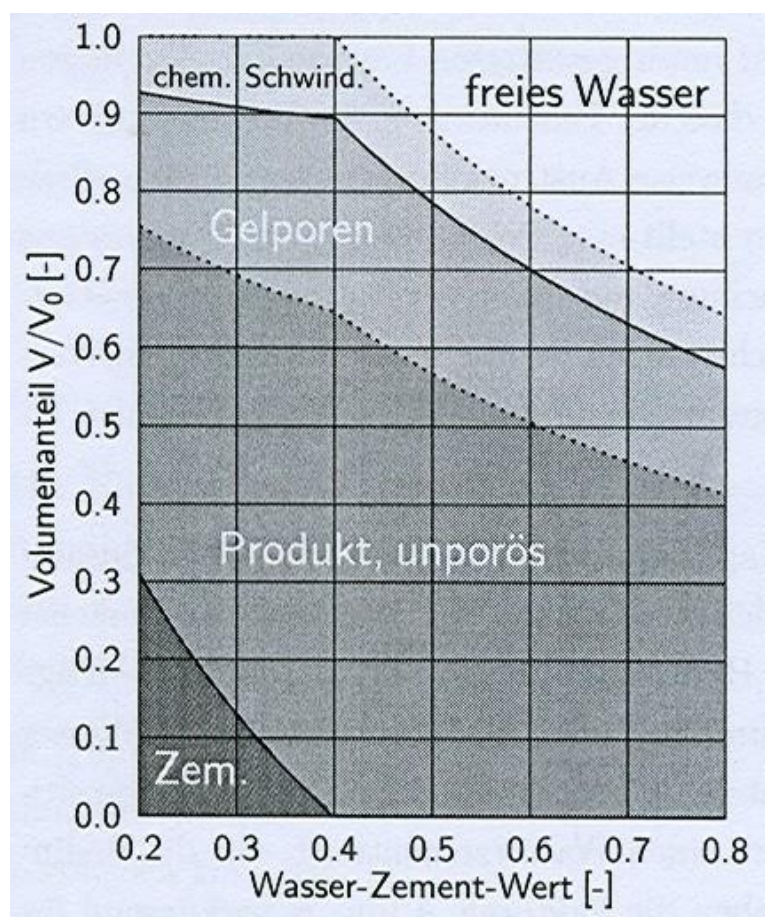


be. Megjegyezzük, hogy *Palotás László (1979) Powersre* hivatkozva az egyensúlyi végállapothoz tartozó porozításra könyvének 520. oldalán a *16.1. táblázatbelieknél* sokkal nagyobb értékeket ad meg.

**16.1. táblázat:** Cementkő porozítása ( $p_\alpha$ ) kezdeti, közbenső és egyensúlyi végállapotban a víz-cement tényező ( $x_0$ ) és a hidratáció fokának ( $\alpha$ ) függvényében a fenti  $p = V_{\text{kapillaris}}$  képlet alapján

$x_0$	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
$p_0$ (ha $\alpha = 0,0$ )	0,529	0,549	0,568	0,584	0,610	0,632	0,652
$p_{0,5}$ (ha $\alpha = 0,5$ )	0,221	0,254	0,284	0,312	0,354	0,391	0,424
$p_{0,7}$ (ha $\alpha = 0,7$ )	0,097	0,135	0,170	0,203	0,251	0,294	0,333
$p_{0,85}$ (ha $\alpha = 0,85$ )	0,004	0,046	0,085	0,121	0,174	0,222	0,264

Megjegyzés: Az  $\alpha = 0,5$  hidratációs fok közelítőleg 7 napos kornak, az  $\alpha = 0,7$  hidratációs fok közelítőleg 28 napos kornak felel meg mintegy 70% relatív nedvességtartalom esetén, *Palotás (1979)* után.



**16.4. ábra:** Teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében, ha a próbatest a vízforgalomtól el van zárva

Wasser-Zement-Wert =  
Víz-cement tényező

Volumenanteil =  
Térfogatarány

Freies Wasser = Szabad víz

Chem. Schwind. =  
Kémiai zsugorodás

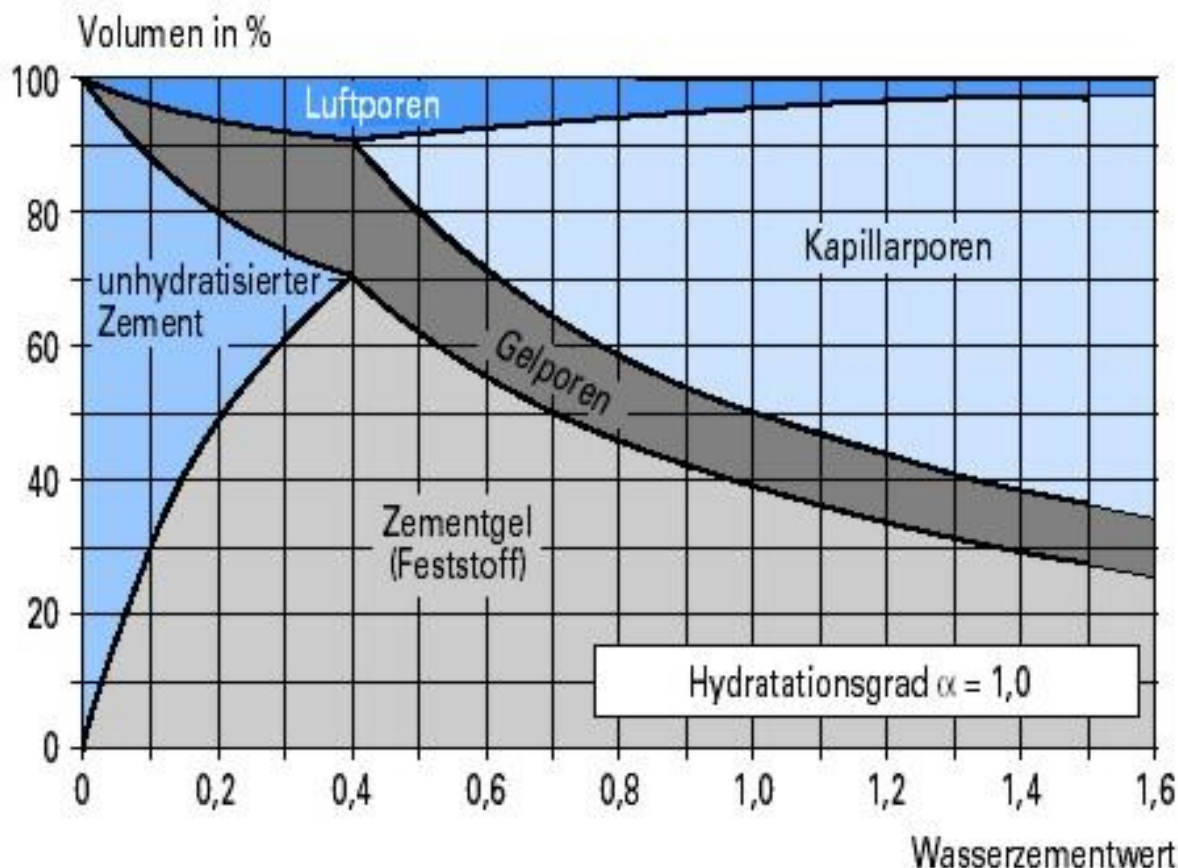
Gelporen = Porozus gél

Produkt, unporös =  
Szilárd, tömör  
hidratációs termékek

Zem. = Hidratálatlan cement  
szemek

(Nothnagel 2007)

Más olvasatban: A keverővíznek és a cementkőben lévő elgőzölhető és el nem gőzölhető víz összegének a különbsége a *cementkő egyensúlyi víztartalmának* kialakulása során elpárolog, és a cementkőben kapillárisokat hagy maga után. A kapillárisok mennyiségének csökkentése, egyben a cementkő, illetve a beton szilárdságának növelése a víz-cement tényező csökkentésével érhető el. Az elgőzölhető víz szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből áll. A gélvizet fizikailag kötött víznek is nevezik. Ha a környező levegő relatív nedvességtartalma kisebb, mint 40%, akkor a cementkő egyensúlyi állapotban csak kötött vizet, azaz csak kémiailag kötött vizet és fizikailag kötött vizet (gélvizet) tartalmaz, és a gélvíz mennyisége csupán a levegő relatív nedvességtartalmától és a hidratációs foktól függ (*Palotás, 1979*).



**16.5. ábra:** Teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében, ha a próbatest a vízforgalomtól el van zárva

Wasserzementwert = Víz-cement tényező

Volumen in % = Térfogatarány

Luftporen = Légpórusok

Kapillarporen = Kapilláris pórusok

Gelporen = Porozus gél

Zementgel (Feststoff) = Szilárd, tömör hidratációs termékek

Unhydratisierter Zement = Hidratálatlan cement szemek

Hydratationsgrad = Hidratációs fok

(vdz 2008)

A cement hidratáció számos tényezőtől befolyásolt bonyolult folyamat, ezért a különböző feltételek mellett levezetett klasszikus modellek eredményei egymástól és a kísérleti eredményektől is eltérhetnek, ha nem is nagyságrendileg, csak árnyalatokban. Például *Nothnagel* (2007) egyetemi doktori értekezésében az áll, hogy *Powers* és *Brownyard* kísérletei szerint a teljes hidratációhoz szükséges minimális víz-cement tényező – ha a próbatest az utókezelés során további vízhez juthat – 0,38 (fenn  $x_{0,\min} = 0,36$  érték szerepel), és víz alatti tárolás esetén 0,44 (szemben a fenti  $x_{0,\min} = 0,42$  értékkel). *Nothnagel* azt írja, hogy a teljesen hidratált cementkő a cementre vetítve mintegy 25 tömeg% (víz-cement tényezővel kifejezve:  $x_k = 0,25$ ) kémiai (szerkezetileg) kötött, ún. el nem gőzölhető vizet tartalmaz (az ilyen cementkő kémiai kötött víztartalma  $100 \times 0,25 / (1 + 0,25) = 20$  tömeg%), míg fenn  $M_{v,n} = 0,23$  g/g, azaz  $x_{\text{kémiai-kötött}} = 0,23$  áll, és a víz másik része (pórusvíz, fizikailag kötött víz, elgőzölhető víz), 15 tömeg% ( $x_f = 0,15$ ) a hidratált cementszemcsék közötti pórusokat, hézagokat tölti ki. *Palotás László* (1979) még kisebb értékről írt, szerinte legalább 15 – 18 tömeg% (víz-cement tényezővel kifejezve:  $x = 0,15 - 0,18$ ) kémiai kötött, ún. el nem gőzölhető víz épül be a cementbe. *Riesz et al.* (1989) szerint szokványos portlandcement esetén

a teljes hidratáció állapotában a cementkő víztartalma 23-28 tömeg%, ami  $x = 23/(100-23) = 0,30$ , illetve  $x = 28/(100-28) = 0,39$  víz-cement tényezőnek felel meg. Eszerint a teljes hidratáció esetén a kémiaileg és fizikailag kötött víz együttes mennyisége a cementnek megközelítőleg 40 tömeg%-a. Elvileg fenn áll a lehetőség, hogy az  $x \leq 0,4$  víz-cement tényezőjű cementkő, illetve beton a hidratáció végén a kapilláris pórusoktól mentes legyen, még ha nincs is minden cementszemcse teljesen hidratált állapotban (*Schwenk* 2006), például a teljes hidratációhoz szükséges elegendő víz vagy hely hiánya miatt.

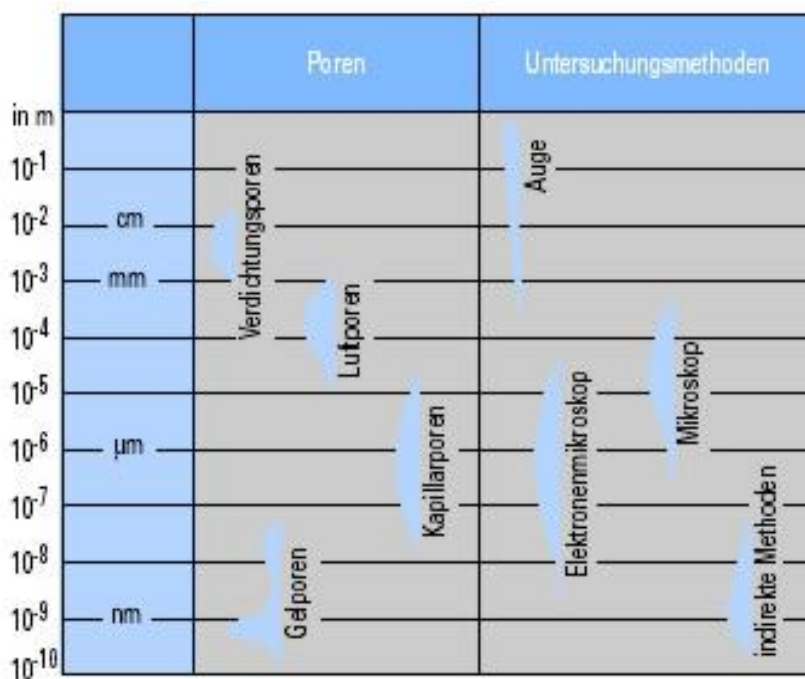
*Nothnagel* (2007) szerint a teljes hidratációhoz szükséges, alkalmazandó víz-cement tényező a cementkő víztől elzárt állapotában  $x_0 \geq 0,4$ , mert a cementkőnek utólag nincs lehetősége vízfelvételre; és víz alatti tárolás esetén  $x_0 \geq 0,324$ , mert a cementkő így lehetőséget kap az utólagos vízfelvételre. *Powers* és *Brownyard* kísérletek alapján a teljes hidratáció feltételeként víz alatti tárolás esetére  $x \sim 0,38$  értékű víz-cement tényezőt jelölt meg, és azon a véleményen volt, hogy  $x = 0,32$  alatti víz-cement tényező esetén az összes víz gélvíz formájában van jelen. Ha az utókezelés alatt utólag felvett vizet is figyelembe vesszük, akkor a teljes hidratációhoz tartozó víz-cement tényező  $x = 0,44$  értékre adódik.

Kísérletileg a cement hidratációját vízforgalomtól elzárt és vízzel telített cementkő próbatesteken szokták vizsgálni (*Nothnagel* 2007). A vízforgalomtól elzáró utókezelés (versiegelte Lagerung) megelőzi a cementkő korai, egyenlőtlen kiszáradását, és a száradási zsugorodás hatására fellépő mikrorepedések kialakulását. Az ilyen, ún. vízforgalomtól elzáró utókezelés során a szorosan polietilén fóliába göngyölt próbatestet epoxi gyantával vonják be, majd alumínium fóliát ragasztanak rá, végül a külső sérülésektől is polietilén fóliával védik meg. Vízzel telítettnek a kizsaluzás után víz alatt tárolt (gesättigte Lagerung) próbatestet tekintik (ezalatt a kis víz-cement tényezőjű próbatest vizet vehet fel).

A portlandcement kémiaileg kötött vízének mennyiségét vagy sztöchiometrikusan számítják vagy az izzítási veszteségből határozzák meg hosszú hidratációs idő elteltével. Fagyasztásos szárítással azt kapták, hogy a kémiaileg kötött víz a vízmentes cement 21 – 24 tömeg%-a. A kémiaileg kötött vízre a cementkővet 11 % relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva azt kapták, hogy az mintegy 34 tömeg%. A különbség abból adódik, hogy a fagyasztásos eljárás során egyes fázisok dehidratálódnak. Ezt fagyasztásos szárításnál 10 – 15 százaléknyi fizikailag kötött víz hozzáadásával szokták figyelembe venni. A kémiaileg kötött víz, a fizikailag kötött víz és a pórusvíz megbízható különválasztására ma tulajdonképpen nincs mérési módszer. Izzítás során a cementkő folyamatosan dehidratálódik. Végül is úgy tartják, hogy teljes hidratáció esetén a kémiaileg és fizikailag kötött víz mennyisége a cement tömegére vonatkoztatva mintegy 40 tömeg%, és ez  $x = 0,4$  értékű víz-cement tényezőnek felel meg (*Adam* 2006).

Ezeknél az eltéréseknél azonban sokkal jelentősebb eltérés van a klasszikus modell adta eredmények és a korszerű, különleges betonokkal végzett kísérletek eredményei között, hiszen a mai betontechnológia a korszerű anyagok (például adalékszerek, hidraulikus tulajdonságú kiegészítő anyagok stb.) és gyártási módszerek (például intenzív tömörítés, hőérlelés stb.) alkalmazásával a klasszikus betontechnológia lehetőségeit messze meghaladja. Például ma már – *Powers* és *Brownyard* után 60 évvel (külföldön korábban) –  $x_0 = 0,23$  alatti víz-cement tényezővel olyan különlegesen tömör betont, illetve finombetont lehet készíteni, amelynek nyomószilárdsága az  $f_{ck,cyl} = 150 \text{ N/mm}^2$  értéket is meghaladja (ez az ún. ultra nagy szilárdságú beton). Például  $x = 0,23$  víz-cement tényezővel készített finombetoneon higanyporoziméterrel – amelynek ugyan korlátozott a méréstartomány (16.6. ábra) – 6 térfogat% alatti összes porozitást is mérnek (hagyományos,  $x = 0,5$  víz-cement tényezőjű beton esetén ez az érték mintegy 12 térfogat%). Az ultra nagy szilárdságú beton hidratációs fokának végértéke a nagyon kis víz-cement tényező folytán  $\alpha = 0,4 - 0,6$ , és így a kiindulási klinker fázisok egy része

hidratálatlan marad. Ez elsősorban a lassabban hidratálódó belitet, adott esetben a nehezebben oldódó szulfát-hordozókat és a reagálatlan szilikaport érinti.



**16.6. ábra:** Pórusméret vizsgálat mérés-tartománya

Verdichtungsporen =  
Tömörítési pórusok  
Luftporen = Légpórusok  
Kapillarporen =  
Kapilláris pórusok  
Gelporen = Gélpórusok  
Auge = Szemmel  
Mikroskop =  
Mikroszkóppal  
Elektronenmikroskop =  
Elektron-  
mikroszkóppal  
Indirekte Methoden =  
Közvetett  
módszerekkel  
(vdz 2008)

A hidratáció kezdetben általában gyorsabb, majd lassuló, de évekig tartó folyamat, állapotát a hidratációs fokkal szokás kifejezni. A hidratációs fok a levegő relatív nedvességtartalmának, a cementfajtának és a test ún. kiszáradó átlagos vastagságának a függvénye. A test kiszáradó átlagos vastagsága alatt a test kétszeres térfogatának és kiszáradó felületének hányadosa értendő. A hidratációs fok értéke a hidratáció kezdetén: 0, teljes hidratáció esetén: 1. Ha a levegő relatív nedvességtartalma kisebb, mint 80 %, akkor a hidratáció általában leáll, ha mintegy 70 %, akkor a hidratációs fok végértéke kb. 0,85. A cementkőben tehát egyidejűleg többé-kevésbé jelen van a képlékeny (plasztikus), folyékony (viszkózus) cementgél és a szilárd, hidratált cementrész. A képlékeny rész alakváltozása részben vagy nagyobb részt maradós, a szilárd rész alakváltozása lényegében rugalmas (elasztikus), így együttesen a cementkő alakváltozása kváziviszkózusnak, a kváziviszkózus cementkőből és a rugalmas adalékanyagból álló beton kétfázisú, elasztoviszkózus vagy elasztoplasztikus anyagnak tekinthető. A képlékeny fázis jelenlétének tudható be a beton kúszása és ernyedése (Palotás, 1979).

A hidratációs fokot többféleképpen is ki lehet fejezni (Adam 2006; Nothnagel 2007). Érteni lehet alatta például

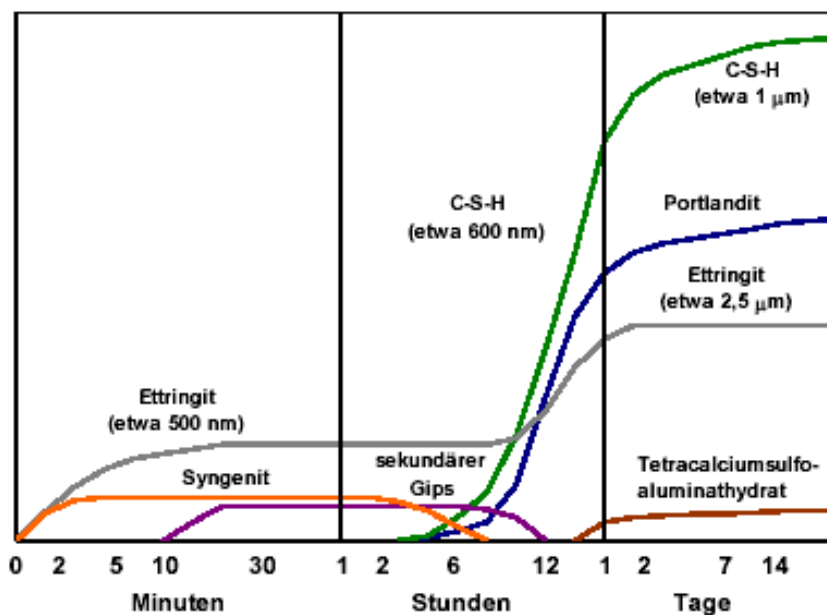
- a már hidratált cement és az összes cement tömegének hányadosát;
- a hidratáció során az adott időpontig fejlesztett hő és a teljes hidratációs hőfejlesztés hányadosát;
- az adott időpontig kémiaiilag kötött víz és a teljes hidratációhoz tartozó kötött víz tömegének hányadosát;
- az adott időpontig keletkezett kalcium-hidroxid és a hidratáció végéig fejlesztett kalcium-hidroxid mennyiségének hányadosát;
- a szilárdság és végszilárdság hányadosát;
- a zsugorodás és a hidratáció végéig fellépő zsugorodás hányadosát.

A hidratáció hőfejlődéssel járó, exoterm folyamat, a fejlődött hő a *hidratációhő*, amelynek mennyisége a cement összetételétől függ. A klinkerásványok közül legnagyobb a trikálcium-aluminát, legkisebb a dikalcium-szilikát hidratációhője. A cement kiegészítőanyagai

csökkentik a portlandcementek hidratációhőjét, az aluminátcementek hidratációhője a portlandcementekénél nagyobb. Nyári betonozásnál és különösen tömegbetonok esetén fontos a mérsékelt hőfejlesztésű cementek alkalmazása, mert a nagy hőfejlesztésű cementek nyáron a beton szilárdulási ütemét gyorsítják, konzisztenciáját szárazabbá teszik, vízigényét megnövelik, a tömegbetonok esetén pedig egyenetlen keresztmetszeti felmelegedést okoznak, húzófeszültségeket ébresztenek, és mindkét esetben a beton zsugorodását és repedésérzékenységét növelik.

A hidratáció sebessége és a hőfejlődés nem egyenletes (Talabér 1966, Riesz et al. 1989, Adam 2006.):

- Az első szakasz nagy hőfejlődéssel jár és rövid ideig, legfeljebb 15 percig tart. Megkezdődik az elsődleges ettringit képződés. A pH értéke 12,3 fölé emelkedik;
- Ezt követi a lassú hőfejlődéssel járó, néhány órán át tartó második szakasz, amely lehetővé teszi a friss beton bedolgozását, mert ezalatt a beton még alakítható. A második szakasz lényegében a Vicat-féle kötési idő végéig tart;
- A víz hozzáadásától számított 4-8 óra múlva kezdődik a nagy hőfejlődéssel járó harmadik szakasz, amikor a kristálymagok növekedni kezdenek. Megindul a kalcium-szilikát-hidrátok és a kristályos kalciumhidroxid (portlandit) képződése, és folytatódik az elsődleges ettringit képződés. Kialakul a korai szilárdság;
- A negyedik szakaszban lassul, de még sokáig tart a hidratáció, és csökken a hőfejlődés. Folytatódik a kalcium-szilikát-hidrátok és a portlandit képződése. Kb. 1 napos korban elkezdődik a monoszulfát (tetrakalcium-szulfo-aluminát-hidrát képződés. Az erőteljes szilárdulás általában 28 napos korig tart (16.7. és 16.8. ábra);
- Ezt a szakaszt az éveken át tartó utószilárdulás követi.



**16.7. ábra:**  
Hidrátfázisok kialakulása a hidratáció során

Minuten = percek

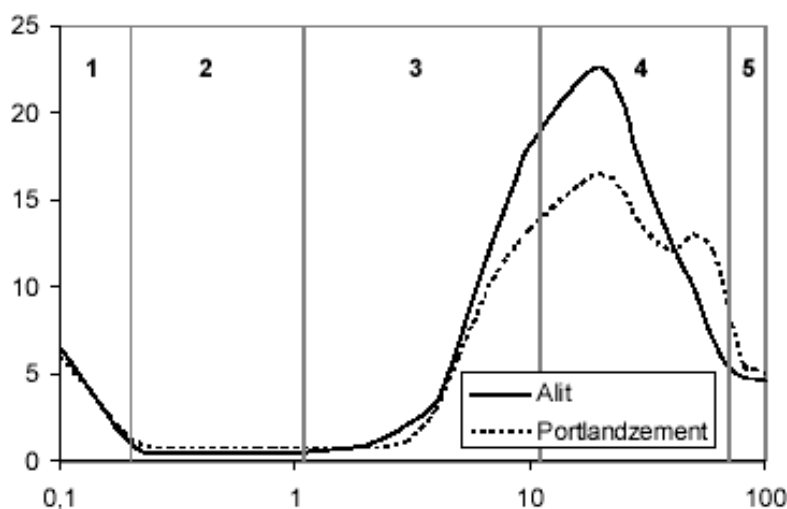
Stunden = órák

Tage = Napok

C-S-H = Kalcium-szilikát-hidrátok

Syngenit = Kalium-kalcium-szulfát-hidrát  
( $K_2SO_4 \times CaSO_4 \times H_2O$ )

(Adam 2006,  
Stark et al. 2003)



**16.8. ábra:** Hőfejlődés a hidratáció során

A függőleges tengelyen a hőfejlődés  $J/(g \times h)$  mértékegységben

A vízszintes tengelyen az idő órákban

(Adam 2006,  
Stark et al. 2000)

A hidratációs termékek képződése a következő hőfejlődéssel jár:

$3CaO \times 2SiO_3 \times 4H_2O$ képződése alitból:	520 J/g
$3CaO \times 2SiO_3 \times 4H_2O$ képződése belitből:	260 J/g
$3CaO \times Al_2O_3 \times CaO \times SiO_3 \times 12H_2O$ képződése felitből:	1140 J/g
$3CaO \times Al_2O_3 \times 3CaO \times SiO_3 \times 32H_2O$ képződése felitből:	1670 J/g
$4CaO \times Al_2O_3 \times 13H_2O$ képződése felitből:	1160 J/g
$4CaO \times Al_2O_3 \times 13H_2O + 4CaO \times Fe_2O_3 \times 13H_2O$ képződése celitből:	420 J/g
$Ca(OH)_2$ képződése szabad kalcium-oxidból:	1150 J/g
$Mg(OH)_2$ képződése szabad magnézium-oxidból:	840 J/g

A különféle típusú cementek hidratációs hőfejlesztése a következő:

Portlandcement:	375 - 525 J/g
Kohósalakportlandcement:	355 - 440 J/g
Traszportlandcement:	315 - 420 J/g
Olajpalaportlandcement (Baden-Württemberg tartományban gyártják):	360 - 480 J/g
Aluminátcement, például bauxitcement:	545 - 585 J/g

A portlandcement hidratációja során le nem kötött kalciumhidroxid (portlandit) keletkezik, amely a betonnak lúgos kémhatást ( $pH \sim 13$ ) kölcsönöz. A le nem kötött (szabad) kalciumhidroxidot a víz oldja, ezért az a felületen kivirágzás alakjában megjelenhet. (Ennek megelőzésére például a nagy-teljesítőképességű felszerkezeti hídbetonokra vonatkozó ÚT 2-3.423:2008 útügyi műszaki előírás 2008. évi tervezete a felhasználható portlandcement le nem kötött kalciumhidroxidtartalmát 1,5 tömeg%-ban korlátozta.)

A levegővel érintkező beton felületi rétegében viszont a kalciumhidroxid a levegő széndioxidtartalmával reakcióba lép, és eleinte kalcium-hidrokarbonáttá, majd vízvesztéssel kalciumkarbonáttá (mészkövé) alakul. Ez a jelenség a *karbonátosodás*, amely a beton vagy a cementhabarcs esetén a kapillárisok elzáródása és a szilárdság növekedése szempontjából kedvező, vasbeton vagy feszített vasbeton esetén viszont a lúgos kémhatás megszűnése folytán az acélbetét korróziója szempontjából kedvezőtlen. Ez utóbbi adja a kellő betonfedés jelentőségét.

A le nem kötött kalciumhidroxid nem tévesztendő össze a cementben esetleg megtalálható szabad kalciumoxiddal, amely a betonban kalciumhidroxiddá beoltódva duzzadáshoz és repedések keletkezéséhez vezethet (*mészduzzadás*). A klinkerásványok között szabad magnéziumoxid (periklasz) is található, amely nagyobb mennyiségben duzzadó hajlamú cementet adhat (*magnéziaduzzadás*) (Palotás, 1979).

Az MSZ EN 197-1:2011 szerint a cement *kloridtartalma* az acélbetét korróziómentessége érdekében általában ne legyen több, mint 0,1 tömeg%.

A kötés szabályozása céljából a portlandcementhez a gyártás során mintegy 3 tömeg%-ban kalcium-szulfátot adnak természetes gipszkő, anhidrit, félhidrát, vagy mesterséges REA-gipsz (**R**auchgas-**E**ntschwefelungs-**A**nlagen: füstgáz-kéntelenítő berendezés az erőművekben) alakjában. Ugyanakkor a cement, illetve a beton túlzott szulfáttartalma másodlagos ettringit képződés („cementbacilus”) folytán duzzadást (*ettringit-szulfátkorrózió*, szulfátduzzadás) okozhat, amit emiatt korlátozni kell. A portlandcement megengedett *szulfáttartalma* SO<sub>3</sub>-ban kifejezve az MSZ EN 197-1:2011 szerint a 32,5 N, 32,5 R és 52,5 N szilárdsági osztályban 3,5 tömeg%, a 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R szilárdsági osztályban és a CEM III cementfajta esetén általában 4,0 tömeg%. A monoszulfát hidráttermék ettringitté átalakulását külső körülmények (például szulfátos talajvíz) is befolyásolhatják. Szulfátos talajvíz hatására duzzadással kísért másodlagos ettringit képződés indul el. A ferritben dús, trikálcium-aluminátban szegény cement a szulfátkorrózióra kevésbé érzékeny (*Riesz et al. 1989*).

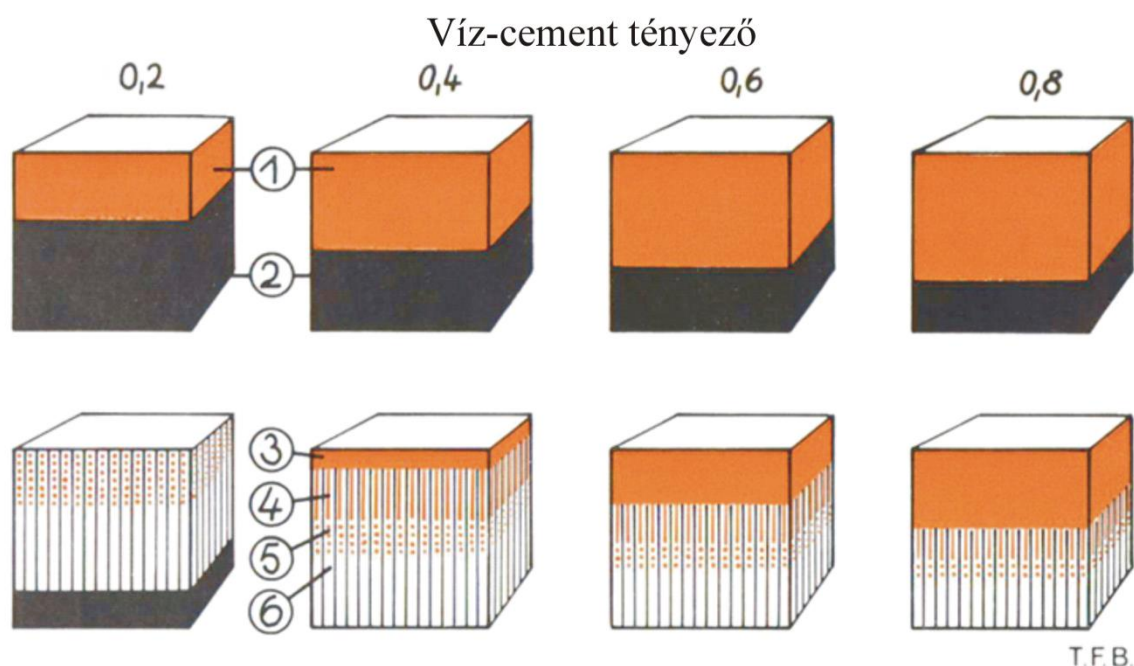
A taumazit – amely a természetben is előforduló ásvány: CaSiO<sub>3</sub>×CaCO<sub>3</sub>×CaSO<sub>4</sub>×15H<sub>2</sub>O – a másodlagos ettringithez hasonlóan duzzadást és repedést okoz, továbbá a szilikátos hidráttermékek kötőerejét megszünteti („cementvírus”, *taumazit-szulfátkorrózió*, TSA: Thaumassite Sulphate Attack). A taumazit betonban kalcium-szilikátokból vagy ettringit közbejöttével kalcium-aluminátokból jöhet létre, elsősorban áramló, szulfáttartalmú talajvizek jelenlétében, karbonátos adalékanyag esetén, 15 °C hőmérséklet alatt, de a cement mennyiségétől és minőségétől, a beton minőségétől, geometriájától, környezeti helyzetétől stb. is függően (*Révay – Laczkó 2006*).

A beton alkálifém-oxid reakciójának elkerülésére a cement *alkálifém tartalmát* szintén korlátozni kell. Kis alkálifémtartalmúaknak azokat a tiszta portlandcementeket és 50 tömeg%-nál kevesebb kiegészítő anyagot tartalmazó heterogén portlandcementeket tekintik, amelyek nátriumoxid egyenértéke (Na<sub>2</sub>O tartalom + 0,658×K<sub>2</sub>O tartalom) a 0,6 tömeg%-ot nem haladja meg.

### 16.2. A VÍZ SZEREPE A CEMENTKŐBEN

A hidratáció során a cementkőbe a cementnek legalább 15 - 18 tömeg%-át kitevő kémiailag (szerkezetileg) kötött, ún. el nem gőzölhető víz épül be. Mondhatjuk tehát, hogy a „kötött víz”-cement tényező általában 0,15 és 0,18 közé esik. Az ilyen cementkő kémiailag kötött víztartalma  $100 \times 0,15 / (1 + 0,15) = 13$  tömeg%, illetve  $100 \times 0,18 / (1 + 0,18) = 15$  tömeg%. A víz másik része a szabad víz (pórusvíz), amely a hidratált cementszemcsék közötti pórusokat, hézagokat tölti ki. A keverővíznek és a cementkőben lévő víznek a különbsége a cementkő *egyensúlyi víztartalmának* kialakulása során elpárolog, és a cementkőben kapillárisokat (pórusszerkezet) hagy maga után. A kapillárisok mennyiségének csökkentése, egyben a cementkő, illetve a beton szilárdságának növelése a víz-cement tényező csökkentésével érhető el. Az elgőzölhető víz a szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből áll. A gélvizet fizikailag kötött víznek is nevezik. Ha a környező levegő relatív nedvességtartalma kisebb, mint 40%, akkor a cementkő egyensúlyi állapotban csak kötött vizet, azaz csak kémiailag kötött vizet és fizikailag kötött vizet (gélvizet) tartalmaz, és a gélvíz mennyisége csupán a levegő relatív nedvességtartalmától és a hidratációs foktól függ (Palotás 1979). Szokványos portlandcement esetén a teljes hidratáció állapotában a cementkő víztartalma 23-28 tömeg% (Riesz et al. 1989), amely  $x = 23 / (100 - 23) = 0,30$ , illetve  $x = 28 / (100 - 28) = 0,39$  víz-cement tényezőnek felel meg. Eszerint a teljes hidratáció esetén a kémiailag és fizikailag kötött víz együttes mennyisége a cementnek megközelítőleg 40 tömeg%-a.

A cementkő vízháztartása a víz-cement függvényében a 16.9. ábrán látható (Trüb 1963).



**16.9. ábra:** Az egyensúlyi víztartalmi állapotú cementkő vízháztartása a víz-cement tényező függvényében, ha a környező levegő relatív nedvességtartalma > 40% (Trüb 1963).

- ① Keverővíz térfogataránya a cementpépben
- ② A hidratálatlan cementszemcsék térfogataránya a cementpépben és a cementkőben
- ③ Kapilláris víz térfogataránya a cementkőben
- ④ Gélvíz (fizikailag kötött víz) térfogataránya a cementkőben
- ⑤ Kémiailag kötött víz térfogataránya a cementkőben
- ⑥ Hidratált cementszemcsék térfogataránya a cementkőben



Adam (2006) a cementkőben lévő vizeket fentieknél árnyaltabban csoportosította:

- *Szabad víz (pórus víz)* folyékony állapotban található a cementkő pórusaiban. A hidratálatlan cement szemek hidratációjához szükséges víz forrása.
- *Fizikailag kötött víz* a hidratációs termékek, elsősorban a gélpórusok szabad felületén található víz. A mennyisége és rétegvastagsága a belső vízgőznyomástól függ. Minél nagyobb a határfelület és a relatív vízgőznyomás, annál több a fizikailag kötött víz mennyisége.
- *Kémiaailag kötött víz* a hidratációs termékek kristály és rétegeközi vize. Minthogy a fizikailag és kémiaailag kötött víz közötti határ pontosan nem definiálható, azt a vizet szokták kötött víznek tekinteni, amely 11 % relatív nedvességtartalmú térben, 25 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva még a cementkőben marad. (Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton hidrotechnikai tulajdonságait 60±5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva kell vizsgálni.)
- *Adszorpciós víz*, amelyet elektrosztatikus vagy Van der Waals erők kötnek a határfelülethez. (A *van der Waals* összetartó erő nagyon gyenge.) Minél nagyobb a távolság az adszorpciós réteg és a határfelület között, annál kisebb a kötési energia. A fizikailag kötött víz nagy részét az adszorpciós víz teszi ki.
- *Adhéziós víz* a fizikailag kötött víz része. A vízmolekulák a molekulaközi kölcsönhatás folytán tapadnak a határfelületre.
- *Kapilláris víz* a kapilláris erők hatására a pórusokban, a hidratációs termékek között található. A kötési energia a kapilláris átmérőjével fordítottan arányos. Adam szerint a kapilláris vizet lényegében a szabad vízhez kell számítani.
- *Rétegeközi víz* kémiaailag kötött és adhéziós állapotban található a kalcium-aluminát-hidrát és kalcium-aluminát-szulfát-hidrát fázisok között. Szárítás során általában a szövetszerkezet rombolása nélkül távozik a cementkőből.
- *Elgőzölhető víz* fagyasztásos szárítás vagy 105 °C hőmérsékleten történő szárítás során a cementkőből távozik. Beleértendő a szabad pórus víz, az adszorpciós (fizikailag kötött) víz és a kémiaailag kötött víz egy része.
- *El nem gőzölhető víz* az elgőzölhető víz távozása után a cementkőben marad. Általában az 1000 °C hőmérsékleten meghatározott izzítási tömegvesztéssel fejezik ki, a széndioxid tartalom figyelembevételével. Az el nem gőzölhető víz valamivel kevesebb, mint a kémiaailag kötött víz.

## 17. KONZISZTENCIA

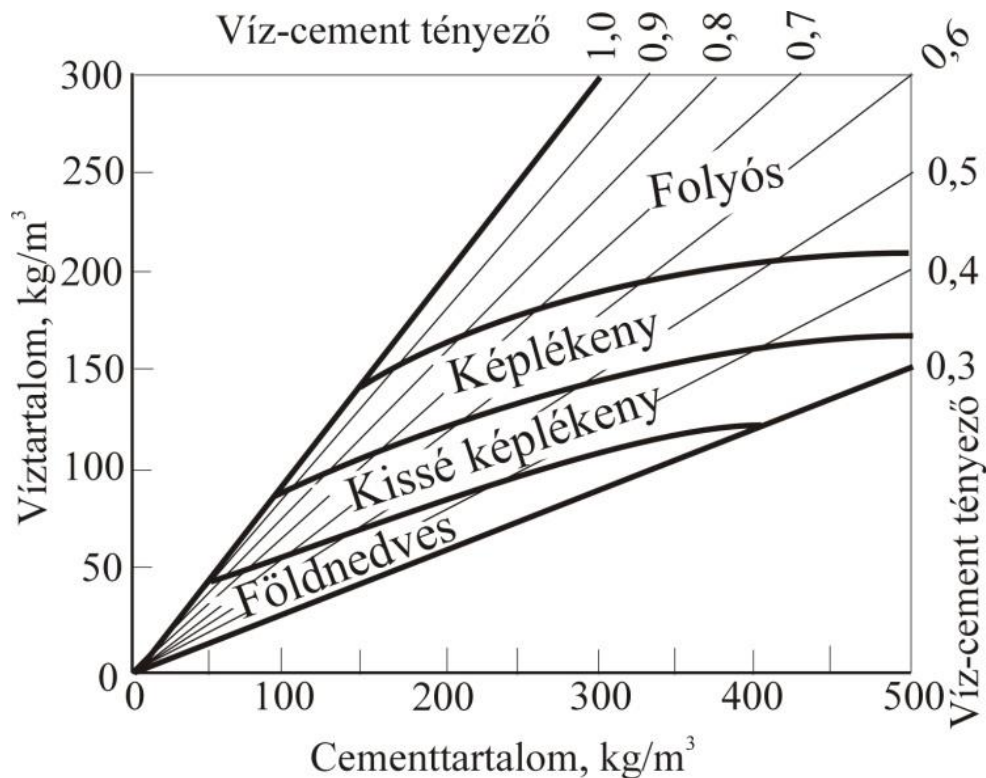
A betonkonzisztencia fizikai, a folyadékok viszkozitásával rokon, gyakorlati betontechnológiai fogalom, amely a friss beton mozgással szembeni ellenállását, belső súrlódását, alaktartását fejezi ki. Mérése egzakt módon körülményes, de mértéke szabványosított gyakorlati mérési módszerekkel viszonylag jól megállapítható.

Az építési körülményeknek és a betontechnológiai feltételeknek megfelelő konzisztencia kiválasztásához és alkalmazásához a betontechnológia tervezőjének, a beton gyártójának és bedolgozójának szoros együttműködésére, laboratóriumi és olykor akár beépítési helyszíni kísérletre van szükség.

Az azonos alapanyagokból, de különböző összetétellel készített és szemre azonos konzisztenciájúnak tűnő betonkeverékek még ugyanazzal a vizsgálóeszközzel mérve is különböző konzisztenciájúnak bizonyulhatnak.

A beton konzisztenciája elsősorban a friss beton keverhetőségét, szállíthatóságát, bedolgozhatóságát, tömöríthetőségét, állékonyságát befolyásolja, de hatással van a beton cement- és vízigényére, kötési-szilárdulási folyamatára, zsugorodására, a megszilárdult beton szövetszerkezetére (struktúrájára), szilárdságára is. A friss beton konzisztenciáját a cement minősége, az adalékanyag anyagtani minősége és szemszerkezete, a keverék összetétele, mint például a víz- és cementtartalom, az adalékanyag finomrésztartalma, az alkalmazott adalékszer minősége befolyásolja.

A víz- és cementtartalom hatását a szokványos beton konzisztenciára a 17.1. ábra szemlélteti.



**17.1. ábra:** A víz- és cementtartalom hatása a szokványos friss beton konzisztenciájára

A konzisztenciát befolyásoló tényezők kutatásáról és ezzel kapcsolatos gyártóüzemi megfigyelésekről *Pekár Gyula* cikkeiben (*Augisztin – Pekár 2011, Pekár 2011, Pekár 2013*) lehet olvasni.

A konzisztencia javítására, folyósabbá tételére célszerűen – gyakorlatilag általában mindig – nem a vízadagolást kell növelni, ami a szilárdság, zsugorodás stb. szempontjából káros, hanem képlékenyítő vagy folyósító adalékszert kell alkalmazni.

A betonkeverék konzisztenciáját a gyártónak és a kivitelezőnek azonos konzisztencia-vizsgáló módszerrel, különös gondossággal kell meghatározni. Az alkalmazandó vizsgálati módszer általában következik a beton jeléből, ellenkező esetben azonban miben létét illetően írásban kell megállapodni.

Mind a tömörítendő (szokványos), mind az öntömörödő beton konzisztenciáját az építési helyen is meg szabad határozni, ha az építési helyi vizsgálat és a referencia-vizsgálatnak számító gyártási helyi vizsgálat eredménye közötti összefüggést megállapították.

A beton konzisztenciáját a beton felhasználásának vagy transzportbeton esetén a beton átadásának időpontjában kell meghatározni.

Ha a betont mixergépkocsiban vagy esetleg agitátor keverőben (mára gyakorlatilag idejét múlt eszköz) adják át, akkor a konzisztenciát az első ürítésből vett helyszíni mintán lehet megmérni.

**17.1. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK, SZOKVÁNYOS BETONOK KONZISZTENCIÁJA**

Tömörítendő betonok a hagyományos szokványos (közönséges, normál) betonok, könnyűbetonok és nehézbetonok.

A szokványos friss betonok alkalmazandó konzisztenciáját a szerkezet jellege, méretei és a betonozás körülményei szabják meg:

*Alig földnedves betonnal* nagytömegű, vasalatlan vagy esetleg gyengén vasalt szerkezetek, például hídpillérek, gátak, támfalak, útbetonok készítése esetén lehet dolgozni. Előnye a kis cementtartalom, kis hőfejlés, kis zsugorodási hajlam. Az ilyen beton nem szivattyúzható, tartályos járműben szállítható, a szállítóeszközből sokszor nehezen üríthető, ürítéskor lazán szétesik, tömörítéséhez nagyon erős vibrátor vagy döngölés szükséges. Nem alkalmazható sem finoman tagolt, sem átlagosan vasalt szerkezeti elemek, látszóbeton készítéséhez. Konzisztencia osztálya például C0 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Németországban „Sehr steifer Beton”-nak nevezik.

A *földnedves beton* vasalatlan és gyengén vasalt szerkezetek készítéséhez használható. Nem szivattyúzható, tartályos járműben szállítható, a szállítóeszközből sokszor nehezen üríthető, ürítéskor lazán szétesik, tömörítéséhez erős vibrátor vagy döngölés szükséges. Nem alkalmazható sem finoman tagolt, sem átlagosan vasalt szerkezeti elemek, látszóbeton készítéséhez. Konzisztencia osztálya például C1 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Németországban a földnedves betont régebben „Rüttelbeton”-nak nevezték, ma „Steifer Beton”-nak hívják.

*Kissé képlékeny betonból* minden vasalatlan és vasalt szerkezet elkészíthető, ha a vasalás nem különösen sűrű. Szállítójárműből ürítve még éppen összeállón esik. Szivattyúzható. Tömörítéséhez vibrátort kell használni. Látszóbeton készítésére is alkalmas. Konzisztencia osztálya például F2 (12.2. táblázat, 12.2. ábra), C2 (12.3. táblázat, 12.3. ábra). Német megnevezése „Plastischer Beton”.

A *képlékeny betont* sűrűn vasalt szerkezetek készítéséhez lehet használni. Gyenge vibrálással is tömöríthető. Felhasználásával nagy kiterjedésű szerkezetek, mechanikai igénybevételeknek kitett betonok, látszóbetonok is készíthetőek. Előnye a szivattyúzhatóság, a könnyű bedolgozhatóság. Jól vibrálható. Hátránya a nagy cementigény, a szétesztályozódási, zsugorodási, kivérzési hajlam. Ma a betonok mintegy 80 %-a ezzel a konzisztenciával készül. A képlékeny beton konzisztencia osztálya például S2 (12.1. táblázat, 12.1. ábra), F3 (12.2. táblázat, 12.2. ábra). Németországban ezt a konzisztenciát régebben KR jelű „Regelkonsistenz”-nek nevezték, ma az F3 területi osztályú betont „Weicher Beton”-nak hívják.

*Folyós betonból* igen sűrűn vasalt, karcsú, nehezen hozzáférhető szerkezetek is készíthetők. Gyakran víz alatti betonozáshoz alkalmazzák. Folyós betont csak folyósító adalékszerrel szabad készíteni. Mintegy 20 % esésű csőben vagy lejtőn magától folyik, és ürítéskor nagyon lapos kúpot képez. Tömöríteni alig, vagy nem szükséges. Az F5 konzisztencia osztályú betonból készített vékony lemezeket általában különösebb tömörítés nélkül el lehet készíteni, mert a még meglévő nagyobb pórusok a beton felület lehúzása során megszűnnek. Ha a konzisztencia az F4 osztályba tartozik, akkor célszerű a betont vibrópallóval tömöríteni. Pillérek, falak, magas gerendák készítésekor a folyós betont alulról felfelé haladva könnyedén vibrálni kell, és nem például vasrúddal szurkálni. A folyós beton előnye, hogy könnyen szivattyúzható, nehéz körülmények között is gyorsan beépíthető. Hátránya, hogy a folyós beton összetételét igen gondosan kell megtervezni és betartani. Zsugorodása jelentős. A nagyon képlékeny vagy kissé folyós beton (Németországban „Sehr weicher Beton”) konzisztencia osztálya például S3, F4, a folyós betoné (Németországban „Fließfähiger Beton”) S4, F5.

*Önthető betonból* nagy kiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Csak folyósító adalékszerrel szabad készíteni. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntővályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Könnyen szivattyúzható. Az önthető friss beton a levegőtartalmát már a szivattyú feladótölcsérében szinte teljesen elveszti. Az önthető friss beton zsalunyomása jelentős. Az F6 konzisztencia osztályú beton kis hőmérsékleten lassan szilárdul, és gyakran még a C30/37 nyomószilárdsági osztályú önthető beton sem zsaluzható ki a bedolgozást követő napon. Az önthető beton finomrésztartalma nagy, zsugorodása igen jelentős. Konzisztencia osztálya F6. Német megnevezése: „Sehr fließfähiger Beton”.

**17.2. TÖMÖRÍTENDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA**

A konzisztencia mérés hagyománya közel évszázados, az új európai betonszabványok (MSZ EN 206-1:2002) azonban a XXI. század elején az addigi magyar betonszabványhoz (MSZ 4719:1982) képest megváltoztatták a konzisztencia osztályokat, és a mérési módszerekben is hoztak bizonyos változásokat, sőt az önterülő-öntömörödő betonokra vonatkozólag új konzisztencia osztályokat és vizsgálati eljárásokat vezettek be.

A visszavont MSZ 4719:1982 magyar szabvány az FN, KK, K, F jelű konzisztencia osztályokat ismerte. A konzisztencia mérőszámokat az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia mérőszámai kivételével az MSZ 4714-3:1986 szabvány függeléke tartalmazta. Az alig földnedves (AFN) és az önthető (Ö) konzisztencia osztállyal az 1978-ig hatályban volt MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány és az 1977-ig hatályban volt MSZ 4719:1958 szabvány foglalkozott, azok más nemzeti és nemzetközi szabványban ma is megtalálhatók.

A konzisztencia mérőszámokat az MSZ 4714-3:1986 vizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszerekkel kellett meghatározni. A *Humm*-féle szondával való konzisztencia mérést az MSZ 4714-3:1986 szabvány függeléke írta le.

Érdekesség, hogy az MSZ 4714:1955 vizsgálati szabvány még a *Graf*-féle behatolási mérték meghatározását és a "kanálpróbát" is tárgyalta.

A szokványos betonoknak az európai szabványok bevezetése előtt hazánkban alkalmazott konzisztencia osztályai és mérőszámai *Palotás László – Balázs György* (1980) táblázata alapján jól áttekinthetők (*17.1. táblázat*). A *17.1. táblázat* a betontervezésben használatos, a földnedves konzisztenciához tartozó  $x_0$  alap víz-cement tényező (redukált víz-cement tényező) kiszámításához szükséges *Palotás*-féle konzisztencia-függő  $h$  hígítási tényezőt is tartalmazza.

**17.1. táblázat:** A szokványos beton konzisztencia osztályai a visszavont, 2002 előtti magyar szabványokban (*Palotás – Balázs* 1980)

Konzisztencia mérőszám megnevezése	Konzisztencia osztályok jele és megnevezése, valamint a mérőszámok határértékei lényegében a visszavont MSZ 4714:1955, MSZ 4719:1958, MSZ 4714-3:1986 szabvány alapján					
	AFN Alig földnedves	FN Földnedves	KK Kissé képlékeny	K Képlékeny	F Folyós	Ö Önthető
Roskadási mérték, mm		< 20	20 - 40	41 - 100	> 100	
Területi mérték, cm		< 36	36 - 42	43 - 50	> 50	
Ejtőkengyeles átformálási ütésszám, db		> 100	51 - 100	16 - 50	8 - 15	< 8
Vebe-méteres átformálási vibrációs idő, s	> 50	50 - 21	20 - 8	7 - 3	≤ 2	
Glanville-féle tömörödési tényező	< 0,70	0,70 - 0,75	0,76 - 0,85	0,86 - 0,92	0,93 - 0,97	> 0,97
Humm-féle behatolási ütésszám, db, ha a $D_{max} =$	= 16 mm	20 - 16	15 - 6	5 - 3	2 - 1	
	= 32 mm	100 - 51	50 - 21	20 - 11	10 - 6	
Graf-féle behatolás mértéke, cm	0 - 1	1 - 3	3 - 6	6 - 10	> 10	
Kanálpróba ütésszám, db	35 - 25	25 - 15	15 - 5	5 - 2	2 - 0	
Palotás-féle (1980) hígítási tényező, átlag, $h$	0,85	1,00	1,15	1,25	1,35	1,45
A konzisztencia számjele a régi MSZ 4719:1958 szabványban, a cm-ben kifejezett roskadási mérték alapján						
	0	1	3	10	15	20
Megjegyzések:						
1. Az egyes konzisztencia mérő eszközök a színezett mezők konzisztencia tartományában alkalmazhatók megbízhatóan.						
2. Az egykor legáltalánosabban alkalmazott konzisztencia osztályokhoz és konzisztencia mérési módszerekhez tartozó mérőszámokat vastagon szedtük.						

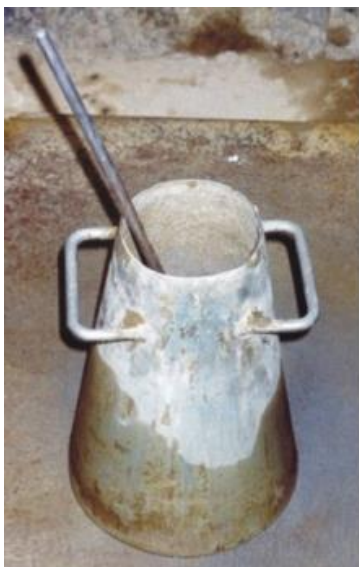
### 17.2.1. Roskadási mérték meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Slump-test, német elnevezése: Prüfung von Setzmaß.

A roskadási mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány

szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A roskadás vizsgálatát régebben a mára visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint végeztük, ma az MSZ EN 12350-2:2009 európai szabvány szerint kell végezni.

A roskadásmérés eszköze a roskadásmérő csonka-kúp forma, amelynek átmérője alul 200 mm, felül 100 mm és magassága 300 mm, térfogata  $5498 \text{ cm}^3$  (17.2. ábra). A területmérő csonka-kúp ennél alacsonyabb és kisebb térfogatú (17.4. ábra). A szabványos roskadásmérő csonka-kúp formát *Abrams-féle kúp*nak is nevezik, és más konzisztencia vizsgálati módszerekhez, például a szabványos VEBE-méteres átformálás méréséhez is alkalmazzák.



**17.2. ábra:** Roskadásmérés

A roskadásmérés egykori MSZ 4714-3:1986 és mai MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti módszere között van bizonyos eltérés.

A két szabvány eltérően ítéli meg a vizsgálat alkalmazhatóságát. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány az FN földnedves, az MSZ EN 12350-2:2009 és az MSZ EN 206-1:2002 szabvány az S5 konzisztencia osztályú beton esetén tartja a módszert pontatlannak, de az S5 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 40 mm.

Az MSZ EN 12350-2:2009 szabványban csak a fenti méretű csonka-kúp szerepel, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a  $32 \text{ mm} < d_{\max} \leq 63 \text{ mm}$  esetre másfélszeres méretű kúp használatát írta elő.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonka-kúpot négy rétegben kellett megtölteni betonnal, és összesen  $4 \times 25 = 100$  szúrással kellett tömöríteni, MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint a csonka-kúpot három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen  $3 \times 25 = 75$  szúrással kell tömöríteni.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal kellett, az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni és megadni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére legfeljebb egy ismétlést ír elő.

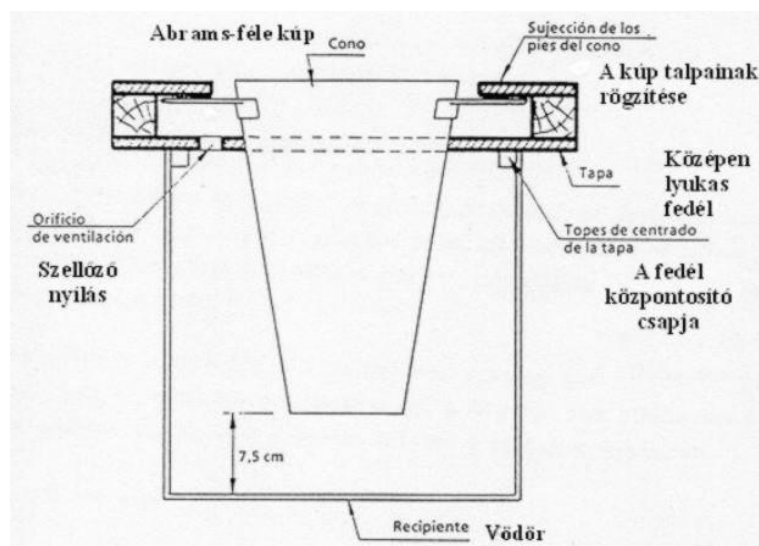


Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány egyes mérések és két mérésből álló vizsgálatok esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismerte.

Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány roskadásmérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadásmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 16 mm;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadásvizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll*, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 11 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadásmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 25 mm;
- ha *két laboráns* összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadásvizsgálatot végez, és mindegyik vizsgálat két mérésből áll*, és mértékadó eredménye a két mérés számtani átlaga, akkor a két vizsgálat mértékadó eredménye (azaz két mérés átlaga) abban az esetben összeférhető, ha a két vizsgálat eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 22 mm.

Az ASTM C995:1991 USA és a UNE 83-503:1988 spanyol szabvány érdekes, a  $d_{\max} \leq 40$  mm legnagyobb szemnagyságú, nem folyós, *szálerősítésű betonok* konzisztenciájának méréséhez alátámasztott, kisebb nyílásával lefelé fordított, henger alakú tartóedénybe befogott, ASTM C143:1978, illetve UNE 83-313:1990 szabvány szerinti *Abrams-féle kúpot* alkalmaz (17.3. ábra). A szálerősítésű betont három rétegben, tömörítés nélkül, de hézagmentesen kell a kúpba tölteni. A beton tetejére  $25 \pm 3$  mm átmérőjű, 7000/perc rezgésszámú túvibrátort kell helyezni. A túvibrátort el kell indítani, hagyni kell, hogy a vibrálás hatására a kúpból kifolyó betonnal együtt süllyedjen. Kifolyási mérték az a másodpercben kifejezett idő, amely a túvibrátor elindításától a kúp kiürüléséig eltelik. Ez azért látszott indokolt eljárásnak, mert a hagyományos roskadás-mérési módszerek – a fent leírthoz elvileg hasonló átformálási VEBE-mérték meghatározáson kívül – a szálerősítésű betonok konzisztencia-mérésére nem igen alkalmasak (Kausay 1999). Az ASTM C995:1991 szabvány utolsó változatát (ASTM C995-01) 2008-ban visszavonták, és helyettesítő változata nincs.



**17.3. ábra:** Szálerősítésű beton konzisztencia mérésére fordított Abrams-féle roskadásmérő kúppal az ASTM C955:1991 és az UNE 83-503:1988 szabvány szerint

### 17.2.2. Területi mérték meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Flow table test, német elnevezése: Prüfung von Ausbreitmaß.

A területi mérték a régóta és legelterjedtebben használatos konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett szintén alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A terület vizsgálatát régebben az MSZ 47143:1986 szabvány szerint kellett, és ma az MSZ EN 12350-5:2009 európai szabvány szerint kell végezni.

A területmérés eszköze a területmérő ejtőasztal és csonka-kúp forma. A területmérő ejtőasztal lapmérete 700×700 mm, és az egyik oldalon 40 mm magasan megemelhető. A területmérő csonka-kúp forma átmérője alul 200 mm, felül 130 mm és magassága 200 mm, térfogata 4341 cm<sup>3</sup> (17.4. ábra). A roskadásmérő csonka-kúp ennél magasabb és nagyobb térfogatú (17.2. ábra).



**17.4. ábra:** Területmérés

A területmérés egykori MSZ 4714-3:1986 szabvány szerinti és mai MSZ EN 12350-5:2009 szabvány szerinti módszere között van bizonyos eltérés.

Mind a két szabvány pontatlannak tartja a módszert az FN illetőleg F1 földnedves konzisztenciák tartományában, az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány az F6 osztályban is, de az F6 osztály alsó határértékeként kissé eltérő számokat adnak meg. Az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány szerint a módszer akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a területét 1,0 cm pontossággal kellett, az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány szerint 10 mm pontossággal kell megmérni és megadni, ami bár ugyanannyi, de minthogy a mértékegység prefixuma (előtagja) centi helyett milli, a terület mérőszáma ma a korábbinak tízszerese.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

Az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételeket az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány egyes mérések esetére tárgyalja, az MSZ 4714-3:1986 szabvány a fogalomkört nem ismerte.

Az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány területmérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két területmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95%-ában kisebb, mint 69 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy területmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95%-ában kisebb, mint 91 mm.

### 17.2.3. Tömörítési mérték és a tömörödési tényező meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Test the degree of compatibility, német elnevezése: Prüfung vom Verdichtungsmaß

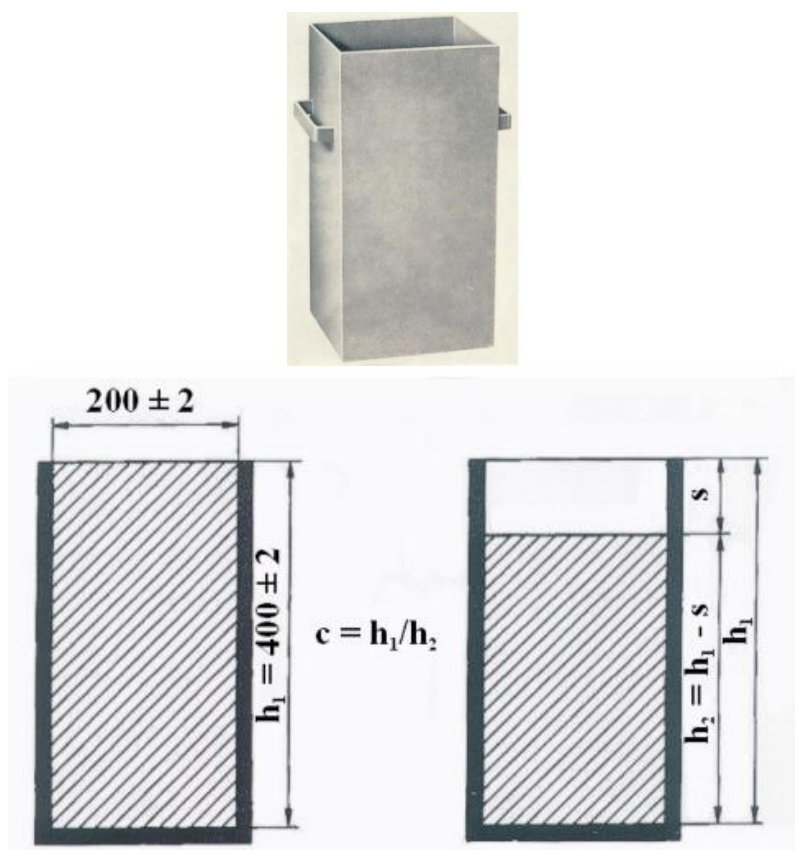
A tömörítési mérték a konzisztencia jellemzők egyike, amely az európai szabványok bevezetése előtt Magyarországon nem volt szabványos. Más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgál a beton MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályának meghatározásához. A tömörítési mérték vizsgálatát az MSZ EN 12350-4:2009 európai szabvány szerint kell végezni. Az MSZ EN 12350-4:2009 szerinti tömörítési mérték fogalmát a DIN 1048-1:1978 német szabványból *Walz*-féle tömörítési mértékként ismerjük. Vizsgálatával hazánkban nemzeti szabvány nem foglalkozott, bár leírása a 2001. évben érvénytelenített MSZ ISO 4111:1993 nemzetközi szabványban már megtalálható volt.

A vizsgáló eszköz 200×200 mm alapterületű, 400 mm magas fém edény, amelyet lazán meg kell tölteni betonnal, és le kell húzni. Ezután a betont vibroasztalon, vagy merülő vibrátorral tömöríteni kell. A tömörítési mérték a beton eredeti magasságának (400 mm) és mm pontosan megmért tömörítés utáni magasságának két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egnél nem kisebb szám (17.5. ábra).

Az MSZ EN 12350-4:2009 szerinti tömörítésmérés akkor alkalmazható, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb, mint 63 mm, és a konzisztencia osztály C1 – C3 közötti. A C4 konzisztencia osztályt csak könnyűbeton esetén szabad alkalmazni. A módszer pontosságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre az MSZ EN 12350-4:2009 szabványban nincs adat.

A tömörítési mérték azt mutatja meg, hogy a laza állapotú beton térfogata a betömörített beton térfogatának hányadosa. Értékét betontervezéskor annak kiszámítására szoktuk használni, hogy a betonkeverőgép dobjában megkeverhető betonadag laza térfogata hányadosa a betonadag betömörítés utáni térfogatának, illetve, hogy a laza betonadag tömege hányadrésze az ugyanolyan térfogatú betömörített beton tömegének. (Például abból a képlékeny

konzisztenciájú betonból, amelynek tömörítési mértéke 1,12 és testsűrűsége friss állapotban, betömörítés után  $2400 \text{ kg/m}^3$ , az 800 liter hasznos térfogatú betonkeverő dobben  $2400 \times 0,8/1,12 = 1714 \text{ kg}$  tömegű beton adag keverhető meg.)



17.5. ábra: Walz-féle tömörítési mérték mérése



17.6. ábra: Glanville-féle készülék a tömörödési tényező mérése

A (Walz-féle) tömörítési mértéket nem szabad összetéveszteni a rokon hangzású (Glanville-féle) tömörödési tényezővel. Ennek esélye megvan, hiszen az EN 12350-4:1999 európai forrás szabvány címében szereplő angol „Degree of compactability” kifejezés nemcsak tömörítési mértéknek, hanem tömörödési tényezőnek is fordítható.

A Glanville-féle tömörödési tényező vizsgálatát a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint kellett végezni.

A tömörödési osztályok mérőszámainak határértékei a  $d_{\max} \leq 32 \text{ mm}$  legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas  $5 \text{ dm}^3$  űrtartalmú hengerrel rendelkező, kisebb Glanville-féle készülékre vonatkoznak, amelynek felső csonkakúpja  $\text{Ø}260/\text{Ø}130 \times 280 \text{ mm}$  méretű (17.6. ábra). A készülék másik, ritkán használt, nagyobb méretváltozata a  $d_{\max} \leq 63 \text{ mm}$  legnagyobb szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas, ennek henger-űrtartalma  $20 \text{ dm}^3$ , felső csonkakúpja  $\text{Ø}380/\text{Ø}190 \times 410 \text{ mm}$  méretű. A tömörödési tényező a laza és a bevibrált friss beton testsűrűségének két tizedes pontossággal kiszámított hányadosa, mindig egynél nem nagyobb szám.

A tömörödési tényező fogalmát Palotás László az építőanyagok műszaki értelmező szótárába már 1958-ban felvette (Palotás 1958). A Glanville-féle tömörödési tényezőt

*CF-számnak* is szokták nevezni, az angol „Compacting Faktor” kifejezés kezdőbetűi alapján (BS 1881:1988). Az irodalom a mérőeszközt *Glanville-Rilem*-féle készülék néven is említi (RILEM Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions = Építőanyagok és szerkezetek laboratóriumi vizsgálatának és kutatásának nemzetközi egyesülete).

Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány szerinti *Walz*-féle tömörítési osztályoknak a magyar szabványokban nincs, illetve nem volt megfelelője. Minthogy azonban a *Walz*-féle tömörítési mérték közelítőleg egyenlő az MSZ 4714-3:1986 szabványban szereplő *Glanville*-féle tömörödési tényező reciprokával, ez utóbbit az új tömörítési mérték és a régi tömörödési tényező közvetett összehasonlításául használhatjuk.

#### 17.2.4. VEBE-méteres átfomálási idő meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: Vebe test, német elnevezése: Vebe-Prüfung

A VEBE-méteres átfomálási idő a hagyományokkal rendelkező – de a rokadási és a területi mértéknél kevésbé elterjedt – konzisztencia jellemzők egyike, amely más konzisztencia jellemzők mellett alapul szolgált a beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti és alapul szolgál ma is az MSZ EN 206-1:2002, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti konzisztencia osztályainak meghatározásához. A VEBE-méteres átfomálás vizsgálatát egykor az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint kellett, és ma az MSZ EN 12350-3:2009 európai szabvány szerint kell végezni.

A VEBE-készülék rázóasztalon áll, és az *Abrams*-féle rokadásmérő csonka-kúp alakú friss beton hengerré formálásához szükséges vibrálási idő mérésére alkalmas (17.7. ábra). A berendezés a VEBE megnevezést a svéd *Victor Bährner* nevének kezdőbetűi után kapta, aki konzisztencia vizsgálati módszerét 1940-ben publikálta a német „Zement” c. folyóiratban. A *Bährner*-féle VEBE-méter fő méretei azóta sem sokat változtak. Az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerinti készülék fémtartálya henger alakú, amelynek belső átmérője 240 mm.



17.7. ábra: VEBE-méteres átfomálási idő mérés

A VEBE-méteres átfomálás vizsgálatának egykori MSZ 4714-3:1986 és mai MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerinti módszer között van bizonyos eltérés.

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a módszerrel az összes beton konzisztenciája meghatározható volt, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint csak a V1 - V3

konzisztencia osztályba tartozó betonok konzisztenciája határozható meg, és csak akkor, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem nagyobb 63 mm-nél.

A forgókar függőleges rúdján az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint mm-es beosztás volt, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint 5 mm-es beosztás van.

Hasonlóan a roskadásméréshez korábban az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a csonka-kúpot négy rétegben kellett megtölteni betonnal, és összesen  $4 \times 25 = 100$  szűrással kellett tömöríteni, ma az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint három rétegben kell megtölteni betonnal, és összesen  $3 \times 25 = 75$  szűrással kell tömöríteni.

Ha a VEBE-készülékkel a roskadási mértéket is meghatározzuk, akkor az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a roskadást 1 mm pontossággal mértük, az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint pedig 10 mm pontossággal kell megmérni.

A VEBE átformálási időt 1 másodperc pontossággal kell megadni.

A mértékadó vizsgálati eredményt az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint két mérés számtani átlaga, vagy nagy eltérés esetén új átlagmintákkal végzett három mérés számtani átlaga adta, míg az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány egy mérés eredményét is elfogadja, de hibás mérés esetére ismétlést ír elő.

A módszer pontosságára, az ismétlési (ismételhetőségi) és az összehasonlítási (összehasonlíthatósági) feltételekre az MSZ EN 12350-3:2009 szabványban nincs adat, a fogalomkört az MSZ 4714-3:1986 szabvány nem ismerte.



A VEBE-méteres átformálási idő vizsgálata tulajdonképpen a visszavont MSZ 4714-3:1986 szabványban *átformálási ütésszám* meghatározása néven tárgyalt Powers-féle konzisztencia vizsgálat módosított formája. Az átformálási ütésszámot régebben *Powers-foknak* nevezték. Vizsgálati eszköze az ejtőkengyeles készülék volt (17.8. ábra).

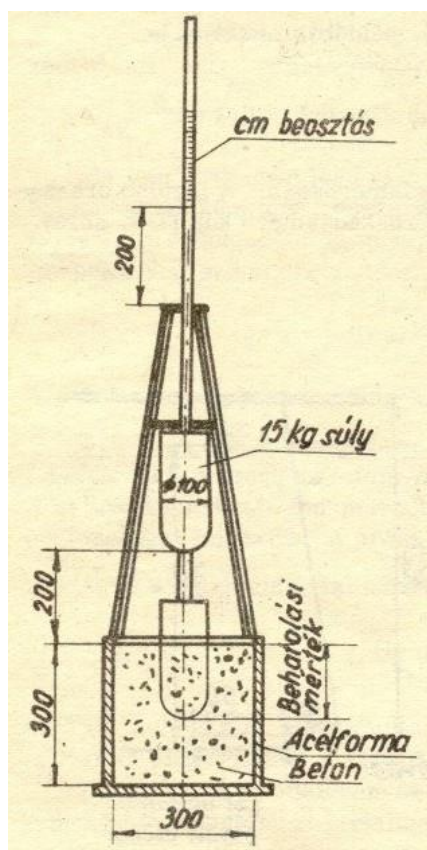
**17.8. ábra:** Ma már nem szabványos ejtőkengyeles készülék az átformálási ütésszám mérésére

### 17.2.5. Egyéb hagyományos konzisztencia vizsgálati módszerek

A Humm-féle behatolási mélység mérő szonda (17.10. ábra) elődjének a Graf-féle, máshol Graf-Humm-féle néven említett ejtősúlyos, behatolásmérő készülék tekinthető (17.9. ábra). A Graf-féle ejtősúlyos, behatolásmérő készülék leírása az MSZ 4714:1955 szabványban és a korabeli irodalomban (Graf 1950) található, a Humm-féle behatolási mélység mérő szonda használatának szabályait az MSZ 4714-3:1986 a szabványban rögzítették.

A *Graf*-féle behatolásmérő készülék (angolul: Penetration test according to *Graf*, németül: Eindringversuch nach *Graf*) acélállványból és alul félgömbben végződő, 100 mm átmérőjű hengeres acél ejtősúlyból áll, amely utóbbi tömege a vezetőrúddal együtt 15 kg. A *Graf*-féle behatolásmérő készülék ejtősúlyát 200 mm magasságból kell a 12 kg tömegű döngölő 150 mm magasról végzett rétegenkénti 48 ütésével két rétegben betömörített, acélvonalzóval lehúzott beton felületére szabadon ejteni. A vezetőrúdon cm-ben mért leolvasás adja a behatolás mértékét. A készüléket elsősorban a földnedves és az alig képlékeny betonok konzisztenciájának vizsgálatára használták.

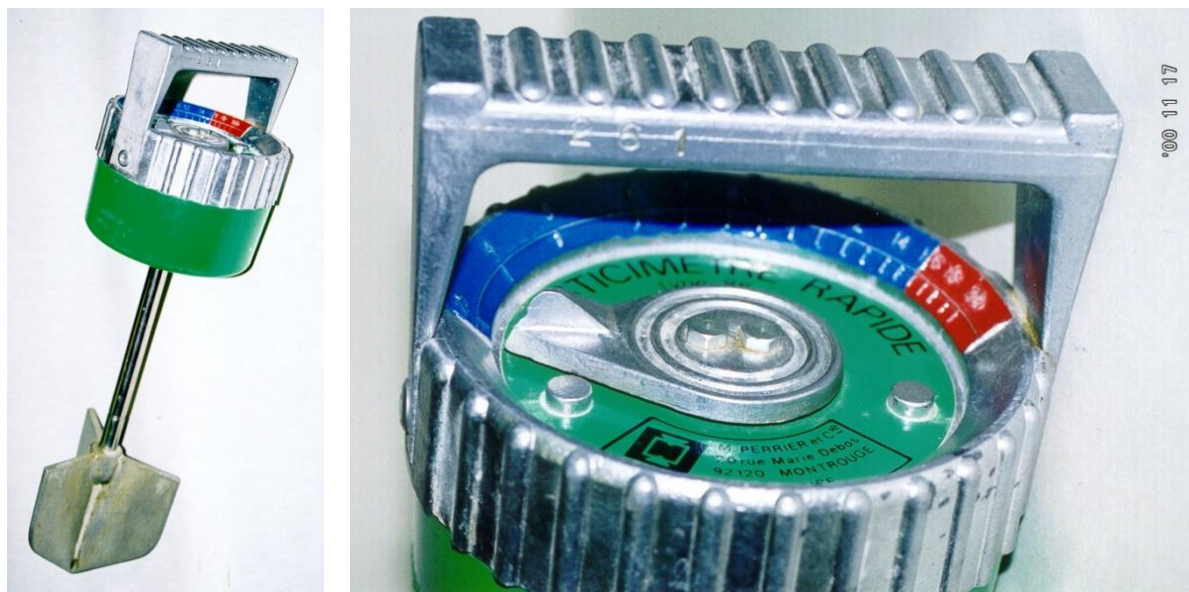
A *Humm*-féle szonda (angolul: Concrete probe according to *Humm*, németül: *Humm*-Sonde, Betonsonde nach *Humm*) egy 200 mm-t esni képes 0,5 kg tömegű ejtősúllyal ellátott, 500 mm hosszú, 20 mm átmérőjű, összesen 1,0 kg tömegű rúd, amelyet a beton szilárdulási állapotának vizsgálatára szoktak használni. Az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint a 100 mm mélységű behatoláshoz szükséges ütések száma a behatolási ütésszám, amely jellemző a konzisztenciára. A NEN 2743:2003 norvég szabvány szerint a *Humm*-féle szonda 25 ejtéshez tartozó behatolási mélységéből következtetni lehet arra, hogy a bedolgozott ipari padlóburkolat simítható állapotba került-e.



**17.9. ábra:** *Graf*-féle ejtősúlyos, behatolásmérő készülék (Palotás – Balázs 1980)      **17.10. ábra:** *Humm*-féle behatolási mélység mérő szonda

Az MSZ 4714:1955 szabvány még a végtelenül egyszerű, és a gyakorló betontechnológusok körében ma is népszerű „kőműveskanál próbát” is tárgyalta. Eszerint szabványos kőműveskanállal mintegy 25 cm magasról, könyökből, gyorsan és erélyesen ütésekkel kell mérni a bedolgozatlan, simítatlan, léccel lehúzott beton felületére. A habarcsképződésig szükséges ütések száma a kanálpróba jellemzője. Fel kell jegyezni, hogy a próba után a felület nyitott vagy habarcsdús, zárt volt-e.

A friss beton nyírési ellenállásával arányos konzisztencia mérőszámot a 17.11. ábrán látható francia rugós plaszticiméterrel (Plasticimètre a béton) lehet meghatározni.



17.11. ábra: Rugós plaszticiméter a friss beton nyírési ellenállásának méréséhez

### 17.2.6. Konzisztencia becslés a betonkeverőgép áramfelvétele alapján

Megfelelő műszer alkalmazásával lehetőség van a betonkeverőgép áramfelvételéből a konzisztenciára következtetni. Az áramfelvétel vagy áramfogyasztás [például: kWh/h] az időegység [például: h] alatt végzett elektromos munka [például: kWh], következésképpen a betonkeverőgép áramfelvétele a betonkeverőgépet működtető villamos motor tényleges teljesítményével [például: kilowatt] azonos. A villamos motorok tényleges teljesítményének mérésére teljesítmény-távadókat fejlesztettek ki. A betonkeverőgépbe beépített vagy ahhoz illesztett teljesítmény-távadó a villamos motor mért teljesítményét [például: kW] egyenáramú feszültség-jellé alakítja, és a betonkonzisztométernek nevezett műszeren mV mértékegységben digitálisan kijelzi. A betonkonzisztométeren kijelzett feszültségből [mV] a betonkeverőgép motorjának tényleges teljesítményfelvételét [kW] a

$$P = \frac{P_n}{i_n} \times i$$

képletből számíthatjuk ki, ahol:

$P_n$  = a villamos motor névleges legnagyobb teljesítménye [kW],

$i_n$  = a teljesítmény-távadó  $P_n$ -hez tartozó kimeneti árama [mA],

$i$  = a betonkonzisztométeren kijelzett feszültségérték és az  $R_m$  mérőellenállás hányadosa [mV/mA].

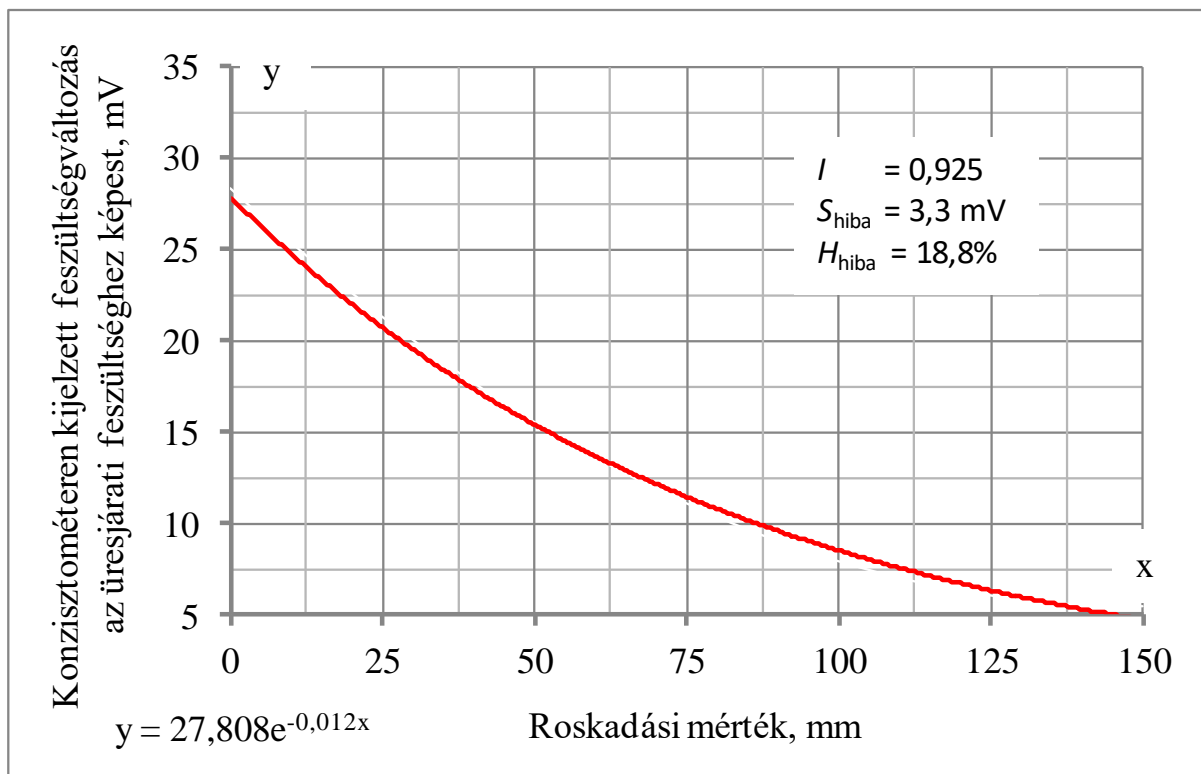
A beton konzisztenciája a betonkonzisztométeren a beton keverése alatt kijelzett feszültség-jel és a betonkeverőgép üresjárata közben kijelzett feszültség-jel különbségével arányos.

Példaként betongyári keverőgépben végzett konzisztométeres kísérletek eredményeit mutatjuk be. A betongyári keverőgép befogadóképessége 2,25 m<sup>3</sup>, legnagyobb villamos teljesítménye 110 kW, keverési teljesítménye 30-35 m<sup>3</sup>/óra volt.

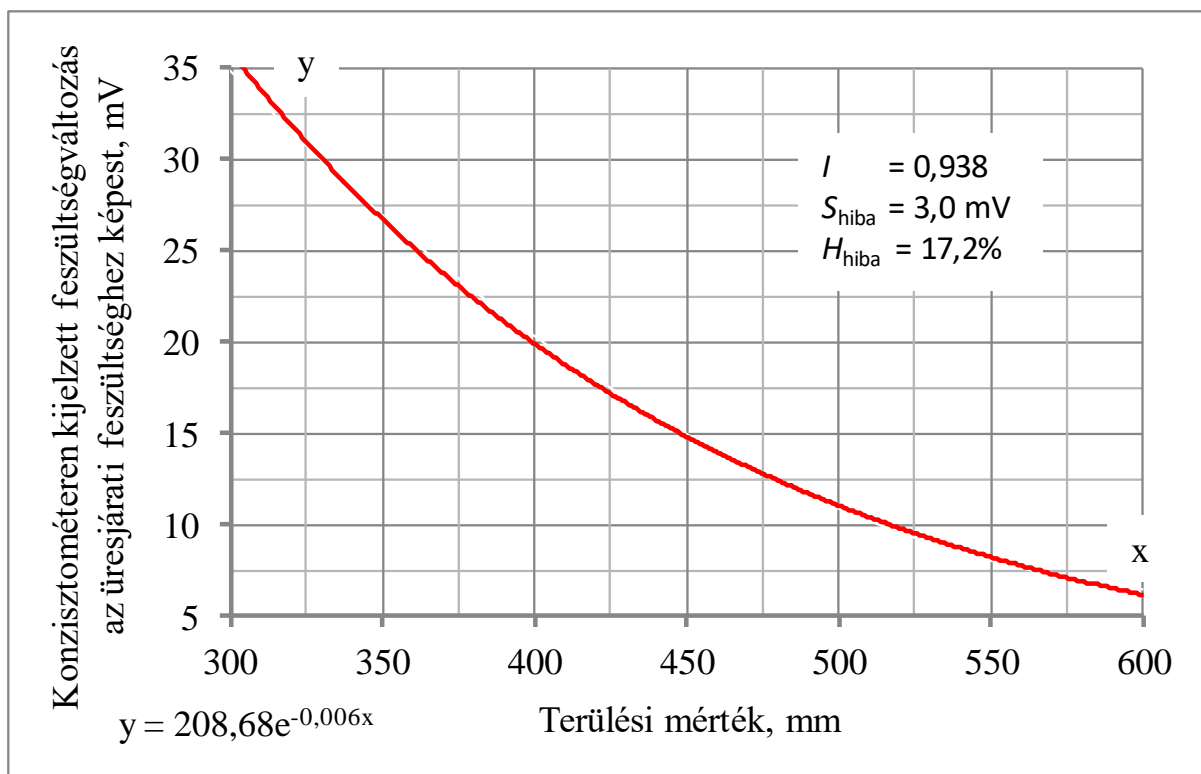
A 18-féle kísérleti betonkeverék – amelyek közül három folyósítószert is tartalmazott – CEM II/A-S 32,5 N kohósalak-portlandcementtel (a kísérletek idején 350 kspc 20 jelű cementtel), 120-580 kg/m<sup>3</sup> közötti cementadagolással, 0,27-0,63 közötti víz-cement tényezővel, átlagosan 45:55 homok:kavics tömegarányú, MSZ 4713:1955 szerinti körlyukú



rostán mért 15 mm (mai négyzetes lyukú szítán értelve 12 mm) legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készült.



**17.12. ábra:** Példa a roszakadási mérték és a betonkeverőgép áramfelvételével arányos feszültségváltozás közötti közelítő összefüggésre (Kausay – Szirmai 1979)



**17.13. ábra:** Példa a területi mérték és a betonkeverőgép áramfelvételével arányos feszültségváltozás közötti közelítő összefüggésre (Kausay – Szirmai 1979)

A betongyári keverőgép konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás és a beton MSZ 4714:1955 szabvány 6.2. szakasza szerint meghatározott roskadási mértéke közötti összefüggés a 17.12. ábrán, a konzisztométeren kijelzett feszültségváltozás és a beton MSZ 4714:1955 szabvány 6.8. szakasza szerint meghatározott területi mértéke közötti összefüggés a 17.13. ábrán látható. A 17.12. és 17.13. ábrán I a regressziós függvény korrelációs indexe,  $S_{\text{hiba}}$  a közelítés standard hibája,  $H_{\text{hiba}}$  a közelítés relatív hibája (Kausay – Szirmai 1979).

### 17.3. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJA

A hagyományos önthető betonból nagykiterjedésű szerkezetek gyorsan, könnyen építhetők. Konzisztenciája annyira híg, hogy öntővályúban is eljuttatható a szerkezet minden részébe. Az önthető beton finomrésztartalma nagy, zsugorodása igen jelentős.

Az önthető beton különleges fajtája az *önterülő és öntömörödő beton* (SCC = Self-compacting Concrete), amely az önterülőképeséget nem a nagy vízadagolásnak, hanem a különleges összetételnek – megfelelő finomszem-víz térfogatarány (mintegy 1,1-1,4 közötti, kísérletileg meghatározandó érték), mintegy 200–420 kg/m<sup>3</sup> finomrésztartalom (például mészköliszt, pernye), megfelelő cementtartalom (250-400 kg/m<sup>3</sup>), a 0,125-4,0 mm közötti homokszemek megfelelő térfogataránya a habarcsban (mintegy 40%), a 4 mm feletti kavicsszemek megfelelő hézagtérfogata (mintegy 50 térfogat%), mintegy 1,5-2,0 térfogat% levegőtartalom, megfelelő (előnyösen polikarboxilat-éter alapú) folyósító adalékszer-tartalom – köszönheti, miáltal jórészt mentes a hagyományos önthető beton egyébként hátrányos tulajdonságaitól. ugyanakkor az öntömörödő beton a szokványos betonnál általában repedésérzékenyebb és kevésbé fagyálló.

Az önterülő és öntömörödő beton konzisztencia vizsgálati módszerei a hagyományostól eltérnek.

Az öntömörödő-önterülő beton konzisztenciáját az MSZ EN 206-1:2004 szabvány nem tárgyalta. A 2010-ben érvénybe lépett MSZ EN 206-9:2010 európai szabványban az öntömörödő betonra már megfogalmaztak az MSZ EN 206-1:2004 európai betonszabványhoz tartozó kiegészítő szabályokat, majd végül az MSZ EN 206-9:2010 szabványt beépítették az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványba.

Így az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és az MSZ 4798:2016 szabvány tartalmazza az öntömörödő beton konzisztencia osztályait, és előírja az öntömörödő beton konzisztenciájának és ülepedési hajlamának MSZ EN 12350-8...-11 szabványsorozat szerinti vizsgálatát.

Az öntömörödő beton készítése és vizsgálata „DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton”, röviden „DAfStb-Richtlinie SVB” (Berlin, 2012) német műszaki irányelvnek is tárgya. Az öntömörödő beton szétterülésének, ülepedésének és szétosztályozódási hajlamának vizsgálatára a szabványokon és műszaki irányelveken kívül is dolgoztak ki különleges konzisztencia vizsgálati módszereket (*Krüger* 1999; *Kordts – Breit* 2003; *Zsigovics*<sup>116</sup> 2003).

A 2002-ben megjelent osztrák „ÖVBB-Merkblatt Selbstverdichtender Beton” című műszaki útmutatóban az öntömörödő betonból előállított látszóbeton készítésének feltételeivel is foglalkoznak.

---

<sup>116</sup> *Zsigovics István PhD* (1949, Ivánc – 2015, Budapest), okleveles építőmérnök, betontechnológus, címzetes egyetemi docens, a BME Építőanyagok Tanszékének, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének oktatója és kutatója. Építőmérnöki diplomát 1975-ben, műszaki doktori fokozatot 1984-ben, PhD fokozatot 2003-ban szerzett. Rendkívül széleskörű kutatási tevékenységéből a repedésmentes betonok, a betonok törési tönkremeneteli folyamata, a laboratóriumi szilárdságvizsgálatok, az acélszál erősítésű betonok, a cementek és a betonadalékszer alkalmazása, az öntömörödő betonok kutatását emeljük ki, de nem volt kisebb jelentőségű az építéshelyi betontechnológiai tanácsadói szerepe sem.

## 17.4. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATA

### 17.4.1. Roskadási terület és $t_{500}$ roskadási területi idő meghatározása

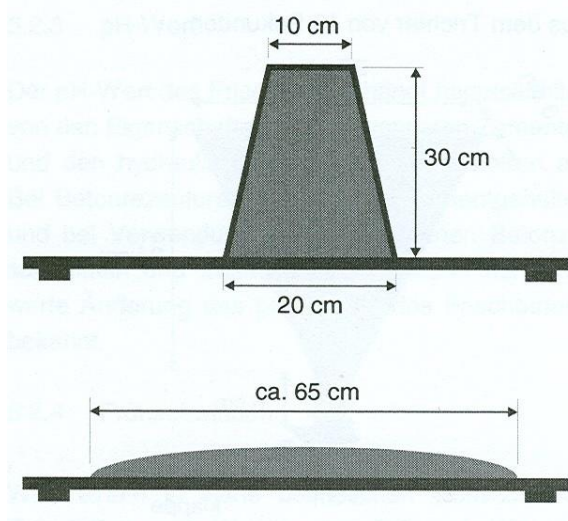
A vizsgálat angol elnevezése: Slump-flow test, német elnevezése: Setzfließversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete a vizsgálati módszert változtatást tartalmazza.

A vizsgálat során az MSZ EN 12350-2:2009 szerinti roskadásmérő kúpot központosan a legalább 900×900 mm élhosszúságú mérőasztal közepére karcolt 210±1 mm átmérőjű körbe kell helyezni, tömörítés nélkül meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd függőlegesen fel kell emelni. A kúp felhúzásával a beton súlyánál fogva szétterül. Az  $SF$  roskadási területi mértéket a lepény két egymásra merőleges átmérőjének átlaga adja mm-ben (17.14. ábra).

Az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány roskadási területmérés ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két roskadási területmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $600 \leq SF \leq 750$  esetén 42 mm és  $750 < SF$  esetén 22 mm;
- ha két laboráns (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett egy-egy roskadási területmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $600 \leq SF \leq 750$  esetén 43 mm és  $750 < SF$  esetén 28 mm.



**17.14. ábra:** Roskadási terület az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerint. A felső ábrán a roskadásmérő kúp, az alsó ábrán a roskadási terület mértékét (Setzfließmaß) adó betonlepény látható (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

A terület első sorban a friss öntömörödő beton folyási határértékének függvénye, kisebb folyási határértékhez nagyobb területi mérték tartozik. A folyási határérték a beton folyásához szükséges legkisebb nyírófeszültség. A folyási határérték főképp a finom részek betonban való disperzitálásának mértékétől függ, és leghatékonyabban folyósító adalékszerrel csökkenthető.

A vizsgálati módszerrel be lehet állítani az öntömörödő beton optimális folyósítószer adagolását, és meg lehet határozni szétosztályozódási hajlamát.

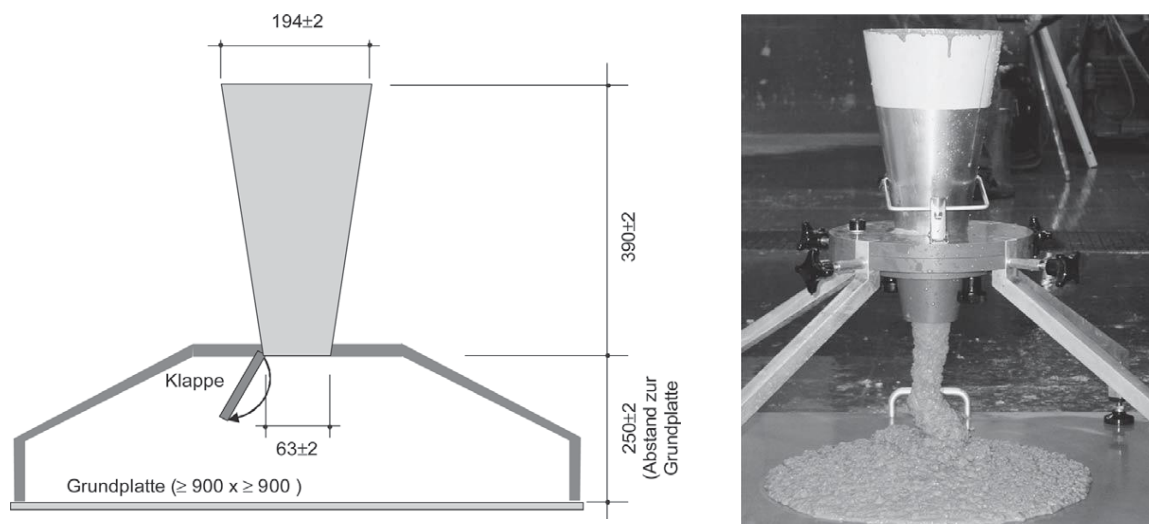
A roskadásmérő kúpos területméréssel a  $t_{500}$  kifolyási idő vizsgálata során azt kell megmérni, hogy a roskadási kútból kifolyó öntömörödő betonnak mennyi időre van szüksége ahhoz, hogy a szétterülő lepény átmérője elérje az 500 mm-t. A mérés megkönnyítésére a mérőasztalra 500

mm átmérőjű kört karcolnak. Minél hosszabb a kifolyási idő, annál nagyobb az öntömörödő beton viszkozitása, azaz annál kevésbé folyós.

Az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány roskadási területmérési kifolyási idejének ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két roskadási területi kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_{500} < 3,5$  esetén 0,66 s és  $3,5 \leq t_{500} \leq 6,0$  esetén 1,18 s;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy roskadási területi kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_{500} < 3,5$  esetén 0,88 s és  $3,5 \leq t_{500} \leq 6,0$  esetén 1,18 s.

A DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete szerinti  $(63 \pm 2) \times (194 \pm 2)$  mm átmérőjű,  $390 \pm 2$  mm magas fordított helyzetű kifolyási kúp (17.15. ábra) alkalmazásával az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerinti roskadási területtel azonos eredmény adódik, és a kifolyási idő korrelál az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerinti tölcséres kifolyási idővel. A vizsgálat eredménye a  $t_{FC}$  kifolyási idő és az  $SF_{FC}$  területi mérték. A vizsgálati eredmény legfeljebb 20 mm legnagyobb szemmagyságú öntömörödő beton esetén érvényes.



**17.15. ábra:** Eszköz az öntömörödő beton roskadási területének és területi idejének méréséhez a DAfStb-Richtlinie SVB:2012 műszaki irányelv M melléklete szerint

#### 17.4.2. Tölcséres kifolyási idő meghatározása

A vizsgálat angol elnevezése: V-funnel test for concrete, német elnevezése: Trichterauslaufzeitsversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerint kell elvégezni.

A vizsgálat érvénye korlátozott, csak a legfeljebb 22,4 (24) mm leghagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített öntömörödő betonok esetén alkalmazható.

A kifolyási idő mérésére trapéz oldalnézetű tölcsért használnak. A mérőeszköz vastagsága  $75 \pm 1$  mm. Felső nyílásának hossza  $515 \pm 2$  mm, szélessége  $75 \pm 1$  mm, alsó nyílása  $(65 \pm 1) \times (75 \pm 1)$  mm, a trapéz alakú tölcsér magassága  $450 \pm 2$  mm, kifolyási toldalék  $150 \pm 2$  mm magas (17.16. ábra). A tölcsért bezárt kifolyónyílás mellett kell az öntömörödő

betonnal színültig megtölteni.  $10 \pm 2$  másodperc pihentetés után a tölcser nyílását hirtelen kinyitva, másodpercben kell a  $t_v$  tölcseres kifolyási időt megmérni.

Az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány tölcseres kifolyási idejének ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két tölcseres kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_v = 3$  esetén 0,4 s,  $t_v = 5$  esetén 1,1 s,  $t_v = 8$  esetén 2,1 s,  $t_v = 12$  esetén 3,4 s és  $15 < t_v$  esetén 4,4 s;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy tölcseres kifolyási időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_v = 3$  esetén 0,6 s,  $t_v = 5$  esetén 1,6 s,  $t_v = 8$  esetén 3,1 s,  $t_v = 12$  esetén 5,1 s és  $15 < t_v$  esetén 6,6 s.

A módszer nem szabványos változatában a tölcseres kifolyási időt például 515 mm felső, 65 mm alsó átmérőjű, 600 mm magas csonka kúppal határozzák meg. Az alkotója  $45^\circ$ -os szöget zár be a függőlegessel.

A tölcseres kifolyási idő az öntömörödő beton viszkozitásával áll összefüggésben, és első sorban a víz/(száraz anyag tartalom) tényező és a száraz anyagtartalom szemmegoszlása befolyásolja. Minél nagyobb a víz/(száraz anyag tartalom) tényező, annál kisebb az öntömörödő beton tölcseres kifolyási ideje és viszkozitása. Olykor az öntömörödő beton konzisztenciáját a  $10/(t_v)$  (tölcseres kifolyási idő) formulával tölcseres kifolyási sebességként, 1/másodperc mértékegységben fejezik ki.



**17.16. ábra:** Kifolyási tölcser

### 17.4.3. Fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) terület vizsgálat

A vizsgálat angol elnevezése: J-ring test, német elnevezése: J-Ring-Versuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv M melléklete a vizsgálati módszer korábbi változatát tartalmazta.

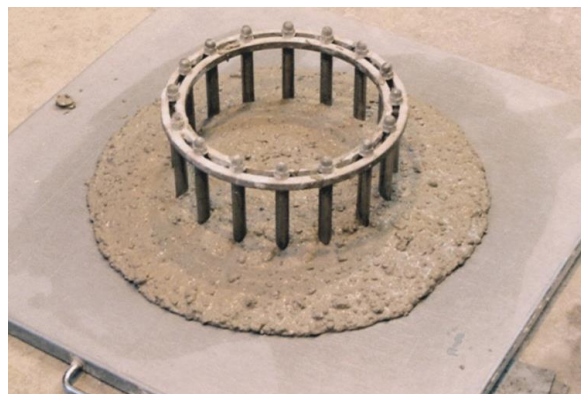
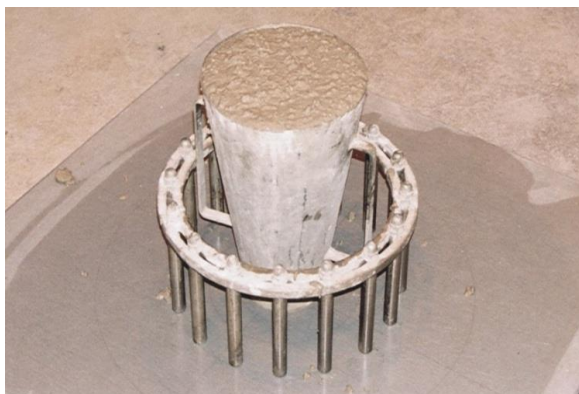
Az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerinti fékező gyűrűs vizsgálat annyiban különbözik az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerinti rokadási területméréstől, illetve rokadási területi időméréstől, hogy az önterülő beton útjába fékező gyűrűt kell állítani. A fékező gyűrűs vizsgálat a vasbetonépítési körülményeket modellezi, amelynek során a önterülő beton az acélbetétek képezte akadályt kell legyőzze.

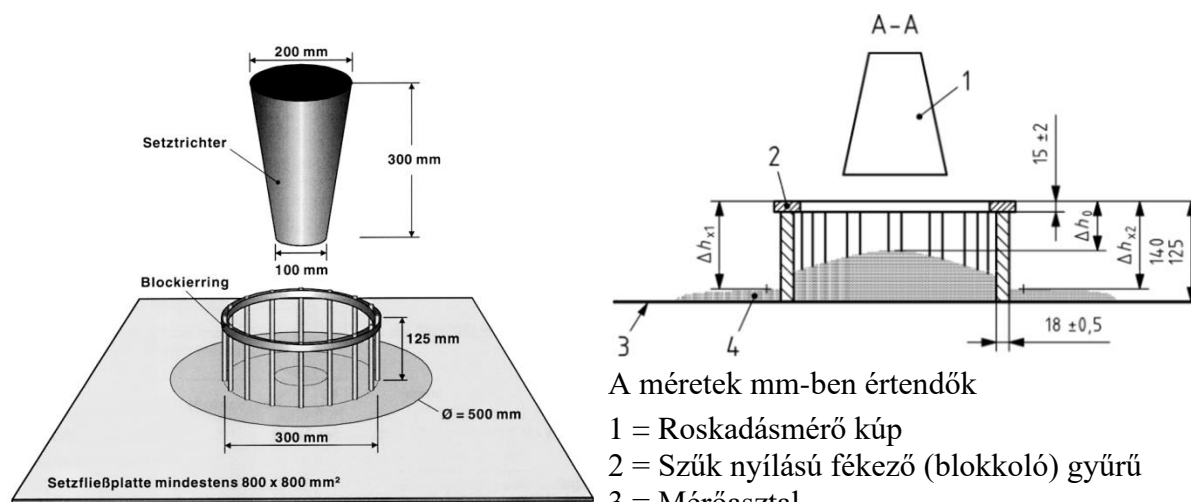
A fékező gyűrűs területi vizsgálat az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerinti L-szekrényes (L-dobozos) kifolyási vizsgálat változata, bár a kétféle vizsgálat eredménye közvetlenül nem vehető össze.

A fékező gyűrűs területi vizsgálat az öntömörödő beton nem megfelelő önterülőképesége arról ismerhető fel, hogy a fékező gyűrűn átfolyó beton magassága a gyűrű külső oldalán kisebb, mint a belső oldalon, amely különbséget a  $PJ$  területi hajlammal fejeznek ki. A fékező gyűrűs területi vizsgálat a területi hajlamon kívül meghatározható az  $SF_1$  fékező gyűrűs területi mérték és a az 500 mm-es területi átmérő eléréséhez szükséges  $t_{500J}$  területi idő.

A fékező gyűrűs vizsgálat eszköze a rokadásmérő kúp és a fékező (blokkoló) gyűrű. A fékező gyűrű voltaképpen egy kör alakú fésű, lefele álló fogakkal. A  $300 \pm 2$  mm átmérőjű és 125 mm magas fékező gyűrűnek két változata szabványos. A szűk nyílású fékező gyűrű sima acélpálcákból álló fogainak átmérője  $18 \pm 0,5$  mm, a fogak száma 16 és a fogak közötti szabad nyílás mérete  $41 \pm 1$  mm; a tág nyílású fékező gyűrű szintén sima acélpálcákból álló fogainak átmérője ugyancsak  $18 \pm 0,5$  mm, de a fogak száma 12 és a fogak közötti szabad nyílás mérete  $59 \pm 1$  mm.

A rokadásmérő kúp az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint nagyobb nyílásával lefele, a visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv szerint felfelé áll (17.17. ábra) A rokadásmérő kúpot és a fékező gyűrűt középpontosan kell a mérőasztalra helyezni. A rokadásmérő kúpot meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a kúpot fel kell húzni. A szétterülő beton átfolyik a fékező gyűrűn. A fékező gyűrűs területi mértéket a szétterülő friss beton két egymásra merőleges átmérőjének átlaga adja.





A méretek mm-ben értendők

1 = Roskadásmérő kúp

2 = Szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrű

3 = Mérőasztal

4 = Öntömörödő beton

A roskadásmérő kúp helyzete a visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv

M.1 mellékletében

A roskadásmérő kúp helyzete az MSZ EN 12350-12:2010 szabványban

### 17.17. ábra: Fékező (blokkoló) gyűrűs vizsgálat

Az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szűk nyílású fékező gyűrűs területmérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi hajlammérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $PJ < 20$  esetén 4,6 mm és  $20 < PJ$  esetén 7,8 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi hajlammérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $PJ < 20$  esetén 4,9 mm és  $20 < PJ$  esetén 7,8 mm;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi mértékmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $SF_J < 600$  esetén 59 mm,  $600 \leq SF_J \leq 750$  esetén 46 mm és  $750 < SF_J$  esetén 25 mm;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi mértékmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $SF_J < 600$  esetén 67 mm,  $600 \leq SF_J \leq 750$  esetén 46 mm és  $750 < SF_J$  esetén 31 mm;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két szűk fékező gyűrűs területi időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_{500J} \leq 3,5$  esetén 0,70 s,  $3,5 < t_{500J} \leq 6$  esetén 1,23 s és  $6 < t_{500J}$  esetén 4,34 s;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy szűk fékező gyűrűs területi időmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés



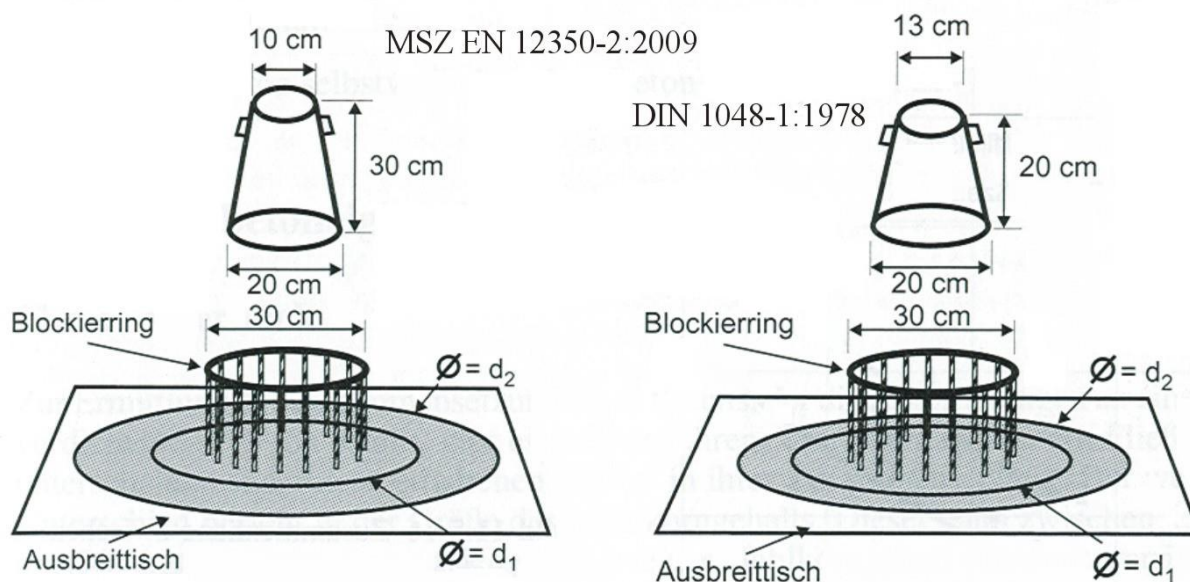
eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $t_{500J} \leq 3,5$  esetén 0,90 s,  $3,5 < t_{500J} \leq 6$  esetén 1,32 s és  $6 < t_{500J}$  esetén 4,34 s.

#### 17.4.4. FVB-vizsgálat az önterülőképeség, a viszkozitás és a blokkolódási hajlam meghatározására

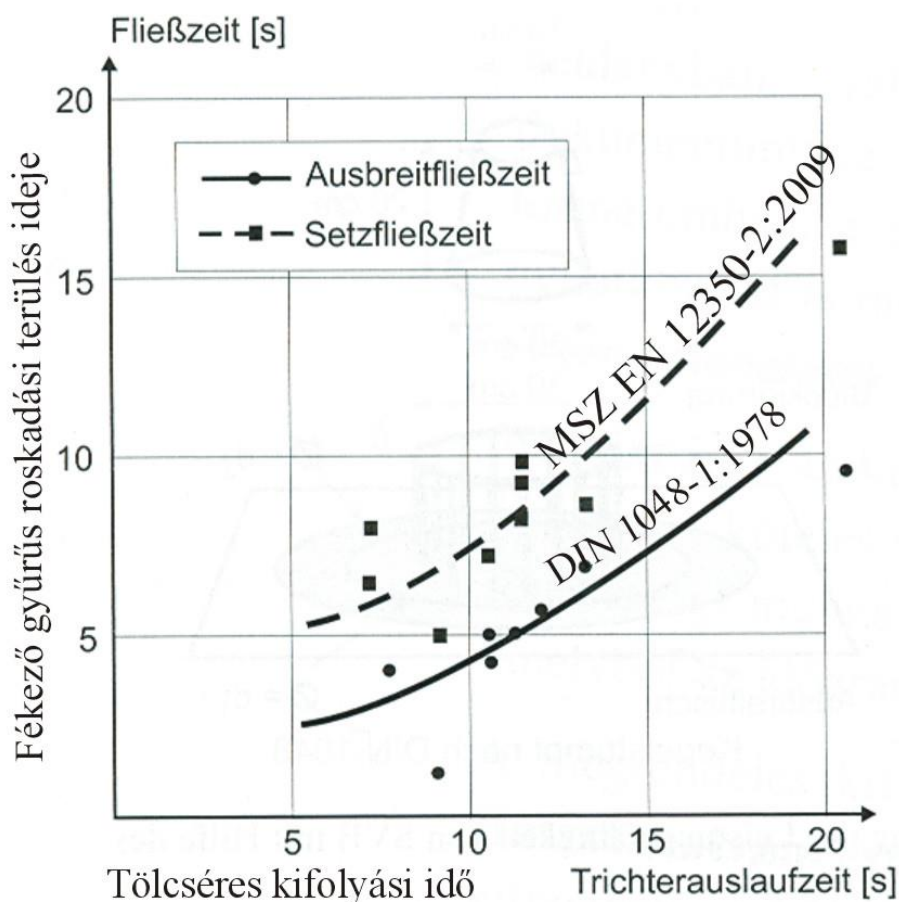
A vizsgálat angol elnevezése: FVB test (Flowability-viscosity-blockage-tendency test), német elnevezése: FVB-Versuch (Fließfähigkeits-Viskositäts-Blockierneigungs-Versuch).

Az FVB-vizsgálat *Grübl – Weigler – Karl* (2001) szerint a fékező gyűrűs (blokkoló gyűrűs, J-gyűrűs) területi vizsgálat továbbfejlesztett változata, amely mind az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány 4.1. szakasza szerinti alul 200 mm, felül 100 mm átmérőjű, 300 mm magas, mind a DIN 1048-1:1978 szabvány 3.1.2.1 szakasza szerinti alul 200 mm, felül 130 mm átmérőjű, 200 mm magas roskadásmérő kúppal elvégezhető. A vizsgálat során azt az időt mérik, amely alatt a szűk nyílású fékező gyűrűn keresztül terülő öntömörödő beton átmérője a területmérő asztalba karcolt  $d_1$ -ről  $d_2$ -re növekszik (17.18. ábra), és ezt a fékező (blokkoló) gyűrűs roskadási terület idejének nevezik. Ez az idő a viszkozításra jellemző. Miután a betonlepeny nyugalmába került, meg kell határozni egymásra merőleges átmérőinek átlagát, amely az öntömörödő beton önterülőképeségét jellemzi. A vizsgálat tájékoztatást ad az öntömörödő beton szétosztályozódási hajlamáról is, az adalékanyagszemek eloszlása a felületen egyenletes, a betonlepeny pereme vízkiválásmentes legyen.

A 17.19. ábrán az MSZ EN 1235-9:2010 szabvány szerinti tölcéses kifolyási idő és az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal, illetve a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal meghatározott szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrűs roskadási terület idejének összefüggése látható. Minthogy a tölcéses kifolyási idő kifejezetten a viszkozitás függvénye, következik, hogy a gyűrűs roskadási területi idő alkalmas az öntömörödő beton viszkozitásának a kifejezésére.



**17.18. ábra:** FVB-vizsgálat MSZ EN 12350-2:2009 és DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal és szűk nyílású fékező gyűrűvel. Az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány esetén  $d_1 = 45$  mm,  $d_2 = 65$  mm, a DIN 1048-1:1978 szabvány esetén  $d_1 = 45$  mm,  $d_2 = 55$  mm (*Grübl – Weigler – Karl* 2001)



**17.19. ábra:** Összefüggés az MSZ EN 1235-9:2010 szabvány szerinti tölcséres kifolyási idő és az MSZ EN 12350-2:2009 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal (szaggatott vonal), illetve a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti roskadásmérő kúppal (folyamatos vonal) meghatározott szűk nyílású fékező (blokkoló) gyűrűs roskadási területés ideje között (Grübl – Weigler – Karl 2001)

Az öntömörödő beton nem hajlamos a blokkolódásra, ha a fékező gyűrű nélküli roskadásmérő kúpos területés mértéke és a fékező gyűrűs területés mértéke közötti eltérés kisebb, mint 50 mm (Grübl – Weigler – Karl 2001).

#### 17.4.5. L-szekrényes (L-dobozos) kifolyás vizsgálata

A vizsgálat angol elnevezése: L-box test, német elnevezése: L-Kasten-Versuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány tárgyalja.

A  $12 \pm 0,2$  mm átmérőjű, sima acélpálcákból álló,  $200 \pm 2$  mm széles fékező rácsnak két változata szabványos. A szűk nyílású fékező rács fogainak száma három és a fogak közötti szabad nyílás mérete  $41 \pm 1$  mm; a tág nyílású fékező rács fogainak száma kettő és a fogak közötti szabad nyílás mérete  $59 \pm 1$  mm.

Az L-dobozos vizsgálattal szintén az öntömörödő beton bedolgozhatóságát lehet vizsgálni oly módon, hogy az eszköz  $(100 \pm 2) \times (200 \pm 2)$  mm keresztmetszetű,  $600 \pm 2$  mm magas függőleges szárát (17.20. ábra) tömörítés nélkül színültig megtöltjük az öntömörödő betonnal, amely az alul lévő retesz eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására a szűk vagy tág nyílású fékező rácson keresztül a vízszintes vályúba folyik. Ezután meg kell határozni a függőleges szárban maradt beton magasságát ( $H_1$ ), a  $700 \pm 2$  mm hosszú vízszintes vályúban a folyási távolságot és a beton magasságát a vályú végén ( $H_2$ ), valamint azt az időt, amelyre a betonáramnak szüksége van a vízszintes vályúban kijelölt 50 mm-es távolság megtételéhez.

A  $PL = H_2/H_1$  arányszám az L-szekrényes átfolyási képesség mérőszáma.

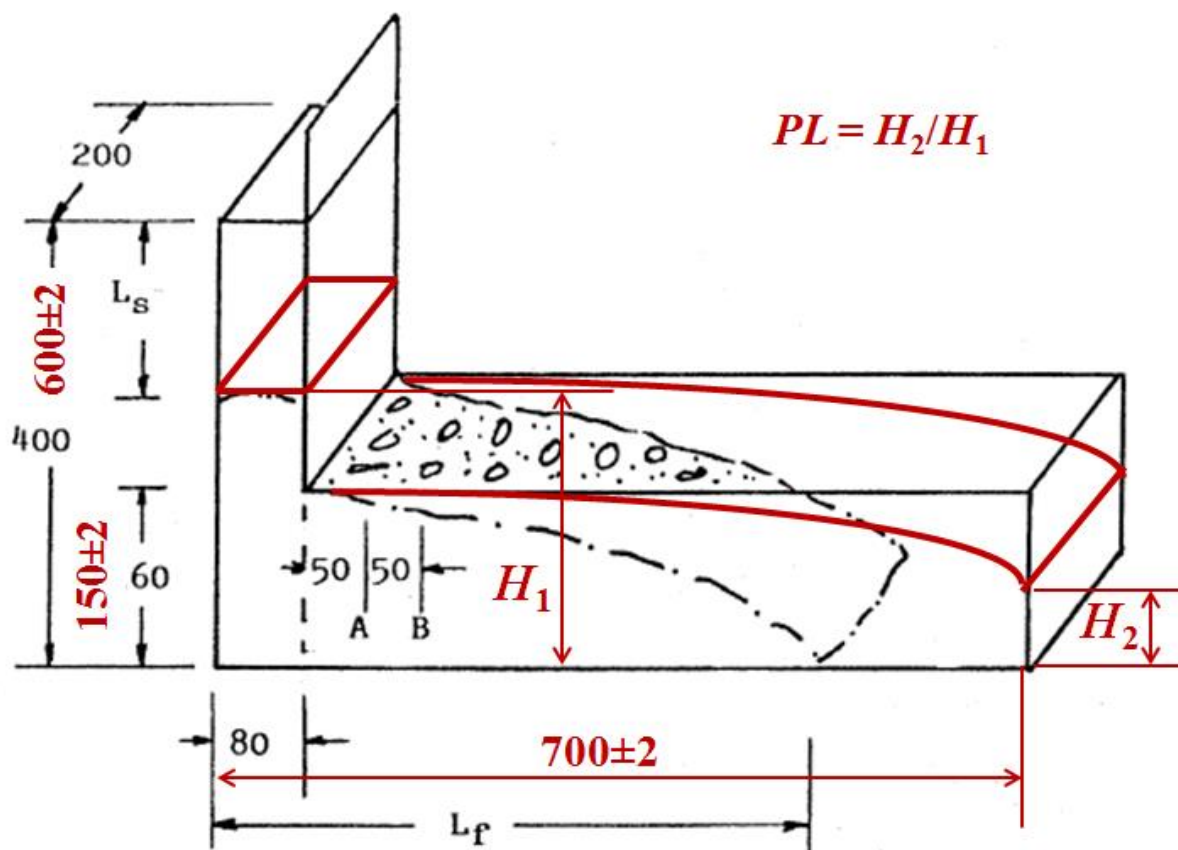
A magasságcsökkenés a függőleges szárban és a folyási távolság a területtel, a folyási idő, illetve a hozzá tartozó sebesség a viszkozitással áll kapcsolatban.

Az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány L-szekrényes kifolyási ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két L-szekrényes átfolyási képességmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $PL \geq 0,8$  esetén 0,11 és  $0,8 > PL$  esetén 0,13;
- ha két laboráns (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett egy-egy L-szekrényes átfolyási képességmérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $PL \geq 0,8$  esetén 0,12 és  $0,8 > PL$  esetén 0,16.

Az MSZ EN 12350-10:2010 szabványban nem közlik, hogy az ismétlési és összehasonlítási feltételek a szűk vagy a tág nyílású fékező rácsos L-szekrényes vizsgálatra vonatkoznak; a rács típusok elterjedtsége alapján feltételezzük, hogy a szűk nyílású fékező rácsos L-szekrényes vizsgálat ismétlési és összehasonlítási feltételeiről van szó.

Az L-doboz mérete a szabványostól olykor eltérhet (17.20. ábra).



**17.20. ábra:** L-szekrény (L-doboz) az öntömörödő beton kifolyásának, átfolyási képességének és kifolyási idejének meghatározásához (MSZ EN 12350-10:2010)

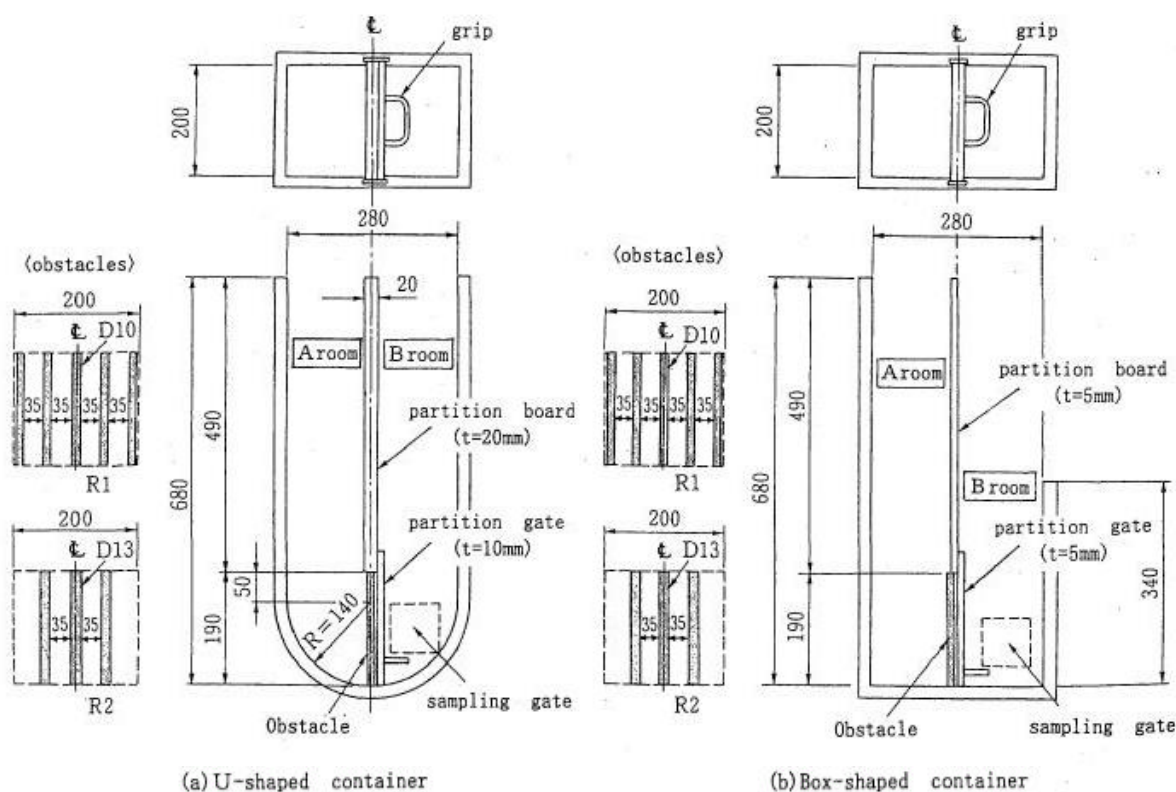
### 17.4.6. Fékező (blokkoló) rácson vizsgálat U-alakú edényekben

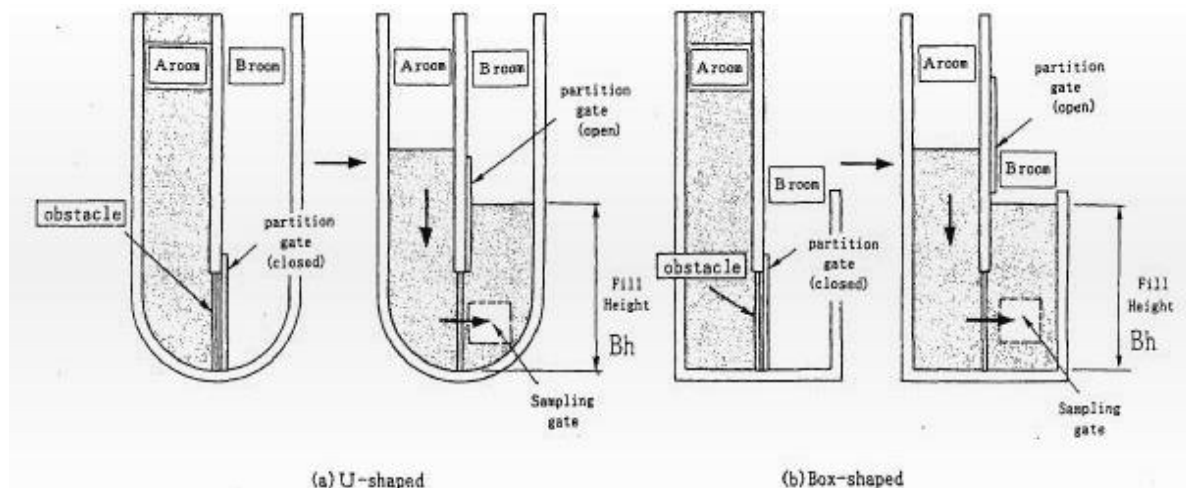
A vizsgálat angol elnevezése: U-box test, német elnevezése: U-Kasten-Versuch.

A vizsgálathoz általában kétféle alakú edényt használnak. Az edény alul egymással közlekedő két szárának keresztmetszete lehet 140 mm átmérőjű kör, vagy lehet 140 mm élhosszúságú négyzet. A cső alakú edény alul íves, a négyzet alakú szögletes (17.21. ábra). A cső alakú edény két szára alul 190 mm hosszban, a négyzet alakú edény 140 mm hosszban egy retesz felhúzásával összenyitható. A nyílásba három, 13 mm átmérőjű acélpálcából álló blokkoló rácson helyezve.

A cső alakú edény egyik szárát 680 mm magasságig, a négyzet alakú edényét 600 mm magasságig meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a reteszt fel kell húzni, miáltal a beton a blokkoló rácson keresztül átfolyik az edény másik szárába. Követelmény, hogy a cső alakú edény szárában az átfolyt beton legalább 300 mm magasra emelkedjék, míg a négyzet alakú edény esetén az edény két szárában lévő beton szintkülönbségét kell megmérni. Különböző szerzőknél (Krüger 1999, Kordts – Breit 2003; Zsigovics 2003) az itt megadott méretek egymástól valamelyest eltérnek.

E módszerrel az öntömörödő beton bedolgozhatósága vizsgálható.





**17.21. ábra:** Öntömörödő beton fékező (blokkoló) rácsos vizsgálata U-alakú edényekben (JSCE:1999)

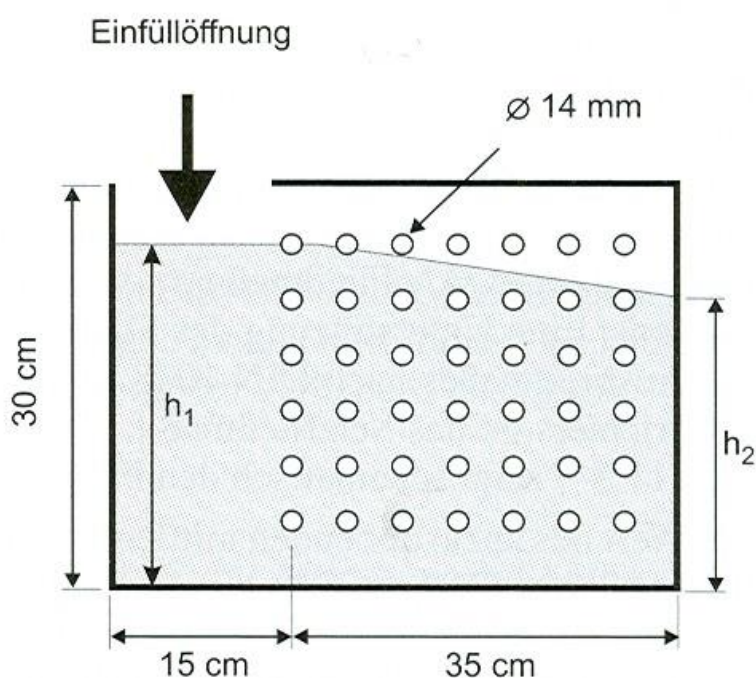
#### 17.4.7. Fékező rudas folyási kiegyenlítődési képesség vizsgálata

A vizsgálat angol elnevezése: Filling-Capacity test, német elnevezése: Fließschikane-Versuch.

A vizsgálat eszköze a beöntő nyílással ellátott, üvegszerű, átlátszó plexiüvegből (polimetilmetakrilát, PMMA) készített doboz, amely a 17.22. ábrán látható elrendezésben 14 mm átmérőjű fékező (blokkoló) rudakat tartalmaz. A plexiüvegdobozt a beöntő nyíláson keresztül  $h_1$  magasságig kell öntömörödő betonnal megtölteni. Miután a beton nyugalomba került, le kell olvasni a  $h_2$  magasságot, és ki kell számítani az  $F$  kitöltési mértéket:

$$F = \left( \frac{h_1 + h_2}{2 \times h_1} \right) \times 100$$

Takada és szerzőtársai (1998) szerint az öntömörödő beton  $F$  kitöltési mértéke érje el a 90%-ot.

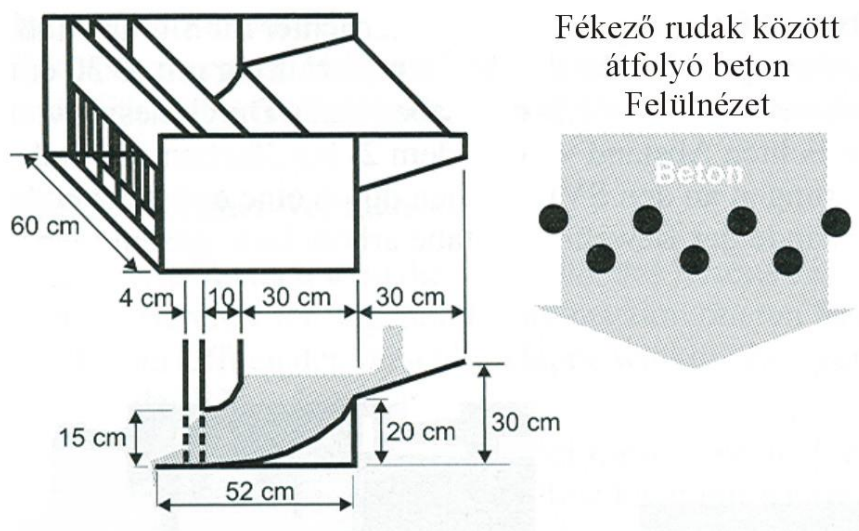


**17.22. ábra:** Eszköz az öntömörödő beton folyási kiegyenlítődési képességének vizsgálatára (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

#### 17.4.8. Fékező rudas átfolyási vizsgálat

A vizsgálat angol elnevezése: Passing test, német elnevezése: Durchfließ-Versuch.

A vizsgálat eszköze a kifolyónyílásba függőlegesen beépített fékező (blokkoló) rudakat tartalmazó, különlegesen kialakított edény (17.23. ábra). Ha az edénybe felülről beöntött öntömörödő beton a fékező rudakon képes átfolyni, akkor a beton önterülőképesége megfelelő. Japánban a vizsgálati eszközt az építéshelyen a mixergépkocsi és a betonszivattyú, illetve a toronydaru feladóhely közé telepítve az átadás-átvételi minőségellenőrzés eszközeként alkalmazzák. Az eljárás hátránya, hogy a fékező rudakon átfolyni nem képes betont az edényből a további használat előtt külön el kell távolítani (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001).

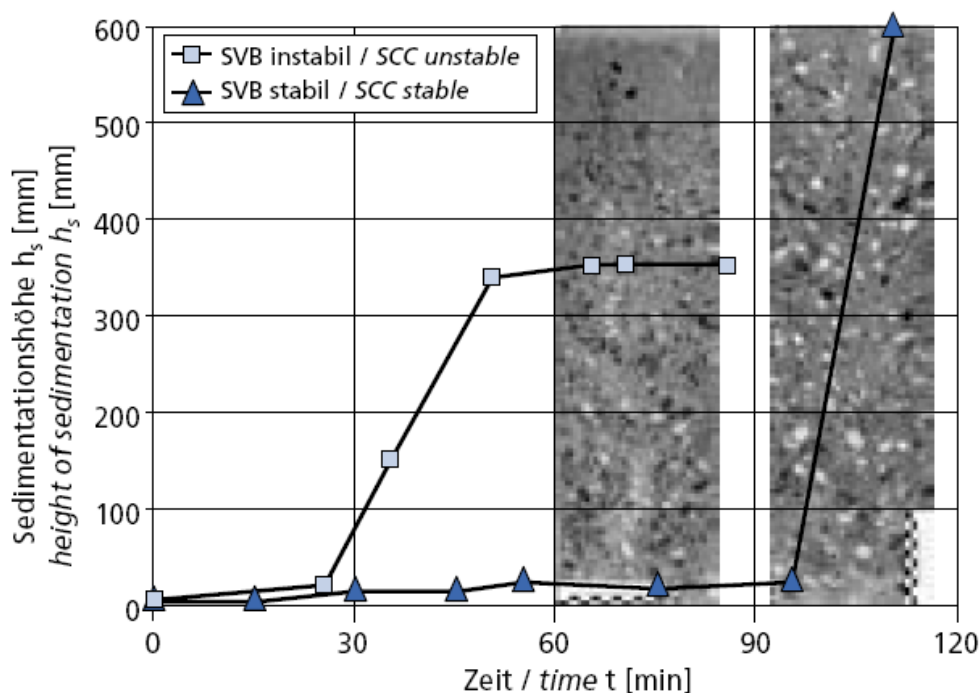


**17.23. ábra:** Eszköz az öntömörödő beton átfolyási vizsgálatára (Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001)

#### 17.4.9. Ülepedési hajlam vizsgálata merülőrúddal

A vizsgálat angol elnevezése: Dipstick sedimentation test, német elnevezése: FIZ-Tauchstabversuch.

A vizsgálati módszert, amellyel a durva adalékanyag szemek ülepedési hajlamát az öntömörödő betonban merülő rúddal vizsgálják, a Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) közreműködésével dolgozták ki.

**17.24. ábra:**

Ülepedésre hajlamos és nem hajlamos öntömörödő beton ülepedési magassága az idő függvényében (Thienel 2018.)

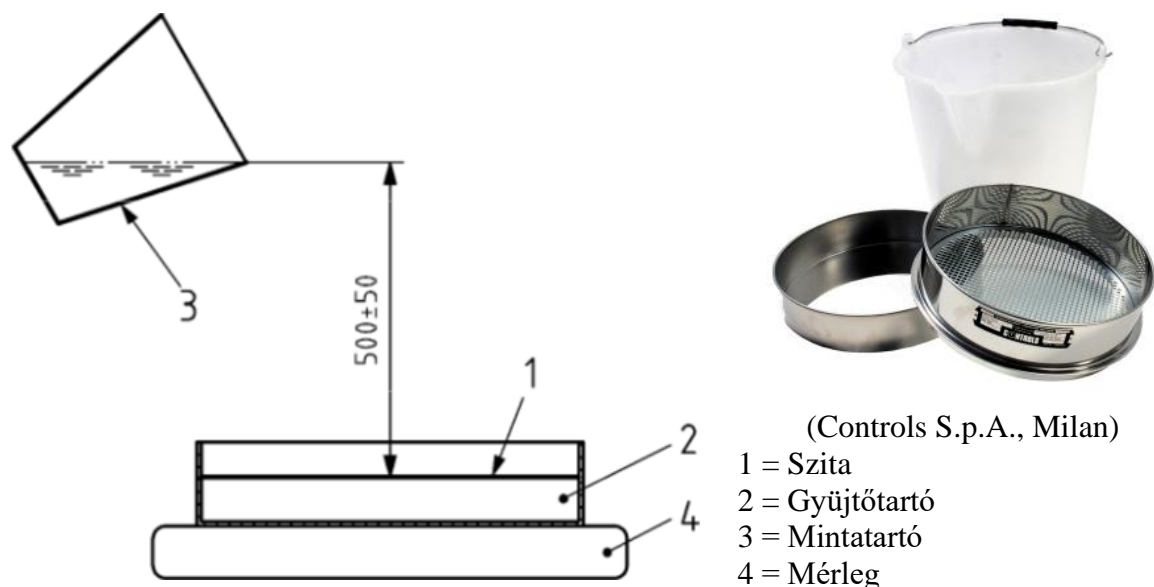
Az acél merülőrúd hossza 750 mm, átmérője 14 mm, tömege 900 g, a vége legömbölyített, és a merülését megvezetik. A vizsgáló edény átmérője 150 mm, magassága 600 mm, és a merülőrúd bevezetésére felszerkezettel rendelkezik. A vizsgálat során a merülőrúd a beton felszínéről önsúlyánál fogva merül a betonba. A mérést több helyen és különböző időpontokban végzik el. A vizsgálat időtartama egy-két óra, a méréseket 15-20 percenként hajtják végre, mindig más helyen. A mérés eredménye a merülési mélység, amelyet az idő függvényében jegyeznek fel és ábrázolnak (17.24. ábra). Ha az öntömörödő beton ülepedésre hajlamos, akkor a merülési mélység az idő függvényében számottevően csökken, ha nem hajlamos, akkor a beton kötésének kezdetéig alig változik (Kordts et al. beton. 2003., Thienel 2018.).

#### 17.4.10. Ülepedési hajlam, szétosztályozódási hajlam vizsgálata szitán

A vizsgálat angol elnevezése: Sieve segregation test, Sieve sedimentation test; német elnevezése: Siebsedimentationsversuch, Siebsedimentationsstabilitätversuch.

A vizsgálatot az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint kell elvégezni. A módszer szálerősítésű beton és könnyű adalékanyagú beton vizsgálatára nem alkalmas.

A vizsgálati minta térfogata  $10 \pm 0,5$  liter. A mintavételt követően az öntömörödő betont a lefedett mintatartóban  $15 \pm 0,5$  percig pihentetni kell, és a vízkiválást fel kell jegyezni. Ezt követően az ismert tömegű mintát a kivált vízzel együtt az  $500 \pm 50$  mm magas gyűjtőtartóra helyezett legalább 300 mm átmérőjű, legalább 30 mm magas, 5 mm négyzetes nyílású szitára kell önteni (17.25. ábra), majd 2 perc múlva meg kell mérni a szitán átfolyt öntömörödő beton tömegét. A szétosztályozódási hajlam mérőszáma (SR) a szitán átfolyt öntömörödő beton tömegének és a szitára öntött öntömörödő beton tömegének hányadosa tömeg%-ban kifejezve.



**17.25. ábra:** Eszköz az öntömörödő beton ülepedési stabilitásának, szétosztályozódási hajlamának meghatározására szitával (MSZ EN 12350-11:2010)

Az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány ülepedési (szítás szétosztályozódási) ellenállási ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két ülepedési ellenállási mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $SR \leq 20$  esetén 3,7 tömeg% és  $20 < SR$  esetén 10,9;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy ülepedési ellenállási mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $SR \leq 20$  esetén 3,7 tömeg% és  $20 < SR$  esetén 10,9.

#### 17.4.11. Átmosási vizsgálat háromrésztes edényben

A vizsgálat angol elnevezése: Washout sedimentation test;  
német elnevezése: Auswaschsedimentationsversuch.

Az átmosási vizsgálat eljárás a friss öntömörödő beton stabilitásának megítélésére. A betont 150 mm átmérőjű, 450-500 mm magas edénybe kell tölteni. Az edény harmadaiban nyílások vannak, amelyekbe a beton dermedése után elválasztó-lemezeket tolnak (17.26. ábra). Az így három részre választott friss betont a legnagyobb szemnagyság fele nyílású szitán átmosás, a szitán fennmaradó részt kiszáritják és megméri. A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv N.2 melléklete szerint az öntömörödő betont akkor tekintik szétosztályozástól mentesnek, ha a három beton részhalmoz szitamaradékának tömege az elméleti értéktől legfeljebb 15 tömeg%-kal tér el.



### 17.4.12. Kifolyási idő vizsgálata Orimet-csővel

A vizsgálat angol elnevezése: Orimet test, német elnevezése: Orimet-Versuch.

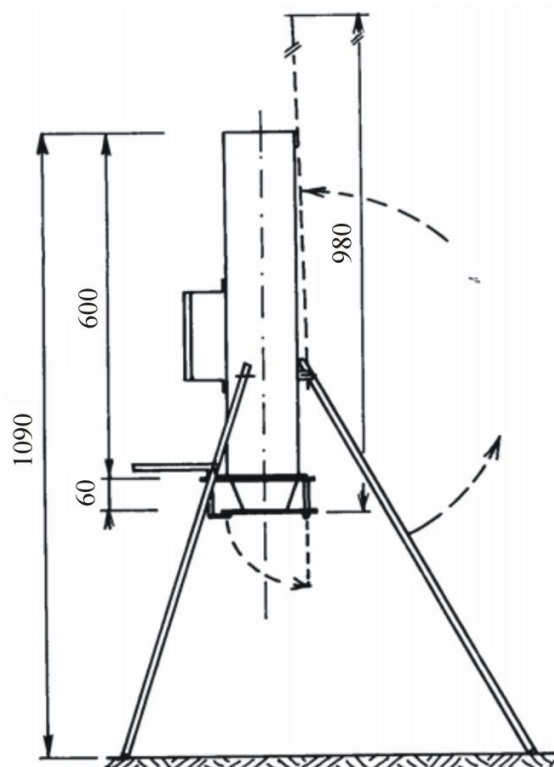
Az Orimet-csövet a legfeljebb 20 mm legnagyobb szemnagyságú öntömörödő betonok folyási képességének gyors és egyszerű építészeti vizsgálatára fejlesztették ki. A függőlegesen álló Orimet-cső belső átmérője 120 mm, hossza 660 mm. Elkeskenyedő alsó végén 70 mm vagy 80 mm átmérőjű cserélhető kifolyónyílás található, amelyet gyorsan kioldható csapóajtóval lehet elzárni (17.27. ábra).

A vizsgálatához 7,5 liter öntömörödő beton szükséges. Az öntömörödő betont háromszor engedik át az Orimet-csőn, amelyet közben nem tisztítanak ki. Az első vizsgálat eredményét nem veszik figyelembe, a második és harmadik vizsgálat során mért kifolyási idő átlaga másodpercben adja a vizsgálat eredményét.

A kifolyási idő egyenes arányban áll az öntömörödő beton viszkozitásával. Az öntömörödő beton önterülőképesége megfelel, ha kifolyási ideje az Orimet-csőből legfeljebb 5 másodperc. A durvább adalékanyag szemek leülepedése a kifolyónyílás környezetében az öntömörödő beton fokozottabb szétosztályozódási és blokkolódási hajlamát jelzi, miközben a kifolyási idő jelentősen meghosszabbodik (Bartos 1998, Bartos 2005, Grübl – Weigler – Karl 2001, Grübl – Lemmer 2001).



**17.26. ábra:** Három részre osztott edény (angolul: Sedimentation tester, németül: Sedimentiergerät) az öntömörödő beton átmosási vizsgálatához (<https://www.formtest.de>)



**17.27. ábra:** Orimet-cső az öntömörödő beton kifolyási idejének vizsgálatához (Bartos 2005)

**17.4.13. Viskozitás vizsgálata rheométerrel**

A vizsgálat angol elnevezése: Viscosity test with rheometer;

német elnevezése: Viskositätsversuch mit Rheometer.

A rheométerek több típusa alkalmas az öntömörödő betonok viszkozitásának meghatározására. A kísérletek szerint azok a friss öntömörödő betonok tartják meg stabilitásukat, amelyek folyási határértéke 500 Pa-nál kisebb, és dinamikai viszkozitása 100 - 200 Pa×s közé esik, de vannak kísérletek, amelyek során ezeknél lényegesen kisebb értékeket mértek.

**17.4.14. Megszilárdult öntömörödő beton szétosztályozódási vizsgálata szemrevételezéssel**

A vizsgálat angol elnevezése: Testing the sedimentation stability of the hardened concrete,  
német elnevezése: Prüfung der Sedimentationsstabilität am Festbeton.

A visszavont DAfStb-Richtlinie SVB:2003 műszaki irányelv N.1 melléklete szerint a megszilárdult, 150 mm átmérőjű, 500 mm hosszú öntömörödő beton próbahengert hosszirányban kettévágják, és a szétosztályozódás mértékét a vágott felületen szemrevételezéssel meghatározzák. A beton stabilitásáról 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahenger hasítóvizsgálatával, vagy rugalmassági modulusának meghatározásával is tájékozódni lehet.

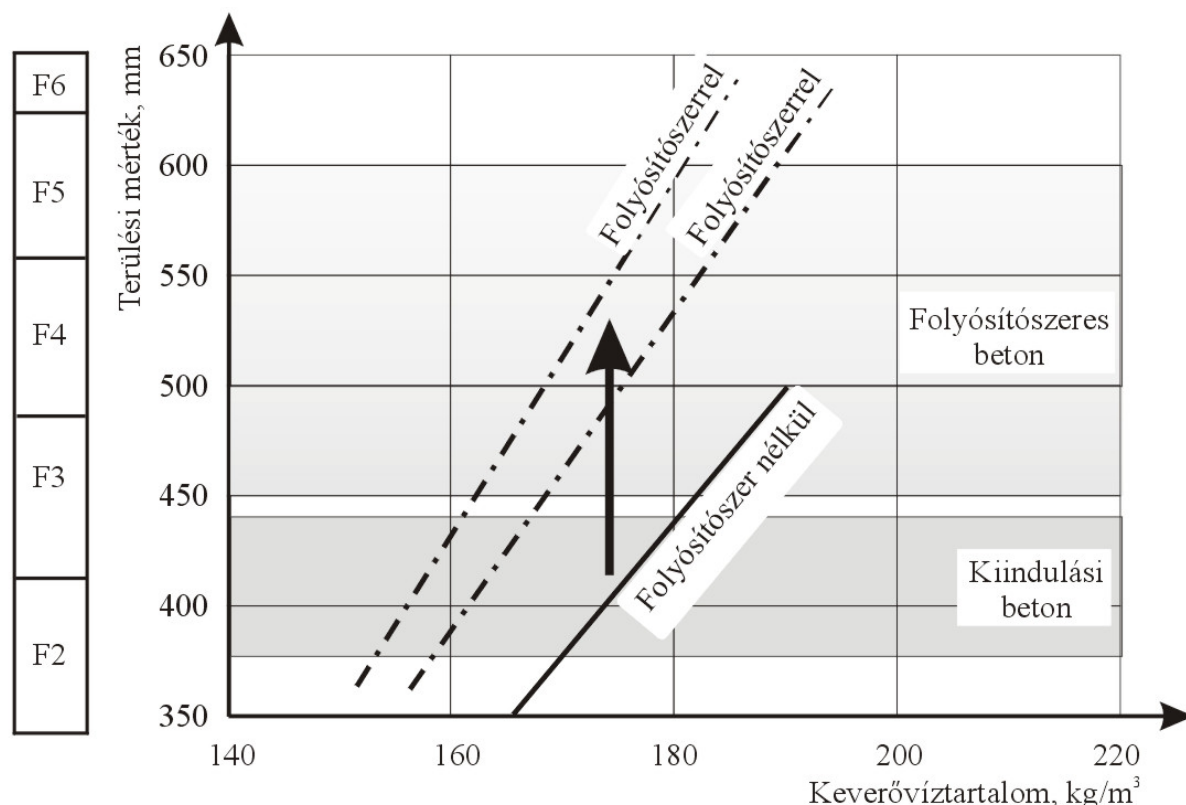
**17.5. ÉPÍTÉSHELYI BETONBEDOLGOZÁSI KONZISZTENCIA**

Ha a beton szabványos jele szerinti, folyósító adalékszer nélküli beton konzisztenciája földnedvesebb (szárazabb) az elvárt építéshelyi bedolgozási konzisztenciánál, akkor a betonhoz folyósító adalékszerrel kell keverni. Az ilyen folyósító adalékszer nélkül készülő, és képlékenyítésre, folyósításra nem feltétlenül alkalmas összetételű friss betont kiindulási betonnak nevezzük.

*Grübl* és szerzőtársai (2001) szerint a kiindulási beton konzisztenciája általában a földnedvestől a kissé képlékenyig terjed, MSZ 4798:2016 szabvány szerinti területi mértéke 410 mm-nél kisebb (F1, F2), tömörítési mértéke 1,11-nél nagyobb (C0, C1, C2). A pályabetonok készítéséhez alkalmazott kiindulási betonok területi mértéke 250-330 mm (F1), tömörítési mértéke 1,2-1,4 (C1-C2).

*Bonzel* és szerzőtársai (1973) arról írtak, hogy a folyósításra alkalmas kiindulási beton területi mértéke legalább 380 mm legyen, mert ez alá csökkenő területi mérték esetén a folyósító adalékszerek hatékonysága jelentősen romlik, és a 320 mm-nél kisebb területi mértékű kiindulási beton adalékszerrel gyakorlatilag már nem folyósítható. Ugyanakkor 440 mm-nél nagyobb területi mértékű kiindulási betonból sem lehet jó összetartóképességű folyósítószeres betont készíteni. Ezt a véleményt tükrözi *Wesche* (1993) ábrája is, amelynek háttérében *Kern* és szerzőtársai (1976) közleménye áll (17.28. ábra).

A kiindulási beton ne legyen se túl durvaszemű, se túl finomszemű. A „B” határgörbe alatt, vagy akár egy kissé afölött futó szemmegoszlási görbe a kedvező, ha a finomszemek tartományában számottevően a „B” határgörbe felett helyezkedik el. A homokos kavics adalékanyag szemalakjánál fogva előnyösebb, mint a zúzottkő. Az acélszerelésen való átfolyás elősegítése érdekében az adalékanyag legnagyobb szemnagysága kisebb, szemmegoszlása finomszemekben gazdagabb legyen, mint az egyébként alkalmazott földnedves betonoké. Például 32 mm legnagyobb szemnagyságú kiindulási beton esetén a legfeljebb 0,25 mm szemnagyságú finomrésztartalom 360-420 kg/m<sup>3</sup> közé essék, amelyből a cementtartalom 300-350 kg/m<sup>3</sup> legyen (*Bonzel* et al. 1973, *Grübl* et al. 2001).



**17.28. ábra:** A folyósító adalékszer hatása a beton konzisztenciájára *Wesche* (1993), valamint *Kern* és szerzőtársai (1976) után

A kiindulási friss betont a folyósító adalékszer hatásának érvényesüléséhez olykor lágyítani szükséges, hogy annak víztartalma (keverővíztartalma) elérje a képlékenyítéshez, folyósításhoz szükséges vízigényt.

Valamely betonkeverék vízigénye az adalékanyag és a cement vízigényéből határozható meg. *Grübl* és szerzőtársai (2001) könyvében olvashatjuk, hogy *Koch* és szerzőtársai (1971) szerint a cement vízigénye általában  $85\text{-}100 \text{ kg}/(\text{cement m}^3)$ .

A közepes őrlésfínomságú cementek (fajlagos felületük  $2800\text{-}4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) a friss beton tulajdonságait, különösen a beton bedolgozhatóságát gyakorlatilag nem befolyásolják; az ennél durvábbra őrlött cementek (fajlagos felületük kisebb mint  $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) vízigénye kisebb, a finomabbra őrlött cementek (fajlagos felületük nagyobb mint  $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) vízigénye nagyobb, a nagyon finomra őrlött cementek (fajlagos felületük  $5000\text{-}7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) emellett nagy cementtartalom esetén a beton bedolgozhatóságát is megnehezítik. A porszerű anyagok (például fénoxid betonszínezőanyag) sűrűfolyóssá, ragossá teszik a friss betont és növelik a vízigényét. Az adalékanyagok szemmegoszlásának javítása a finomszemtartalom növelésével a jobb térkitöltés érdekében akár csökkentheti is az azonos konzisztenciájú friss beton vízigényét (*Müller et al.* 2009).

A homokos kavics adalékanyaggal készített adalékszer nélküli friss beton *Springenschmid* (2007) szerinti hozzávetőleges vízigénye a 17.2. táblázatban látható. Ettől némileg eltérő vízigény értékek ( $w$ ) található a *Zement-Merkblatt B 20* (2017) műszaki útmutatóban, amelyeket az adalékanyag finomsági modulusa ( $m$ ) függvényében következő tapasztalati összefüggéssel határoztak meg:

- földnedves konzisztencia esetén:  $w = 1100/(m + 1)$
- kissé képlékeny konzisztencia esetén:  $w = 1200/(m + 1)$
- képlékeny konzisztencia esetén:  $w = 1300/(m + 1)$

*Röhling és szerzőtársai* (2012) – hivatkozással a *DBV Deutscher Beton-Verein* (1995) kézikönyvére – grafikusan lényegében *Springenschmid* (2007) és a *Zement-Merkblatt B 20* (2017) műszaki útmutató vízigény adatait jelenítették meg (17.29. ábra). *Grübl és szerzőtársai* (2001) könyvében hasonló ábrák találhatók azzal a különbséggel, hogy a független változó a tömörítési mérték vagy az adalékanyag finomsági modulusa, a függő változó pedig mindig a friss beton vízigénye. *Grübl és szerzőtársai* (2001) forrásként *Bonzel és szerzőtársai* (1978) munkáját jelölték meg.

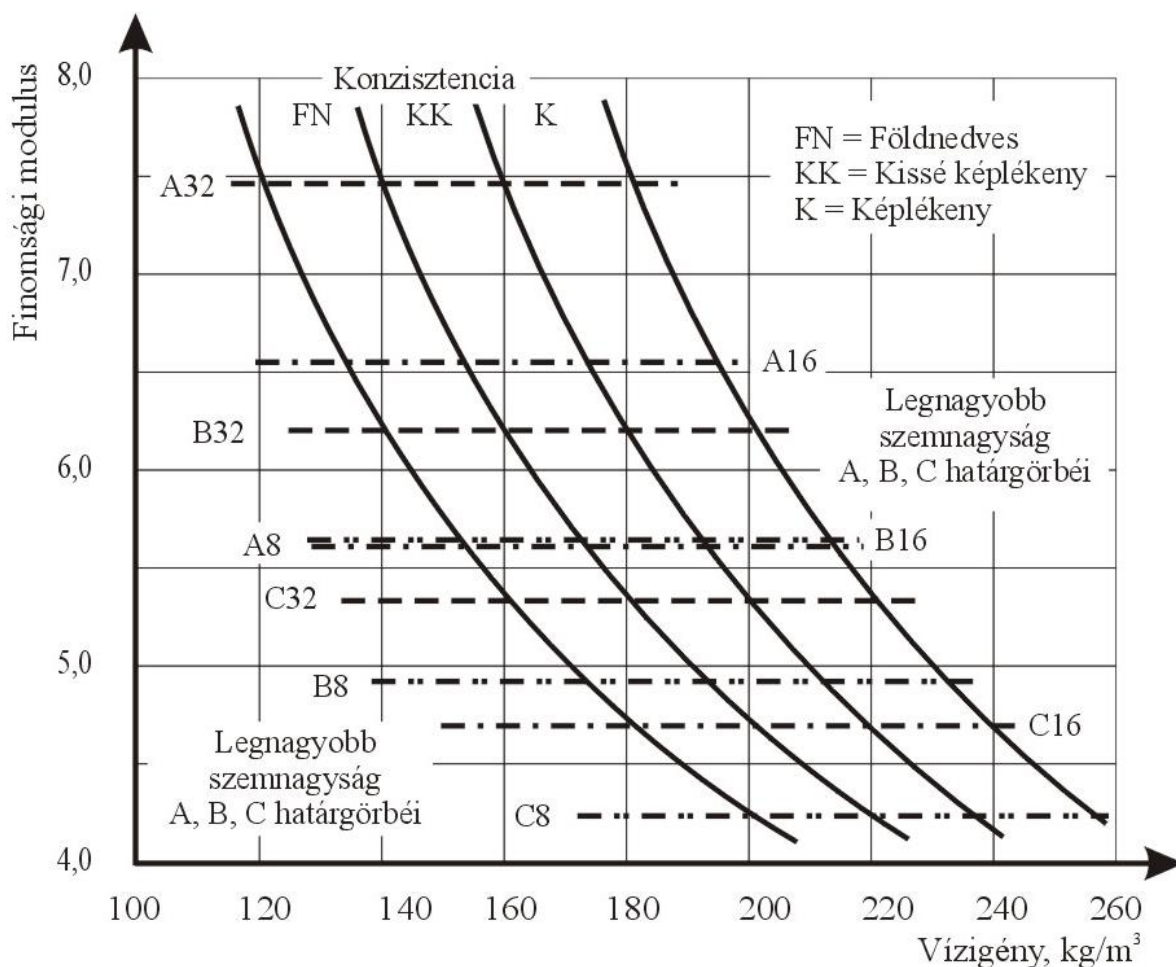
A zúzottkő betonok vízigénye 8 mm feletti szemmagyságú zúzottkő esetén mintegy 5%-kal, 4 mm feletti szemmagyságú zúzottkő esetén mintegy 10%-kal nagyobb a homokos kavics adalékanyagú beton vízigényénél. Ha a betonban a lisztfinomságú szemek (az összes legfeljebb 0,125 mm szemmagyságú beton alkotórész) mennyisége  $350 \text{ kg/m}^3$ -nél több, akkor  $10 \text{ kg/m}^3$  lisztfinomságú szemtartalmanként a vízigény további  $1,0 \text{ kg/m}^3$ -rel megnövekszik. Légbuborékképző adalékszer alkalmazása esetén a keverővíz adagolást 1,5% légbuboréktérfogat határérték felett minden 1% légbuboréktérfogat után mintegy  $5 \text{ kg/m}^3$ -rel csökkenteni lehet (*Röhling et al.* 2012).

*Ujhelyi* (2005) kísérleti alapon módszert dolgozott ki a betonkeverék vízigényének meghatározására, és a vízigényt a változatlan konzisztenciához (víztartóképességhez) tartozó cementtartalommal fejezte ki. Könyvének 4.2. fejezetében számpéldákon mutatja be a betonkeverék vízigényének számítását és a kiszámított vízigénynek megfelelő betonösszetétel meghatározását.

A folyósító adalékszeres beton folyós vagy képlékeny konzisztenciájú legyen, hogy a zsaluzatba jól be lehessen dolgozni (*Kausay* 2006):

**17.2. táblázat:** A homokos kavics adalékanyaggal, adalékszer nélkül készített friss beton hozzávetőleges vízigénye *Springenschmid* (2007) szerint,  $\text{kg}/(\text{betömörített friss beton m}^3)$

Adalékanyag vízigénye	$D_{\max}$ , Adalékanyag legnagyobb szemmagysága, mm								
	8			16			32		
	Szemmegoszlási határgörbe								
	A8	B8	C8	A16	B16	C16	A32	B32	C32
	Szemmegoszlási határgörbék finomsági modulusa								
	5,70	4,90	4,30	6,60	5,60	4,80	7,55	6,35	5,40
	Földnedves konzisztencia, jele: F1, C1								
Kicsi	150	170	185	120	140	175	105	130	160
Nagy	155	175	195	140	150	185	130	140	165
	Kissé képlékeny konzisztencia, jele: S1, F2, C2								
Kicsi	180	195	210	150	175	200	130	160	190
Nagy	185	200	225	165	180	210	155	170	195
	Képlékeny konzisztencia, jele: S2, F3, C3								
Kicsi	205	220	235	175	200	225	150	185	215
Nagy	210	225	250	190	205	235	170	195	220



**17.29. ábra:** A homokos kavics adalékanyaggal készített friss beton hozzávetőleges vízigénye Röhling és szerzőtársai (2012) szerint, a szemmegoszlási határgörbék finomsági modulusa helyének bejelölésével

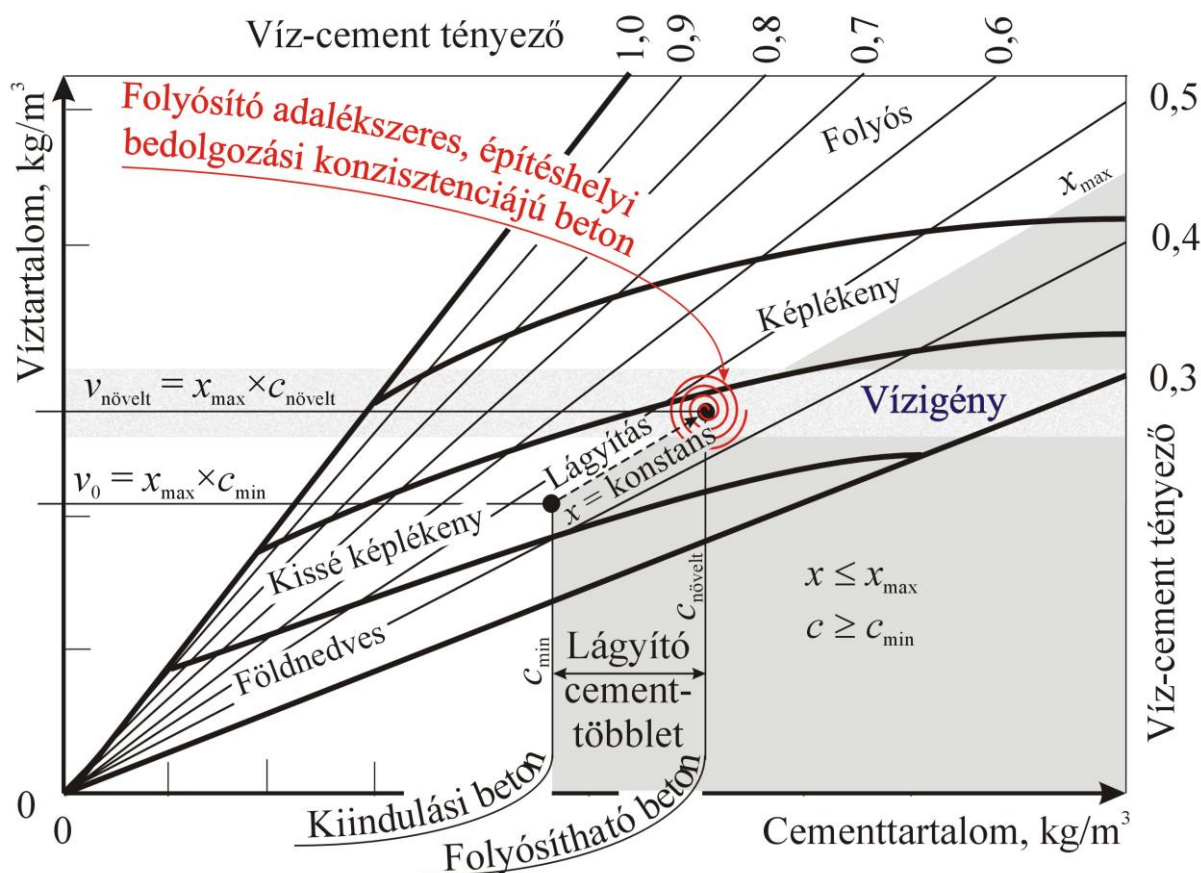
Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti környezeti osztályokhoz tartozó kiindulási betonok víztartalmát (keverővíztartalmát) a megengedett legnagyobb víz-cement tényező és a megkövetelt legkisebb cementtartalom értékének összeszorozásával a 2. táblázatban számítottuk ki ( $v_0 = x_{\max} \times c_{\min}$ ), de ez a víztartalom olykor kevés a friss beton építéshelyi bedolgozhatóságához és a folyósító adalékszer hatékony működéséhez.

Ilyenkor a kiindulási beton konzisztenciáját a megengedett legnagyobb víz-cement tényező ( $x_{\max}$ ) megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom ( $c_{\min}$ ) növelésével lehet lágyítani úgy, hogy a kiindulási beton egyidejűleg növekvő víztartalma (keverővíztartalma) elérje a képlékenyítéshez, folyósításhoz szükséges vízigényt és közben a cementpép-mennyiség a megengedett tartományon belül maradjon (17.30. ábra). Például:

- az XF3(H) környezeti osztályú kiindulási betont 340 kg/m<sup>3</sup> cementtartalom helyett 355 kg/m<sup>3</sup> cementtartalommal kell elkészíteni ahhoz, hogy a víztartalma  $0,45 \times 355 = 159,7$  kg/m<sup>3</sup> legyen,
- az XF4(H) környezeti osztályú kiindulási betont 360 kg/m<sup>3</sup> cementtartalom helyett 400 kg/m<sup>3</sup> cementtartalommal kell elkészíteni ahhoz, hogy a víztartalma  $0,4 \times 400 = 160,0$  kg/m<sup>3</sup> legyen.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti 135 kg/m<sup>3</sup> értékű alsó víztartalom érték, mint az egyik szélső eset, 55 kg/m<sup>3</sup> cementtöbblettel  $0,45 \times 355 = 159,7$  kg/m<sup>3</sup> értékre emelhető (XF3(H) környezeti osztály).

Az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti  $138 \text{ kg/m}^3$  értékű alsó víztartalom érték, mint a másik szélső eset,  $55 \text{ kg/m}^3$  hatékony kötőanyagtöbbséggel  $0,4 \times 400 = 160,0 \text{ kg/m}^3$  értékre emelhető (XA6(H) környezeti osztály). Ez utóbbi  $400 \text{ kg/m}^3$  hatékony kötőanyagtartalom az XA6(H) környezeti osztályban megkövetelt hatékony kötőanyagtartalom ( $345 \text{ kg/m}^3$ ) 116%-a, ami nagyobb annál, mint amennyit a portlandittartalom ( $\text{Ca(OH)}_2$ -tartalom) korlátozása, illetve a beton savállósága érdekében az MSZ 4798:2016/2M:2018 szabványban megengednek (105%). Ha azonban azt akarjuk, hogy a kiindulási beton víztartalma  $160 \text{ kg/m}^3$  lehessen, akkor meg kell engedni, hogy a legnagyobb hatékony kötőanyagtartalom az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályban a legkisebb hatékony kötőanyagtartalomnak 105%-a helyett rendre a 112%-a ( $358 \text{ kg/m}^3$ ), 114%-a ( $376 \text{ kg/m}^3$ ) és 116%-a ( $400 \text{ kg/m}^3$ ) lehessen.



**17.30. ábra:** A kiindulási beton konzisztenciájának lágyítása a megengedett legnagyobb víz-cement tényező ( $x_{\max}$ ) megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom ( $c_{\min}$ ) növelésével, az adalékszeres folyósíthatóság érdekében

**17.3. táblázat:** Az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti környezeti osztályokhoz tartozó kiindulási betonok víztartalma (keverővíztartalma)

Környezeti osztály	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,90	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
Cementtartalom, legalább, kg/m <sup>3</sup>	165	230	250	260	280	280	300
Kiindulási beton víztartalma, kg/m <sup>3</sup>	148,5	172,5	175	169	168	154	150

Környezeti osztály	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45
Cementtartalom, legalább, kg/m <sup>3</sup>	300	320	340	300	320	320
Kiindulási beton víztartalma, kg/m <sup>3</sup>	150	144	153	165	160	144

Környezeti osztály	XF1	XF2	XF3	XF4	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Cementtartalom, legalább, kg/m <sup>3</sup>	300	300	320	340	320	340	360
Kiindulási beton víztartalma, kg/m <sup>3</sup>	165	165	160	153	160	153	144

Környezeti osztály	XA1	XA2	XA3	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,55	0,50	0,45	Víz-(hatékony kötőanyag) tényező, legfeljebb		
				0,45	0,43	0,40
Cementtartalom, legalább, kg/m <sup>3</sup>	300	320	360	Hatékony kötőanyagtartalom, legalább/legfeljebb, kg/m <sup>3</sup>		
				320/336	330/346	345/362
Kiindulási beton víztartalma, kg/m <sup>3</sup>	165	160	162	144	141,9	138

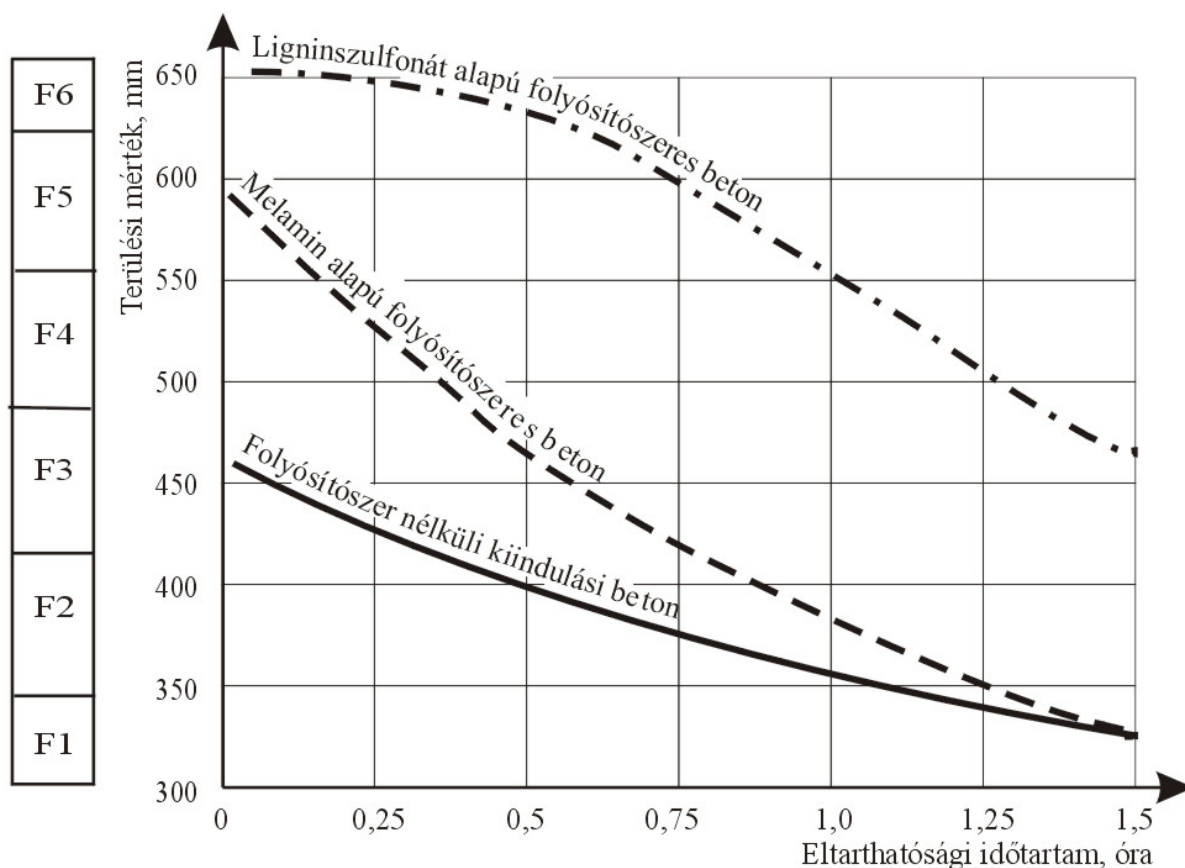
Környezeti osztály	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)
Víz-cement tényező, legfeljebb	0,5	0,45	0,40	0,38	0,55	0,50	0,45
Cementtartalom, legalább, kg/m <sup>3</sup>	310	330	350	370	300	300	300
Kiindulási beton víztartalma, kg/m <sup>3</sup>	155	148,5	140	140,6	165	150	135

A folyósító adalékszer hatása az eltarthatósági idő múltával lecseng. Az adalékszer folyósító hatásának megszűntével, az eltarthatósági idő múltával a folyósítószeres beton konzisztenciája lényegében meg kell feleljen a kiindulási beton konzisztenciájának, testsűrűségének és a



megszilárdult beton tulajdonságainak. A folyósítószeres betonnak a megszilárdult betonra vonatkozó követelményeket folyósító adalékszer nélkül is ki kell elégítenie (Bonzel et al. 1973, Grübl et al. 2001).

A folyósítószeres friss betont az eltarthatósági időtartamon belül be kell dolgozni (17.31. ábra). Messzire szállított transzportbeton esetén a folyósítószert röviddel a bedolgozás előtt célszerű a mixergépkocsiban a kiindulási betonhoz keverni, a keverési idő legalább 3 perc legyen (Bonzel et al. 1973). A friss beton eltarthatósági időtartamát, illetve kellő bedolgozhatóságát külső körülményként a környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, belső körülményként a beton hőmérséklete és összetétele, mint például a cementfajta, a cementtartalom, a víz-cement tényező, az adalékszerhatás befolyásolja (Wierig et al. 1990). A friss beton eltarthatóságát a gyakorlatban a hőmérséklet függvényében a konzisztencia-, a testsűrűség- és a nyomószilárdság-változás függvényeként szokás kifejezni.



**17.31. ábra:** 320 kg/m<sup>3</sup> portlandcement-tartalmú, 0,56 víz-cement tényezőjű friss beton eltarthatósági időtartama 20 °C hőmérsékleten Wesche (1993) és Kern és szerzőtársai (1976) után

Az MSZ 4798:2016 szabvány 7.7. szakasza szerint a friss beton eltarthatósága az az időtartam, amely alatt a betonkeverék a víz hozzáadásától számítva a bedolgozhatóságából csak annyit veszít, hogy az adott körülmények (hőmérséklet, víz-cement tényező, cementtípus, szállítási távolság stb.) között még kellő tömörségűre bedolgozható, azaz nem kezdődött meg sem a beton merevedése, sem a cement kötése.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetének 4.2.1.3. szakaszában olvashatjuk, hogy a friss betont általában azon időtartamon át lehet eltarthatónak tekinteni, amely alatt

- a friss betonkeverék konzisztenciája legfeljebb egy konzisztencia osztállyal,
- a betömörített beton testsűrűsége legfeljebb 30 kg/m<sup>3</sup>-rel,

- a 28 napos korú betonpróbatestek nyomószilárdsága legfeljebb 10%-kal csökken a keverés után azonnal vett minták vizsgálati eredményeihez képest.

Az eltarthatóság vizsgálatához az adott összetételű, adott hőmérsékleten megkevert betonkeverékből azonnal, majd tartályba helyezése és légmentes lefedés után 20 percnként kell olyan mennyiségű mintát kivenni, amelyből a konzisztencia vizsgálata elvégezhető, és legalább 3 darab nyomószilárdság-vizsgálati próbatest készíthető. A konzisztenciát a beton megkeverése után, majd 20 percnként; az azonnali és 20 percnkénti mintavételekhez tartozó nyomószilárdságot és testsűrűséget a beton 28 napos korában kell megvizsgálni. A vizsgálatokat minden esetben az MSZ 4798:2016 szabványban leírtaknak megfelelően kell végezni, és a vizsgálati eredményeket jegyzőkönyvben fel kell jegyezni.

A visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv 2. táblázata szerint a transzportbeton szállítási időtartama a 3. táblázat szerinti lehet. Adott hőmérsékleten a lágyabb beton hosszabb ideig, illetve messzebbre szállítható. A megengedett szállítási időtartamon belül érkezett szállító gépkocsiból a friss betont félórán belül ki kell üríteni, és be kell dolgozni.

**17.4. táblázat:** Transzportbeton megengedett szállítási időtartama a visszavont MI-04-562:1992 építésügyi ágazati műszaki irányelv 2. táblázata szerint

Szállítási időtartam legfeljebb, perc	Konzisztencia	Hőmérséklet °C
30	Földnedves – Kissé képlékeny	20 – 30
45	Földnedves – Kissé képlékeny	5 – 19
60	Kissé képlékeny – Folyós	20 – 30
90	Kissé képlékeny – Folyós	5 – 19

**Összegezve:** Az európai betonszabványok bevezetése a konzisztencia jellemzése terén új helyzetet teremtett. Megváltoztak a konzisztencia osztályok, a konzisztencia jelölése a korábnál sokrétűbbé vált, néhány régi konzisztencia vizsgálati módszer elvesztette érvényét, más módszerekben eljárásbeli változások vannak, és van vizsgálati módszer, amelyet most szabványosítottak. A betontechnológia fejlődésével megjelent az önterülő és öntömörödő beton, amelynek konzisztencia vizsgálati módszerei a hagyományostól eltérnek.

Ha a beton szabványos jele szerinti, folyósító adalékszer nélküli beton konzisztenciája földnedvesebb (szárazabb) az elvárt építéshelyi bedolgozási konzisztenciánál, akkor a betonhoz folyósító adalékszerrel kell keverni. Az ilyen folyósító adalékszer nélkül készülő, de képlékenyítésre, folyósításra nem feltétlenül alkalmas összetételű friss betont kiindulási betonnak nevezzük. A folyósító adalékszer hatásának érvényesüléséhez olykor a kiindulási friss betont a megengedett legnagyobb víz-cement tényező megtartása mellett a megkövetelt legkisebb cementtartalom növelésével lágyítani szükséges.

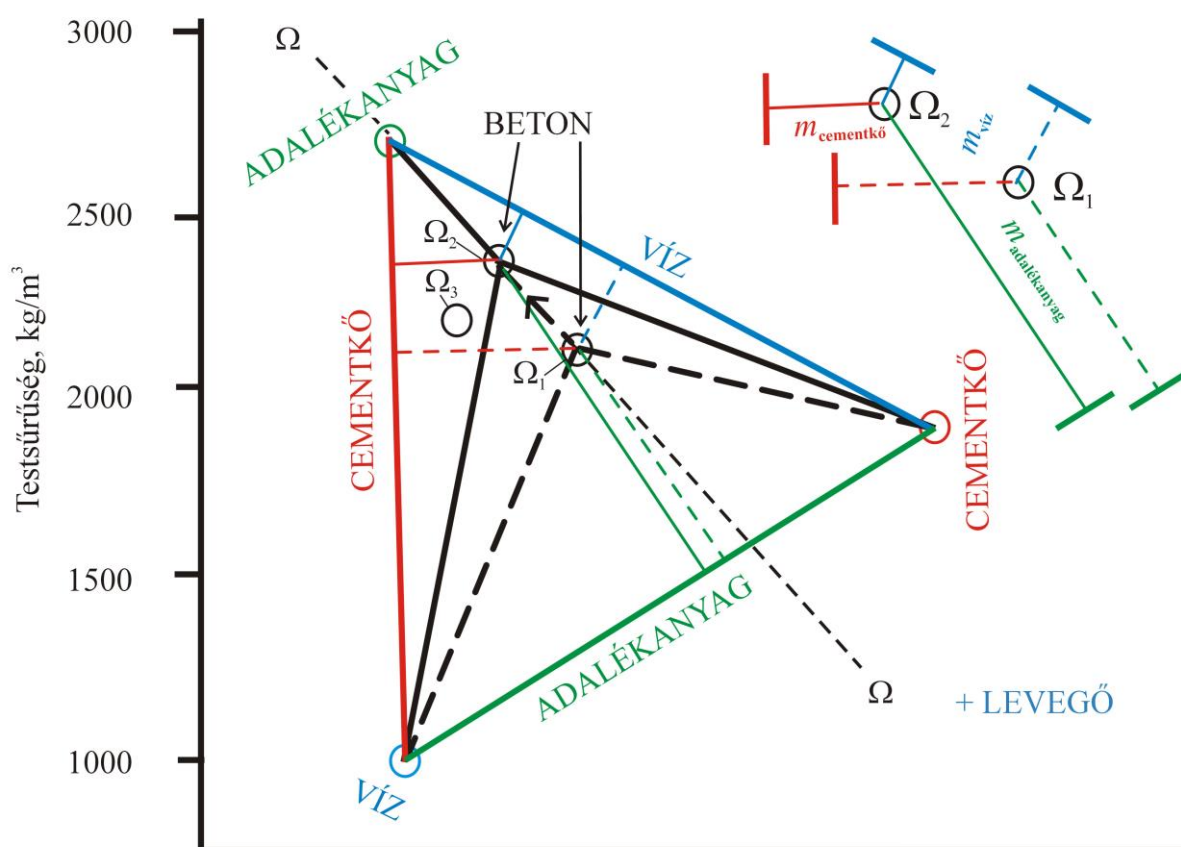
## 18. TESTSÚRÚSÉG

A testsűrűség a porózus anyagi test tömegének és teljes térfogatának (beleértve a pórusok térfogatát is) hányadosa. A beton testsűrűsége korától, porozitásától, víztartalmi állapotától, összetételétől, az összetevők testsűrűségétől stb. függ.

Ha valamely beton levegőtartalmát (pórustartalmát) változatlanak tekintjük, attól elvonatkoztatunk és így a megszilárdult betont háromfázisú-rendszernek fogjuk fel, akkor összetételének és az összetevők testsűrűségének hatását a beton testsűrűségére háromszög-diagramban szemléltethetjük (18.1. ábra). A befoglaló háromszög egyenlő oldalú, az  $\Omega$  csúcspontok a koordináta-rendszerben a megjelenített anyag testsűrűségének megfelelően helyezkednek el: az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a betonban lévő víz sűrűsége  $1000 \text{ kg/m}^3$ , az adalékanyag testsűrűsége  $2650 \text{ kg/m}^3$ , a cementkő testsűrűsége  $1900 \text{ kg/m}^3$ ; Powers (1947, 1948) szerint ugyanis a cementkő porozitása a hidratáció kezdeti és végső állapotában például  $x = 0,35$  értékű víz-cement tényező esetén  $0,52 - 0,30$  vagy például  $x = 0,60$  értékű víz-cement tényező esetén  $0,65 - 0,49$ . Ezekből a testsűrűség arányokból az következik, hogy ha változatlan beton levegőtartalom mellett a cementkő:adalékanyag tömegarányt csökkentjük, akkor a beton testsűrűsége növekedni fog.

A „testsűrűség” háromszög-diagramban a cementkő, az adalékanyag és a víz tömegének ( $M$ ) arányát a betonban az  $\Omega$  csúcspontú részháromszögek területaránya, illetve a részháromszögek magasságának ( $m$ ) aránya fejezi ki:

$$M_{\text{cementkő}} : M_{\text{adalékanyag}} : M_{\text{víz}} = m_{\text{cementkő}} : m_{\text{adalékanyag}} : m_{\text{víz}}$$



Megszilárdult beton fázisai

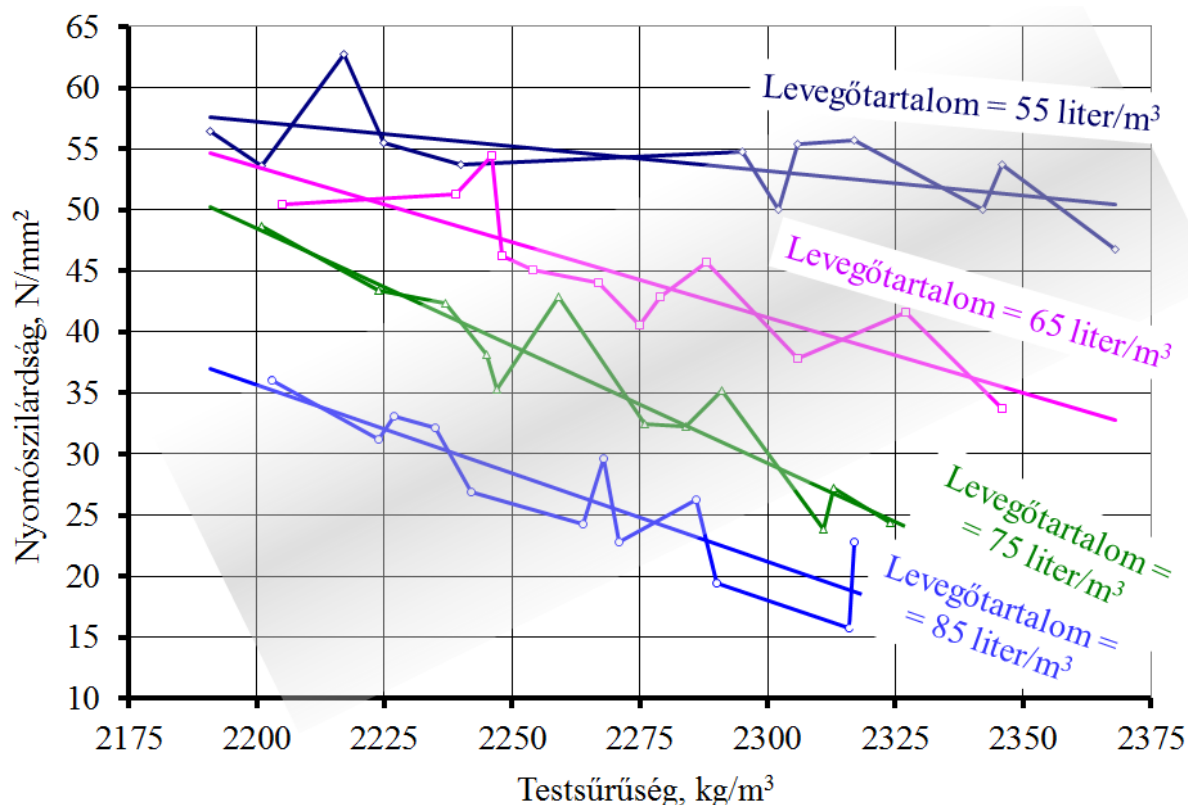
**18.1. ábra:** A megszilárdult beton összetételének és az összetevők testsűrűségének hatása a beton testsűrűségére; víz alatt ez esetben a beton szabad vizének és a cementkő kapilláris vizének mennyiségét értve (Kausay 2000)

Ha a cementkő:adalékanyag tömegarány úgy csökken, hogy a háromszög diagramban például

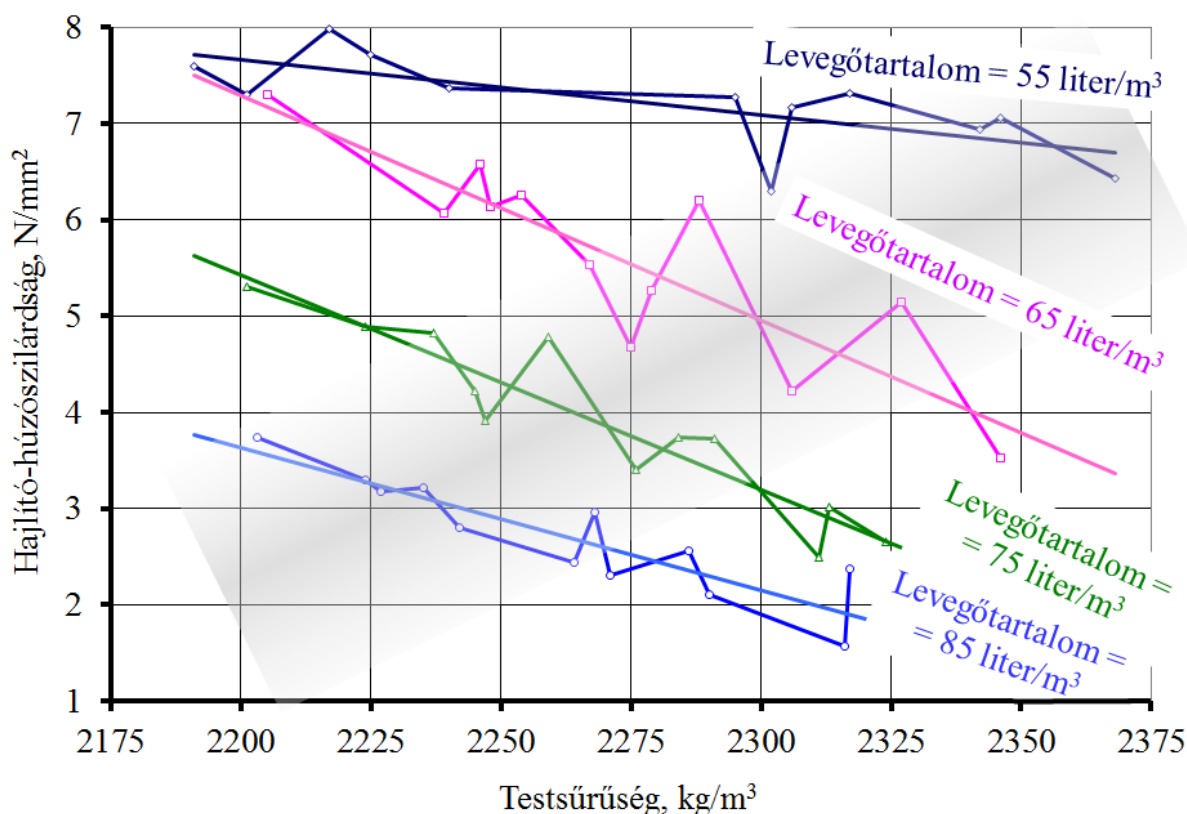
az  $\Omega_1$  részháromszög-csúcspont az  $\Omega$ - $\Omega$  összekötő vonal mentén az  $\Omega_2$  helyre kerül, akkor a víz-cementkő térfogatarány nem változik; ha az  $\Omega$ - $\Omega$  összekötő vonaltól balra, például az  $\Omega_3$  helyre kerül, akkor az a víz-cementkő térfogatarány növekedésének eredménye. Az első esetben a víz:cementkő részháromszögek területaránya nem változott, a második esetben megnőtt.

E „testsűrűség” háromszög-diagrammal magyarázható a 18.2. és 18.3. ábrán látható jelenség. Könnyen belátható, hogy a levegőtartalom csökkenésével mind növekvő, mind változatlan testsűrűség esetén a beton szilárdsága rendszerint növekszik. Ezzel szemben elgondolkodtató, hogy változatlan vagy csak kissé csökkenő levegőtartalom esetén a növekvő testsűrűség ellenére a beton szilárdsága tendenciájában csökken; ennek az a magyarázata, hogy a beton levegő-, illetve pórustartalom csökkenés nélküli testsűrűség-növekedése – mint azt a 18.1. ábrán az  $\Omega_1$  csúcspont feljebb tolódása jelezte – a kisebb cement-, cementpép-, cementkőtartalom következménye, ami a szilárdság alakulására kedvezőtlenül hat.

A 18.1. ábrához is kapcsolódva a beton testsűrűségének csökkenő cementtartalom melletti növekedésére a 18.1. táblázatban található számpélda. A 18.2. és 18.3. ábra kapcsán tett megállapítás, hogy csökkenő cementtartalom mellett növekedhet a beton testsűrűsége, úgy is hangozhat, hogy a beton testsűrűségének csökkenése növekvő cementtartalom következménye is lehet. Természetesen a beton testsűrűsége akkor is változhat, ha az adalékanyag testsűrűsége megváltozik. Így érthetővé válik, hogy az MSZ 4798:2016 szabvány F1. és NAD F1. táblázatában miért a friss beton levegőtartalom-értékeket írták elő a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány F1. és NAD F1. táblázatában szereplő testsűrűség követelmény-értékek helyett.



**18.2. ábra:** Példa a 28 napos beton nyomószilárdsága változásának tendenciájára a megszilárdult beton testsűrűsége és levegőtartalma függvényében (Kausay 1998)



**18.3. ábra:** Példa a 28 napos beton hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciájára a megszilárdult beton testsűrűsége és levegőtartalma függvényében (Kausay 1998)

**18.1. táblázat:** Példa a beton testsűrűségének növekedésére csökkenő cementtartalom mellett

Feltételek: A cementkőbe a cement 30 tömeg%-át kitevő víz épül be.			
$x = 0,55$		$\rho_{\text{cement}} = 3100 \text{ kg/m}^3$	$\rho_{\text{adalékanyag}} = 2640 \text{ kg/m}^3$
			$\rho_{\text{cementpép}} = 1776 \text{ kg/m}^3$
1. példa		A beton összetétele	
tömeg szerint $\text{kg/m}^3$	térfogat szerint $\text{m}^3/\text{m}^3$	tömeg szerint $\text{kg/m}^3$	térfogat szerint $\text{m}^3/\text{m}^3$
$M_C = 310$	$V_C = 0,100$	$M_C = 280$	$V_C = 0,090$
$M_V = 170$	$V_V = 0,170$	$M_V = 154$	$V_V = 0,154$
$M_A = 1873$	$V_A = 0,710$	$M_A = 1942$	$V_A = 0,736$
–	$V_L = 0,020$	–	$V_L = 0,020$
Összesen			
$\rho_{\text{friss}} = 2353 \text{ kg/m}^3$	$V_{\text{Beton}} = 1,000$	$\rho_{\text{friss}} = 2376 \text{ kg/m}^3$	$V_{\text{Beton}} = 1,000$
Pórusmentes beton testsűrűsége, $\text{kg/m}^3$			
$2353/0,98 = 2401$		$2376/0,98 = 2425$	
A megszilárdult kiszáritott beton várható testsűrűsége, $\text{kg/m}^3$			
$\rho_{\text{megszilárdult betn}} = \rho_{\text{friss beton}} - (x - 0,3) \times M_C$			
<b>2276</b>		<b>2306</b>	

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton tervezett összetételéből (beleértve a szabvány F melléklete alapján tervezett levegőtartalmat is) ki kell számítani a friss beton tervezett testsűrűségét. A friss beton összetétele akkor megfelelő, ha a friss, bedolgozott beton „tapasztalati” testsűrűsége próbatesten mérve a szokványos beton és nehézbeton esetén a

tervezett értéknél legfeljebb 1,5%-kal kisebb, könnyűbeton esetén a tervezett értéktől legfeljebb  $\pm 2\%$ -kal tér el.

**18.1. FRISS BETON TESTSÚRÚSÁGÉNEK MEGHATÁROZÁSA**

A bedolgozott friss beton testsűrűségének döntő jelentősége van. A tervezetthez képest minden 1 térfogat% testsűrűség hiány 10 liter/m<sup>3</sup> többletlevegőt, azaz a tervezetthez képest +1% levegőzárványt jelent. Minden +1 térfogat% levegőtartalom 4-5% nyomószilárdság csökkenést okoz, ezért az egymásnak kölcsönösen megfelelő betonösszetétel, konzisztencia és tömörítési módszer a betonkészítés alapvető követelménye, feltétele (MSZ 4798:2016).

A bedolgozott friss beton tényleges (tapasztalati) testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány szerint kell megmérni.

A bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűség mérési eredményeit – a betonösszetétellel együtt – mindig fel kell jegyezni a próbatesteket kísérő mintavételi és vizsgálati jegyzőkönyvbe, hogy abból a fenti feltétel teljesülése későbbi időpontban – például a nyomószilárdság vizsgálat során – is ellenőrizhető legyen. Megjegyzendő, hogy a próbatestek készítésekor a testsűrűségeen kívül a konzisztencia mérő számot (például  $F = 430$  mm) és a levegő hőmérsékletét is mérni és jegyzőkönyvezni kell.

A bedolgozott friss beton *tervezett testsűrűsége* a tervezett levegőtartalom, a beton tervezett összetétele és a beton főbb alkotó anyagainak testsűrűsége alapján a következőképpen számítható ki:

$$\rho_{\text{friss beton tervezett}} = M_C + x \cdot M_C + \rho_A \cdot \left( 1 - \frac{M_C}{\rho_C} - \frac{x \cdot M_C}{1000} - \frac{V_L\%}{100} \right) \quad [kg/m^3]$$

ahol:

$M_C$  = a beton tervezett cementtartalma, kg/m<sup>3</sup>

$x$  = a beton tervezett víz-cement tényezője

$M_V = x \cdot M_C$  = a keverővíz tömege 1 m<sup>3</sup> bedolgozott friss betonban, kg/m<sup>3</sup>

$V_L\%$  = a friss beton tervezett levegőtartalma a 10.2., illetve 10.3. táblázat szerint, térfogat%

$\rho_C$  = a cement anyagsűrűsége, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_A$  = az adalékanyag keverék szemeinek súlyozott testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m<sup>3</sup>:

$$\rho_A = \frac{1}{\left( \frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \dots \right)} \quad [kg/m^3]$$

ahol:

$\alpha, \beta, \gamma \dots$  = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók tömegaránya, 0 és 1 közé eső nevezetlen szám

$\rho_\alpha, \rho_\beta, \rho_\gamma \dots$  = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók szemeinek átlagos testsűrűsége kiszáritott állapotban, kg/m<sup>3</sup>

A  $\rho_A$  súlyozott testsűrűséget kell használni az adalékanyag keverékre akkor is, ha annak természetes adalékanyag frakciói különböző fajtájú kőzetek (például homok, kavics, mészkő, andezit vagy bazalt zúzottkő stb.).

A bedolgozott friss beton tényleges testsűrűségének megmérése után ellenőrizni kell, hogy a beton rendelkezik-e a fentiek szerint tervezett testsűrűséggel, és ha nem, akkor ebben az esetben is a bedolgozás módján – feltételezve a friss beton próbatestek és a szerkezetbe bedolgozott beton közelítőleg azonos tömörségét – vagy a beton összetételén változtatni kell.

Például az  $M_C = 300 \text{ kg/m}^3$  tervezett cementtartalmú,  $x = 0,5$  víz-cement tényezőjű,  $V_L\% = 2$  térfogat% tervezett levegőtartalmú bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége, ha a cement anyagsűrűsége  $\rho_C = 3100 \text{ kg/m}^3$ , és az adalékanyag keverék testsűrűsége  $\rho_A = 2640 \text{ kg/m}^3$ :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{friss beton}} &= 300 + 0,5 \cdot 300 + 2640 \cdot \left(1 - \frac{300}{3100} - \frac{0,5 \cdot 300}{1000} - \frac{2}{100}\right) = \\ &= 300 + 150 + 2640 \cdot 0,7332 = 300 + 150 + 1936 = 2386 \quad [\text{kg/m}^3]\end{aligned}$$

ahol az  $1 \text{ m}^3$  bedolgozott friss betonban lévő cement tömege  $M_C = 300 \text{ kg}$ , a víz tömege  $M_V = 150 \text{ kg}$ , az adalékanyag tömege  $M_A = 1936 \text{ kg}$ , összesen  $M_C + M_V + M_A = 2386 \text{ kg}$ ; továbbá a cement térfogata  $V_C = 300/3,1 = 96,77$  liter, a víz térfogata  $V_V = 150$  liter, az adalékanyag szemek térfogata  $V_A = 1936/2,64 = 733,23$  liter, a levegő térfogata  $V_L = 20$  liter, összesen  $V_C + V_V + V_A + V_L = 1000$  liter.

A bennmaradt levegőtartalomra (levegőzárványok) tekintettel, az MSZ 4798:2016 szabvány 21. és 22. táblázatának megfelelően, a szabvány 5.4.5. szakaszának (8) bekezdése szerint a bedolgozott szokványos – légbuborékképző adalékszert nem tartalmazó – friss beton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűségének a tervezett friss beton testsűrűségénél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie (ez szokványos beton esetén mintegy  $36 \text{ kg/m}^3$  testsűrűséghiánynak, illetve  $15 \text{ liter/m}^3 = 1,5$  térfogat% levegőtöbbletnek felel meg), azonban *átlagos tapasztalati* (mért) testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége, mert csak ebben az esetben teljesül a környezeti osztályban (10.1. táblázat) a friss beton megengedett levegőtartalmára és megkövetelt cementtartalmára vonatkozó követelmény.

Ha beton légbuborékképző adalékszert tartalmaz, akkor az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.5. szakasza (9) bekezdésének megfelelően a friss beton próbatestek *egyedi tapasztalati* (mért) testsűrűségének a friss LP-beton tervezett testsűrűségénél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie (ez szokványos beton esetén mintegy  $34 \text{ kg/m}^3$  testsűrűséghiánynak, illetve  $15 \text{ liter/m}^3 = 1,5$  térfogat% levegőtöbbletnek felel meg), és legfeljebb 0,5%-kal szabad nagyobbak lennie (ez szokványos beton esetén mintegy  $11 \text{ kg/m}^3$  testsűrűség-többletnek, illetve  $5 \text{ liter/m}^3 = 0,5$  térfogat% levegőhiánynak felel meg azonban *átlagos tapasztalati* (mért) testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad nagyobbak lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége mert csak ebben az esetben teljesül a környezeti osztályban (10.1. táblázat) a friss LP-beton előírt levegőtartalmára, megkövetelt cementtartalmára és fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állóságára vonatkozó követelmény.

A visszavont MSZ 4715-4:1987 szabványban úgy rendelkeztek, hogy a friss beton próbatestek testsűrűsége a friss beton tervezett testsűrűségétől legfeljebb  $\pm 50 \text{ kg/m}^3$  értékkel térjen el.

Az MSZ EN 12350-6:2009 szabvány testsűrűségmérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két friss beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $15 \text{ kg/m}^3$ ;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy friss beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $29 \text{ kg/m}^3$ .



A fenti feltételeknek meg nem felelő friss beton próbatesteket nem szabad a vizsgálati próbatestek közé besorolni, és nem szabad a megszilárdult beton nyomószilárdsági követelményeinek az igazolásához felhasználni. Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel a fenti feltétel nem teljesíthető, akkor valószínű, hogy a szerkezetbe bedolgozott friss beton sem lesz kellő tömörségű, és ezért a betonösszetételt át kell tervezni vagy a tömörítés módját (például a vibrátorok rezgésszámát, teljesítményét stb.) felül kell vizsgálni. Ezt az ellentmondást azonban már a gondosan végzett gyári próbakeverés (kezdeti gyártás) során észre kell venni.







**18.2. MEGSZILÁRDULT BETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA**

A  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten tömegállandóságig kiszáritott megszilárdult beton testsűrűségét az MSZ EN 12390-7:2009 szerint kell meghatározni.

Ha a testsűrűség mérést szabványosan (kizsaluzás után végig víz alatt) tárolt nyomószilárdság vizsgálati próbatest felhasználásával végzik, akkor

- egyrészt közvetlenül a nyomószilárdság vizsgálat előtt, a vizes próbatesten el kell végezni a méretfelvételt és a tömegmérést, és ezek eredményéből ki kell számítani a vizes beton testsűrűségét ( $\rho_{vizes}$ ),
- másrészt közvetlenül a nyomószilárdság vizsgálat után az eltört próbatest – tálcára vagy edénybe helyezett – lehetőleg teljes vizes anyagmennyiségének gyorsan meg kell mérni a tömegét, majd ezt az anyagmennyiséget tömegállandóságig  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten ki kell szárítani, kiszáritott állapotban is meg kell mérni a tömegét, és ki kell számítani a beton törési (szilárdság vizsgálati) víztartalmát ( $n$ ). Ezeknek az adatoknak a felhasználásával kell a kiszáritott állapotú beton testsűrűségére következtetni:

$$\rho_{kiszáritott} = \frac{\rho_{vizes}}{1 + n} = \frac{\rho_{vizes}}{1 + \frac{n\%}{100}}$$

ahol:

- $\rho_{kiszáritott}$  = a beton testsűrűsége  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten kiszáritott állapotban,  $\text{kg/m}^3$
- $\rho_{vizes}$  = a kizsaluzás után vízben tárolt próbatesten meghatározott testsűrűség,  $\text{kg/m}^3$
- $n$  = a betondarabon meghatározott, tömegarányban kifejezett víztartalom, 1-nél kisebb nevezetlen szám; a betondarabban lévő,  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten elgőzölhető víz tömegének, és az ugyanezen a hőmérsékleten kiszáritott betondarab tömegének a hányadosa
- $n\%$  = a víztartalom tömegszázalékban

Másik lehetőség a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt nyomószilárdság vizsgálati beton próbatestek alkalmazása esetén, hogy a kiszáritott állapotú beton testsűrűségét *külön e célra készített* és kizsaluzás után 28 napos korrig víz alatt tárolt, majd  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított – tehát nyomószilárdság vizsgálatra nem kerülő – próbatesteken határozzuk meg.

A vegyesen tárolt, szilárd szokványos (közönséges, normál) beton és nehézbeton próbatest tömegét szilárdságvizsgálat előtt, a légszáraz próbatesten kell megmérni, és ebből kell a testsűrűséget kiszámítani. A vegyesen tárolt, szilárd könnyűbeton próbatestek testsűrűségét  $60\pm 5$  °C tömegállandóságig szárított, legalább 300 g tömegű próbadarabon kell meghatározni.

Az MSZ EN 12390-7:2009 szabvány megszilárdult beton testsűrűség mérési ismétlési és összehasonlítási feltételei azt fejezik ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $39 \text{ kg/m}^3$ ;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *egy-egy megszilárdult beton*

- testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $57 \text{ kg/m}^3$ .
- ha *egy laboráns* ismételési feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $28 \text{ kg/m}^3$ ;
  - ha *két laboráns* összehasonlítási feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot méretfelvétellel meghatározva, *egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $57 \text{ kg/m}^3$ ;
  - ha *egy laboráns* ismételési feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, *két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $18 \text{ kg/m}^3$ ;
  - ha *két laboráns* összehasonlítási feltétel mellett, 100 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, *egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $36 \text{ kg/m}^3$ .
  - ha *egy laboráns* ismételési feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, *két megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $18 \text{ kg/m}^3$ ;
  - ha *két laboráns* összehasonlítási feltétel mellett, 150 mm élhosszúságú próbakockákon, a térfogatot vízkiszorítással meghatározva, *egy-egy megszilárdult beton testsűrűségmérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint  $30 \text{ kg/m}^3$ .

## 19. LEVEGŐTARTALOM

A beton a legmondosabb tömörítés ellenére is tartalmazhat pórusokat, amelyeket a beton korától és víztartalmi állapotától függően többé-kevésbé levegő tölti ki.

Levegőtartalomnak az egységnyi térfogatú bedolgozott betonban lévő levegő által kitöltött tér térfogatát, más szóval a betonban lévő levegő és a bedolgozott beton befoglaló térfogatának hányadosát nevezzük. A levegőtartalom nevezetlen szám, amelyet sokszor térfogat%-ban fejezzük ki.

A beton levegőtartalma voltaképpen a beton porozitását kifejező fogalom:

$$\begin{aligned} \text{Levegőtartalom} &= \text{Porozitás} = 1 - \text{Tömörtség} = 1 - \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{anyag}}} - \frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{test}}}}{\frac{M_{\text{beton}}}{V_{\text{anyag}}}} = \frac{V_{\text{test}} - V_{\text{anyag}}}{V_{\text{test}}} = \\ &= \frac{\text{Testtérfogat} - \text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = \frac{\text{Pórusok térfogata}}{\text{Testtérfogat}} = \frac{\text{Levegő térfogata}}{\text{Beton térfogata}} \end{aligned}$$

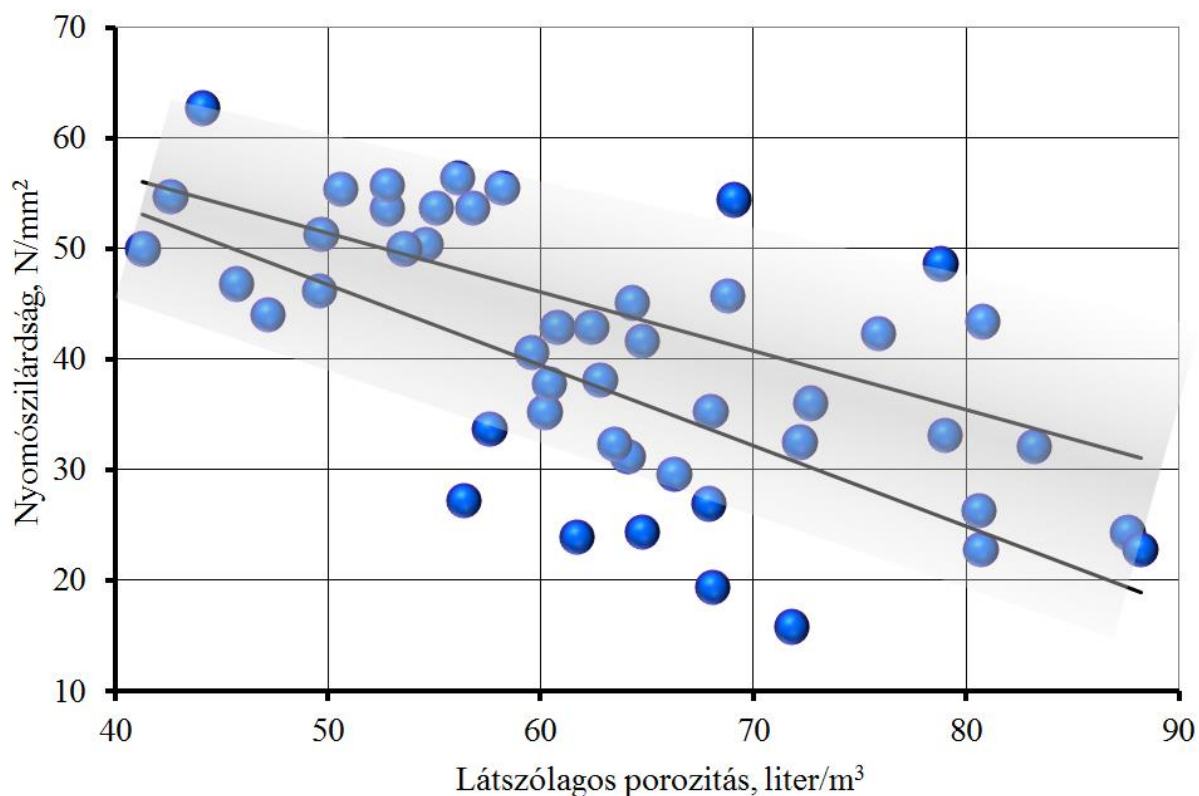
Az összefüggésben a testtérfogat alatt a bedolgozott beton befoglaló térfogatát, az anyagtérfogat alatt a betonösszetevők térfogatát kell érteni.

A bedolgozott friss betonban szándékunk ellenére maradt levegőt *bennmaradt* levegőtartalomnak, a légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegőt *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak nevezzük (MSZ 4798:2016).

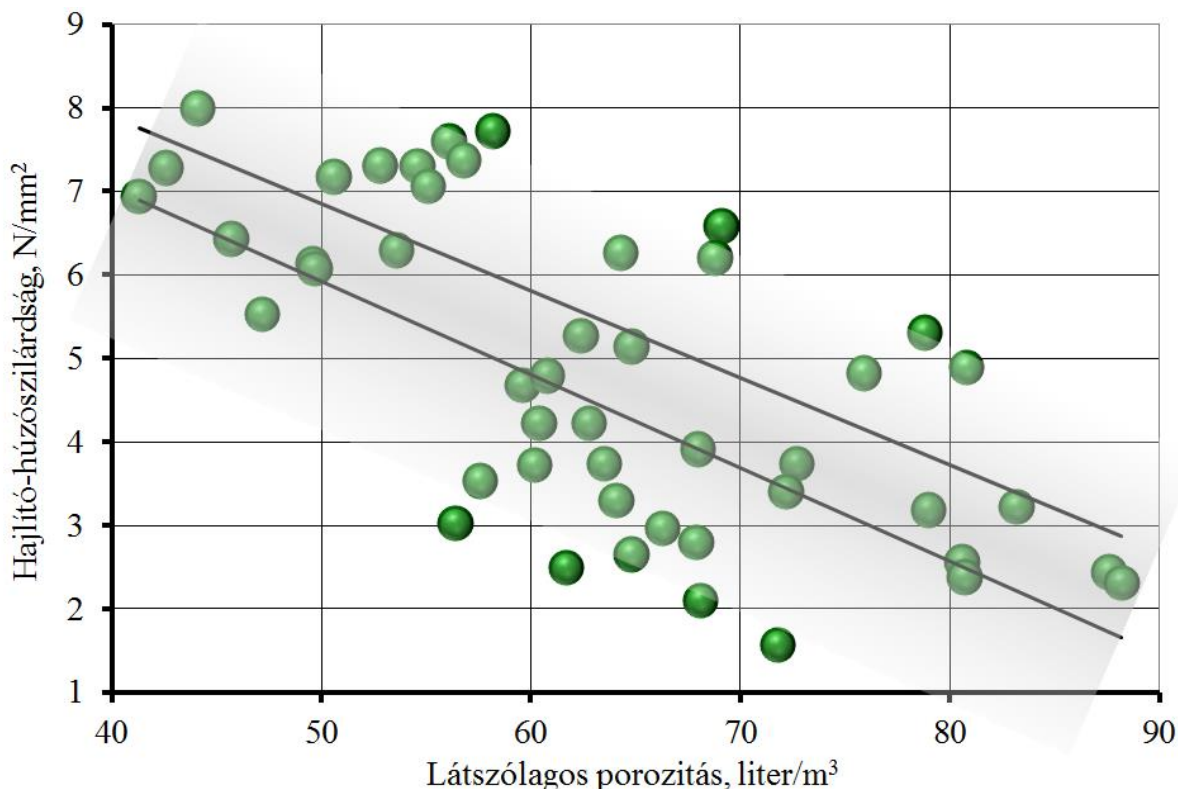
A beton szilárdságát és tartósságát jelentős mértékben befolyásolja a beton tömörsége, hézagtartalma, lényegében levegőtartalma. „A beton próbatest nyomószilárdság vizsgálati eredményét a próbatest hiányos tömörítése miatti levegőtartalom jelentős mértékben rontja a jól tömörített betonhoz viszonyítva. Minden 1% levegőtartalom-növekmény a beton nyomószilárdságának – jó közelítéssel – 4-5 százalékos csökkenését okozza...”, olvasható a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány 8.2.1.4. szakaszának NAD 8.8 megjegyzésében és az MSZ 4798:2016 szabvány 5.4.5. szakaszának (1) bekezdésében.

Például, ha a jól tömörített, ezért friss állapotban 1,0 térfogat% levegőt tartalmazó betonkockák átlagos nyomószilárdsága 28 napos korban 38 N/mm<sup>2</sup>, akkor az ugyanebből a betonkeverékből készített, de hiányosan tömörített, és ezért 3,5 térfogat% levegőt tartalmazó betonkockáké átlagosan várhatóan csak  $(1 - (3,5 - 1,0) \times 4,5/100) \times 38 = (1 - 0,1125) \times 38 = 0,8875 \times 38 = 33,7$  N/mm<sup>2</sup> körüli érték lesz.

A látszólagos porozitás függvényében a beton nyomószilárdsága változásának tendenciáját a 19.1. ábrán, hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciáját a 19.2. ábrán mutatjuk be. E betonok összetétele igen változatos volt (lásd a látszólagos porozitás fogalmát e könyv 1.4. fejezetében), a szilárdságvizsgálatok vegyesen tárolt, 28 napos, 70×70×250 mm méretű próbahasábon készültek. Mind a hajlító-húzószilárdság, mind a hajlított félhasábok nyomószilárdság vizsgálatának az MSZ 4715-4:1987 szabvány képezte az alapját (Kausay 1998).



**19.1. ábra:** Példa a beton nyomószilárdsága változásának tendenciájára a látszólagos porozitás függvényében (Kausay 1998)



**19.2. ábra:** Példa a beton hajlító-húzószilárdsága változásának tendenciájára a látszólagos porozitás függvényében (Kausay 1998)

Megjegyezzük, hogy a bevitt légbuborékok is csökkentik a beton szilárdságát, de az apró, ún. „hatékony légbuborékok”, amelyek átmérője 0,01-0,30 mm, kevésbé rontják azt, mint a nagyobb méretűek.



*Balázs György* (1983) megállapította, hogy adott pépigényű adalékanyagból készített, adott víz-cement tényezőjű, különböző péptartalmú, jól tömörített betonkeverékek közül mindig a telített beton levegőtartalma a legkisebb.

*Ujhelyi János* (2005) megadta a különböző víz-cement tényezőjű, 28 napos korú és a teljesen hidratált cementpépek várható levegőtartalmát.

*Palotás László* (1938, 1952, 1961) a friss beton levegőtartalmának, porozitásának hatását a beton nyomószilárdságára a konzisztenciától függetlenül – a víz-cement tényező törvényt kitágítva – a víz-levegő-cement tényezővel vette figyelembe, és azt beépítette szilárdságbecslő betontervezési képletébe. *Weiss György* (*Weisz* 1952) hangsúlyozta, hogy ha a beton nem dolgozható be olyan tömören, hogy a fölös, elpárolgó víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű pórus maradjon a betonban, akkor az ilyen, egyéb pórust is tartalmazó – például kellőképpen nem tömörített vagy földnedves konzisztenciájú – beton jellemzésére a víz-levegő-cement tényezőt kell használni.



### 19.1. FRISS BETON BENNMARADT LEVEGŐTARTALMA

Az építési célnak – beleértve a tartósságot is – csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű, zárványmentes beton felelhet meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. A szokványos (közönséges, normál) friss betonok bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) megengedett értéke a környezeti osztályok függvényében a 10.2. táblázatban található. A 10.3. táblázatban a légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2, XF3, XF4 környezeti osztály) esetén megkövetelt összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) található.

A beton tényleges átlagos levegőtartalmának nem szabad a tervezett levegőtartalomnál nagyobbnak, fagyálló, vagy fagy- és olvasztósó-álló beton esetén kisebbnek lennie, illetve ezt a követelményt az előírt megengedett tőrésel kell teljesítenie.

A bedolgozott friss beton – akár légbuborékképző adalékszerrel akár anélkül készül – levegőtartalmának egyedi vizsgálati eredménye legfeljebb 1,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint az előírt határérték. Ezt azért kell korlátozni, mert minden 1,0 térfogat% többlet levegőtartalom 10% nyomószilárdság csökkenést okoz, a többlet levegőtartalom csökkenti a húzószilárdságot, csökkenti a rugalmassági modulust, következésképpen növeli az alakváltozásokat és a vasbeton repedéstágasságát. Az 1,5 térfogat% többlet levegőtartalom a megengedett 1,5 tömeg% testűrűség hiánnyal egyenértékű.

Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel a fenti feltételek nem teljesíthetők, akkor vagy a tömörítés módját kell megváltoztatni vagy a betonösszetételt kell áttervezni.

A bedolgozott friss beton levegőtartalmát *számítással* vagy *méréssel* határozhatjuk meg. A számításos módszer a friss beton levegőtartalma meghatározásának közvetett, a mérési módszer a közvetlen eljárása.

#### 19.1.1. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása számítással

A bedolgozott *friss beton levegőtartalmát* ( $V_{L, \text{test}}$ ) a bedolgozott friss beton tényleges (mért) és tervezett testsűrűségének hányadosából, valamint az összetevők tervezett tömege és sűrűsége, illetve testsűrűsége hányadosából, azaz az összetevők térfogatából lehet *kiszámítani*.

Az 1 m<sup>3</sup> térfogatú bedolgozott friss beton  $V_{L, \text{test}}$  tényleges (tapasztalati) levegőtartalma a friss beton tényleges és tervezett testsűrűsége, a beton tervezett cementtartalma, tervezett víz-cement tényezője, tervezett adalékanyagtartalma, valamint a cement anyagsűrűsége és az adalékanyag testsűrűsége alapján – feltételezve, hogy a beton keverési aránya a tervezettnek megfelel – a következőképpen számítható ki:

$$V_{L, \text{test}} = 1000 - \frac{\rho_{\text{friss beton tapasztalati}}}{\rho_{\text{friss beton tervezett}}} \cdot (1000 - V_L) =$$

$$= 1000 - \frac{\rho_{\text{friss beton, test}}}{\rho_{\text{friss beton}}} \cdot \left( \frac{1000 \cdot M_c}{\rho_c} + x \cdot M_c + \frac{1000 \cdot M_a}{\rho_a} \right) \quad [\text{liter} / \text{m}^3]$$

ahol:

- $V_{L, \text{test}}$  = a bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalma, liter/m<sup>3</sup>
- $\rho_{\text{friss beton, test}}$  = a bedolgozott friss beton tényleges testsűrűsége, kg/m<sup>3</sup>
- $\rho_{\text{friss beton}}$  = a bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége, kg/m<sup>3</sup>
- $M_c$  = a beton tervezett cementtartalma, kg/m<sup>3</sup>
- $x$  = a beton tervezett víz-cement tényezője
- $M_v = x \cdot M_c$  = a keverővíz tervezett tömege, kg/m<sup>3</sup>

$M_a$	= a beton tervezett adalékanyagtartalma, $\text{kg/m}^3$
$\rho_c$	= a cement anyagsűrűsége, $\text{kg/m}^3$
$\rho_a$	= az adalékanyag keverék szemeinek súlyozott testsűrűsége kiszáritott állapotban, $\text{kg/m}^3$ :

$$\rho_a = \frac{1}{\left( \frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \dots \right)} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$\alpha, \beta, \gamma \dots$  = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók tömegaránya, 0 és 1 közé eső nevezetlen szám, és  $\alpha + \beta + \gamma + \dots = 1,0$

$\rho_\alpha, \rho_\beta, \rho_\gamma \dots$  = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók szemeinek átlagos testsűrűsége kiszáritott állapotban,  $\text{kg/m}^3$

$V_L$  = a bedolgozott friss beton tervezett levegőtartalma, liter/ $\text{m}^3$ :

$$V_L = 1000 - \left( \frac{1000 \cdot M_c}{\rho_c} + x \cdot M_c + \frac{1000 \cdot M_a}{\rho_a} \right) \quad [\text{liter/m}^3]$$

A  $\rho_a$  súlyozott testsűrűséget kell használni az adalékanyag keverékre akkor is, ha annak természetes adalékanyag frakciói különböző fajtájú kőzetek (például homok, kavics, mészkő, andezit vagy bazalt zúzottkő stb.).

A bedolgozott friss beton levegőtartalmát az ASTM C138/C138M:2017 szabványban a fenti

$$\begin{aligned} \text{Levegőtartalom} \% &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} \times 100 = \\ &= \frac{\text{Beton térfogata} - \text{Betonösszetevők térfogata}}{\text{Beton térfogata}} \times 100 \end{aligned}$$

összefüggéssel számítják ki, tehát a friss beton levegőtartalmának közvetett, számításos meghatározása során az ASTM C138/C138M:2017 szabványjelzetre akár hivatkozni is lehet.

Légbuborékképzővel készített beton esetén a levegőtartalom kiszámítása nem elég, a friss beton levegőtartalmát meg kell mérni (MSZ 4798:2016 szabvány O melléklete).

Az alábbiakban a friss beton levegőtartalmának számítására néhány példát mutatunk be:

*1. példa:* Az XF3 környezeti osztályú,  $M_c = 320 \text{ kg/m}^3$  tervezett cementtartalmú,  $x = 0,5$  tervezett víz-cement tényezőjű,  $M_a = 1810 \text{ kg/m}^3$  tervezett adalékanyag-tartalmú, 5,1 térfogat% tervezett összes levegőtartalmú, bedolgozott állapotban  $\rho_{\text{friss beton}} = 2290 \text{ kg/m}^3$  tervezett és  $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2278 \text{ kg/m}^3$  tényleges testsűrűségű, légbuborékos friss beton tényleges levegőtartalma ( $V_{L, \text{test}}$ , illetve  $V_{L, \text{test}} \%$ ), ha a cement anyagsűrűsége  $\rho_c = 3100 \text{ kg/m}^3$ , és az adalékanyag keverék testsűrűsége  $\rho_a = 2640 \text{ kg/m}^3$ :

$$\begin{aligned} V_{L, \text{test}} &= 1000 - \frac{2278}{2290} \cdot \left( \frac{1000 \cdot 320}{3100} + 0,5 \cdot 320 + \frac{1000 \cdot 1810}{2640} \right) = \\ &= 1000 - 0,995 \cdot (103,23 + 160 + 685,61) = 56,1 \quad [\text{liter/m}^3] \\ V_{L, \text{test}} \% &= 100 \cdot \frac{V_{L, \text{test}}}{1000} = 5,61 \quad [\text{térfoga}\%] \end{aligned}$$

ahol:

- a cement által elfoglalt tervezett térfogat:  $V_c = 320/3,1 = 103,23$  liter,
- a víz által elfoglalt tervezett térfogat:  $V_v = 160$  liter,
- az adalékanyag által elfoglalt tervezett térfogat:  $V_a = 1810/2,64 = 685,61$  liter,
- a betonösszetevők által elfoglalt tervezett térfogat:  $V_c + V_v + V_a = 948,84$  liter,
- a tervezett levegőtartalom:  $V_L = 1000 - 948,84 = 51,16$  liter, azaz 5,1 térfogat%,
- a betonösszetevők által ténylegesen elfoglalt térfogat:  $0,995 \times (V_c + V_v + V_a) = 943,87$  liter, minthogy a bedolgozott friss beton tapasztalati és tervezett testsűrűségének hányadosa:  $r = \rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}} = 2278/2290 = 0,995$ ,
- a tényleges levegőtartalom:  $V_{L, \text{test}} = 1000 - 943,9 = 56,1$  liter, azaz  $V_{L, \text{test}} \% = 5,6$  térfogat%,
- az összes térfogat:  $V_c + V_v + V_a + V_L = (\rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}}) \times (V_c + V_v + V_a) + V_{L, \text{test}} = 1000$  liter,
- a tényleges cementtartalom:  $(\rho_{\text{friss beton, test}} / \rho_{\text{friss beton}}) \times V_c = 0,995 \times 320 = 318,4 \text{ kg/m}^3$ .

2. *példa:* Ha a bedolgozott friss beton mért testsűrűsége  $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2435 \text{ kg/m}^3$  és a bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége  $\rho_{\text{friss beton}} = 2420 \text{ kg/m}^3$ , tervezett levegőtartalma pedig  $V_L = 20 \text{ liter/m}^3$  ( $V_L \% = 2,0$  térfogat%), akkor a bedolgozott friss beton *számított*, tényleges (tapasztalati) levegőtartalma  $V_{L, \text{test}} = 13,9 \text{ liter/m}^3$  ( $V_{L, \text{test}} \% \sim 1,4$  térfogat%). Ha nem ismerjük a tervezett levegőtartalmat, akkor a 3. *példa* szerint járhatunk el.

3. *példa:* Ha nem ismerjük a beton tervezett összetételét és testsűrűségét, akkor a beton tényleges levegőtartalmát ( $V_{L, \text{test}}$ , illetve  $V_{L, \text{test}} \%$ ) például az építéshelyen készített próbakockákból meghatározott tapasztalati friss beton testsűrűségéből ( $\rho_{\text{friss beton, test}}$ ) és cementtartalomra vetített keverési tömegarányból határozhatjuk meg. A cementtartalomra vetített keverési tömegarányt a következő összefüggésből kapjuk meg:

$$v : c : a = \frac{M_{\text{víz}}}{M_{\text{cement}}} : \frac{M_{\text{cement}}}{M_{\text{cement}}} : \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{M_{\text{cement}}} = x : 1 : \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{M_{\text{cement}}}$$

ahol  $x$  a víz-cement tényező.

Legyen a friss beton mért testsűrűsége  $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2400 \text{ kg/m}^3$  és a keverési tömegaránya  $v:c:a = 0,5:1:6,5$ . Kérdés, hogy mekkora a bedolgozott friss beton levegőtartalma, ha a cement anyagsűrűsége  $\rho_c = 3,1 \text{ kg/liter}$ , a vízé  $\rho_v = 1,0 \text{ kg/liter}$ , az adalékanyag testsűrűsége  $\rho_a = 2,64 \text{ kg/liter}$ , a beton cementtartalma pedig  $c = 2400/(0,5 + 1,0 + 6,5) = 300 \text{ kg/m}^3$ . A bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalma ( $V_{L, \text{test}}$ , illetve  $V_{L, \text{test}} \%$ ):

$$\begin{aligned} V_{L, \text{test}} &= 1000 - \left[ \frac{300}{3,1} + \frac{0,5 \cdot 300}{1,0} + \frac{6,5 \cdot 300}{2,64} \right] = \\ &= 1000 - (96,8 + 150 + 738,6) = 14,6 \quad [\text{liter/m}^3] \\ V_{L, \text{test}} \% &= 100 \cdot \frac{V_{L, \text{test}}}{1000} = 1,46 \quad [\text{térfogat}\%] \end{aligned}$$

4. *példa:* A 3. *példa* szerinti betonhoz a fagyállóság érdekében légbuborékképző adalékszert adtunk, ezért a friss beton testsűrűsége  $\rho_{\text{friss beton, test}} = 2300 \text{ kg/m}^3$ , cementtartalma pedig  $c = 2300/(0,5 + 1,0 + 6,5) = 287,5 \text{ kg/m}^3$  lett.

A bedolgozott légbuborékos friss beton tényleges levegőtartalma ( $V_{L, \text{test}}$ , illetve  $V_{L, \text{test}} \%$ ):

$$V_{L,\text{test}} = 1000 - \left[ \frac{287,5}{3,1} + \frac{0,5 \cdot 287,5}{1,0} + \frac{6,5 \cdot 287,5}{2,64} \right] =$$

$$= 1000 - (92,7 + 143,8 + 707,8) = 55,7 \quad [\text{liter} / \text{m}^3]$$

$$V_{L,\text{test}} \% = 100 \cdot \frac{V_{L,\text{test}}}{1000} = 5,57 \quad [\text{térfogat}\%]$$

### 19.1.2. A bedolgozott friss beton levegőtartalmának meghatározása méréssel

A bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalmát *méréssel* szokványos (normál, közönséges) beton és nehézbeton esetén az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány, könnyűbeton esetén az ASTM C173/C173M:2016 szabvány szerint kell meghatározni.

Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti ún. nyomásmódszert a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.2. szakasza is leírta. A nyomásmódszer a *Boyle<sup>117</sup>-Mariotte<sup>118</sup>* törvényen alapul, amely szerint a cseppfolyósítási hőmérsékletüknél jóval nagyobb hőmérsékletű valódi gázok (mint például a levegő) nyomásának ( $p$ ) és térfogatának ( $v$ ) szorzata állandó ( $p \times v = \text{konstans}$ ).

A szabványos nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú betömörített friss beton fölé vízréteget kell önteni, ezután a készülékben meghatározott mértékű légnyomást kell létrehozni, majd a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése megfelelő skálabeosztás esetén a levegőtartalmat adja meg térfogatszázalékban.

A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék nyomástartó edényébe kell tölteni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként kell kiszámítani, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %. A levegőtartalmat térfogatszázalékban fejezzük ki.

Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti levegőtartalom vizsgáló készüléknek két változata van. Az „A” típusú készülék víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri; a „B” típusú készülék levegőnyomással működik, és a térfogatsökkenést méri. A készülékeket 8 literes és kisebb kivitelben gyártják, a 8 literes készülékek 63 mm legnagyobb szemnagyságig használhatók. A friss beton levegőtartalmának mérésére Európa-szerte a „B” típusú készülék terjedt el.

Angol nyelvterületen az „A” típusú vizsgálati módszer neve „Air Meter Type A”, a „B” típusú vizsgálati módszer neve „Air Meter Type B”, német nyelvterületen az „A” típusú vizsgálati módszert „Wassersäulenverfahren”-nek (vízoszlop módszernek), a „B” típusú

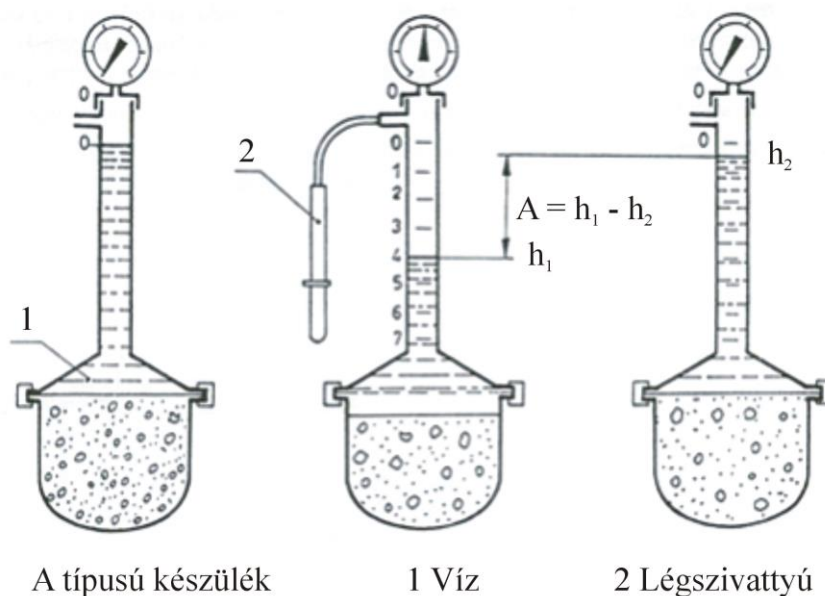
<sup>117</sup> Robert Boyle (1627, Lismore Castle, Írország – 1691, London) angol fizikus és kémikus, az oxfordi egyetem professzora, a hidrogén-gáz első előállítója (1671). Elsőként írta le, hogy a gázok térfogata fordítottan arányos a rájuk ható nyomással (*Boyle-Mariotte* törvény). Londoni laboratóriuma volt az első tudományos kémiai kutatóhely (*Simonyi, 1978*).

<sup>118</sup> Edme Mariotte (1620, Dijon – 1684, Párizs) francia fizikus, a Francia Tudományos Akadémia alapító tagja. A *Mariotte*-cső feltalálásával bebizonyította, hogy a gázok, így a levegő is összenyomható. Erre alapozva *Robert Boyle*tól függetlenül ő is felírta a *Boyle-Mariotte* törvényt. A *Mariotte*-csövet – egyik végén zárt, hajlított, J-alakú cső, amelynek ívében lévő higanyoszlop a külső nyomást a cső végébe zárt légoszlopra közvetíti – *Edme Mariotte* manométerként is alkalmazta. Tiszteletből az egyik Hold-kráteret *Mariotte*-ról nevezték el (*Simonyi, 1978*).

vizsgálati módszert „Druckausgleichungsverfahren”-nek (nyomáskiegyenlítéses módszernek) nevezik.

Az „A” típusú készülék (19.3. ábra) összeállítása után a készülék csövét az MSZ EN 12350-7:2009 szabványban leírt módon vízzel kell feltölteni, és szintjét a cső tetején lévő szeleppel a 0 jelzésre kell állítani. A készülékben a kézi légszivattyúval megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást kell létesíteni, és le kell olvasni a  $h_1$  vízszintet. Ezután a cső tetején lévő szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni és a  $h_2$  vízszintet le kell olvasni. A levegőtartalom az  $A = h_1 - h_2$  vízszintkülönbséggel arányos.

Ha a készülékben lévő nyomást a légszivattyú segítségével a légköri 1 at abszolút nyomásról 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott  $\Delta v = h_1 - h_2$  térfogatváltozás a levegőtartalom fele ( $v/2$ ). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha azon  $0,5 \text{ cm}^3$ -t jelölnek  $1,0 \text{ cm}^3$ -rel.



**19.3. ábra:** „A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék rajza a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban

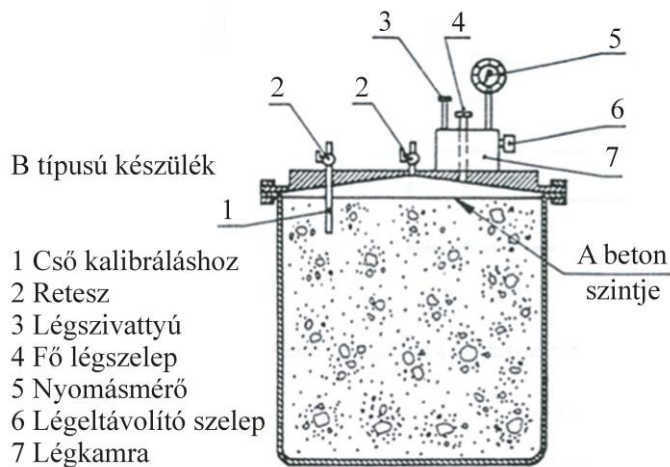
Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány „A” típusú készülékes levegőtartalom-mérési ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha egy laboráns ismétlési feltétel mellett két friss beton levegőtartalom-mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 0,4 térfogatszázalék;
- ha két laboráns (például transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett egy-egy friss beton levegőtartalom-mérést végez, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint 1,3 térfogatszázalék.

A visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint az „A” típusú vizsgálat két egyedi mérési eredményből akkor szabad számtani átlagot képezni, ha közöttük az eltérés legfeljebb 0,2 térfogat%.

A „B” típusú készülék (19.4. ábra) összeállítása után el kell zárni a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet, és ki kell nyitni a fedélen lévő nyílások reteszait. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül addig kell vizet tölteni, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik. Ezt követően a légkamra szelepét el kell zárni, és a kézi légszivattyúval annyi levegőt kell a légkamrába nyomni, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10 másodperc múlva a légnyomásmérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre kell visszaállítani a

levegő be vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét el kell zárni, majd ki kell nyitni. Miután beállt a nyugalmi állapot, a nyomásmérő számlapján le kell olvasni a levegőtartalmat térfogatszázalékban, ha beosztása ennek megfelelő. Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.



**19.4. ábra:** „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék rajza a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban

Az eredeti *Tonindustrie* készülék  $v = 80 \text{ cm}^3$  térfogatú légekamrájában a levegő nyomását a kézi légszivattyú segítségével  $p_0 = 3,5$  at abszolút nyomásra kell növelni. A betonban lévő ismeretlen térfogatú ( $V_{\text{levegő}}$ ) levegő nyomása a légköri 1 at abszolút nyomásnak felel meg. A légekamra és az edény összenyitása után a  $(v + V_{\text{levegő}})$  ösztérfogatban uralkodó nyomás  $p$ , amiből a beton levegőtartalma ( $V_{\text{levegő}}$ ) kiszámítható. Ha az edény térfogata 8 liter, akkor:

$$p_0 \times v + 1 \times V_{\text{levegő}} = p \times (v + V_{\text{levegő}})$$

$$3,5 \times 80 + V_{\text{levegő}} = p \times 80 + p \times V_{\text{levegő}}$$

$$V_{\text{levegő}} = \frac{280 - 80 \times p}{p - 1} \quad [\text{cm}^3]$$

$$V_{\text{levegő}} \% = 100 \times \frac{V_{\text{levegő}}}{8000} = \frac{V_{\text{levegő}}}{80} \quad [\text{térfogat \%}]$$

Az újabb készülékek manométerének skáláján a  $p$  nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.

A visszavont MSZ 4714-2:1986 szabványban azt írták, hogy a „B” típusú vizsgálat eredményét két olyan egyedi mérési eredmény számtani átlagaként kell képezni, amelyek között az eltérés legfeljebb 1,0 térfogat%.

Tapasztalat szerint a 8 literes szabványos levegőtartalom mérő készülék henger alakú edényében (a 150 mm élhosszúságú próbakocka erre kevésbé alkalmas) pontosan mért testsűrűségből a keverési arány (beton összetétel) ismeretében számított levegőtartalom (lásd az alábbi 3. példát) igen jól egyezik az időigényesebb nyomásmódszeres mérés eredményével.

A levegőtartalom mérés és számítás módját, az ellenőrzések helyét (független laboratórium, keverő telep, bedolgozási helyszín) célszerű a megvalósítási szerződésben rögzíteni.

Az ASTM szabványok közül a friss beton levegőtartalmának a fenti közvetlen, nyomásmódszeres meghatározásával az ASTM C231/C231M:2017 szabvány foglalkozik.

A bedolgozott szokványos friss betonok és adalékanyagok friss könnyűbetonok levegőtartalmát *térfogatméréssel* az ASTM C173/C173M:2016 szabvány szerint lehet meghatározni (19.5. ábra). A mérőeszköz két részből áll. Az alsó edény térfogata legalább 20 liter, átmérője



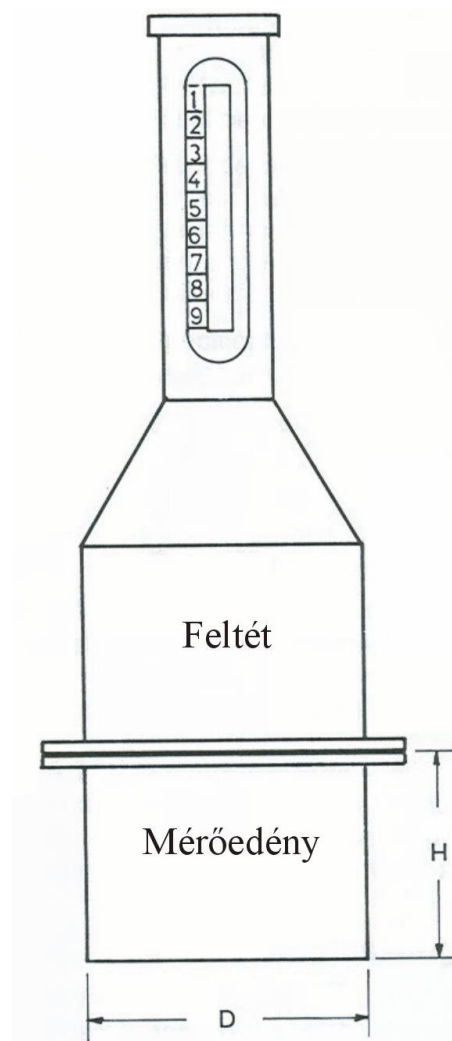
a magasság 1,00-1,25-szorosa. Az alsó edényre légmentesen köthető feltét térfogata az edény térfogatánál legalább 20%-kal nagyobb. A feltét felül nyitott, sapkával zárható üveg vagy átlátszó műanyag nyakrészén skála található. A vizsgálat során az alsó edényt három rétegben kell betonnal megtölteni, és a betont a döngölővel rétegenként 25 ütéssel, végül az edény oldalának 10-15-szöri megütésével be kell tömöríteni. Ezután a feltétet rá kell erősíteni az alsó edényre, és a nyakrészt a skála 0 jeléig vízzel fel kell tölteni. Miután a nyakrészt a sapkával lezárták a mérőeszközt addig kell rázni és görgetni, amíg a levegő a betonból ki nem szökik. A nyugalmi állapot elérése után a nyakrészről a sapkát le kell csavarni, és a vízbe 70%-os izopropil-alkoholt kell csöpögtetni, amíg a víz felszine buborékmentes nem lesz. A levegőtartalmat a vízszintnek a skálán leolvasott, a hozzáadott izopropil-alkohol magasságával korrigált értéke adja. Az amerikai térfogatméréses friss beton levegőtartalom vizsgálati módszer a DAfStb-Heft 422:1991 kiadványban is olvasható.

*Palotás* professzor könyvének (*Palotás – Balázs* 1980) 127-128. oldalán olvashatjuk, hogy a kissé képlékeny és lágyabb friss betonok levegőtartalma *térfogatos módszerrel* hazánkban is vizsgálható volt. Mérőeszközü a VEBE-méteres ejtőkengyeles konzisztenciavizsgáló készülék szolgált. A levegőtérfogatot az ejtőkengyeles mérőedényben a levegőtartalmú (átformálási ütések előtti) és a levegőtartalom nélküli (átformálási ütések utáni) beton térfogatának különbségeként határozták meg, és a levegőtartalmú beton térfogatára vonatkoztatták. A térfogatos levegőtartalom mérési módszert a visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 7.2. szakaszában is leírták, európai szabvány sincs rá.

A földnedves és kissé képlékeny friss betonok levegőtartalmának építéshelyi, térfogatos meghatározására annak idején a VEBE-méteres ejtőkengyeles készülék edényéhez hasonló alakú és erőteljes felépítésű, de sima fenekű edényt használtak (*Palotás – Balázs* 1980).



Forrás: Essroc Italcementi Group,  
<https://www.youtube.com/watch?v=ChNCbAbqjzs>



**19.5. ábra:** Friss betonok levegőtartalmának ASTM C173/C173M:2016 szabvány szerinti mérése (görgetés) és mérőeszköze

A friss beton levegőtartalmának ASTM C173/C173M:2016 szabvány és MSZ 4714-2:1986 szabvány szerinti meghatározása voltaképpen ugyanazon az alapon nyugszik, mint az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti levegőtartalom-meghatározás a „B” típusú készülékkel. Ezen eljárások mindegyike térfogatmérésen alapszik, csak a mérés módja és pontossága más. Az ASTM C173/C173M:2016 szabvány szerinti mérés két érvényes leolvasása között legfeljebb 0,25 térfogat% eltérést engednek meg. Az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint két egyedi mérés eredménye között az eltérés ne legyen több, mint 1,0 térfogat%. Az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerint a „B” típusú készülék kalibrálása során két egyedi mérés eredménye között a megengedett eltérés 0,1 térfogat%, e szabvány kidolgozása idején a „B” módszer ismétlési és összehasonlítási feltételeit nem ismerték.

**19.2. MEGSZILÁRDULT BETON LÉGBUBORÉKTARTALMA, TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJE**

A *légbuboréktartalom* – az akaratumk ellenére létrejött légpórustartalomtól megkülönböztetve – a cementkőben lévő, a légbuborékképző adalékszer hatására keletkezett, hatékony eloszlású levegő mennyiségének a neve (MSZ 4798:2016), amely a beton fagy- és olvasztósó-állóságát elősegíti, és amelyet *bevitt* vagy *képzett levegőnek* is neveznek.

A beton tartósságának egyik feltétele a fagyállóság. A megszilárdult beton pórusaiban lévő víz téli hidegek alkalmával – számos tényezőtől befolyásolva – megfagy, és a betont szétrepeszti. A 40° földrajzi szélesség fok felett gyakran előforduló kemény teleknek a légbuborékképző adalékszer nélkül készült autópálya- és repülőtéri pályabetonok stb. általában nem képesek ellenállni. Az utak téli olvasztósózása – az acélbetét-korrodáló hatásról nem is szólva – a beton fagykárosodását tovább növeli. A betonban a sóoldat-koncentráció nem egyenletes, a különböző sóteltettségű rétegek fagyáspontja különböző. A sódúsabb, később megfagyó közbenső réteg jég és kapilláris nyomása lerepeszti a fölötte lévő, már fagyott, sószegényebb réteget (réteges felfagyás) (Balázs 1997).

A fagykárosodást okozó víztartalom határértékét *kritikus víztelítettségnek* nevezik (Fågerlund 1973). A kritikus víztelítettségű betonban a fagy- és olvasztósó-kár legegyszerűbben és legbiztosabban csak akkor kerülhető el, ha légbuborékképző adalékszerrel elegendő mennyiségű, egyenletes eloszlású és kellően apró, vízzel ki nem töltődő *légbuborékot* képezünk a betonban. A légbuborékok mennyiségét a megszilárdult beton térfogat%-ában szokás kifejezni.

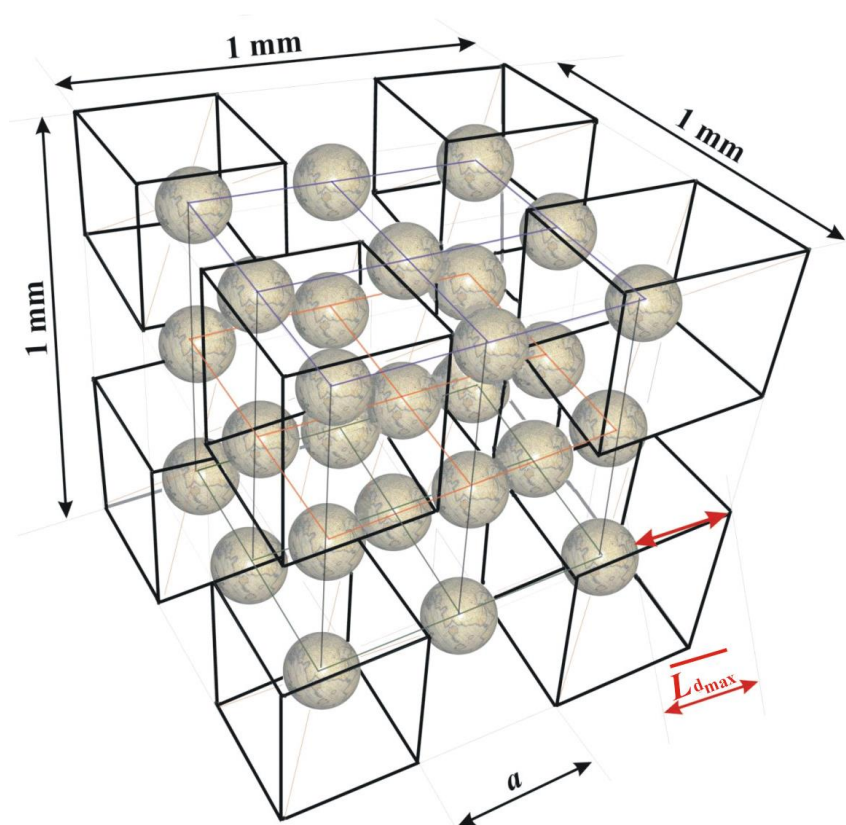
A légbuborékok átmérője általában legfeljebb 0,75 mm. Mennyiségük jele:  $A_{750}$  vagy például német nyelvterületen:  $L_{750}$ . A közel gömb alakú légbuborékoknak – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek átmérője mintegy 0,01 mm és 0,30 mm közé esik. A hatékony légbuborék kritikus víztelítettség mellett sem telik meg vízzel. A mikrolégbuborékoknak is nevezett hatékony légbuborékok mennyiségét  $A_{300}$  vagy például német nyelvterületen  $L_{300}$  jellel jelölik.

A légbuborékszerkezet vizsgálata egy olyan idealizált cementkő-modellt feltételez, amelyben egyforma méretű, gömb alakú,  $D$  átmérőjű, ún. helyettesítő légbuborékok egyenletes eloszlásban, köbös térrácsban helyezkednek el, és az idealizált légbuborékszerkezetnek ugyanakkora az összes térfogata és a térfogati fajlagos felülete, mint a tényleges légbuborékszerkezetnek (19.6. ábra).

Ebben a cementkő-modellben a *távolsági tényező* (jele:  $\overline{L_{d_{max}}}$ , mm-ben) a *térrács átlója* mentén egymás mellett fekvő,  $D$  névleges átmérőjű két helyettesítő légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (19.7. ábra). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy buborékfelszínhez érjen.

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló, XF2 – XF4 környezeti osztályú *friss beton* összes levegőtartalmának az MSZ 4798.2016 szabványban előírt legkisebb értéke e könyv 10.3. táblázatában található.

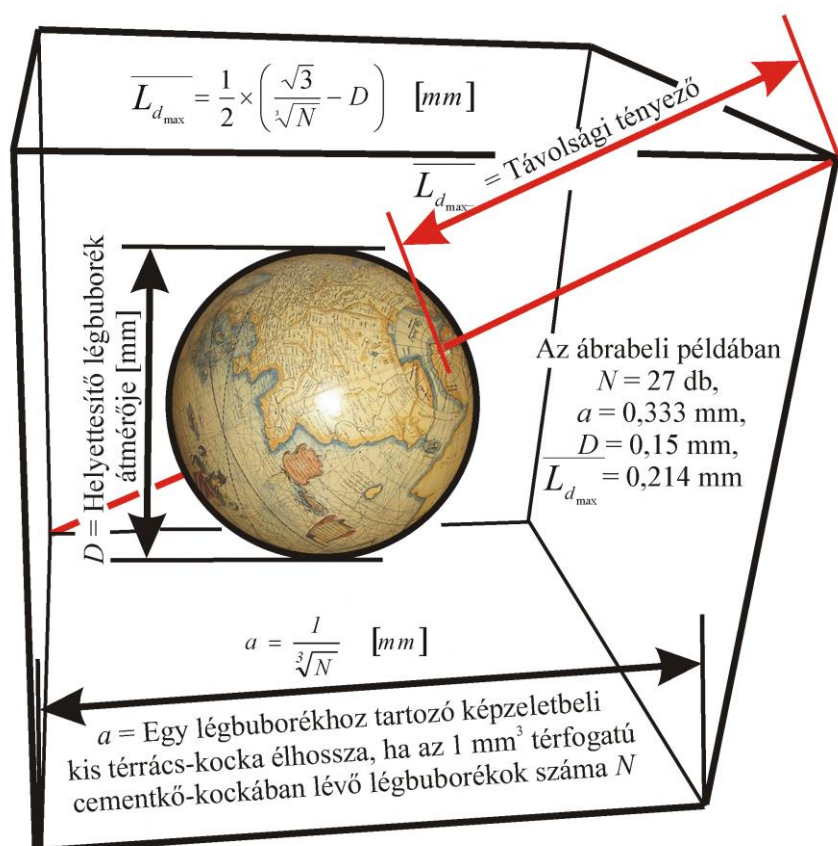
Ha az érdekelt felek a bedolgozott friss betonon mért vagy számított levegőtartalom kimutatásával nem elégszenek meg, vagy megegyeznek a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat elhagyásában, vagy egyéb szempontok szólnak mellette, akkor a beton megfeleléségének igazolásához a *megszilárdult beton* próbatestből (vagy ritkán a kész szerkezetből vett magmintákból, ugyanis az értékeléshez ismerni kell a beton pontos összetételét is) kimunkált és megcsiszolt próbalemezeken kell a *légbuborékok távolsági tényezőjét és mennyiségét* az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálattal meghatározni. A vizsgált beton 42 naposnál ne legyen idősebb.



**19.6. ábra:** Idealizált cementkő-modell kőbős térrácsban elhelyezkedő helyettesítő légbuborék szerkezettel

Az 1 mm<sup>3</sup> térfogatú képzelt cementkő-kockában kőbős térrács szerint elhelyezkedő, az ábrabeli példában  $D = 0,15$  mm névleges átmérőjű helyettesítő légbuborékok száma:  $N = 27$  db.

Egy légbuborékot befoglaló kis térrács-kocka élhossza:  $a = N^{-1/3} = 0,333$  mm.



**19.7. ábra:**

A  $D = 0,15$  mm átmérőjű helyettesítő légbuborék térfogateleme és az  $\overline{L_{150}} = 0,214$  mm távolsági tényező a 19.6. ábra szerinti példa alapján.

A távolsági tényező:  $\overline{L_{150}} = 0,214$  mm. Az ábrabeli távolsági tényező az XF2 és XF3 környezeti osztályban még elfogadható érték (MSZ 4798:2016).

A megszilárdult beton légbuborékszerkezete akkor megfelelő, ha

- a távolsági tényező az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázatában az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,22 mm-nél, az XF4 környezeti osztályú beton esetére előírt 0,18 mm-nél nem több (19.2. táblázat),
- és a hatékony, 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű légbuborékok mennyisége az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázatában az XF2 és XF3 környezeti osztályú beton esetére előírt 1,2 térfogat%-ot, az XF4 környezeti osztályú beton esetére előírt 2,1 térfogat%-ot eléri (19.2. táblázat).

A távolsági tényezőt illetően az MSZ EN 934-2:2009+A1:2012 termékszabvány az MSZ 4798:2016 szabványban előírtak átlagát követeli meg, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszerként tekintve megfelelőnek, amely a megszilárdult betonba  $\leq 0,20$  mm távolsági tényezőt hoz létre. További követelmény az MSZ EN 934-2:2009+A1:2012 szabvány szerint, hogy a légbuborékképzős friss beton összes levegőtartalma legalább 2,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint az MSZ EN 480-1:2015 szerinti légbuborékképző nélküli referencia-beton levegőtartalma az MSZ EN 12350-7:2009 szabvány szerinti nyomásmódszerekkel vizsgálva, és a friss beton összes levegőtartalma 4-6 térfogat% között legyen. A 28 napos korú, légbuborékképző adalékszerrel készült beton nyomószilárdságának el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át.

Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány NAD 10 táblázatában egyedül az XF4 környezeti osztályban írják elő a *megszilárdult betonban* 0,18 mm-nél kisebb távolsági tényezőt (AF). Elvárják, hogy az XF4 környezeti osztályban a távolsági tényező 0,16 mm-nél ne legyen nagyobb. Megkövetelik továbbá, hogy a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége (L300) a *megszilárdult betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztály esetén 1,0 – 3,0 térfogat%, az XF4 környezeti osztály esetén 1,8 – 5,0 térfogat% közé essék. Az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány 5.5.5 szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a *megszilárdult betonban* a hatékony légbuborékok mennyisége (L300) akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták. E szabvány NAD 10 táblázata arról is intézkedik, hogy ha valamely előírás nem a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű, hatékony légbuborékok mennyiségét (L300), hanem az összes légbuborék mennyiségét szabályozza, akkor a légbuborékokat 0,75 mm névleges átmérőig kell számításba venni, amelyek mennyiségének jele: L750.

Az épülő beton vagy vasbeton szerkezet betonjának légbuboréktartalmát általában az építés helyszínén közvetlenül a beépítés előtt vett betonmintából készített megszilárdult próbatestből kialakított próbalemezen helyes vizsgálni. Tudni illik meg kell győződni arról, hogy a légbuborékképző adalékszerrel készített friss betont a mixergépkocsi dobjában nem gyorsfordulattal (12/perc) keverték, ha ugyanis igen, akkor a gyors keverés hatására a betongyárban beállított légbuborék-rendszer nagy valószínűséggel tönkremegy.









### **19.3. LÉGBUBORÉKKÉPZŐS SZILÁRD, FAGYÁLLÓ BETON LÉGBUBORÉKTARTALMÁNAK ÉS TÁVOLSÁGI TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA**

A megszilárdult beton hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a megszilárdult betonból kimunkált próbalemezen kell az MSZ EN 480-11:2006 szabvány szerint meghatározni. Az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálat az ASTM C457:1998 szabványon alapul. A vizsgálat főbb eszköze a keresztmérő-asztal és a  $100\pm 10$ -szeres nagyítású sztereómikroszkóp.

**19.1. táblázat:** Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa a megszilárdult betonban lévő légbuborékok eloszlásának számítására, javított értékekkel

Oszlop		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Számítási utasítás	Osztály sor-száma	Hűr-hosszúsági osztályok határai	Hűrok száma az osztályban	Hűrok oriság, 1 mm mérő-vonal hossza és $T_{tot}$ értékkel	1 mm <sup>3</sup> beton-térfogatban lévő, osztályhatárok közötti légbuborékok átmérőjű	Hűrok száma beton mm <sup>3</sup> -enként	Légbuborékok száma az osztályban beton mm <sup>3</sup> -enként	Egy légbuborék térfogata	Légbuborék tartalom osztályonként	Összes légbuborék tartalom	
		$V_{alsó} - V_{felső}$ 1)	Mért $C_i$ darabszám	3. oszlop adata osztva $T_{tot}$ értékkel 3)	légbuborékok átmérőjű valószerűsége 1)	4. oszlop adata osztva az 5. oszlop adataival	6. oszlop adataiból kivonva a 6. oszlop következő adatait	Felső osztályhatár átmérőjű buborékok 1)	7. oszlop adata szorozva a 8. oszlop adataival és 100-zal	9. oszlop adatainak göngyölített értéke 4)	
Mértékegység		$\mu\text{m}$	db	db/mm	mm <sup>2</sup>	db/mm <sup>3</sup>	db/mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> /db	térfogat%	térfogat%	
	1.	0 - 10	65	0,02708	0,0001178	229,90945	140,483	$5,24 \times 10^{-7}$	0,007	0,01	
	2.	15 - 20	58	0,02417 jav	0,0002749	87,92288 jav	7,869 jav	$4,19 \times 10^{-6}$	0,003 jav	0,01	
	3.	25 - 30	83	0,03458	0,0004320	80,05401	6,483	$1,41 \times 10^{-5}$	0,009	0,02	
	4.	35 - 40	104	0,04333	0,0005890	73,57102	24,427	$3,35 \times 10^{-5}$	0,082	0,10	
	5.	45 - 50	88	0,03667	0,0007461	49,14444	13,161	$6,54 \times 10^{-5}$	0,086	0,19	
	6.	55 - 60	78	0,03250	0,0009032	35,98317	11,108	$1,13 \times 10^{-4}$	0,126	0,31	
	7.	65 - 80	136	0,05667	0,0022780	24,87562	13,405	$2,68 \times 10^{-4}$	0,359	0,67	
	8.	85 - 100	80	0,03333	0,0029060	11,47052	3,925	$5,24 \times 10^{-4}$	0,206	0,88	
	9.	105 - 120	64	0,02667	0,0035340	7,54575	2,341	$9,05 \times 10^{-4}$	0,212	1,09	
	10.	125 - 140	52	0,02167	0,0041630	5,20458	2,682	$1,44 \times 10^{-3}$	0,386	1,48	
	11.	145 - 160	29	0,01208	0,0047910	2,52209	0,600	$2,14 \times 10^{-3}$	0,128	1,61	
	12.	165 - 180	25	0,01042	0,0054190	1,92225	0,613	$3,05 \times 10^{-3}$	0,187	1,79	
	13.	185 - 200	19	0,00792	0,0060476	1,30906	0,623	$4,19 \times 10^{-3}$	0,261	2,05	
	14.	205 - 220	11	0,00458	0,0066760	0,68654	0,230	$5,58 \times 10^{-3}$	0,128	2,18	
	15.	225 - 240	8	0,00333	0,0073040	0,45637	0,036	$7,24 \times 10^{-3}$	0,026	2,21	
	16.	245 - 260	8	0,00333	0,0079330	0,42019	0,079	$9,20 \times 10^{-3}$	0,073	2,28	
	17.	265 - 280	7	0,00292	0,0085610	0,34069	0,114	$1,15 \times 10^{-2}$	0,131	2,41	
	18.	285 - 300	5	0,00208	0,0091890	0,22672	0,032	$1,41 \times 10^{-2}$	0,046	2,46 2)	
	19.	305 - 350	12	0,00500	0,0257200	0,19440	0,054	$2,24 \times 10^{-2}$	0,121	2,58	
	20.	355 - 400	10	0,00417	0,0296500	0,14053	0,016	$3,35 \times 10^{-2}$	0,055	2,63	
	21.	405 - 450	10	0,00417	0,0335800	0,12408	0,035	$4,77 \times 10^{-2}$	0,168	2,80	
	22.	455 - 500	8	0,00333	0,0375000	0,08889	0,072	$6,54 \times 10^{-2}$	0,471	3,27	
	23.	505 - 1000	24	0,01000	0,5910000	0,01692	0,014	$5,24 \times 10^{-1}$	0,753	4,03	
	24.	1005 - 1500	6	0,00250	0,9837000	0,00254	0,0010	1,77	0,182	4,21	
	25.	1505 - 2000	5	0,00208	1,3760000	0,00151	0,0008	4,19	0,338	4,55	
	26.	2005 - 2500	3	0,00125	1,7690000	0,00071	0,0005	8,18	0,420	4,97	
	27.	2505 - 3000	1	0,00042	2,1620000	0,00019	0,0002	$1,41 \times 10^{-1}$	0,272	5,24	
	28.	3005 - 4000	0	0,00000	5,5020000	0,00000	0,0000	$3,35 \times 10^{-1}$	0,000	5,24	

Megjegyzések:

- 1) Az 1., 2., 5., és 8. oszlop értékei minden vizsgálat esetén azonosak.
- 2) A 10. oszlopban bekeretezett adat az  $A_{300}$  értéknek felel meg.
- 3) Az 1 mm hosszon átmetszett légbuborékok száma az osztályban
- 4) A felső osztályhatárhoz tartozó értékek

A vizsgálathoz két darab mintegy  $100 \times 150 \times 40$  mm méretű vizsgálati próbalemezre van szükség, amelyeket legkorábban a beton 7 napos korában szabad a víz alatt tárolt, ismert összetételű próbakockák közepéből, a beton simított felületére merőlegesen kivágni. A próbalemezek vizsgálatra kiválasztott egyik nagyobb oldallapját finomra kell csiszolni. Az így előkészített próbalemezeket úgy kell a keresztmérő-asztalra helyezni, hogy a mérővonalak a beton simított felületével párhuzamosak legyenek.

A vizsgálat során mind a két előkészített próbalemez vizsgálati felületén három sávban, egymástól 6 mm távolságra,  $3 \times 4$  mérővonalat kell felvenni, amelyek összes hossza próbalemezenként legalább 1200 mm, a két próbalemezen összesen 2400 mm. A mérővonalakat sztereomikroszkóppal kell végig pásztázni. A leolvasások megkönnyítésére a légpórusokat és légbuborékokat is, meg lehet tölteni például cinkpéppel.

A légbuborékeloszlás meghatározását az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatában számpéldán mutatják be (19.1. táblázat). A következőkben lépésenként kövessük nyomon a légbuborékeloszlás számítását, szögletes zárójelben feltüntetve a 19.1. táblázat 18. sorában szereplő számértékeket, és az egyszerűség kedvéért a légpórusokat is légbuboréknak nevezzük.

A számításokhoz a beton összetételéből meg kell határozni a cementkő térfogatarányát, amely a cement, illetve a kötőanyag, a keverővíz és az adalékszerek térfogata összegének a beton térfogatára vetített értéke térfogat%-ban (jele:  $P$ ).

A mérés során feltételezzük, hogy a légbuborékok gömb alakúak. A sztereomikroszkóppal a mérővonalal átmetszett minden 0-4 mm közötti húrhosszúságú „cementkő-hiányt” számításba kell venni, kivéve, ha az egyértelműen repedés. (A hosszú húrokat kihagyva jobb eredmény adódik.)

- A sztereomikroszkóp segítségével le kell mérni a légbuborékok egyenkénti és összes húrhosszát ( $T_a$ ), valamint a szilárd részek (cementkő + adalékanyag) összes hosszát ( $T_s$ ) amely két utóbbi összege a mérővonalak teljes hosszát ( $T_{tot}$ ) adja.
- A két vizsgálati felületen mért húrhosszakot húrhosszúsági osztályokba kell sorolni [2. oszlop: 0,285 - 0,300 mm], és osztályonként meg kell adni a két vizsgálati felületen metszett légbuborék-húrok darabszámát (jele:  $C_i$ ) [3. oszlop: 5 db],
- majd az osztályonkénti darabszámot el kell osztani a két vizsgálati felület mérővonala hosszának összegével (esetünkben  $T_{tot} = 2400$  mm-rel) [4. oszlop: 0,00208]. Az eredmény a húroknak darabszám szerinti – a mérővonal hossza vonatkoztatott – gyakorisága, más szóval a húrok fajlagos darabszáma osztályonként, a mértékegység: db/mm.
- Nem minden légbuborékot metszenek át a mérővonalak, ezért ki kell számítani az  $1 \text{ mm}^3$  betontérfogatra jutó buborékok darabszámát. Ennek kiszámításához előbb meg kell határozni, hogy a mérővonal valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső húrhosszúságú légbuborékot milyen valószínűséggel metsz át, amely számításához valószínűségi feltételezés szükség. Annak valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húrhosszúsági osztály határértéknél kisebb húrhosszúságú légbuborékot átmetsz, egyenlő az osztály határérték átmérőjű kör területének és az  $1 \text{ mm}^3$  betontérfogat keresztmetszetének ( $1 \text{ mm}^2$ ) hányadosával. Ebből következik, miszerint annak a valószínűsége, hogy a mérővonal az  $1 \text{ mm}^3$  betontérfogatban lévő, valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső húrhosszúságú légbuborékot átmetszi, egyenlő az osztály 2,5  $\mu\text{m}$ -rel növelt felső határértékének megfelelő átmérőjű kör területének és az osztály 2,5  $\mu\text{m}$ -rel csökkentett alsó határértékének megfelelő átmérőjű kör területének  $\text{mm}^2$ -ben kifejezett különbségével [5. oszlop: 0,0091890]:

$$\frac{\pi}{4 \times 10^6} \times \{(y_{felső} + 2,5)^2 - (y_{alsó} - 2,5)^2\}$$

Az összefüggésben az osztályhatárokat azért kell 2,5 µm-rel korrigálni, mert az osztályhatárok a 19.1 táblázatban 5 µm-ra kerekítve szerepelnek. Az átmetszési valószínűség mértékegysége mm<sup>2</sup>, és a húrhosszúsági osztályhoz tartozó állandó.

- Ha a hurok fajlagos darabszámát [4. oszlop: 0,00208] elosztjuk az átmetszési valószínűséggel [5. oszlop: 0,0091890], akkor az adott osztályhatárok közé eső hurok 1 m<sup>3</sup> térfogatú betonban lévő darabszámát kapjuk meg, függetlenül attól, hogy azokat a metszővonalak metszették-e vagy sem [6. oszlop: 0,22672 db/mm<sup>3</sup>]. A 6. oszlop a hurok lehetséges összes számát, és nem a légbuborékok lehetséges összes számát tartalmazza osztályonként. Valamely légbuborék több húrhosszúsági osztály húrját tartalmazhatja, és ezért mindezen húrhosszúsági osztályokban megszámlálásra került.
- Eszerint a mérővonallal átmetszett húr a légbuboréknak nem feltétlenül az átmérője, hanem lehet a húrhossznál nagyobb átmérőjű légbuborék húrja. Így a példabeli 18. húrhosszúsági osztály a 0,285 mm-nél nagyobb átmérőjű összes légbuborék darabszámát [6. oszlop: 0,22672 db/mm<sup>3</sup>], a 19. húrhosszúsági osztály a 0,305 mm-nél nagyobb átmérőjű összes légbuborék darabszámát [6. oszlop: 0,19440 db/mm<sup>3</sup>] tartalmazza, a kettő különbsége a 18. húrhosszúsági osztályba, azaz 0,285 – 0,305 mm közé eső átmérőjű légbuborék darabszámát adja meg [7. oszlop: 0,032 db/mm<sup>3</sup>].
- Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány számpéldájában a húrhosszúsági osztályok száma 28, amelytől azonban a gyakorlatban el lehet térni annak érdekében, hogy a számpélda szerinti 6. oszlop adatai csökkenő számsort képezzenek, a 7. oszlopban pedig csak pozitív számértékek legyenek.
- Az 1 mm<sup>3</sup> betonban lévő összes légbuborék térfogatának meghatározásához osztályonként ki kell számítani a húrhosszúsági osztály felső határértékével azonos nagyságú légbuborék térfogatát [8. oszlop:  $(\pi/6) \times 0,3^3 = 0,0141$  mm<sup>3</sup>/db], amely a példától független állandó szám.
- A húrhosszúsági osztályba eső átmérőjű, 1 mm<sup>3</sup> betonban lévő légbuborékok darabszámát [7. oszlop: 0,032 db/mm<sup>3</sup>] megszorozva egy légbuborék térfogatával [8. oszlop: 0,0141 mm<sup>3</sup>/db], a húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm<sup>3</sup> betonban lévő összes légbuborék térfogatát kapjuk meg [9. oszlop: 0,00046 mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>], amelyet térfogat%-ban fejezünk ki [9. oszlop: 0,046 térfogat%], és amely tulajdonképpen a légbuborékok gyakorisága..
- A húrhosszúsági osztály felső határértékénél kisebb átmérőjű összes légbuborék mennyiségét a betonban, azaz a légbuborékeloszlás értékét, e felső és ennél kisebb határértékű húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm<sup>3</sup> betonban lévő összes légbuborék térfogatszázalékának összegeként kapjuk meg [10. oszlop: 2,41 + 0,046 = 2,46 térfogat%].
- Minthogy a szabványos felfogás szerint hatékony légbuborékoknak a 0,01 mm és 0,3 mm közé eső névleges átmérőjű légbuborékokat tekintjük, ezek mennyisége az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerinti betonban  $A_{300} = 2,46$  térfogat%, azzal a pontatlansággal, hogy az  $A_{300}$  értékből a 0,01 mm-nél kisebb névleges átmérőjű légbuborékok mennyiségét (19.1. táblázat 1. sora és 10. oszlopa szerint 0,01 térfogat%) nem vontuk le.
- A húrhosszúsági osztály utolsó, 28. sorszámú sorában a 10. oszlopban található számérték [ $A_{4000} = 5,24$  térfogat%] a legfeljebb 4 mm átmérőjű légbuborékok betonban

lévő teljes mennyiségét, azaz a névleges légbuboréktartalmat adja meg (19.1. táblázat).

A távolsági tényező ( $\overline{L_{d_{max}}}$ ) meghatározásához elő kell állítani az idealizált cementkő-modellt:

- a beton összetételéből ki kell számítani a cementkő térfogatarányát, amelyet az egyszerűség kedvéért a cement, illetve a kötőanyag, a keverővíz és az adalékszerke térfogata összegének, azaz a péptérfogatnak a beton térfogatára vetített értékeként kapunk meg, térfogat%-ban (jele:  $P$ );
- ki kell számítani cementkő térfogatarányának ( $P/100$ ) és a légbuborékok betonbeli térfogatarányának ( $A/100$ ) hányadosát ( $R = P/A$ );
- ki kell számítani a légbuborékok térfogati fajlagos felületét ( $\alpha$ ) az

$$\alpha = \frac{4 \times \sum C_i}{T_a} \quad [\text{mm}^{-1}] \quad \text{összefüggésből,}$$

amelyek felhasználásával a távolsági tényező ( $\overline{L_{d_{max}}}$ ):

$$\text{ha } R > 4,342, \text{ akkor: } \overline{L_{d_{max}}} = \frac{3 \times \left\{ 1,4 \times (1 + R)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\}}{\alpha} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{ha } R \leq 4,342, \text{ akkor: } \overline{L_{d_{max}}} = \frac{P \times T_{tot}}{400 \times \sum C_i} \quad [\text{mm}]$$

ahol:  $\sum C_i$  = a légbuborékokon mért húrok száma, db,

$T_a$  = a légbuborékokon mért összes húrhossz mm-ben, amelyet az osztályonkénti átlagos húrhosszúságok és az osztályba eső hurok darabszámából lehet kiszámítani,

$T_{tot}$  = a szilárd részeken mért összes hossz és légbuborékokon mért összes húrhossz összege, azaz a mérővonalak teljes hossza mm-ben.

Tételezzük fel, hogy a 19.1. táblázat betonját  $300 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_c = 3,0 \text{ kg/dm}^3$  anyagsűrűségű cementtel,  $148 \text{ liter/m}^3$  vízzel és  $2 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_c = 1,0 \text{ kg/dm}^3$  anyagsűrűségű légbuborékképző adalékszerrel készítették. Ha azzal a közelítéssel élünk, hogy a cementkő térfogataránya a megszilárdult betonban ugyanakkora, mint a cementpép térfogataránya a friss betonban, akkor a cementkő térfogataránya a betonban  $P/100 = 0,25$ ; a légbuborékok térfogataránya a betonban a 19.1. táblázat 28. sorszámú sorának 10. oszlopbeli adatából:  $A_{4000}/100 = 0,0524$ , amelyből a cementkő és az összes légbuborék térfogatának aránya  $R = 4,77$ .

Számításaink szerint a 19.1. táblázat példájában a légbuborékokon mért húrok száma összesen:  $\sum C_i = 999$  darab, a légbuborékokon mért húrok hossza összesen:  $T_a = 129,165$  mm, és ezekből a légbuborékok térfogati fajlagos felülete:  $\alpha = 30,937 \text{ mm}^{-1}$ , és a távolsági tényező:  $\overline{L_{4000}} = 0,147$  mm.

- Ha az  $\overline{L_{4000}} = 0,147$  mm távolsági tényezőt és a 0,3 mm-nél kisebb átmérőjű légbuborékok  $A_{300} = 2,46$  térfogat%-nyi mennyiségét a 19.2. táblázatban feltüntetett követelményekkel összevetjük, akkor megállapíthatjuk, hogy az MSZ EN 480-11:2006 szabványban szereplő számpélda alapján a feltételezéseink szerinti összetételű beton az MSZ 4798:2016 szabvány szerint mind XF3 környezeti osztályú fagyálló, mind XF2 és XF4 környezeti osztályú fagy- és olvasztósó-álló beton készítésére alkalmas.

**19.2. táblázat:** A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd beton légbuborékszerkezeti követelménye az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 10. táblázata szerint

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Távolsági tényező, $\overline{L_{d_{max}}}$ , legfeljebb, mm	0,22	0,18
0,01 mm és 0,30 mm közötti névleges átmérőjű, ún. hatékony légbuborékok mennyisége, $A_{300}$ , legalább, térfogat%	1,2	2,1

- Ha a cementkő és az összes légbuborék térfogatának aránya  $R = 4,77$ , akkor a cementkő légbuboréktartalma  $100/R = 20,96$  térfogat%. Ennek alapján az MSZ EN 480-11:2006 szabványban szereplő számpélda alapján a feltételezéseink szerinti összetételű betonból az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton egyaránt készíthető (lásd a 10.5. táblázatot).
- Végül határozzuk meg a cementkő hatékony légbuboréktartalmát. Fentiekben azt kaptuk, hogy a cementkő térfogataránya a példabeli betonban  $P/100 = 0,25$  és a 19.1 táblázat szerint a beton hatékony légbuboréktartalma:  $A_{300} = 2,46$  térfogat%. Eszerint a példabeli cementkő hatékony légbuboréktartalma:

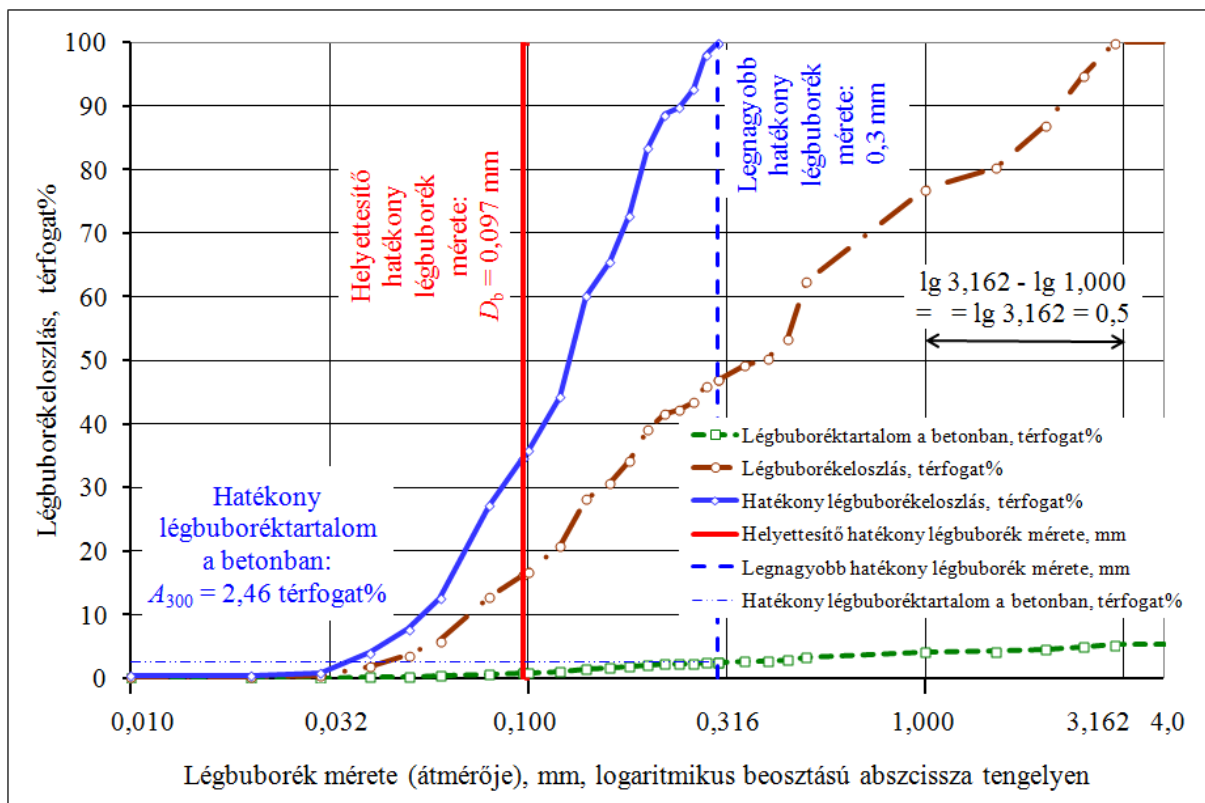
$$A_{300}^{\text{cementkő}} = \frac{A_{300}}{\frac{P}{100}} = \frac{2,46}{0,25} = 9,84 \quad [\text{térfogat}\%]$$

Ha az  $1,0 \text{ mm}^3$  térfogatú cementkőben lévő hatékony légbuborékok térfogata  $0,0984 \text{ mm}^3$  és egy helyettesítő légbuborék térfogata:  $V_b = \pi \times D_b^3 / 6 = 4,778 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ , akkor a hatékony légbuborékok mennyisége:

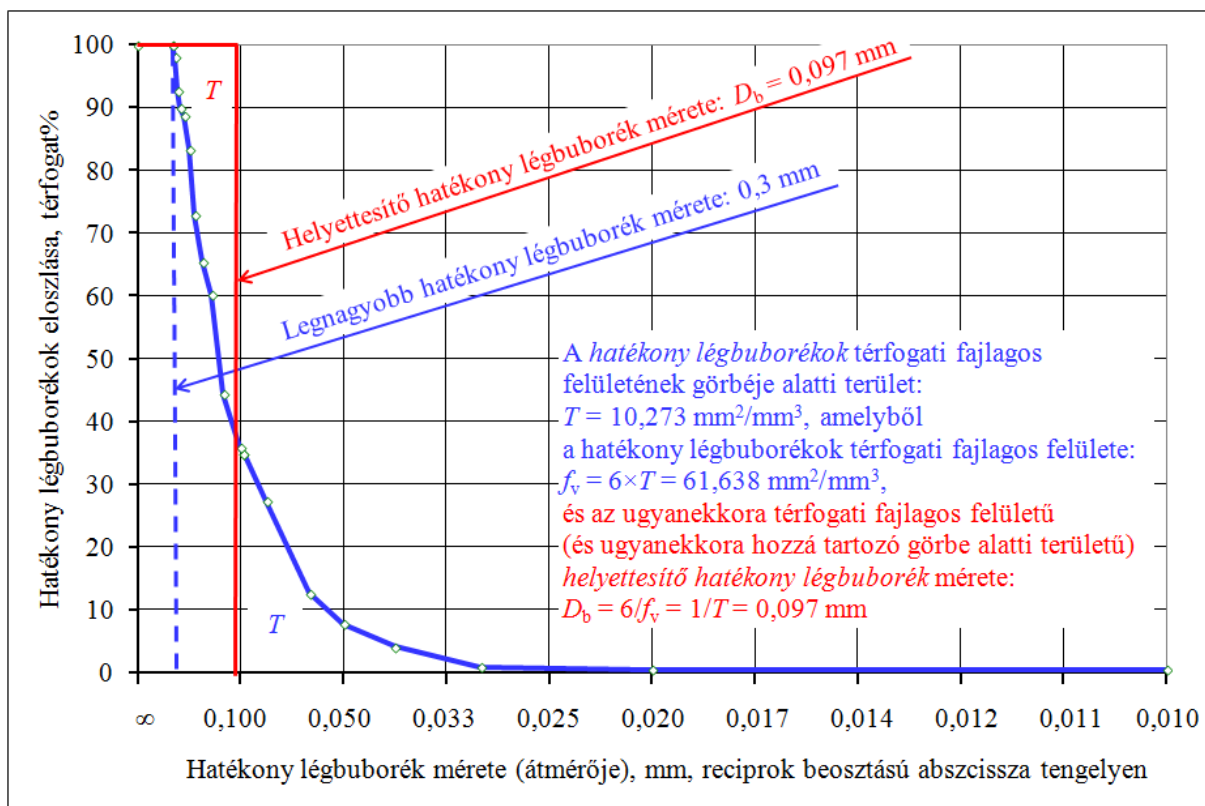
$$N_{\text{hatékony}} = \frac{\frac{A_{300}^{\text{cementkő}}}{100}}{V_b} = \frac{0,0984}{0,0004778} \approx 205 \quad [\text{darab}]$$

Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája (19.1. táblázat) szerinti beton légbuborékeloszlási görbéit a táblázat 10. oszlopának értékei alapján a 19.8. ábrában rajzoltuk meg. A légbuborékeloszlás és a hatékony légbuborékok eloszlásának görbéjét a légbuboréktartalom görbéjének renormálásával kaptuk. A légbuboréktartalom görbéjének a 4,0 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve a légbuborékeloszlási görbét, a 0,3 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve a hatékony légbuborékeloszlás görbéjét kaptuk.

A hatékony légbuborékeloszlás görbéjét reciprok beosztású abszcissa-tengely felett megrajzolva (19.9. ábra) és a görbe alatti területet ( $T = 10,273 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ ) grafoanalitikusan meghatározva (Kausay 2004), majd véve ennek hatszorosát, kiszámítottuk a hatékony légbuborékok térfogati fajlagos felületét ( $f_v = 61,639 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ ). Alkalmazva a  $D_b = 6/f_v$  összefüggést, megkaptuk annak az „egyszemcsés” helyettesítő hatékony légbuboréknak a méretét ( $D_b = 0,097 \text{ mm}$ ), amelynek ugyanakkora térfogati fajlagos felülete van, mint a hatékony légbuborékoknak, és amelytől balra eső terület ugyanakkora, mint a hatékony légbuborékok térfogati fajlagos felületének görbéje alatti terület.



**19.8. ábra:** Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa (19.1. táblázat) betonjának légbuborékeloszlása



**19.9. ábra:** Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa (19.1. táblázat) hatékony légbuborékainak térfogati fajlagos felületi görbéje

A légbuborék szerkezet vizsgálatával *Erdélyi Attila*, a vizsgálatához szükséges csiszolat elkészítésével *Zimonyi Gyula* foglalkozott részletesen (*Erdélyi – Zimonyi 1997*). A hagyományos módon végrehajtott, fáradtságos és időigényes vizsgálatot és a vizsgálati eredmények értékelését napjainkban már számítógéppel és videokamerával társított sztereomikroszkópos, automata műszerrel (AAVA, automated air void analyzer) fél órán belül el lehet végezni (*Pade – Jakobsen – Elsen 2002*).







## 20. SZILÁRDSÁG

Szerkezeteinkre általában összetett igénybevételek hatnak, melyek az egyszerű igénybevételek, mint a nyomó, nyíró, húzó, hajlító és csavaró igénybevétel valamilyen kombinációi.

Az igénybevételek az anyagban feszültséget ébresztenek. A szilárdság az anyag tönkremenetelét közvetlenül megelőző feszültségi határállapot, illetve a legnagyobb feszültség (törőfeszültség), amely mellett az anyag tönkremegy, elszakad, eltörik, elnyíródik stb.

Az anyagot a terhelő erővel statikusan, tartósan, változóan, dinamikusán vehetjük igénybe, és eszerint beszélünk statikus vizsgálatról, tartós vizsgálatról (kúszás), változó terhelésű (például fárasztó, lengési) vizsgálatról, dinamikus (például ütő) vizsgálatról (*Palotás 1979*).

A szilárdság vizsgálatokhoz olyan berendezést kell alkalmazni, amely megfelel az MSZ EN ISO 7500-1:2016 szabvány előírásainak.

### 20.1. NYOMÓSZILÁRDSÁG

#### 20.1.1. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásos módszerrel

A nyomás a szilárdságtan egyszerű igénybevételeinek egyike. A nyomás okozta törőfeszültséget nyomószilárdságnak nevezzük.

Az anyag nyomási törőfeszültségét nyomószilárdság vizsgálattal határozzuk meg, ennek eredménye annál jobb közelítést adja a próbatest elméleti törőfeszültségének, minél pontosabb a nyomószilárdság vizsgálat végrehajtása.

A beton nyomószilárdsága vizsgálatának pontosságát, illetve a vizsgálat eredményének megbízhatóságát befolyásoló főbb tényezők a következők (*Palotás – Balázs 1980*):

- a próbatest mérete, alakja és víztartalma;
- a beton legnagyobb szemnagysága;
- a próbatest utókezelésének módja;
- a nyomószilárdság vizsgáló berendezés rendszere és pontossága;
- a próbatest elhelyezkedése a szilárdságvizsgáló gépben;
- a terhelő erő növekedésének sebessége;
- a próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek közötti súrlódás. A nyomólapok egyike a gömbcsukló része lehet. A nyomólapokat alátétlemezek alkalmazásával lehet kímélni;
- a gömbcsukló kialakítása;
- a beton kora.

Az építmény vagy előregyártott elem készítéséhez használt beton mint termék nyomószilárdságát általában mindig a beton 28 napos, kivételesen 56 napos, ritkán legfeljebb 90 napos korában kell meghatározni, és előírt értéke is e korok valamelyikére, általában a 28 napos, esetleg az 56 vagy 90 napos korra vonatkozik (lásd e könyv *2.1.1. és 2.1.2. fejezetét*). Ha a nyomószilárdsággal a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a körülményt az építmény megvalósítási szerződésében, illetve annak mellékletében rögzíteni szükséges. Az 56 vagy 90 napos vagy még idősebb beton nyomószilárdságából a 28 napos nyomószilárdságra visszamenőleg következtetni vagy annak megfelelőségét utólag igazolni nem szabad.

Az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány a kocka, henger és hasáb alakú próbatestek és az elkészítésükhöz szükséges formák (sablonok) méreteit és tűréseit írja elő, amelyek nem csak a szilárdság, hanem más tulajdonságok vizsgálatához szükséges próbatestekre és formákra is érvényesek. A sablon legkisebb névleges mérete, azaz a próbakocka sablonjának belső élhossza, a próbahenger sablonjának belső átmérője, a próbahasáb sablonja belső véglapjának élhossza legalább három és félszerese legyen az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának.

A beton minősítő erejű átlagos nyomószilárdságának ( $f_{cm}$ ), jellemző értékének ( $f_{ck}$ ) és nyomószilárdsági osztályának meghatározásához a 150 mm élhosszúságú próbakockát, valamint a 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú próbahengert alkalmazzuk. A nyomószilárdság-vizsgálati próbahengerek esetén a mérettűrések a kialakított alaplapú próbahengerekre vonatkoznak.

A formák vízzáróak legyenek, és ne szívjanak fel vizet. A kalibrált formákat acélból vagy öntöttvasból kell készíteni, a méretek, a síkbeliség, a merőlegesség és az egyenesség tűréseiről az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány intézkedik. A szabvány a formák belső felületének érdességére követelményt nem tartalmaz.

Napjainkban műanyag formákat is használnak. Ezek egy idő múlva kihasasodhatnak, az ilyen alakhibás formában készített 150 mm élhosszúságú beton próbakockák 28 napos nyomószilárdsága 10%-kal is kisebb lehet, mint a szabványos alakú beton próbakockák nyomószilárdsága.

A szilárdság vizsgálatokhoz szükséges próbatestek készítésével, tömörítésével, tárolásával és szállításával az MSZ EN 12390-2:2009 szabvány foglalkozik. A formát vékony formaleválasztó filmmel kell bevonni. A beton konzisztenciájától és a tömörítési módszertől függően a formát egy vagy több rétegben kell megtölteni. Öntömörödő beton esetén a formát egy lépésben kell megtölteni, és a megtöltéskor vagy az után semmilyen mechanikai tömörítést sem szabad alkalmazni. A próbatestet kézzel mintegy 16 mm átmérőjű vagy 25×25 mm keresztmetszeti méretű acélrúddal, S1 és S2 konzisztencia osztályú (roskadás) beton esetén általában rétegenként 25 ütéssel, illetve géppel legalább 40 Hz (2400/perc) frekvenciájú asztalvibrátorral vagy legalább 120 Hz (7200/perc) frekvenciájú merülővibrátorral szabad tömöríteni. Légbuborékképző adalékszerrel készített beton esetén a merülővibrátoros tömörítést óvatosan kell alkalmazni, mert a merülővibrátorral a légbuborék-struktúrát károsíthatjuk. A tömörítést „optimális” ideig – a teljes tömörítésig, amíg levegő már nem úszik fel és a felület zárttá válik –, a beton túltömörítése és szétosztályozása nélkül, legalább két, 100 mm-nél nem vastagabb rétegben kell végezni, majd a próbatestet gondosan le kell simítani. A próbatestet elkészítése után a formában legalább 16 órán át, de legfeljebb 3 napos korig nyugalomban, vízvesztéstől óvva, 20±5 °C hőmérsékleten kell tárolni. Kizsaluzás után a próbatestet közvetlenül a vizsgálatig 20±2 °C hőmérsékletű víz alatt vagy 20±2 °C hőmérsékletű és 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni. Az ettől eltérő próbatest tárolási mód hatását az előírt víz alatti, illetve klímakamrás tárolási mód hatására át szabad számítani. Vita esetén a vízben, illetve klímaszekrényben tárolás az érvényes. Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A2. fejezete (előírás) szerint azokat a vízben tárolt próbatesteket, amelyeket csiszolni kell, a csiszolás előtt legfeljebb 1 órával szabad a vízből kivenni, és a vizsgálatot megelőzően legalább 1 órával újra vízbe kell tenni; a csiszolással kapcsolatos fenntartásainkra alább visszatérünk.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint Magyarországon a próbakockát szabad vegyesen tárolni. Ebben az esetben a próbakockát elkészítése után legalább egy, de legfeljebb három napig 20±5 °C hőmérsékleten formában, mozdulatlanul kell tárolni úgy, hogy a próbakockából nedvesség ne távozhasson el (például állandóan megnedvesített ruhával letakarva). A vegyes tárolású próbakockát kizsaluzása után 7 napos korig 20±2 °C hőmérsékletű víz alatt, majd a vízből kivéve vizsgálatáig legalább 55% relatív páratartalmú, 20±5 °C hőmérsékletű laboratóriumi levegőn, szárazon kell tárolni.

Szállítás közben a vizesen tárolt próbatestet óvni kell a nedvességvesztéstől és a hőmérsékletváltozástól, például nedves homokba, nedves fűrészporba vagy nedves szövetbe ágyazással, vagy vizet tartalmazó lezárt műanyagzsákba helyezéssel (MSZ EN 12390-2:2009).

A nyomószilárdság vizsgálat végrehajtásával az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány foglalkozik. Próbatestiként az MSZ EN 12350-1:2009, MSZ EN 12390-1:2013, MSZ EN 12390-2:2009 és MSZ EN 12504-1:2009 szabvány követelményeit kielégítő próbakockát, próbahengert vagy kifűrt magmintát szabad alkalmazni. Az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány szerint a laboratóriumban készített próbahenger átmérője  $d = (100, 113, 150, 200, 250, 300)$  mm, magassága  $h = 2 \times d$ , a próbakocka élhosszúsága (100, 150, 200, 250, 300) mm lehet. Fűrt magminta vizsgálata esetén elfogadott az 1:1 magasság/átmérő arány is. Az MSZ EN 13369:2013 szabványban az áll, hogy 50 mm-nél kisebb átmérőjű és/vagy az átmérő 0,7-szeresénél kisebb magasságú fűrt magminta próbahengert az előregyártott elemek betonjának közvetlen<sup>119</sup> nyomószilárdság vizsgálatára alkalmazni nem szabad.

Ha a próbatest mérete vagy alakja nem felel meg az MSZ EN 12390-1:2009 szabvány előírásának, akkor vagy ki kell hagyni a vizsgálatból, vagy ki kell igazítani. A nem megfelelő méretű (megengedett tűrésen kívül eső) próbatestek méretfelvételéről a szabvány B melléklete szól. A kiigazítás módjait (csiszolás, habarcsolás, homokdoboz eljárás) az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A melléklete (előírás) tárgyalja.

Megjegyezzük, hogy a próbatestek felületének csiszolásával nem értünk egyet, mert az a mért nyomószilárdsági értéket jelentősen befolyásolhatja.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint a vizsgálat előtt a próbatest felületéről a nedvességet le kell törölni. Az alátétlemezeken vagy a távtartó blokkon (MSZ EN 12390-4:2000) kívül más alátétet használni nem szabad. A próbatestet központosan kell a vizsgáló berendezésbe helyezni, a próbakockát a bedolgozás irányához képest 90 °-kal elfordítva úgy, hogy a formában, készítéskor lesimított felülete a vizsgálógép valamelyik oszlopával álljon szembe, és a vizsgálatot végző laboráns lássa a próbakocka lesimított oldalára írt jelet. Próbahenger esetén a habarcsolt simító réteg törése a beton tönkremenetele előtt nem megfelelő törést jelent.

A MSZ EN ISO 7500-1:2016 szabvány előírásainak megfelelő vizsgálógépen a törési sebességet úgy kell beállítani, hogy a feszültség növekedés  $0,6 \pm 0,2$  N/(mm<sup>2</sup>s) legyen. Miután a kezdeti terhelés a várható törőteher 30%-át elérte,  $\pm 10\%$  pontossággal be kell állni az előírt feszültség növekedési sebességre. Például  $0,6$  N/(mm<sup>2</sup>s) terhelésnövekedéssel egy várhatóan  $42$  N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságú,  $150$  mm élhosszúságú próbakockát átlagban  $42/0,6 = 70$  másodperc alatt kell eltörni, amikor is a terhelő erő növekedési sebessége:  $42 \times 150 \times 150 / 70 = 13,5$  kN/s. Megjegyezzük, hogy a visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány szerint a nyomófeszültséget  $0,5 \pm 0,1$  N/(mm<sup>2</sup>s) sebességgel kellett növelni. *Palotás László* „Mérnöki szerkezetek anyagtan 1. Általános anyagismeret” című, 1979-ben megjelent könyve III. fejezetének 4.1. szakaszában írta, hogy nagyobb terhelési sebességhez nagyobb törőteher tartozik, és ez a hatás annál nagyobb, minél gyengébb a beton. A terhelési sebességet növelve a  $\sigma$ - $\varepsilon$  diagram terhelési ága mindig meredekebbé válik, az alakváltozások kisebbek lesznek, és ha a terhelési sebesség minden határon túl nő, akkor csak rugalmas alakváltozás jöhet létre. Dinamikus igénybevétel esetén a beton alakváltozása általában sokkal kisebb, mint a statikus teherhez tartozó alakváltozás. Ezért a beton az ütőszerű terhek alatt is viszonylag nagyobb teherbírású.

A beton próbatestek nyomószilárdság vizsgálati eredményét az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint  $0,1$  N/mm<sup>2</sup> pontossággal kell megadni.

---

<sup>119</sup> Az előregyártott betonelemek betonja MSZ EN 13369:2013 szabvány szerinti *közvetlen és közvetlen* nyomószilárdságának értelmezését lásd e könyv 1.4. fejezetében az előregyártott beton, vasbeton, feszített vasbeton címszó alatt.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint végzett nyomószilárdság vizsgálat ismétlési és összehasonlítási feltétele azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* 150 mm élhosszúságú próbakockákkal, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* 150 mm élhosszúságú próbakockákkal, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagértékek százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 13,2%;
- ha *egy laboráns* ismétlési feltétel mellett *két beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* Ø160×320 mm méretű próbahengerekkel, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 8,0%;
- ha *két laboráns* (például a transzportbetongyár laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) összehasonlítási feltétel mellett *egy-egy beton nyomószilárdság vizsgálatot végez* Ø160×320 mm méretű próbahengerekkel, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagértékek százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 11,7%.

A nyomószilárdság vizsgálat eredménye

- ezen ismétlési feltételek szerint akkor fogadható el,
  - ha 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén a relatív szórás kisebb, mint  $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,032$ , illetve,
  - ha Ø160×320 mm méretű próbahengerek esetén a relatív szórás kisebb, mint  $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,029$ ;
- és ezen összehasonlítási feltételek szerint akkor fogadható el,
  - ha 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén a relatív szórás kisebb, mint  $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,047$ , illetve,
  - ha Ø160×320 mm méretű próbahengerek esetén a relatív szórás kisebb, mint  $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,031$ .

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 1. táblázatát úgy értelmezzük, hogy a nyomószilárdságot egy vizsgálat esetén két, ugyanabból a friss beton mintából származó, egyformán kezelt próbakockán kell megmérni. Egy vizsgálat eredménye a két nyomószilárdság mérés átlaga. Ezt a vizsgálatot kétszer kell elvégezni, rövid időn belül (lásd MSZ ISO 5725-1:2000), és meg kell vizsgálni a két vizsgálati eredmény összeférhetőségét. *Ismétlési feltételek* esetén a vizsgálatot kétszer végzi el ugyanaz a laboráns (tehát összesen  $2 \times 2 = 4$  próbakocka nyomószilárdságát méri meg) ugyanazon eszközökkel. Az egy laboráns által meghatározott két vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedelem (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 1. táblázatában szereplő  $r^{\%}$  érték (korlát). *Összehasonlítási feltételek* esetén a vizsgálatot egyszer-számra végzi el két, különböző laboratóriumban dolgozó laboráns (tehát ebben az esetben is összesen  $2 \times 2 = 4$  próbakocka nyomószilárdságát mérik meg), mindegyikük a saját eszközeivel, tehát különböző eszközökkel. A két laboráns által meghatározott egy-egy vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedelem (eltérés) és az

átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 1. táblázatában szereplő  $R^{\%}$  érték (korlát).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 2. táblázatát úgy kell érteni, hogy a nyomószilárdságot egy vizsgálat esetén három, ugyanabból a friss beton mintából származó, egyformán kezelt próbahengeren kell megmérni. Egy vizsgálat eredménye a három nyomószilárdság mérés átlaga. Ezt a vizsgálatot mindig kétszer kell elvégezni, rövid időn belül (lásd MSZ ISO 5725-1:2000), és meg kell vizsgálni a két vizsgálati eredmény összeférhetőségét. *Ismétlési feltételek* esetén a vizsgálatot kétszer végzi el ugyanaz a laboráns (tehát összesen  $2 \times 3 = 6$  próbahenger nyomószilárdságát méri meg), ugyanazon eszközökkel. Az egy laboráns által meghatározott két vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közötti terjedeleme (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 2. táblázatában szereplő  $r^{\%}$  érték (korlát). *Összehasonlítási feltételek* esetén a vizsgálatot egyszer-számra végzi el két, különböző laboratóriumban dolgozó laboráns (tehát ebben az esetben is összesen  $2 \times 3 = 6$  próbahenger nyomószilárdságát mérik meg), mindegyikük a saját eszközeivel, tehát különböző eszközökkel. A két laboráns által meghatározott egy-egy vizsgálati eredmény akkor fér össze egymással, és 95%-os valószínűséggel akkor alkalmas a minta nyomószilárdságának a megadására, ha a két átlagérték közti terjedeleme (eltérés) és az átlagérték hányadosának százszorosa kisebb, de legfeljebb egyenlő, mint a szabvány 2. táblázatában szereplő  $R^{\%}$  érték (korlát).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány a megengedett relatív terjedeleme ( $r =$ , illetve  $R = 100 \times \text{terjedeleme} / \text{átlag}$ ) megadásával a relatív szórást ( $s_r =$ , illetve  $s_R = 100 \times \text{szórás} / \text{átlag}$ ) korlátozza, mert a relatív vizsgálati terjedeleme és a relatív vizsgálati szórás hányadosának ( $\omega = r/s_r$ , illetve  $R/s_R$ ) elméleti értéke 95%-os statisztikai biztonság mellett, két vizsgálat esetén  $\omega_2 = 2,77$ . Az  $\omega = r/s_r$ , illetve  $R/s_R$  hányados (standardizált terjedeleme) gyakorlati értéke attól függ, hogy hány mérés alapján és hány laboráns (laboratórium) részvételével határozták meg.

Ha a relatív terjedeleme vonatkozó követelmény ( $r$ , illetve  $R$  korlát) teljesül, akkor a vizsgálatokat 95%-os valószínűséggel az ismétlési, illetve az összehasonlítási feltételek között végezték; és 95% annak a valószínűsége, hogy a két vizsgálati eredmény azon vizsgálati eredmények közé tartozik, amelyek relatív terjedeleme kisebb a relatív terjedeleme vonatkozó követelménynél ( $r$ , illetve  $R$  korlát), vagy azzal legfeljebb egyenlő.

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerinti nyomószilárdság vizsgálati ismétlési és összehasonlítási feltételeket<sup>120</sup> – hasonlóan a konzisztencia, a friss és a szilárd beton testsűrűsége, a friss beton levegőtartalma ismétlési és összehasonlítási feltételeihez – egyesült

---

<sup>120</sup> Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint az egyesült királyságbeli kísérletek tapasztalatai alapján például egy laboráns ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálati eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedeleme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%, illetve, ha a két mérés eredményének szórása az átlagérték százalékában – azaz a variációs együttható – az esetek 95 százalékában kisebb, mint 3,2%. Ez a „precizitási” ismétlési feltétel nagyságrendjét tekintve nincs összhangban az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdésével, amely szerint, ha egy mintából két vagy több próbatest készül, és a vizsgálati értékek terjedeleme nyomószilárdság vizsgálat esetén nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor az eredményeket el kell vetni, és az egykori MSZ 15022-1:1971 szabvánnyal sem, amelyben 15%-os variációs együtthatóval (relatív szórással) számoltak, de elvileg sincs összhangban az MSZ 4798:2018 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszában megszabott, átlagszilárdságtól független,  $\leq C50/60$  nyomószilárdsági osztályú betonokra vonatkozó  $\sigma_{\text{test,min}} = 3 \text{ N/mm}^2$  szórási határértékkel, mert az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány precizitási feltétele szerint a nyomószilárdsági terjedeleme és szórás az átlagszilárdság függvénye.

A nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmével részletesebben e könyv 20.1.4.1. fejezetében foglalkozunk.

királtságbeli és franciaországi kísérletek eredményei alapján fogalmazták meg. A feltételek teljesítése az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint a vizsgálati eredmények érvényének nem feltétele, azok tehát nem tekinthetők előírásnak, széles körű gyakorlati alkalmazásuk nehezen képzelhető el, a szűk határértékek inkább a kísérletben részt vevő laboratóriumok felkészültségének és pontos munkájának („precizitásának”) bizonyítéka.

Arra a kérdésre, hogy mi a teendő, ha a nyomószilárdság vizsgálati eredmények relatív terjedelmére vagy az azzal összefüggő relatív szórására vonatkozó feltétel nem teljesül, az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány nem ad választ.

A vizsgálati eredmények ismétlési és összehasonlítási feltételeinek számítási modelljével e könyv II. kötetében foglalkozunk.

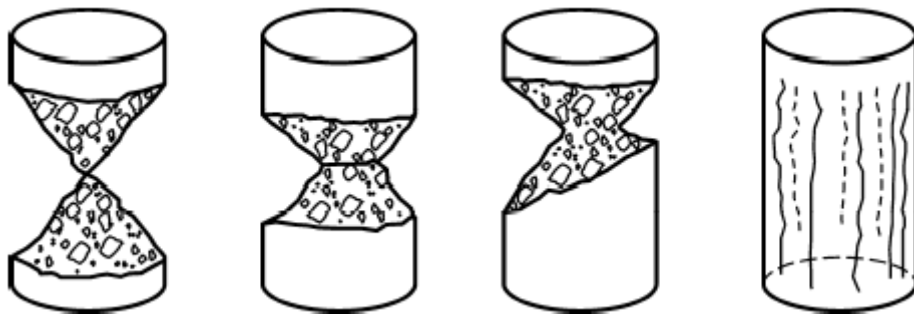
### 20.1.1.1. A nyomószilárdság-vizsgálati próbatestek törésképe

A próbatest törésképenek jelzés értéke van. A sík, párhuzamos, egymásra, illetve az alkotókra merőleges oldalakkal rendelkező, középpontosan terhelt próbatest törésképe szabályos, szimmetrikus, ezeknek a feltételeknek a hiányában szabálytalan, aszimmetrikus. Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány vázlatrajzokat mutat be a próbatest megfelelő (20.1.1.1., 20.1.1.3. és 20.1.1.4. ábra) és nem megfelelő (20.1.1.2., 20.1.1.5. és 20.1.1.6. ábra) törésképeire.



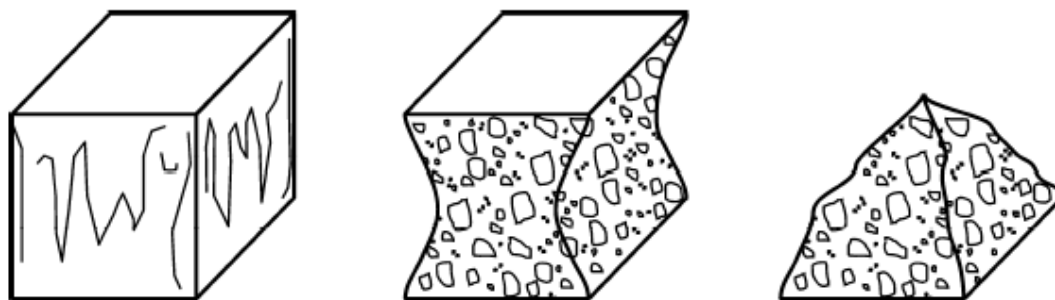
20.1.1.1. ábra: Próbakocka megfelelő, szabályos, szimmetrikus törésképpel

20.1.1.2. ábra: Próbakocka nem megfelelő, szabálytalan, aszimmetrikus törésképpel

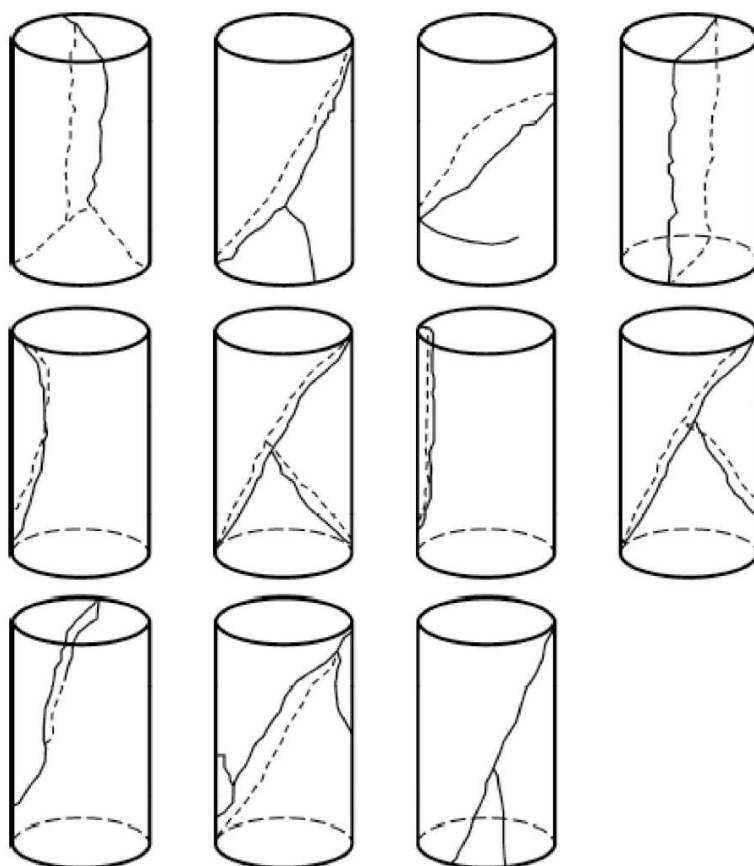


20.1.1.3. ábra: Próbahengerek megfelelő törésképe (MSZ EN 12390-3:2009, Iken et al. 2012)

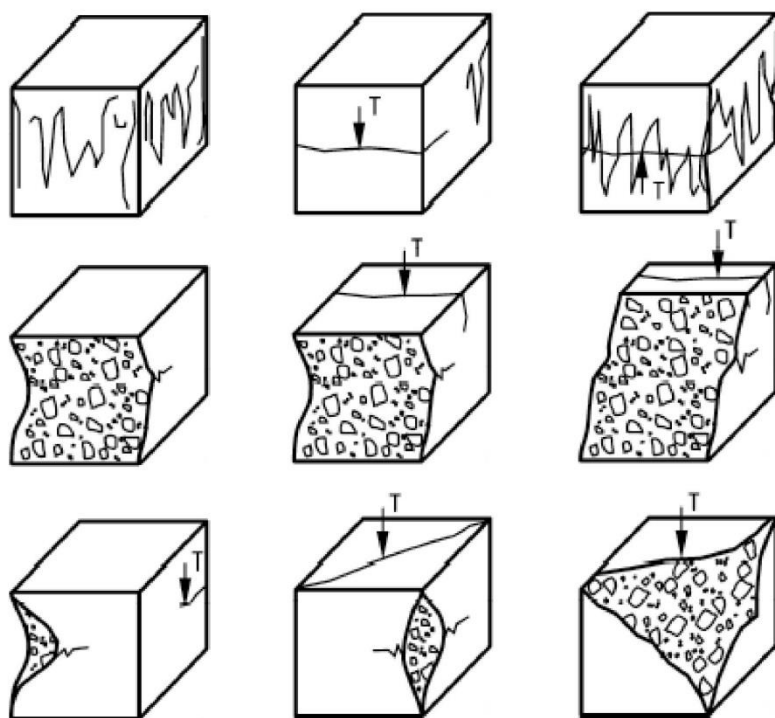




**20.1.1.4. ábra:** Próbakockák megfelelő törésképe. Megjegyzés: Mind a négy szabad felület közel egyformán törik, a nyomólappal érintkező felületek általában alig sérülnek. Az első próbakocka „szétrobbant, összeroppant” (MSZ EN 12390-3:2009 *Iken et al. 2012*).



**20.1.1.5. ábra:**  
Próbahengerek nem megfelelő törésképe  
(MSZ EN 12390-3:2009,  
*Iken et al. 2012*)

**20.1.1.6. ábra:**

Próbakockák nem megfelelő törésképe.

Megjegyzés: T = Repedés húzásra (MSZ EN 12390-3:2009, Iken et al. 2012)

**20.1.1.2. A gömbcsukló**

A ma gyártott szilárdságvizsgáló-gépeket általában beépített, felső gömbcsuklóval szállítják, amelynek gömbi középpontja sok esetben a próbatest felső terhelt felületére esik. Ez a gyakorlat a csukló kialakításához illő méretű és alakú betonpróbatestek minősítő vizsgálata során nem feltétlenül jelent gondot, de az ettől eltérő helyzetek, az igényesebb munkák, kutatások azonban a nyomógépbe beépített csuklóval és beépített nyomólapokkal szemben sokszor árnyaltabb követelményeket támasztanak, ugyanis a nyomószilárdság vizsgálat eredménye a gömbcsukló és a beton próbatest mérete közötti arányoktól is függ.

A nyomószilárdság vizsgáló berendezés acél nyomólapjainak, ugyanolyan minőségű, legalább 23 mm vastag acéllemez-alátéteinek, távtartó blokkjainak anyagára, méretére, tűrésére, kialakítására és elhelyezésére, az erőkijelző rendszerére és pontosságára, az erőszabályozó rendszerére vonatkozó előírásokat az MSZ EN 12390-4:2000 szabvány tartalmazza. A gép nyomólapjainak és acéllemez-alátéteinek *Vickers*-keménysége az MSZ EN ISO 6507-1:2006 szabvány szerint vizsgálva legalább 550 HV 30 (megfelel az 53 HRC MSZ EN ISO 6508-1:2006 szabvány szerinti *Rockwell*-keménységnek), felületi érdessége a próbatesttel érintkező területen az ISO R 468:1966 szabvány szerint vizsgálva 0,4  $\mu\text{m}$  és 3,2  $\mu\text{m}$  közötti érték legyen. A nyomólapok és acéllemez-alátétek síklapúak, felületei párhuzamosak, és a gép használata során nem szabad maradó alakváltozást szenvedjenek. A próbatest középponti elhelyezésének megkönnyítésére az alsó nyomólapot 0,5 mm-nél nem szélesebb és 1,0 mm-nél nem mélyebb központosító vonalakkal, tájolócsapokkal stb. kell ellátni. Szükség esetén a gép nyomólapjai közötti távolság csökkentésére a távtartó tömböket lehet használni. A szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgáló berendezés különálló vagy a felső nyomólapmal egybeépített felső gömbcsuklót kell tartalmazzon, amelynek forgási (geometriai) középpontja egybe kell eszen a gép felső nyomólapja érintkező felületének középpontjával, és legalább 3 fokos kitérést kell lehetővé tennie. A szabvány rendelkezik az erőbevezetés módjáról, a nyomószilárdság vizsgáló berendezés kalibrálásáról, a gyártó által megadandó gépadatokról, valamint a nyomószilárdság vizsgáló berendezés működésének környezeti feltételeiről is.

A visszavont MSZ ISO 4012:1992 szabványban is az állt, hogy a nyomólapok egyikének

(célszerűen a felsőnek) olyan átmérőjű gömbcsuklója legyen, hogy a szokásosan alkalmazott terhelés alatt az esetleg alkalmazott, az eredeti nyomólapok követelményeit kielégítő segédlemezek alakváltozása ne lépje túl a síktól való eltérés tűrését. A gömbcsukló középpontjának a nyomólap felületén vagy olyan pontban kell lennie, amelynek távolsága a felülettől legfeljebb a nyomólap átlójának vagy átmérőjének 1/200-ad része. A gömb átmérője ne legyen sokkal nagyobb, mint a nyomólappal érintkező próbatest legnagyobb mérete.

A nyomólap és a gömbcsukló kialakításával a visszavont magyar szabványok is foglalkoztak. Az MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálatot olyan nyomógéppel kell végezni, amelynek legalább egyik felfekvő nyomólapja gömbcsuklós kiképzésű. A gömbcsukló átmérője ne legyen nagyobb a nyomott felület átlójánál (átmérőjénél), középpontja a nyomott felület szintjében legyen. A csukló középpontja a terhelést közvetítő mozgó elem (dugattyú) tengelyvonalában legyen, illetve eltérésük nem lehet 1 mm-nél nagyobb. A nyomólap legalább akkora felületű sík acéllap legyen, mint a próbatest nyomott felülete. A nyomólap 100 mm-en legfeljebb 0,05 mm-rel térhet el a síktól. Vastagságát úgy kell megválasztani, hogy teljesüljön a csukló középpontjának magassági helyzetére vonatkozó követelmény. A gép nyomólapjai és a próbatest közé a próbatest nyomott felületénél nem kisebb, legalább 10 mm vastag, csiszolt felületű sík acéllapok helyezhetőek.

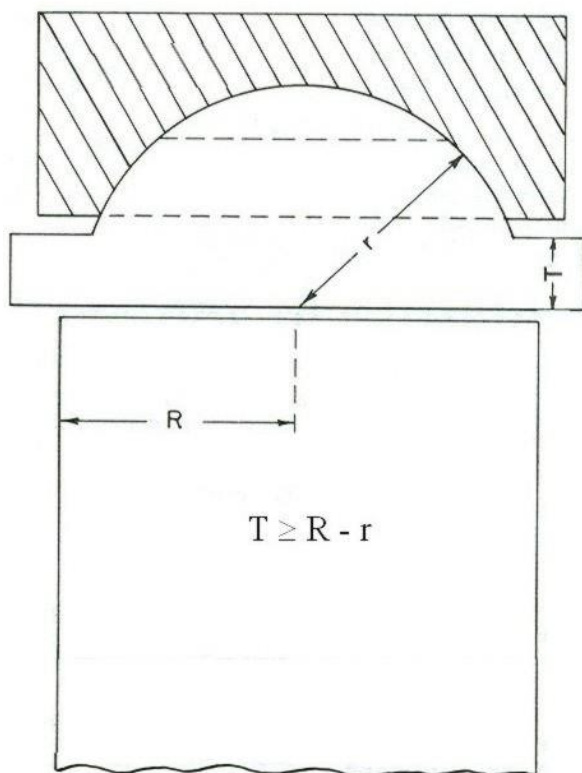
Az MSZ 4715-4:1987 szabványban az szerepelt, hogy a nyomólap síktól való megengedett eltérése 100 mm hosszon legfeljebb 0,02 mm és felületének *Rockwell*-keménysége legalább 55 HRC legyen; a gömbcsuklót alul vagy felül kell elhelyezni; a gömbcsukló középpontja a terhelést közvetítő mozgó elem (dugattyú) tengelyvonalában legyen legfeljebb  $\pm 1,0$  mm eltéréssel; a gömbcsukló működéséről minden vizsgálati napon meg kell győződni; a nehezen mozgó gömbcsuklót súrlódáscsökkentő anyaggal kell kezelni. Az MSZ 4715-4:1987 szabvány F2 mellékletében előírták, hogy a próbatest erő irányába eső éle, illetve alkotója méretének és a gömbcsukló sugarának viszonya állandó legyen. Ebben a szabványban azt is leírták, hogy a nyomólapok és próbatest közé helyezhető, a próbatest nyomott felületénél nem kisebb, legalább 10 mm vastag acéllemez-alátétek síktól való eltérése 100 mm hosszon legfeljebb 0,02 mm lehet, és *Rockwell*-keménységük legalább 55 HRC kell legyen.

Az ASTM C39:1972 szabvány és későbbi változatai a próbahenger nyomószilárdság vizsgálatához felső gömbcsukló használatát írják elő. A gömb középpontja a próbahenger felső véglapjának geometriai középpontjában fekszik. A gömb sugara legalább akkora kell legyen, mint a próbahenger sugarának és a gömbcsukló domború részével egybeépített felső nyomólap vastagságának a különbsége, vagy másképp fogalmazva, az egybeépített felső nyomólap legalább olyan vastag ( $T$ ) kell legyen, mint a próbahenger sugarának ( $R$ ) és a gömb sugarának ( $r$ ) a különbsége. Ha a próbahenger átmérője 152 mm, akkor a gömbcsukló domború részével egybeépített felső nyomólap átmérője legfeljebb 254 mm. A gömbi középkör átmérője 150 mm (20.1.1.7. ábra).

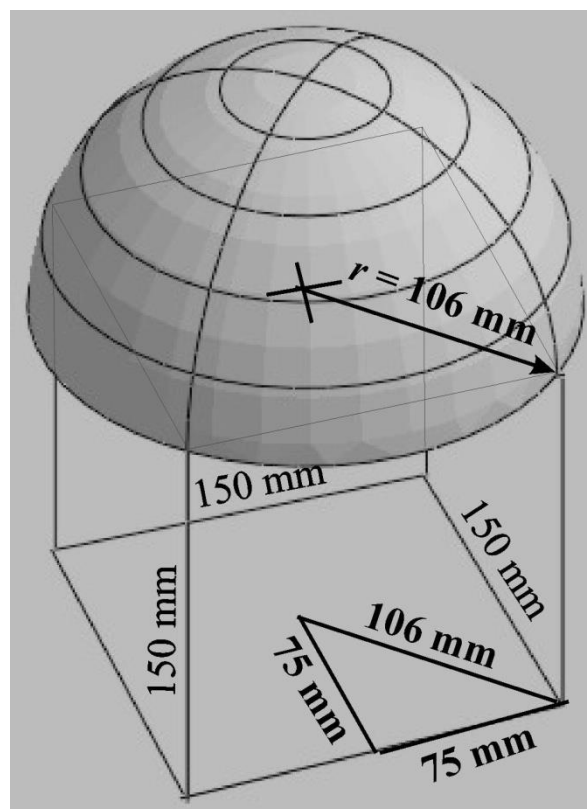
*Weiss György* (1974) írta, hogy a RILEM a 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdság vizsgálatához  $r = 106$  mm sugarú gömbcsukló alkalmazását javasolja. Ez a sugárméret a 150 mm élhosszúságú négyzet átlójának a fele:  $r = 150/\sqrt{2} = 106,07$  mm, tehát a RILEM olyan felső gömbcsuklót javasol, amelynek gömbi középköre a 150 mm élhosszúságú próbakocka felső nyomott lapja sarkaihoz illeszkedik. A gömbi középkör átmérője 212 mm (20.1.1.8. ábra). A felső nyomólapot a gömbcsukló domború részének a gömbi középkör feletti részéből alakítják ki. A RILEM javaslata szerinti (20.1.1.8. ábra) és az ASTM C39:1972 szabvány szerinti (20.1.1.7. ábra) gömbcsukló között lényegében csak méretbeli különbség van.

*Dombi József*<sup>121</sup> (1979) elméleti megfontolással és kísérletekkel szintén arra a megállapításra jutott, hogy a gömbcsukló működésének hatékonysága a gömbcsukló és a próbatest méretének viszonyától függ. Azt találta, hogy az azonos betonból készített különböző élhosszúságú (40-200 mm) próbakockák nyomószilárdsága gyakorlatilag azonos, ha a próbakocka élhosszúságának és a vizsgálógép gömbcsuklója sugarának a viszonya állandó. Ha azonban a gömbcsukló nem illeszkedik a próbakocka méretéhez, akkor a mért nyomószilárdságok eltérése rendkívül jelentős lehet.

Véleménye azonban – nevezetesen, hogy a gömbcsukló akkor egyenlíti ki legjobban a méret eltérések és pontatlanságok szilárdságcsökkentő hatását, ha a sugara egyenlő a próbatest magasságával, és a csukló gömbközepontja a nyomólapon álló próbatest geometriai középpontjába esik – újdonságnak számított. Kísérleteihez a törőgép gyári csuklóját kiszerezte, és sajátkezűleg összecsiszolt homorú-domború részekből álló alsó gömbcsuklóit alkalmazta. Javasolta, hogy a gömbcsukló és a nyomólapon ne a nyomószilárdság vizsgáló berendezés tartozéka, hanem a vizsgálati próbatest szerves tartozéka legyen. Próbakockákhoz való gömbcsuklójának rajza és gömbcsukló sorozatának fényképei a 20.1.1.9. ábrán láthatók. A 20.1.1.10. ábrán kisméretű próbahengerekhez szerkesztett gömbcsuklóit mutatjuk be.



**20.1.1.7. ábra:** ASTM C39:1972 szabvány szerinti gömbcsukló szerkesztése a próbahenger nyomószilárdságának

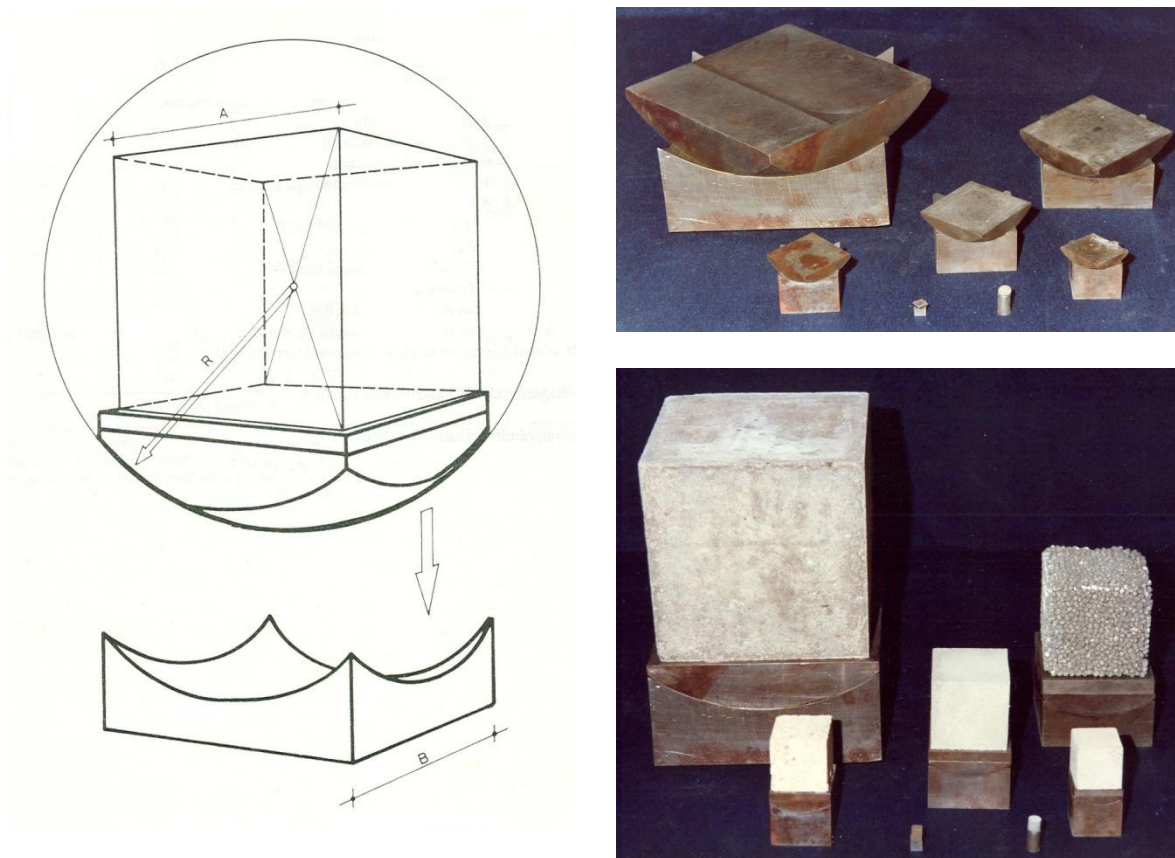


**20.1.1.8. ábra:** RILEM ajánlás a próbakocka nyomószilárdság-vizsgáló gömbcsukló szerkesztésére

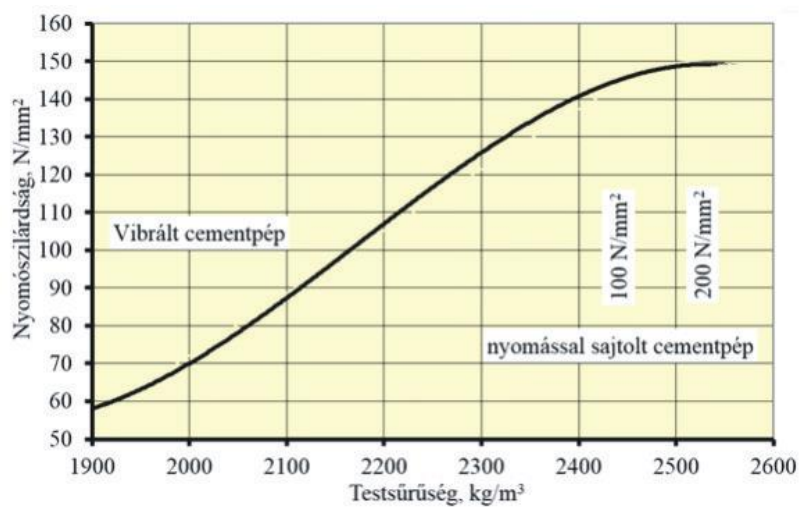
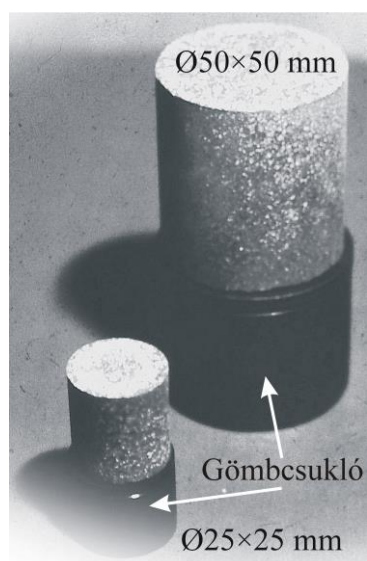
<sup>121</sup> *Dombi József* (1935, Győr – 2000, Budapest) építészmérnök, mintegy 35 éven keresztül (1960-1996) a SZIKKTI Betonosztályának kutatója, tíz éven át (1984-1994) tudományos osztályvezetőhelyettese. Főbb kutatási területe a futóhomok építőipari alkalmazása, a vízzáró beton, a vasbeton tübbingek, a bauxitbeton szerkezetek, a beton termodifferenciális hőérlelése, a SIOME betoncsövek teherbíróképessége, a SENTAB betoncsövek illesztési tapadása, a nyomószilárdság vizsgálati gömbcsukló kialakítása, a szálerősítésű beton alkalmazása, a vibropréselt beton térburkolóelemek vizsgálati módszere stb. volt. 1996-2000 között a DOMBETON Kft. ügyvezetőjeként nagyjelentőségű beruházásoknak volt sikeres betontechnológusa. Mintegy 30 éven át tanított a BME Építőanyagok Tanszékén. (<http://www.betonopus.hu/notesz/dombi-jozsef/dombi-meltatas.pdf>)

vizsgálatához

A felső gömbcsukló domború része (a gömb) csak akkor fekszik be a homorú részbe (csészébe), amikor a gömbcsukló domború részén lévő nyomólap ráfekszik a próbatestre. A csészén akkora nyílást alakítanak ki, hogy a csukló gömbjének és felfüggesztő rúdjának mintegy 3 fokos elfordulását lehetővé tegye. A gömbcsukló akkor látja el jól középpontosító szerepét, ha a kis erőkre, illetve kis nyomóterhelésekre is könnyen elmozdul, ennek érdekében a gömbcsukló összecsiszolt felületeinek súrlódását általában grafitos kenőanyaggal csökkentik (Weiss 1974).



20.1.1.9. ábra: Dombi József gömbcsukló rajza és gömbcsukló sorozatának fényképei (1979)



20.1.1.11. ábra: 28 napos korú, Ø25×25 mm méretű cementkő próbahenger nyomószilárdsága a tömörítés, illetve testsűrűség

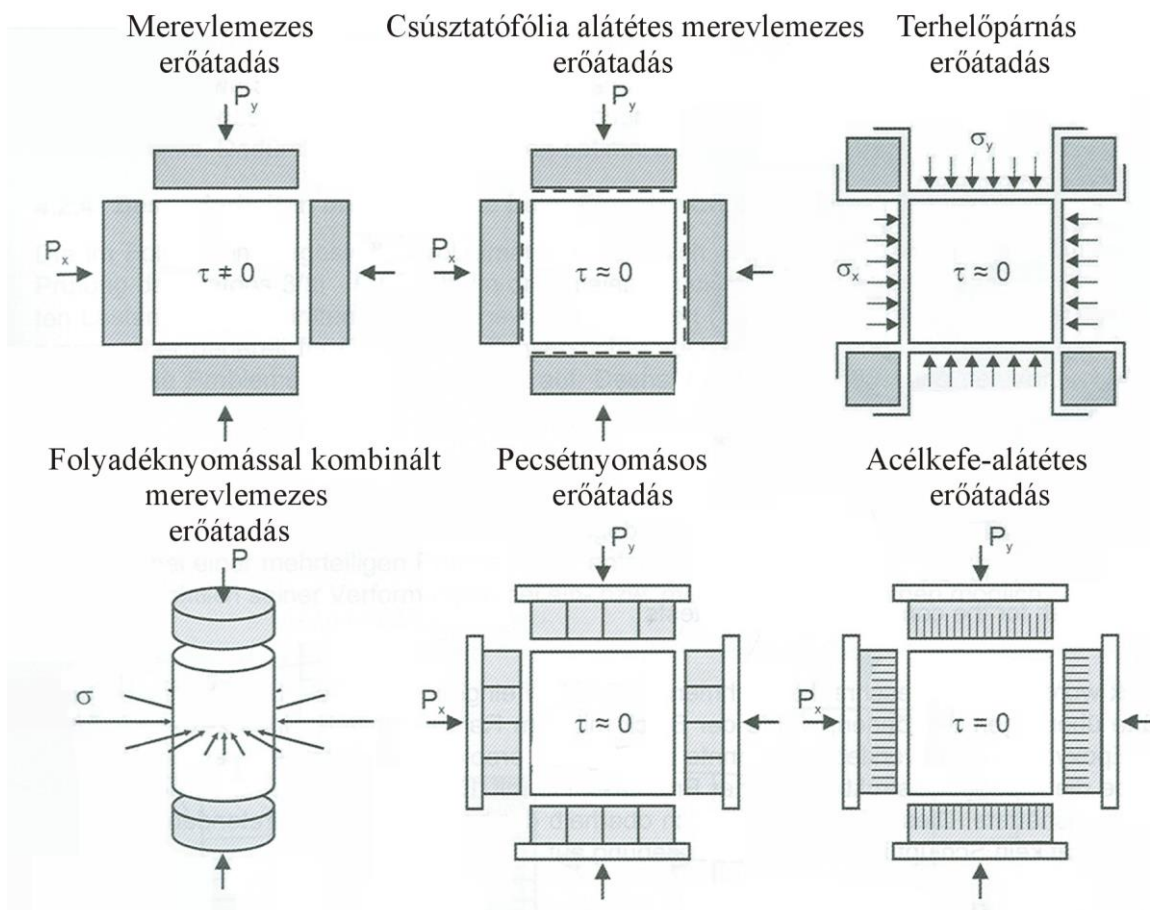
**20.1.1.10. ábra:** *Dombi*-féle függvényében.

gömbcsuklók cementkő és A függvény a 20.1.1.10. ábrán szereplő Ø25×25 mm méretű habarcs próbahengerek gömbcsukló alkalmazásával mért nyomószilárdságok alapján nyomószilárdság-készült (*Kausay* 1998) vizsgálatához

### 20.1.1.3. A próbatest terhelt felületei tartományának alakváltozása

A nyomószilárdság-vizsgálati próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek között fellépő súrlódás kialakulására egyebek mellett a nyomóerő átadásának módja és eszköze jelentős hatással van.

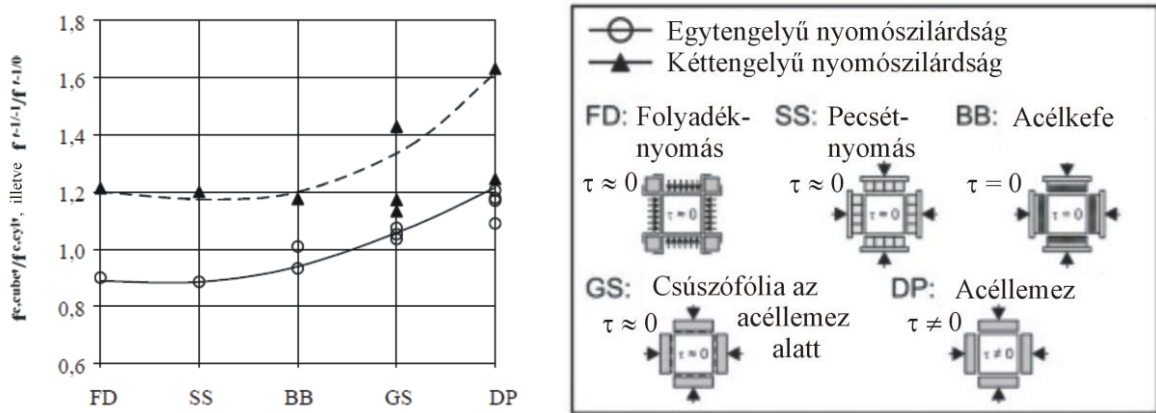
*Curbach* és szerzőtársai (2011) a nagyszilárdságú betonok többtengelyű nyomószilárdság-vizsgálatáról szólva és *Gerstle* és szerzőtársai (1978) közleményére hivatkozva, az erőátadás módjának hatféle leginkább alkalmazott változatát különböztetik meg, úgymint a merevlemez, a csúsztatófólia alátétes merevlemez, a terhelőpárnás, a vízszintes folyadéknyomással kombinált merevlemez, a pecsétnyomásos, az acélkefe-alátétes erőátadás módját (20.1.1.12. ábra).



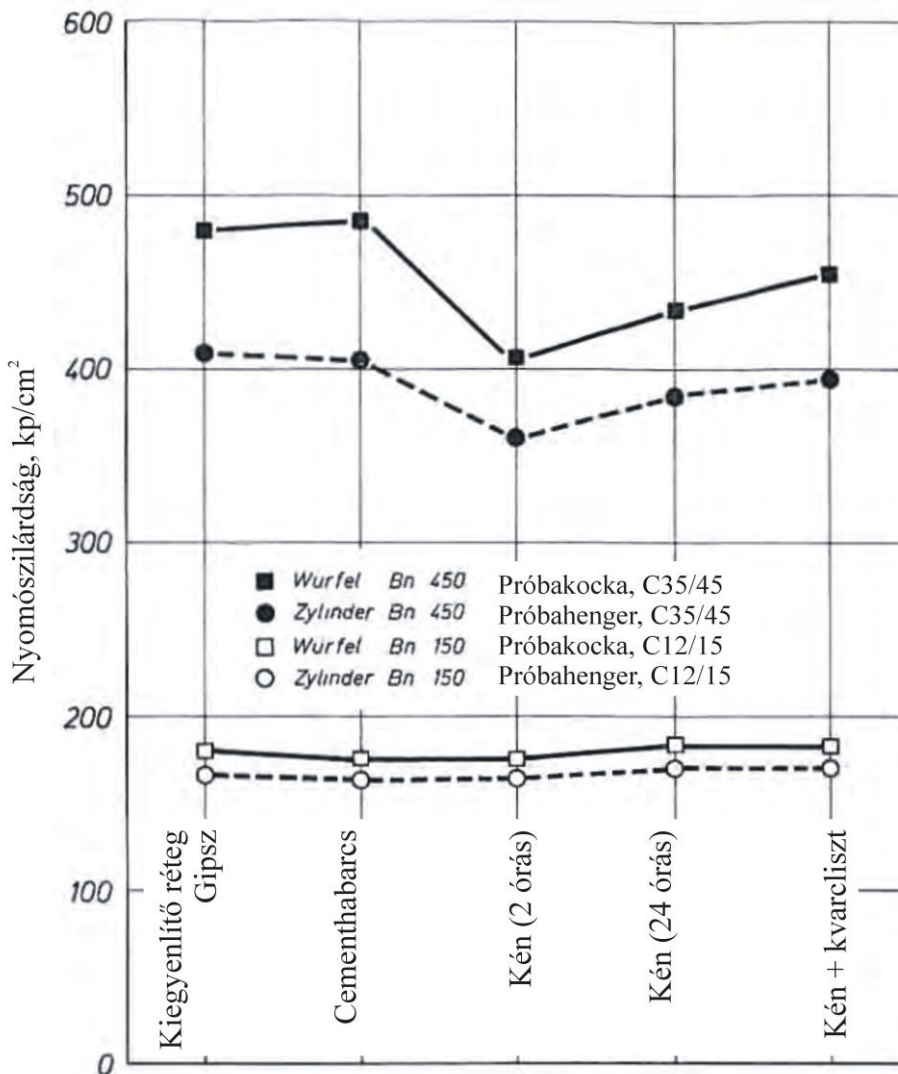
**20.1.1.12. ábra:** Az erőátadás különböző módjai *Gerstle* és szerzőtársai (1978), továbbá *Curbach* és szerzőtársai (2011) szerint

A különböző alátétek hatását a beton egy- és kéttengelyű nyomószilárdságára és a próbatest határfelületi  $\tau$  nyírószilárdságára *Gerstle* és szerzőtársai (1978) hasonlították össze (20.1.1.13. ábra).

A 20.1.1.13. ábrán  $f_c'$  a többtengelyű vizsgálo berendezéssel meghatározott egytengelyű nyomószilárdság,  $f_{c,cyl}$  a hengersizilárdság és  $f_{cc}$  a kéttengelyű nyomószilárdság jele.



**20.1.1.13. ábra:** Különböző alátétek hatása a beton  $f_c'/f_{c,cyl}$  egytengelyű, illetve  $f_{cc}/f_c'$  kéttengelyű viszonyított nyomószilárdságára és a próbatest határfelületi  $\tau$  nyírószilárdságára Gerstle és szerzőtársai (1978) szerint (Hampel 2006, Scheerer 2009)



**20.1.1.14. ábra:** Különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a beton átlagos nyomószilárdságára (Dahms et al. 1975)

Dahms és szerzőtársai (1975) Bn 150 (mai C12/15, mért átlagértéke  $f_{cm,cyl,test} = 16,7 \text{ N/mm}^2$  és

$f_{cm,cube, test} = 17,9 \text{ N/mm}^2$ ) és Bn 450 (mai C35/45, mért átlagértéke  $f_{cm,cyl, test} = 39,0 \text{ N/mm}^2$  és  $f_{cm,cube, test} = 45,8 \text{ N/mm}^2$ ) nyomószilárdsági osztályú  $\varnothing 150 \times 300 \text{ mm}$  méretű próbahengerekkel és 200 mm élhosszúságú próbakockákkal kísérleteztek, amelyek nyomott felületét csiszolta, cementhabarccsal, gipszpéppel, kénnel vagy kénhabarccsal vonta be. Megállapította, hogy a nagyobb szilárdságok tartományában minél vastagabb volt gipsz és a kénhabarcs felületkiegyenlítő réteg és minél egyenetlenebb a próbatest felülete, annál kisebb nyomószilárdság adódott; kisebb mértékben a próbahengerek esetén és nagyobb mértékben a próbakockák esetén. A különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a nyomószilárdságra a 20.1.1.14. ábrán látható.

Lewandowski (1970) hivatkozással Rüschi (1954) tanulmányára és a DIN 1048:1957 szabványra, megállapította, hogy a vizsgálóberendezés nyomólapjainak kialakítása hatással van a próbatestek alakváltozására. Az erősen képlékeny nyomólapok alakváltozása az erő hatására jelentős, és ezért kevésbé akadályozzák a próbatestek keresztirányú alakváltozását mint a merev nyomólapok. Hasonló hatása van annak, ha a nyomólapok és a próbatest közötti súrlódást a próbatestek felület-kialakításával csökkentjük.

Weigler et al (1966) szerint a fűrészmagból kivágott próbahengerek nyomószilárdsága a felület-kialakítás módjától függően akár 30%-kal is csökkenhet.

Henzel és szerzőtársai (1967) kísérletekkel azt tapasztalták, hogy a 100 mm élhosszúságú,  $12 \text{ N/mm}^2$ ,  $25 \text{ N/mm}^2$ ,  $45 \text{ N/mm}^2$  nyomószilárdságú sík felületű próbakockák nyomószilárdságához képest a csiszolt felületű próbakockák nyomószilárdsága rendre 89%, 93%, 105%, az ASTM C39/C39M:2018 szabványnak megfelelő kénhabarcsos felületű próbakockáké rendre 110%, 104%, 107%, a cementhabarcsos felületű próbakockáké rendre 99%, 94%, 94%. Megjegyzendő, hogy Henzel idején a próbatesteket nem a mai csiszolási technológiával csiszolták.

A nyomószilárdság vizsgálat során ébredő tapadási súrlódási erő ( $F_{tap}$ ) az összeszorított próbatest felülete mentén ható erő, amely a nyomóerő ( $F_{nyomó}$ ) által alátétlemezek (nyomólapok) közé szorított próbatestnek a nyomóerőre merőleges elmozdulása ellen hat. A tapadási súrlódási erő és a testeket felületüknél egymáshoz szorító nyomóerő hányadosa a tapadási súrlódási tényező ( $\mu_{ts} = F_{tap}/F_{nyomó}$ ), amelynek nagysága a testek anyagától és felületi megmunkálásától függ, de a testek felületének nagyságától független.

A nyomószilárdságot és próbatest törésképét a próbatest és az acél-alátétlemezek közötti tapadási súrlódás is befolyásolja. A nyomóerő hatására a próbatest térbeli alakváltozást szenved. A nyomott próbatest az erőhatás irányával azonos irányban összenyomódik, az arra merőleges irányban pedig nyúlni kíván. Ezt az alakváltozást a nyomott felületeken fellépő aktív tapadási súrlódási erő gátolni igyekszik. Normál módon végzett nyomószilárdság-vizsgálatnál az aktív súrlódási erő nagysága mindig akkora, hogy az a pillanatnyi nyomóerő ébresztette és a véglap síkjába eső alakváltozást optimálisan akadályozza. Természetesen a véglap alakváltozását gátló aktív súrlódási erő épp az alakváltozás következtében bontakozik ki. Az alakváltozásban nem gátolt nyomott próbatest a támadóerő irányára merőleges irányba eső eltolódása a test középvonala mentén – hasonlóan a normál vizsgálathoz – zérus, attól eltávolodva pedig számottevően növekszik.

Mivel a súrlódási munka arányos az alakváltozási munkával, az aktív súrlódási erő a test középvonala és a nyomott felület dőfspontjában zérus, attól eltávolodva pedig szintén számottevően növekszik. A próbatestre annak középvonalában csak a nyomóerőből származó és normális irányú erő hat. A középvonaltól eltávolodva azonban a testre ható és a test középvonalát magába foglaló síkban fekvő támadóerő – amelynek normális irányú komponense konstans, és az arra merőleges irányú komponense az egyre növekvő aktív súrlódási erő – nagysága növekszik, és iránya egyre jobban eltér a normális irányától.



A próbatestben a nyomótrajektóriák ennek megfelelően a középpontban egyenessé zsugorodott és zérus görbületű, a középponttól eltávolodva növekvő hajlású egy-köpenyű forgási hiperboloidot alkotnak. A szélső trajektóriák és a nyomólapokra merőleges felületek által határolt testrészen aktív erőjáték nincs, a testrészt közvetlenül alakváltozást nem szenved, de akadályozza a szélső trajektóriák mentén fellépő alakváltozások kibontakozását. Ennek következtében itt keletkeznek a legnagyobb nyírófeszültségek, amelyek hatására az ún. csúszótörés bekövetkezik (20.1.1.15. ábra).

Ha az elasztoplasztikus acél nyomólapok és az elasztoviszkózus beton próbatest között fellépő tapadási súrlódást, azaz a külső erő normálisra merőleges komponensét például *Föppl*<sup>122</sup> (1900), *Gehler* (1928) követve sztearin (stearin)<sup>123</sup> kenőanyaggal minimálisra csökkentjük – miáltal a testek egymástól való távolsága kissé megnövekszik – akkor a kenőanyagréteg csúszólapként működik és a nyomótrajektóriák gyakorlatilag hengert alkotnak. Ezekhez a hengerfelületekhez már nem nyírófeszültségek, hanem a nyomóerő következtében kihajolni kívánó elemi szálakra merőleges irányú húzófeszültségek tartoznak, amelyek kritikus értéke a próbatest ún. szakadótörését okozza (20.1.1.16. ábra). A szakadótörés kritikus húzófeszültsége lényegesen kisebb nyomóerő hatására jön létre, mint amekkora nyomóerő a csúszótörés kritikus nyírófeszültségének kialakulásához szükséges (*Palotás – Balázs* 1980).

*Gehler* próbakockákkal végzett kísérleteiből azt a következtetést vonta le, hogy sztearinnal bekent nyomólapok esetén a kockaszilárdság a szokványos értéknek kerekén 50%-ára esett vissza (*Palotás – Balázs* 1980).

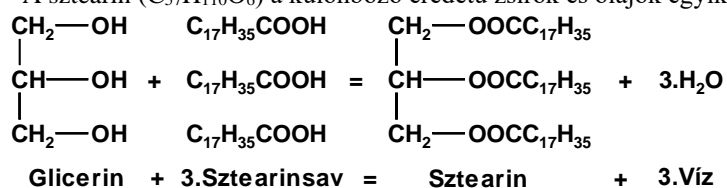
Kísérleteink szerint (*Kausay* 1967) a sztearinnal bevont felületű nyomólapok (alátétlemezek) esetén például a zúzottkőbeton nyomószilárdsága a szabványos felületű nyomólapok alkalmazásával meghatározott nyomószilárdságának a 65%-ára is leeshet (20.1.1.17. ábra).

*Palotás* és *Balázs* professzorok (1980) C 600-as (mai CEM I 42,5 N jelű) portlandcementtel, 24 mm legnagyobb szemnagyságú homokos kavics adalékanyaggal, kissé képlékeny konzisztenciával készített 200 mm élhosszúságú próbakockákkal kísérleteztek, és megállapították, hogy 1 mm vastag karton, illetve 1 mm vastag gumiréteg alátét alkalmazása

<sup>122</sup> *August Föppl* (1854, Groß-Umstadt – 1924, Ammerland) okl. mérnök, a mechanika tudósa, főiskolai tanár, akadémikus volt. Tanulmányait a darmstadti Politechnikumban (Polytechnische Schule Darmstadt) és a karlsruhei Műszaki Főiskolán (TH Karlsruhe) folytatta, mérnöki oklevelet az utóbbin 1874-ben szerzett. Doktori értekezése (1880) a keretrendszerek és a boltívek elméletéről szolt. 1894-1922 között a müncheni kir. Műszaki Főiskola (Königl. Technische Hochschule München) tanszékvezetője volt és 1924-ig a főiskola mechanikai laboratóriumát is vezette. *Föppl* 1909-ben a Bajor Tudományos Akadémia (Bayerische Akademie der Wissenschaften) tagja lett. A Münchener Műszaki Egyetem (Technische Universität München) az elhivatott oktatók kitüntetésére 2002-ben *Föppl*-érmet alapított.

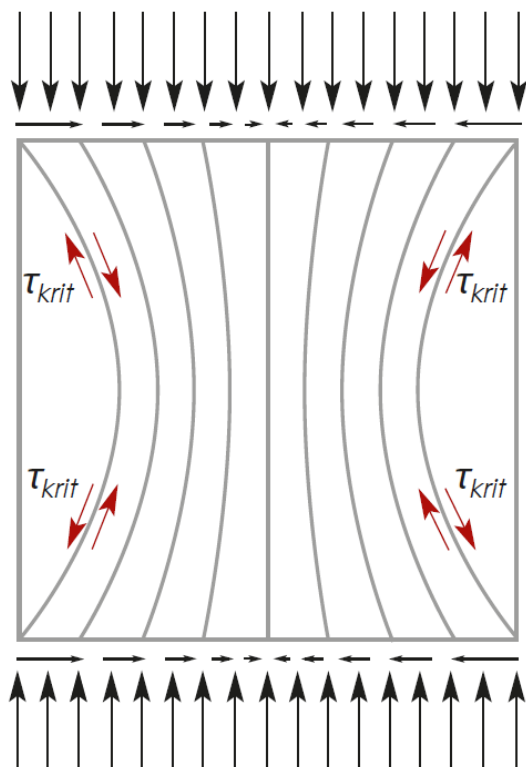
*Föppl* volt az első, aki felismerte, hogy a beton és habarcs nyomószilárdság vizsgálata során a terhelésátadó acéllap-alátét a próbatest terheléséből adódó közvetlen feszültségi állapotát – azáltal, hogy a próbatest és acéllap-alátét érintkezési felületén a terhelés növekedésével egyre növekvő súrlódás folytán e határfelületi tartományban a próbatest alakváltozását akadályozza – megzavarja; és ez a hatás például sztearin-kenéssel csökkenthető, miáltal a nyomószilárdság közel a felére (habarcs próbatest esetén az eredeti nyomószilárdság 54-61%-ára) leeshet (DAfStb-Heft 173:1965).

<sup>123</sup> A sztearin (C<sub>57</sub>H<sub>110</sub>O<sub>6</sub>) a különböző eredetű zsírok és olajok egyik fő elegy-összetevője.

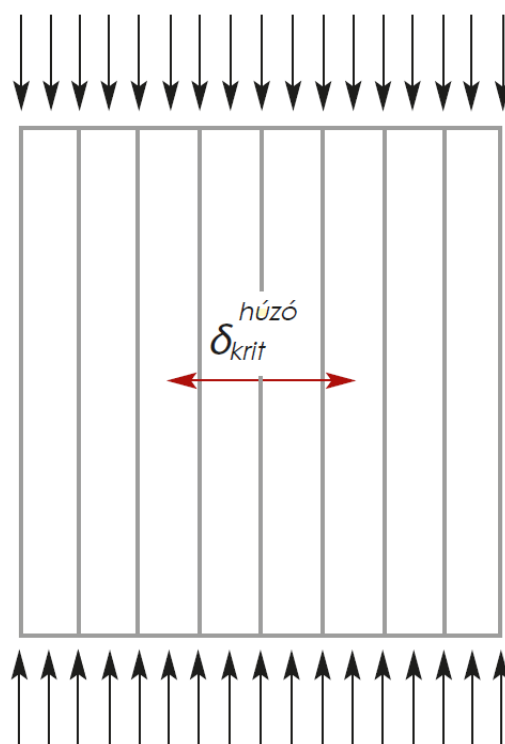


A sztearin egy molekula glicerín (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) és három molekula sztearinsav 3×(C<sub>18</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>) alkotta vegyület. Ezért nevezik trisztearinnak, glicerín-észternek vagy sztearinsavas glicerinnak is (*Márkus*, 1940).

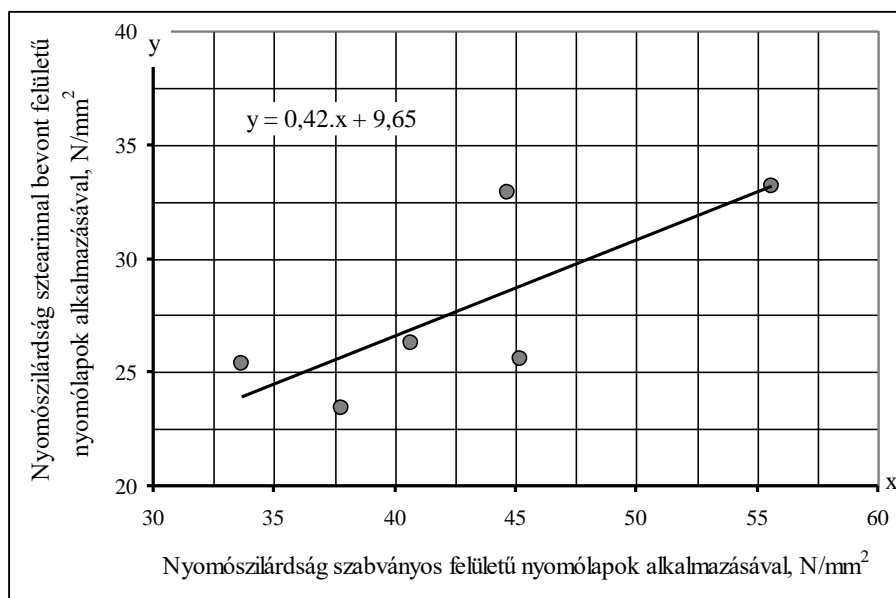
során a nyomószilárdság az alátét alkalmazása nélkül kapott vizsgálati eredménynek 95,4%-a, illetve 65,5% volt.



**20.1.1.15. ábra:** Csúszótörés  
(Kausay 1967, Kausay et al. 2018)



**20.1.1.16. ábra:** Szakadótörés  
(Kausay 1967, Kausay et al. 2018)



**20.1.1.17. ábra:** Zúzottkőbeton nyomószilárdsága szabványos és sztearinnal bevont felületű nyomólapok (alátétlemezek) alkalmazásával (Kausay 1967)

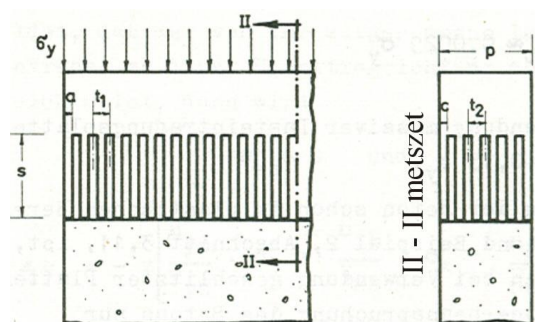
Hilsdorf (1965) a DAfStb-Heft 173:1965 kiadványban arról számolt be, hogy a Münchener Műszaki Főiskola Építésügyi Anyagvizsgáló Intézetében (Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München) B 225 (mai C1) nyomószilárdsági osztályú betonnal egy- és kéttengelyű igénybevétellel betonszilárdság kísérleteket végzett, és a nyomószilárdság vizsgálat során a tiszta egy- és kéttengelyű feszültségi állapot előállításának nehézségét a nyomott próbatest és a terhelésátadó elem érintkezési felületén ébredő – a

próbatest terhelt peremfelületi alakváltozását akadályozó – súrlódásban láttá, amelynek csökkentésére nem csak teflon-réteggel kísérletezett, hanem terhelésátadó, ún. acélkefe-alátétet is kifejlesztett és alkalmazott.

A teflonos kísérlet során *Hilsdorf* 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas betonhasáb (tárca) nyomószilárdságát vizsgálta úgy, hogy a nyomógép nyomólapja és a betonhasáb közé a hasábok egyik csoportja esetén felületi kezelés nélküli acéllap-alátétet, másik csoportja esetén kemény-krómozású acéllap-alátétet és 2 mm vastag, kereskedelmi minőségű – 300 kp/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú, mintegy 4000 kp/cm<sup>2</sup> rugalmassági modulusú – teflon-réteget iktatott be. Azt tapasztalta, hogy a teflon-réteg lecsökkentette a nyomólap és a próbatest közötti súrlódást, aminek következtében a teflon-réteg közbeiktatásával vizsgált betonhasábok átlagos nyomószilárdsága 141 kp/cm<sup>2</sup> értékre adódott, míg a szokványos acéllap-alátéttel vizsgált betonhasáboké 179 kp/cm<sup>2</sup> volt. Az előbbi eredmény az utóbbinak  $100 \times 141 / 179 = 78,8\%$ -a (DAfStb-Heft 173:1965).

A nyomószilárdság vizsgálatához kialakított, a DAfStb-Heft 173:1965 kiadvány 5.1 fejezetében ismertetett *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét hossz-és keresztirányban 23 mm mélyen bemetszett acéllemez. Az acéllemez bemetszésével kellőképpen rugalmas fogak keletkeznek, amelyek a nyomóerőnek a betonpróbatestre továbbításához kellően merevek, ugyanakkor a végeik a súrlódási erő hatására elmozdulhatnak. Az acélkefe-alátétet a beton nyomószilárdsági osztályától függően kell kialakítani, mert növekvő törőszilárdsághoz csökkenő törési alakváltozások tartoznak, ezért a nagyobb szilárdságú betonok vizsgálatához kevésbé karcsú és kihajlásnak jobban ellenálló fogazatú acélkefe-alátétekre van szükség.

A *Hilsdorf*-féle nyomószilárdság-vizsgálati terhelésátadó acélkefe-alátét vázlatos rajza a 20.1.1.18. ábrán, az egyirányú nyomószilárdság vizsgálat elrendezése acélkefe-alátéttel és acéllap-alátéttel a 20.1.1.19. ábrán látható.



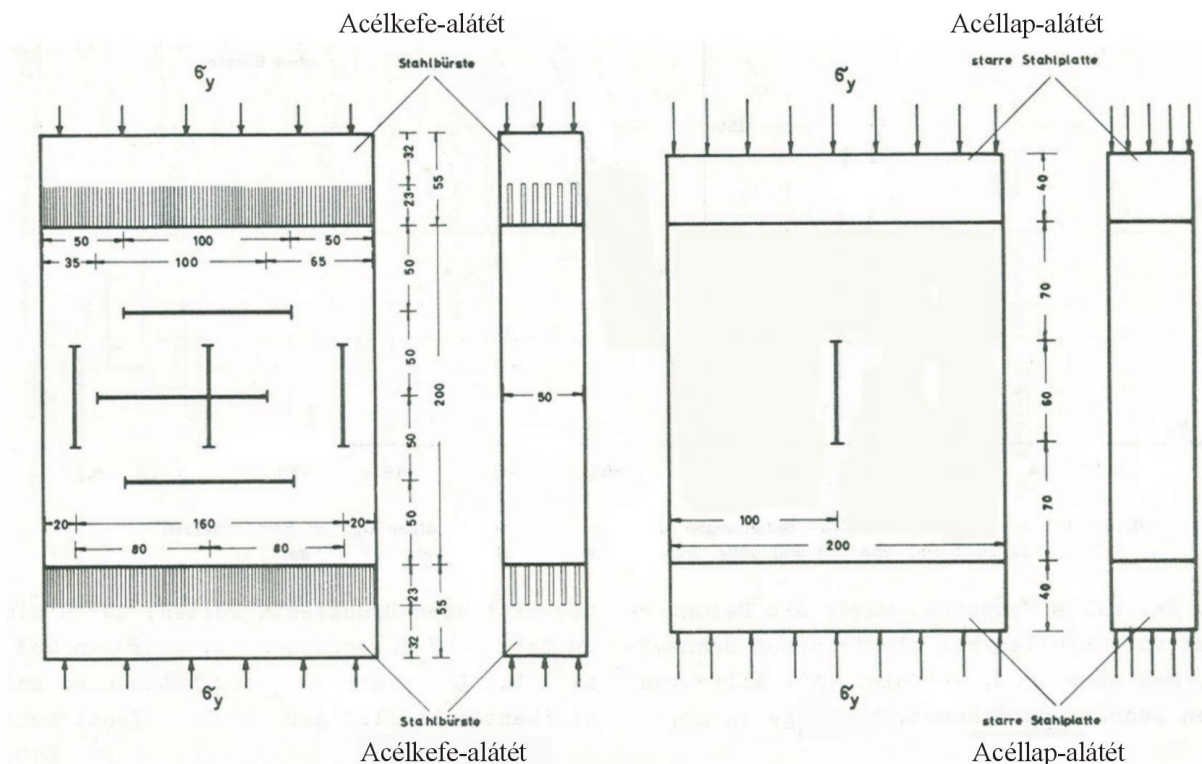
Jelmagyarázat:

- $t_1 = 1,0$  mm, a fogak egymástól való tengelytávolsága a beton próbatest szélességének irányában
- $t_2 = 3,15$  mm, a fogak egymástól való tengelytávolsága a beton próbatest vastagságának irányában
- $s = 23,0$  mm, a fogak hossza
- $a = 0,9$  mm,  $c = 2,85$  mm, a fogak vastagsága
- $p = 50$  mm, az acélkefe-alátét vastagsága

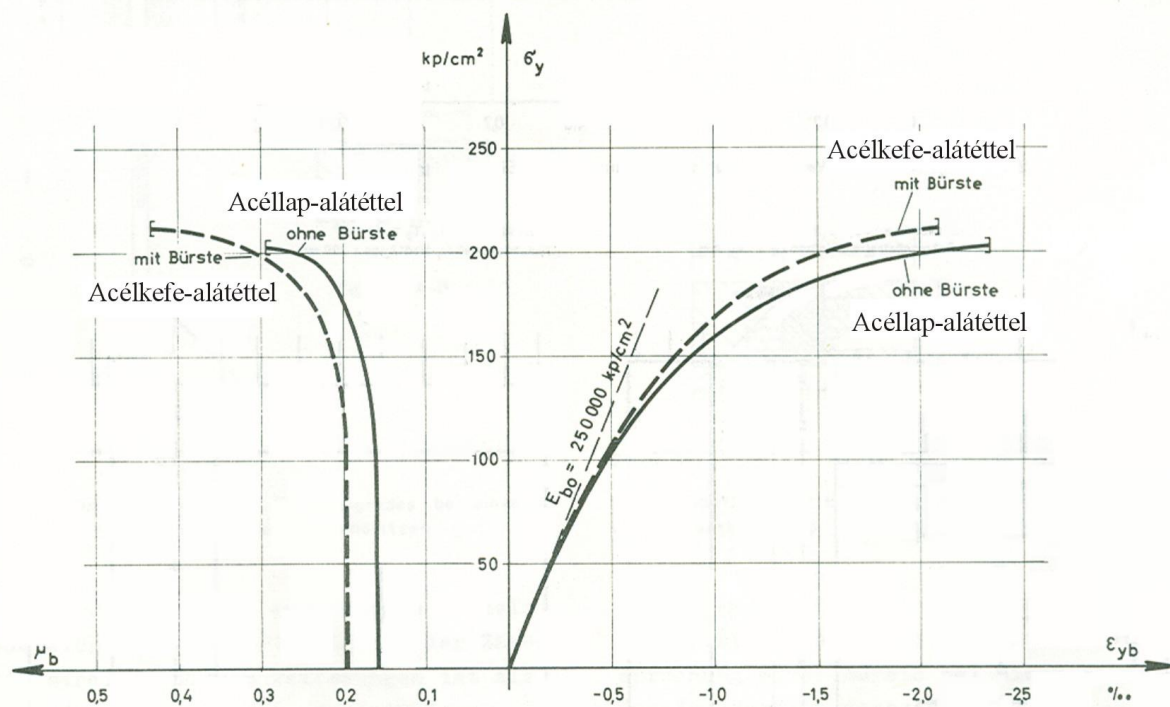
**20.1.1.18. ábra:** *Hilsdorf*-féle terhelésátadó acélkefe-alátét 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas betonhasáb (tárca) egytengelyű nyomószilárdság vizsgálatához (DAfStb-Heft 173:1965)

A kísérlet során három darab – 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas, 250 kg/m<sup>3</sup> Z 275 jelű (a mai CEM 32,5 jelűnek megfelelő) cementet tartalmazó, 0,86 víz-cement tényezővel készített, képlékeny konzisztenciájú, körlyukú szitán mért 30 mm (négyzetlyukú szitán értve 24 mm) legnagyobb szemnagyságú – betonhasáb nyomószilárdságát egytengelyű igénybevétellel acélkefe-alátét, három darab ugyanilyen méretű és összetételű betonhasábét pedig összehasonlításként 50 mm vastag acéllap-alátét alkalmazásával mérték. A betonhasábokat (társkákat) 200 mm élhosszúságú betonkockából vágta ki. Vizsgálat közben a próbahasábok terhelésirányú hosszváltozását 60 mm hosszú nyúlásmérő bélyegekkel, keresztirányú hosszváltozását 100 mm hosszon induktív elmozdulásmérővel határozták meg, és felvették a hosszirányú  $\sigma_y - \varepsilon_{yb}$  görbét és a keresztirányú  $\sigma_y - \mu_b$  görbét (20.1.1.20. ábra). A  $\sigma_y - \varepsilon_{yb}$  és a  $\sigma_y - \mu_b$  görbék elemzése *Hilsdorf* megállapította, hogy a terhelésátadó elem fajtája a nyomószilárdságot lényegesen nem, és az  $E_{b0}$  kezdeti rugalmassági moduluszt még annyira sem

befolyásolta. Észrevehető különbség a keresztirányú alakváltozásokban jelentkezett, ugyanis az acéllap-alátét kisebb keresztirányú megnyúlásokat tett lehetővé, mint és a súrlódásmentes acélkefe-alátét, amellyel mért  $\mu_b = 0,195$  érték tekintendő a beton tényleges fajlagos keresztirányú hosszváltozásának (DAfStb-Heft 173:1965 kiadvány 6.4 fejezete).



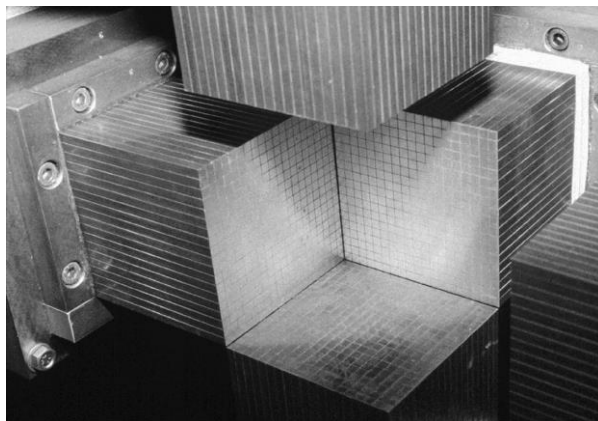
20.1.1.19. ábra: Egyirányú nyomószilárdság vizsgálat elrendezése *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét és acéllap-alátét alkalmazásával (DAfStb-Heft 173:1965)



20.1.1.20. ábra: Betonhasábok *Hilsdorf*-féle acélkefe-alátét, illetve acéllap-alátét alkalmazásával felvett nyomószilárdság-vizsgálati hosszirányú  $\sigma_y$ - $\epsilon_{yb}$  és a keresztirányú  $\sigma_y$ - $\mu_b$  görbéinek átlag-görbéje (DAfStb-Heft 173:1965)

A közelmúltban mások (például *Kupfer* 1973, *Gerstle* et al. 1978, *Chen* 1984, *Hussein* et al. 1998) után *Hampel* (2006) végzett acélkefe-alátét alkalmazásával kísérleteket, amelyek célja az egy-, két- és háromtengelyű igénybevétellel terhelt nagyszilárdságú betonok (C55/67, C70/85, C90/105) viselkedésének elemzése volt. *Hampel* a kísérleteket doktori értekezéséhez a Drezdai Műszaki Egyetemen (Technische Universität Dresden) 100 mm élhosszúságú próbakockákkal, Ø150×300 mm méretű próbahengerekkel, 200 mm élhosszúságú próbakockákból vízszintesen és 900×55×300 mm méretű betontömbökből függőlegesen kivágott és szükség esetén (készítéskor simított felületek, nyúlásmérő bélyegekkel ellátott felületek) csiszolt 200×50 mm alap méretű, 200 mm magas próbahasábokkal végezte. A *Hampel*-féle acélkefe-alátétek nagyszilárdságú csavarral alaplemezre erősített 5×5 mm keresztmetszeti méretű fogakból álltak, amelyek anyaga mintegy 800 N/mm<sup>2</sup> folyáshatárú króm-molibdén-acél ötvözet volt (20.1.1.21. ábra).

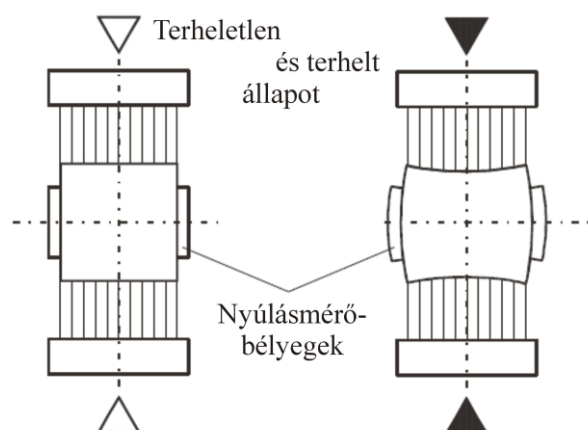
Kísérleti eredményei alapján *Hampel* (2006) arra jutott, hogy az acélkefe-alátéttel 200×50×200 mm méretű próbahasábokon meghatározott  $f_c'$  egytengelyű nyomószilárdság és az acéllap-alátéttel Ø150×300 mm méretű próbahengereken meghatározott  $f_{c,cyl}$  egytengelyű nyomószilárdság hányadosa  $f_c'/f_{c,cyl} = 0,92$ . A mért egyes  $f_{ci}'$  értékek 46,1 – 94,2 N/mm<sup>2</sup>, a mért egyes  $f_{ci,cyl}$  értékek 54,7 – 96,1 N/mm<sup>2</sup> közé estek, átlaguk  $f_{cm}' = 71,9$  N/mm<sup>2</sup>, illetve  $f_{cm,cyl} = 78,3$  N/mm<sup>2</sup> volt.



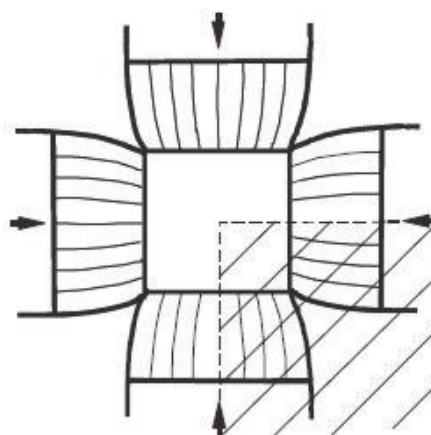
20.1.1.21. ábra: *Hampel*-féle acélkefe-alátétek (*Hampel* 2006)

*Hampel* egyébek mellett megállapította, hogy

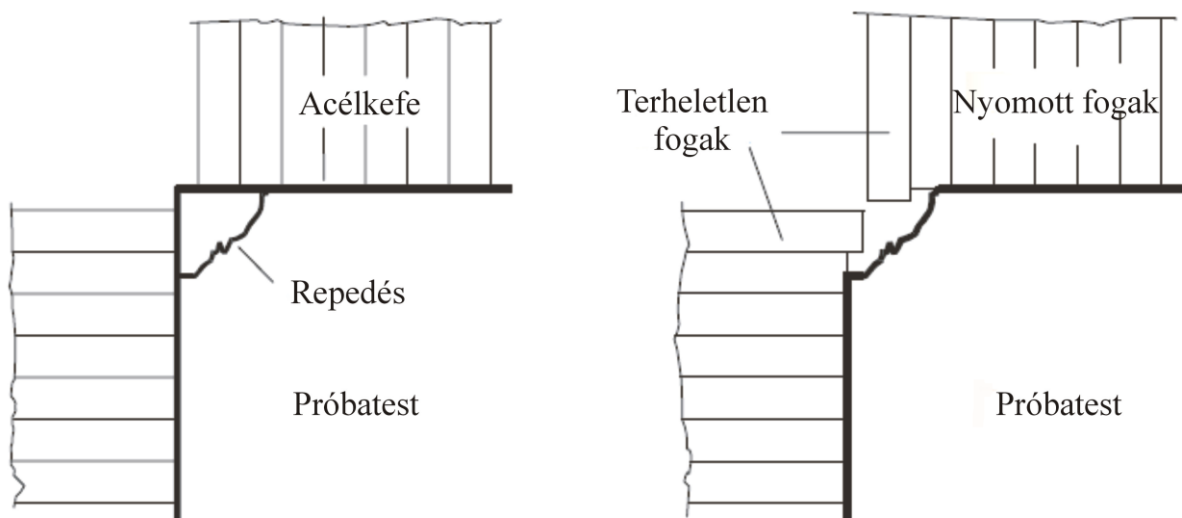
- az alátét és a próbatest felülete közötti súrlódás csökkentése az egy- és kéttengelyű szilárdság csökkenésével jár;
- szilárdságot többtengelyű igénybevétel esetén a peremfelületi súrlódás csökkentése mellett kell meghatározni;
- az acél-kefe fogainak merevségét a beton nyomószilárdsági osztályához kell igazítani;
- az acélkefe-alátét alkalmazása növeli a szilárdságok szórását;
- terheléskor az acél-kefe szélső fogai egyrészt a beljebb lévőknél kisebb terhelést közvetítenek a próbatestre, ezért a próbatest nyomott oldala homorú alakú lesz (20.1.1.22. ábra), másrészt a beljebb lévőknél a nagyobb súrlódási erők folytán ferdebben állnak (20.1.1.23. ábra), és emiatt alattuk a próbatestben nagy keresztirányú húzófeszültségek ébrednek, a próbatest élei letörnek, a szélső fogak pedig terheletlenné válnak (20.1.1.26. ábra).



**20.1.1.22. ábra:** Acélkefe-alátéttel terhelt próbatest alakváltozása (Hampel 2006)

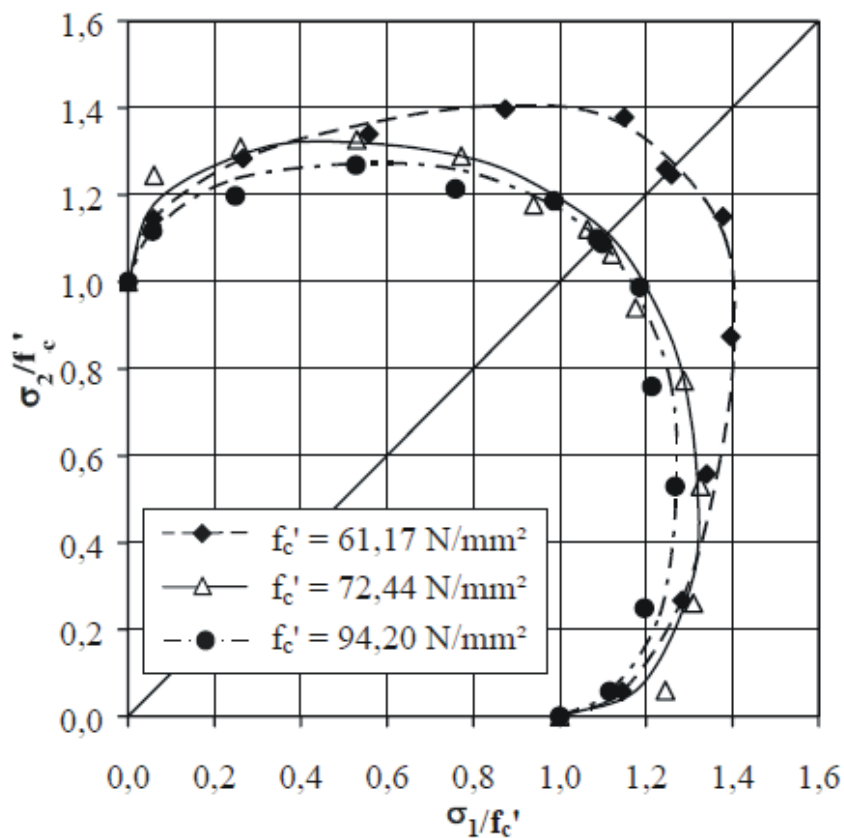


**20.1.1.23. ábra:** Terhelt acélkefe-alátét alakváltozása többtengelyű igénybevétel esetén (Hampel 2006)

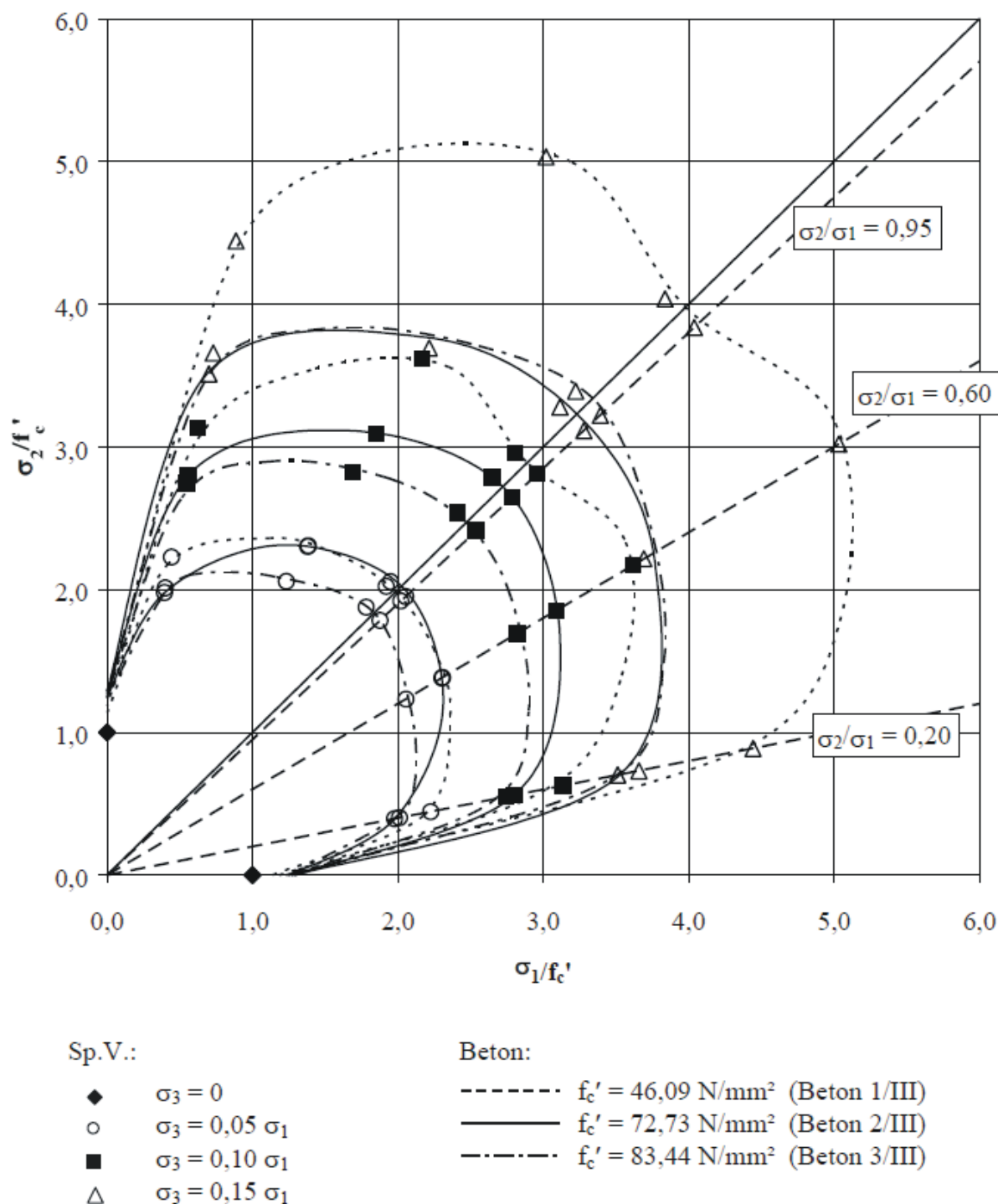


**20.1.1.24. ábra:** Próbatestélek letörésének hatása az acélkefe-alátétek terhelésére többtengelyű igénybevétel esetén (Hampel 2006)

Hampel (2006) acélkefe-alátét alkalmazásával nagyszilárdságú betonokon (C55/67, C70/85, C90/105) végzett kísérletei a kéttengelyű terheléssel kapott 20.1.1.25. ábra szerinti törési határgörbéket és a háromtengelyű terheléssel kapott 20.1.1.26 ábra szerinti törési határgörbéket eredményezték. Az ábrákon a  $\sigma_1$  feszültség függőleges irányú vektor, a  $\sigma_2$  és a  $\sigma_3$  feszültség vízszintes irányú vektor.



**20.1.1.25. ábra:**  
Nagyszilárdságú  
betonok kéttengelyű  
igénybevétellel  
ébresztett kéttengelyű  
feszültségi állapotának  
acélkefe-alátétek  
alkalmazásával  
meghatározott törési  
határgörbéi (Hampel  
2006)



**20.1.1.26. ábra:** Nagyszilárdságú betonok háromtengelyű igénybevétellel ébresztett háromtengelyű feszültségi állapotának acélkefe-alátétek alkalmazásával meghatározott törési határgörbéi (Hampel 2006)

Az ASTM C39/C39M:2018 szabvány szerint vizsgált  $\varnothing 150 \times 300$  mm méretű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek mindkét nyomott felületét például mintegy 200-250 °C hőmérsékletű kénhabarcs sapkával látják el (20.1.1.27. ábra), az ASTM C1231/C1231M:2015 szabvány szerint pedig kötés nélkül neoprén alátét elasztomer- vagy fémpapucst helyeznek a próbahengerek alsó és felső nyomott felületére (20.1.1.28. ábra).

Az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A4. fejezete szerint a kénhabarcs 50 tömeg% kénből és 50 tömeg% 0,125-0,250 mm közötti szemnagyságú kvarchomokból álljon, amelyhez



legfeljebb 2 tömeg% kormot szabad hozzáadni. A kénhabarcsozást forma segítségével kell végezni, amelyet használatbavétel előtt leválasztó ásványolajjal kell kikenni. A kénhabarcs réteg ne legyen 5 mm-nél vastagabb. A próbatestet függőlegesen a forró kénhabarcsot tartalmazó kénhabarcszó formába kell állítani, majd miután a kénhabarcs lehűlt és megszilárdult, a műveletet a próbatest másik véglapjával is el kell végezni (20.1.1.27. ábra). A kénhabarcsozott felületek párhuzamosságát habarcszókerettel kell biztosítani. A nyomószilárdság vizsgálatot a kénhabarcsozás befejezése után leghamarabb 30 perc múlva szabad elvégezni. A visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány A.3.4. szakasza szerint a vékony, és nagy szilárdságú cement- vagy kénhabarcs kiegyenlítőréteg nincs jelentős hatással a nyomószilárdságra.

Az ASTM C1231/C1231M:2015 szabvány az ASTM C192/C192M:2016a szabvány szerint laboratóriumban készített és szilárdult, az ASTM C39/C39M:2018 szabvány szerint vizsgált beton próbahengerek nyomott felületének nyomószilárdság vizsgálat előtti, elasztomer- vagy fémpapucsos előkészítésével foglalkozik. Az eljárás szerint a próbahengerek nyomott véglapjaira kötés nélkül elasztomer- vagy fémpapucst tesznek, amelybe előzőleg neoprén alátétet helyeznek. Az elasztomer- vagy fémpapucs mélysége a neoprén betét vastagságánál kétszer nagyobb legyen, átmérője a próbahenger átmérőjénél nem lehet 2%-kal kisebb, illetve 7%-kal nagyobb. A neoprén betét vastagsága  $13 \pm 2$  mm, átmérője legfeljebb 2 mm-rel lehet kisebb, mint az elasztomer- vagy fémpapucs belső átmérője (20.1.1.28. ábra). Az ASTM C1231/C1231M:2015 szabvány szerint a neoprén betétes elasztomer-papucsok  $10-80 \text{ N/mm}^2$  közötti nyomószilárdságú betonok nyomószilárdságának vizsgálatára alkalmasak, és ha sérülésmentesek, rajtuk 10 mm-nél hosszabb repedések nincsenek, akkor többször is felhasználhatók.



**20.1.1.27. ábra:** Próbahengerek nyomott felületének kénhabarcs sapkázása az ASTM C39/C39M:2018 szabvány szerint. (Centro de Investigacione de Ingeniera, Seccion de Agredados, Concretos y Morteros. Guatemala, 2011. <https://www.youtube.com/watch?v=PqTzsN4nz-4>)



**20.1.1.28. ábra:** Próbahengerek nyomott felületének neoprén alátetes elasztomer-papucsozása az ASTM C1231/C1231M:2015 szabvány szerint. (Universidad Técnica Particular de Loja. Tecnico an Laboratorio de Concrete. Ecuador, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=Wz5zJjQuFkM>)

#### 20.1.1.4. A nyomott felületek csiszolásának hatása a nyomószilárdságra

Érdekes kérdés, hogy miként befolyásolja a nyomószilárdságot, ha a fűrészmagból kialakított vagy a formában készített próbahenger nyomott felületeit lecsiszolják, ahogy az MSZ EN 12390-3:2009 szabványban, illetve az MSZ EN 12504-1:2009, a visszavont MSZ EN 13791:2007 és az MSZ EN 13369:2013 szabványban – értelmezésünk szerint – arra az esetre javasolják, ha a próbatest alak- vagy mérethibás. Értelmezésünk magyarázatául el kell mondani, hogy

- a formában készített és fűrt beton próbatestek nyomószilárdság vizsgálatával foglalkozó MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakaszában, amely előírás, az áll, hogy „Ha szükség van a próbatestek méretének a csökkentésére, akkor csiszolni vagy fűrészelni (értsd alatta vágni) kell”. Értelmezésünk szerint az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakasza csak a mérethibás próbatestek csiszolását vagy vágását írja elő.
- az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány próbakockákra vonatkozó B3.1.1. szakasza és próbahengerekre, valamint magmintákra vonatkozó B3.2.1. szakasza szerint, amelyek szintén előírások, „Ha bármelyik méret 3%-kal nagyobb vagy kisebb, mint az előírt méret, akkor a próbatestet kihagyjuk vagy kiigazítjuk (A melléklet).” A mérethibás próbatestek kihagyásával egyetértünk, a kiigazítással következőképpen nem értünk egyet.
- az ugyancsak az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány A1. szakaszában szereplő „A teherviselésre szánt felületeket csiszolással vagy habarcsolással kell előkészíteni. Vita esetén a csiszolás legyen a referenciamódszer. A kiigazítás más módszereit is szabad alkalmazni, ha azok helyességét a csiszoláshoz viszonyítva igazolták.” mondatok értelmezhetetlenek, és azokat figyelmen kívül kell hagyni, mert azt a látszatot keltik, mintha nemcsak az alak- vagy mérethibás, hanem a szabványos alakú és méretű próbatestek nyomott felületét is minden esetben csiszolni vagy habarcsolni kellene, és a csiszolt felületű próbatesten mért nyomószilárdság lenne a mértékadó;
- a betonszerkezetek betonjának fűrt magmintából kialakított próbahengerekkel történő nyomószilárdság vizsgálatával foglalkozó MSZ EN 12504-1:2009 szabvány 3. fejezete szerint a fűrt próbahengereket nyomószilárdság vizsgálatra csiszolással vagy kiegyenlítéssel kell előkészíteni. A 7.3. szakasz a) bekezdésében arról rendelkeznek, hogy a fűrt próbahengerek csiszolással vagy aluminátcementtel (alumina cement, Tonerdezement) kiegyenlített véglapjának egyenletessége (sík volta) feleljen meg az MSZ EN 12390-1:2013 szabvány követelményének. Az MSZ EN 12504-1:2009 szabvány 10. fejezetének f) bekezdése szerint a vizsgálati jegyzőkönyvben fel kell tüntetni, hogy a próbatesteket vágással, csiszolással vagy kiegyenlítéssel készítették-e elő. A próbatestek csiszolásával nem értünk egyet;
- a betonszerkezetek és előregyártott betonelemek betonja roncsolásos és roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek értékelését tárgyaló visszavont MSZ EN 13791:2007 szabvány A.3.4. szakasza a fűrt magmintából kialakított próbahengerre a felület kiegyenlítési módszerek közül a csiszolás alkalmazását ajánlja. Ezt az ajánlást nem tudjuk elfogadni;
- az előregyártott betonelemekre vonatkozó MSZ EN 13369:2013 szabvány H mellékletében a fűrt magmintából kialakított próbahengerek véglapjainak nyomószilárdság vizsgálat előtti csiszolását ajánlják. Ezt az ajánlást sem tudjuk elfogadni;
- komoly hiányosság, hogy sem az MSZ EN 12390-3:2009, sem az MSZ EN 12504-1:2009, sem az MSZ EN 13791:2007, sem az MSZ EN 13369:2013 szabvány a csiszolás nyomószilárdság befolyásoló hatásáról nem szól.

A csiszolásról már az európai szabványokat megelőző szabványok is szóltak. A visszavont

MSZ 4715-4:1972 és MSZ 4715-4:1987 vizsgálati szabványban olvashatjuk, hogy a vizsgálatra szánt próbatest nyomott felületei minden esetben síkok és egymással párhuzamosak legyenek. A próbatest nyomott felületei 100 mm-enként legfeljebb 0,1 mm-rel térhetnek el a síktól. A nyomott felületek egymástól mért távolsága kocka és hasáb esetében a négy sarkon, henger esetében két egymásra merőleges átmérőhöz tartozó alkotón mérve legfeljebb 1 mm-rel térhet el egymástól. Ha a felületek e követelményeknek nem felelnek meg, akkor csiszolással kell azokat kialakítani. Ha a beton minősége nem teszi lehetővé a csiszolást, akkor a felületet – a vizsgálat időpontjában a várható törőfeszültségnél nagyobb szilárdságú – gyorsan szilárduló vékony rétegű habarccsal kell kiegyenlíteni. Vékony rétegű a habarcs akkor, ha a próbatest tömege a két oldal habarcsolása miatt legfeljebb 4%-kal növekszik. A habarcsolást úgy kell elkészíteni, hogy a nyomott felületek a próbatest tengelyére mérőlegesek legyenek.

A próbatestcsiszolás szabványba foglalása tehát nem újkeletű dolog, de a régi szabványok olvasása közben nem szabad megfeledkezni arról, hogy azok megírása és alkalmazása idején a csiszolás mást jelentett, mint ma; az utóbbi évtizedek csiszolástechnikai fejlődése és hatása nem hagyható figyelmen kívül. Az 1970-1980-as évek beli laboratóriumi csiszológépek forgótárcsájának fordulatszáma általában 150-300 ford/perc, átépítve legfeljebb 1200 ford/perc volt, és a forgótárcsára dörzsvásznat erősítettek. A próbatestet csiszolás közben általában kézzel nyomták a forgótárcsához (20.1.1.29. ábra). A mai csiszológépek ezzel szemben legalább 3400 ford/perc fordulatszámú gyémánt-szemcsés tárcsával csiszolnak, mechanikájuk magasfokon szabályozott (20.1.1.30. ábra), következésképpen hatékonyságuk és pontosságuk messze meghaladja a mintegy ötven évvel ezelőtt gyártott gépeket, voltaképpen nem is csiszolnak, hanem fényesítenek (políroznak). Ezt a körülményt és hatását a nyomószilárdságra a mai szabványalkotók sajnos nem veszik figyelembe.



**20.1.1.29. ábra:** Laboratóriumi betonpróbatesszológép és dörzsvászon az 1970-1980-as évekből (<http://riad.usk.pk.edu.pl> és <https://www.struers.com/zh-CN>)



**20.1.1.30. ábra:** Példa napjaink gyémánttárcsás laboratóriumi betonpróbatesszológépére (<https://www.formtest.de>)

Tapasztalatok szerint a nyomott oldalak csiszolása a fűrt magmintából kialakított próbahengeren mért nyomószilárdságot a vágott, de nem csiszolt, vagy a formában készített próbahengeren mért nyomószilárdságot a natúr vagy habarccsal simított véglapokkal

rendelkező próbahengeren mért nyomószilárdsághoz képest megnöveli, akkor is, ha a próbahengerek véglapjai a csiszolás előtt is tökéletesen párhuzamosak voltak. Minél simábbra csiszoljuk a próbatest nyomott felületét, az a nyomószilárdság vizsgálat során egyre inkább közelebb kerül a nyomólap felületéhez, a felületek közül a levegő teljesen kiszorul, és érvényesül a felületek részecskéi közötti adhézió. A tapadási súrlódási erő tiszta és nagyon sima, csiszolt felület esetén megnő, és ezáltal a mért nyomószilárdság is nagyobb lesz. Ha a próbatest lecsiszolt véglapja nedves, akkor a szárazhoz képest a súrlódás és a nyomószilárdság valamelyest csökkenhet, mert a vékony vízfilm csúszóréteget képezhet. (Kausay – Simon 2017)

A próbatestek nyomott felületeinek csiszolása látszólag nem csak a fűrásmagból kialakított például Ø100×100 mm méretű próbahengerek, hanem a formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságát is megnöveli. Erre mutatunk be példát a 20.1.1.1. táblázatban és a 20.1.1.31. – 20.1.1.32. ábrán.

A 20.1.1.1. táblázat szerint a csiszolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger

- nyomószilárdságának átlagértéke (52,7 N/mm<sup>2</sup>) akár 20%-kal is meghaladhatja a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságának átlagértékét (42,8 N/mm<sup>2</sup>);
- nyomószilárdsági osztálya (C40/50) akár két fokozattal is nagyobb lehet, mint a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdsági osztálya (C30/37);
- nyomószilárdságának előírt jellemző értéke (40 N/mm<sup>2</sup>) elérheti a sablon formálta felületű 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának előírt jellemző értékét (37 N/mm<sup>2</sup>).

**20.1.1.1. táblázat:** Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, különböző módon előkészített nyomott felületű próbahengerek nyomószilárdsága (Kausay – Simon 2017)

Nyomott felület kialakítása	Felső lap cementhabarccsal simított, alsó lap natúr	Felső lap csiszolt, alsó lap natúr	Mind a két lap csiszolt
Végig víz alatt tárolt, 28 napos korú Ø150×300 mm méretű próbahengerek	Töréskor nem robbantak	Töréskor robbantak	Töréskor robbantak
Átlagos nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	42,8	51,4	52,7
Nyomószilárdság, %	100,0	120,0	123,1
Szórás, N/mm <sup>2</sup>	1,68	0,67	1,64
Szórás a terjedelemből számítva, N/mm <sup>2</sup>	1,95	0,71	1,89
Mértékadó szórás, N/mm <sup>2</sup>	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, $n = 3$	2,92	2,92	2,92
Jellemző érték, N/mm <sup>2</sup>	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50



**20.1.1.31. ábra:** Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, cementhabarccsal simított és csiszolt felső nyomott felületű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek (*Kausay – Simon 2017*)



**20.1.1.32. ábra:** Formában készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm

méretű, natúr és csiszolt alsó nyomott felületű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek (Kausay et al., 2017).

A próbatestek csiszolását ajánló szabványok a csiszolás látszólagos nyomószilárdság-növelő hatásáról és az így mért nyomószilárdság átszámításának szükségességéről nem szólnak, és a csiszolás megengedett mértékét sem szabályozzák. Csiszolással a próbahenger magassága is csökken, ami szintén látszólag növeli a nyomószilárdságot.

Ezt felismerve mondják ki az előregyártott beton csatornázási aknaelemek MSZE 15612:2014 előszabványának 5.5.3. szakaszában, hogy az aknaelemből kifűrt magmintából kialakított próbahenger nyomószilárdságának meghatározása során a próbahenger nyomott felületeit csiszolni nem szabad, mert a csiszolás nyomószilárdság-növelő hatású, miközben általa a beton szövetszerkezete nem változik.

Az MSZ 4798:2016 betonszabvány 5.5.1.2. szakaszának (19 bekezdésében úgy fogalmaznak, hogy a nyomószilárdságot az MSZ EN 12390-3 szabvány szerint kell meghatározni, azzal a kiegészítéssel, hogy azoknak a próbatesteknek a teherviselésre szánt felületét, amelyek mérete vagy alakja az MSZ EN 12390-1 szabvány előírásainak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B mellékletének megfelel, az MSZ EN 12390-3 szabvány 5. fejezete, illetve A melléklete szerint kiigazítani indokolatlan. Az MSZ EN 12390-1 szabványnak, illetve az MSZ EN 12390-3 szabvány B melléklete előírásainak meg nem felelő méretű vagy alakú próbatestek csiszolással történő kiigazítása nem javasolható, mert a korrekciós tényezőnek jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke. Ha a próbatest mérete az MSZ EN 12390-1 szerinti méretekre előírt mérettűréseken kívül esik, akkor a próbatestet nyomószilárdság vizsgálat előtt vagy kalcium-aluminát cementhabarccsal vagy kénkeverékkel vagy homokdoboz módszerrel ki kell igazítani, vagy a nyomószilárdság vizsgálatból ki kell hagyni.

### **Összegezve:**

Az építmények biztonsága csak a méretezési modellben megkövetelt anyagminőségekkel biztosítható. Az anyagminőségre vonatkozó követelmény a vizsgálati módszertől nem választható el, a vizsgálati módszer megváltoztatásával a követelményérték érvényét veszti. Ezért helytelen a beton vagy vasbeton szerkezetbe olyan betont beépíteni, amelynek nyomószilárdságát a vizsgálati módszer megváltoztatásával – csiszolt felületű próbatestek vizsgálati eredményével – igazolták.

A próbatest nyomott felületének csiszolása a csiszolatlanhoz képest a vizsgálati módszer megváltoztatását jelenti, következésképpen, ha a csiszolás látszólagos nyomószilárdság-növelő hatását nem veszik figyelembe, akkor a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a mért nyomószilárdság alapján a csiszolatlan próbatest nyomószilárdságára vonatkozó előírt értékkel igazolni nem szabad.

Csiszolással a beton mért nyomószilárdsága annak ellenére megnövekszik, hogy a beton szövetszerkezete, összetétele, cementtartalma stb. változatlan marad.

A csiszolás közel olyan hatású, mintha a nyomott próbatestet befognánk vagy az alsó és felső acéllap-alátéthez ragasztanánk.

A próbatestek nyomott felületének csiszolásával épp ellenkező hatás érhető el, mint amilyenre például *Hilsdorf* (1965) vagy *Hampel* (2006) az acélkefe-alátét alkalmazásával törekedett (lásd e könyv 20.1.1.3. fejezetét).



### 20.1.2. Különböző feltételek mellett meghatározott egyes vagy átlagos roncsolásos nyomószilárdság vizsgálati eredmények átszámítása

Valamely adott beton nyomószilárdságának egyes vagy átlagos értéke a nyomószilárdság szabványos meghatározása – esetenként szabványosítási időszakonként is változó – feltételeinek függvénye. A különböző feltételek szerint mért, illetve kifejezett nyomószilárdságok egyes vagy átlagos értékei közötti kapcsolat ismeretére – az átszámíthatóság érdekében – a megfelelőség-ellenőrzéshez elengedhetlenül szükség van.

Az MSZ EN 1992-1-2:2010 Eurocode 2 méretezési (tervezési) szabvány a beton 28 napos kori nyomószilárdságát kizsaluzás után végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahenger alkalmazásának feltételezésével értelmezi. Ugyanakkor az MSZ 4798:2016 szabvány és elődei szerint a nyomószilárdság 150 mm élhosszúságú próbakockán is vizsgálható, és a próbakockákat vegyesen is szabad tárolni, de a próbahengerek vegyes tárolása sem kizárt. A teljességhez tartozik, hogy a beton nyomószilárdságát 1982 előtt 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockákon határozták meg. A kutatók már több mint 100 éve felfigyeltek arra, hogy a beton nyomószilárdságának az értékét a próbatest alakja és mérete, valamint a tárolás módja befolyásolja, és azóta is keresik a különböző feltételek mellett meghatározott nyomószilárdságok egymásba való átszámításának lehetőségét.

*Lampl Hugó*<sup>124</sup> és *Sajó Elemér*<sup>125</sup> (1914) arról számol be, hogy *Heinrich Burchartz*<sup>126</sup> (1903) 7, 28 és 90 napos próbakockákkal végzett kísérleteket, amelyek eredményei alapján megállapította, hogy a különböző méretű kockák közül a kisebbek nyomószilárdsága nagyobb, mint a nagyobb méretűeké. A 28 napos korú 71 mm élhosszúságú kockák nyomószilárdságához

---

<sup>124</sup> *Lampl Hugó* (1883, Budapest – 1976, Budapest) vízimérnök, a műszaki tudományok doktora (1954). Oklevelét 1905-ben a budapesti József Műegyetemen szerezte. Részt vett a Csepel-szigeti Cementkísérleti Állomás anyagvizsgálati kutatásaiban. Bolgozott a Kvassay-zsilip építésénél (1913-1914), 1919-ben a soroksári Duna-ág csatornázásának munkálataiban vett részt, 1920-tól a budapest-csepeli kikötőépítés osztályvezető mérnöke volt. A tassi vízlépcső építésénél 1926-ban hazánkban elsőként alkalmazta a talajvízszint-süllyesztéses alapozást és az öntőtornyos betonozást. A balatoni kikötők építését is ő irányította. *Lampl Hugó* vezette a békésszentandrási vízlépcső (1936–42), a tiszafüredi öntözőrendszer (1940), a hódmezővásárhelyi öntözőrendszer (1947), a Duna–Tisza-csatorna tervezését (1947), valamint a tiszalöki vízlépcső építésének főmérnökeként az alapozás és építés munkálatait. 1955-ben vonult nyugállományba. Emlékére a Magyar Hidrológiai Társaság 1993-ban Lampl Hugó-díjat alapított. ([https://hu.wikipedia.org/wiki/Lampl\\_Hugo](https://hu.wikipedia.org/wiki/Lampl_Hugo)), (<https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=1299>)

<sup>125</sup> *Sajó Elemér* (1875, Órszentmiklós – 1934, Budapest) vízimérnök, vízügyi és gazdaságpolitikus, a budapesti József Műegyetemen 1897-ben szerezte mérnöki oklevelét. *Kvassay Jenő* (1850, Buda – 1919, Budapest) – a magyar vízügy negyven éven át legfőbb irányítója – a nagybátyja volt. *Sajó Elemér* az oklevél megszerzése után néhány hónapig a Földművelésügyi Minisztérium vízügyi osztályán, majd a Ferenc-csatornánál az óbecsei zsilip építésénél, 1897-től a budapesti VIII. kerületi kultúrmérnöki hivatalban dolgozott. 1900-tól megépítette a Bega-torkolati kamarazsilipet és a duzzasztóművet. 1909-től a soroksári Duna-ág rendezési munkáiban vett részt, a Budapesti Kereskedelmi és Ipari Kikötőt (ma: Csepeli Kikötő) építő Kikötőépítő Igazgatóság helyettes vezetője volt; ő építette az északi bejárati hajózsilipet (ma: Kvassay-zsilip) és vezette a soroksári Duna-ág szabályozását. 1928-tól a Földművelésügyi Minisztériumban a balatoni munkálatok felügyeletét látta el, és a Nemzetközi Dunabizottság, valamint a Dunai Állandó Műszaki Bizottság előadója, 1930-tól pedig nyugdíjba vonulásáig (1934) az Országos Vízügyi Mérnöki Szolgálat vezetője volt. A magyar vízügyi politika programját több évtizedre *Sajó Elemér* dolgozta ki. Terveket készített a Duna-Tisza-csatornára és a Körösök csatornázására. Kezdeményezésére készült el a békésszentandrási duzzasztómű. Szorgalmazta öntözésügy fejlesztését. Irodalmi tevékenysége jelentős. Emlékére a Magyar Hidrológiai Társaság középiskolai tanulók számára 1981 óta hirdet szakirodalmi pályázatot.

<http://mek.oszk.hu/00300/00355/html/ABC13280/13306.htm> és [http://vizmerce.blog.hu/2017/05/02/sajo\\_elemer](http://vizmerce.blog.hu/2017/05/02/sajo_elemer)

<sup>126</sup> *Heinrich Burchartz* (1864, Köln – 1938, Berlin) német mérnök, 1917-től a berlin-dahlemi Baustoffkunde am Staatlichen Materialprüfungsamt professzora. A mészhidrátok, traszok, cementek, betonok, mészhomokkövek, kohósalakok tulajdonságainak kutatásában értbel jelentős eredményeket.

(100%) viszonyítva az ugyanilyen idős 100 mm, 200 mm, 300 mm élhosszúságú kockák nyomószilárdsága rendre 92%, 77%, 61% volt.

Zielinski Szilárd<sup>127</sup> (1909) 28 napos korú 70, 150, 300 és 500 mm élhosszúságú földnedves és képlékeny konzisztenciájú betonok nyomószilárdságát vizsgálta (20.1.2.1. táblázat), és arra következtetésre jutott, hogy a nagyobb próbakockák nyomószilárdságai között kisebb a különbség, mint a kisebb próbakockák nyomószilárdságai között (Lampl – Sajó 1914).

Megnevezés	Keverőarány súlyban	Földnedvességű beton- próbatestek élhossza				Plasztikus beton- próbatestek élhossza			
		7 cm.	15 cm.	30 cm.	50 cm.	7 cm.	15 cm.	30 cm.	50 cm.
		28 napos szilárdság kg. pro cm <sup>2</sup>							
Mézdús románcement...	1 : 4 : 4	67·9	33·4	32·4	31·3	43·0	21·0	18·1	17·2
Portlandcement... ..	1 : 3 : 3	291·8	156·6	149·0	142·7	144·5	105·4	89·5	89·6

**20.1.2.1. táblázat:** Különböző méretű betonkockák nyomószilárdsága Zielinski Szilárd (1909) kísérletei szerint (Lampl – Sajó 1914)

Nem szabad elfelejteni, hogy a XX. század elején a próbakockákat vasformában készítették, általában 12 kg tömegű kézi vasdöngölökkel tömörítették, 24 órás korban kiszalutták, kiszalutás után 24 órán keresztül laboratóriumi levegőn tárolták, majd víz alá helyezték. Az utókezelő medencék vizét hetente cserélték, és a próbatesteket csak 2-3 nappal a törésük előtt vették ki a vízből (Lampl – Sajó 1914). Az akkori betonok nyomószilárdsága a 30 N/mm<sup>2</sup> értéket nem igen haladta meg, többségében kevesebb volt, mint 20-25 N/mm<sup>2</sup>.

Graf a betonok tulajdonságairól írt könyvében (1950) azt állapította meg, hogy a 100 mm élhosszúságú próbakockán mért nyomószilárdság 1,05-1,25-szorosa, a 300 mm élhosszúságú próbakockán mért nyomószilárdság 0,85-0,95-szorosa, és a 400 mm élhosszúságú

<sup>127</sup> Zielinski Szilárd (1860, Mátészalka – 1924, Budapest), kultúrmérnök, szerkezettervező, egyetemi tanár. A magyar királyi József-Műegyetemen 1884-ben szerezte meg mérnöki oklevelét. Ezután állami ösztöndíjjal Németország, Anglia és Franciaország vasútjait, hídjait és egyéb nevezetes mérnöki alkotásait tanulmányozta, közben Párizsban az Eiffel cég tervező irodájában is dolgozott. 1881-ben Kisfaludi Lipthay Sándor vasútépítő műegyetemi professzor tanszékén lett tanársegéd. A Műegyetemen 1897-ben magántanár, majd 1906-ban nyilvános rendes tanár lett az Út-Vasútépítési Tanszéken. 1902-ben – hazánkban elsőként – megszerezte a műszaki doktori címet. 1889-ben önálló mérnöki irodát nyitott, ahol elsősorban vasútépítéssel foglalkozott, amellyel velejárt az acélhíd-tervezés is. Párizsi útján megismerkedett François Hennebique (1842, Neuville-Saint-Vaast – 1921, Párizs) mérnökkel, vállalkozóval és vasbetonépítési szabadalmával. Hazatérése után irodáját vasbetontervezésre állította át, s hazánkban elsőként tervezett a Hennebique-rendszerrel különböző vasbetonszerkezetű hidakat, víztornyokat, silókat, épületeket stb. Nevéhez fűződik a kőbányai, a szegedi és a margitszigeti víztoronynak, az örményesi Temes-hídnak, a Ganz Vagon- és Gépgyár szerelőcsarnokának, stb. a tervezése. Legnagyobb szabású vasbeton hídszerkezete a Fogaras-brassói vasútvonalon 1908-ban épült 167 m hosszú, 60 m középső nyílású, ívszerkezetű viadukt. Zielinski Szilárd az első elnöke volt az 1897-ben megalakult Magánmérnökök Országos Szövetségének, 1920-ban elnökévé választotta a Magyar Mérnök- és Építészegylet, 1921-ben a Közmunkák Tanácsának lett az elnöke. Közel két és fél évtizeden át küzdött a Magyar Mérnöki Kamara megalapításáért, amelynek 1924-ben első elnökévé választották. Emlékét a Magyar Mérnöki Kamara által 2000-ben alapított Zielinski Szilárd-díj, a Műegyetem kertjében mellszobra (készítette: Zielinski Tibor), a Budapest, XI. Budafoki út 3. alatti lakóház falán – ahol lakott – emléktábla, a Margitszigeten a nevét viselő sétány, Mátészalkán a régi vasútállomás falán emléktábla őrzi. 2004. szeptember 25-én a Magyar Örökség és Európa Egyesület mérnöki alkotó munkásságát, amellyel a vasbetonépítést hazánkban meghonosította, Magyar Örökség Díjban részesítette. A mérnöktársadalom méltán nevezi a vasbetonépítés magyar apostolának (Kausay, 2004, 2009).

próbakockán mért nyomószilárdság 0,80-0,92-szorosa a 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának.

A DIN 1048:1944 és DIN 1048:1957 szabványban az állt, hogy a 100 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága 15%-kal nagyobb, a 300 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága 10%-kal kisebb, mint a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdsága (*Hummel* 1959).

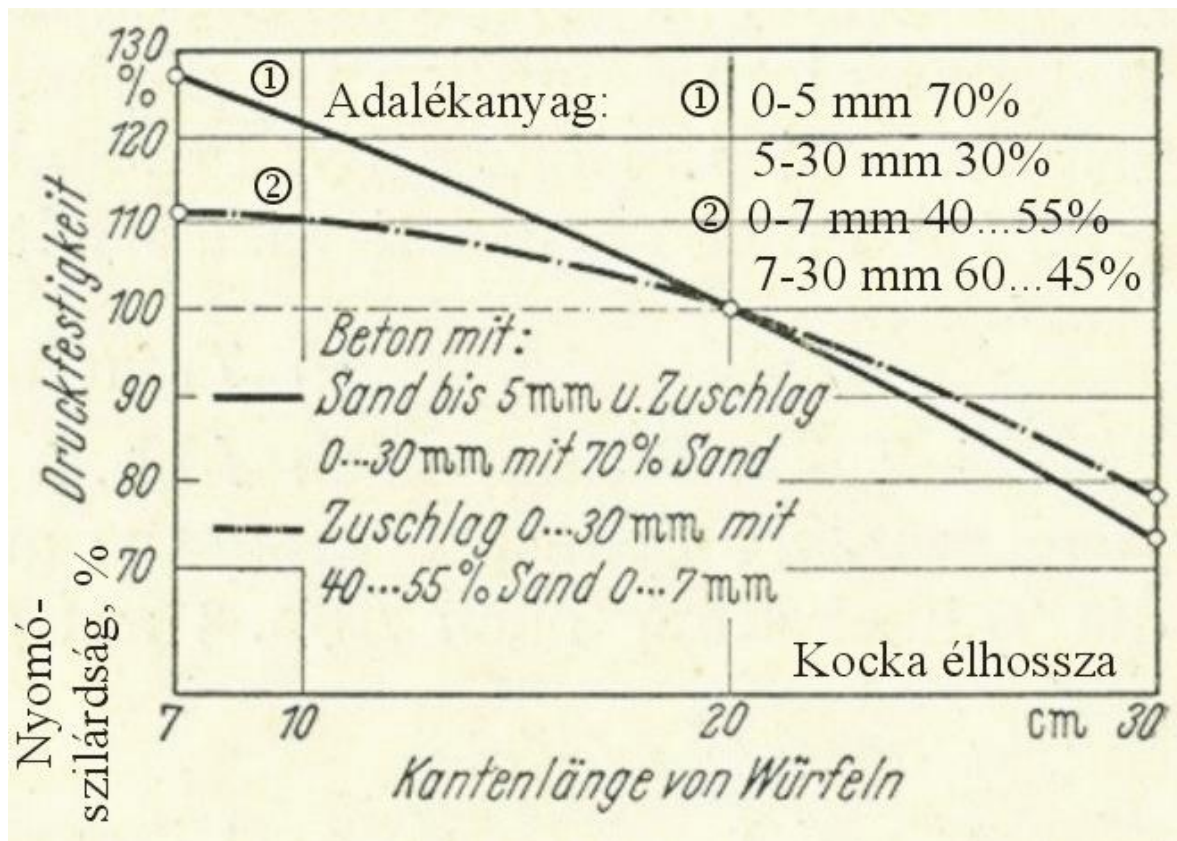
*Walz* fejezet írt a *Graf* szerkesztette építőanyag-könyvbe (1957), és ebben a próbakockák élhosszúságának a beton nyomószilárdságára gyakorolt hatásáról szólva elsőként *Gyengő Tibor*<sup>128</sup> (1938) ábrájára hivatkozik (20.1.2.1. ábra). A hivatkozott angol nyelvű *Gyengő Tibor*-féle cikk (1938) előzménye az *Anyagvizsgálók Közlönyében* (1936) megjelent tanulmány, amely a 20.1.2.2. ábrán bemutatott betonkockákon, hasábokon és hengereken a magyar királyi József Nádor Műegyetem Beton és Vasbetonépítési Laboratóriumában (tanszékvezető dr. *Mihailich Győző*) végzett összehasonlító szilárdsági kísérletekről szól. A kísérleti betonok adalékanyaga homokos kavics, cementtartalma 270 kg/m<sup>3</sup>, konzisztenciája képlékeny volt. Keverésüket a nagy homoktartalmúak kivételével keverőgépben, a nagy homoktartalmúakat kézzel végezték. A próbatesteket egy hétig nedves ruhával letakarva, utána 28 napos törésükig szárazon tárolták.

*Gyengő Tibor* (1936) a kísérleti eredményekből többek között azt állapította meg, hogy

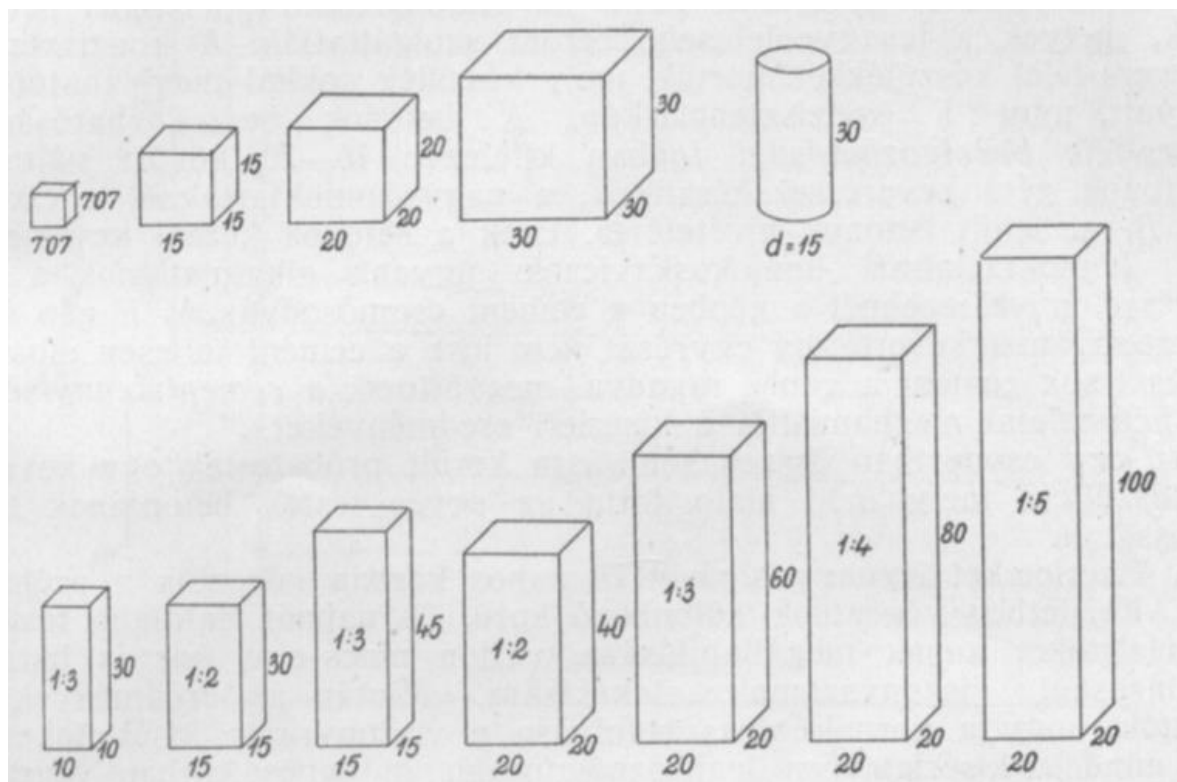
- a próbatest kora a 28 napos korig nincs befolyással a különböző alakú és méretű próbatestek nyomószilárdságai között fennálló viszonyszámokra;
- a különböző élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságai csökkennek az élhosszúság növekedésével, mégpedig a 70% homoktartalmú betonok esetén lineárisan, kavicsosabb betonoknál pedig az összefüggés egy felülről domború görbébe megy át (20.1.2.2. táblázat);
- az amerikai szabványhengerek (Ø150×300 mm) nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának átlagosan mintegy 75%-át teszi ki (20.1.2.3. táblázat).

---

<sup>128</sup> *Gyengő Tibor* (1910, Budapest – 1980, Budapest) építőmérnök, egyetemi magántanár, címz. egyetemi tanár. A magyar királyi József-Műegyetemet 1932-ben végezte el. Műszaki doktori fokozatot 1940-ben „A nyomatékostás módszerének továbbfejlesztése” című értekezéssel nyert, a műszaki tudomány doktora 1952-ben lett. A nyomatékostás módszerét (a *Cross*-módszert) az USA egyetemén 1932-ben folytatott tanulmányai során ismerte meg. A Magyar Tudományos Akadémia Építéstudományi Főbizottságának 1953-ban ügyvezetője volt. A fenn hivatkozott tanulmányának előzménye „Betonkockákon, hasábokon és hengereken végzett összehasonlító szilárdsági kísérletek” címmel az *Anyagvizsgálók Közlönye* 1936. évi november-decemberi számában (XIV. évfolyam. 5. szám) jelent meg, és a cikket közölte az *Österreichische Betonbericht* is. E közleményekben leírt kutatásokat a Műegyetem II. Hidépítéstani Tanszékén végezte, ahol dr. *Mihailich Győző* professzor tanársegéde volt. A vasbetonszerkezetek méretezése tárgyában több könyv szerzőtársa volt. A Margitszigeti Szabadtéri Színpad tribünje 1938-ban dr. *Gyengő Tibor* tervei alapján épült meg. Munkahelyei: Kereskedelmi Minisztérium Dunahídépítési Szakosztálya (1935-1937), Fővárosi Közmunkák Tanácsa (1937-1946), Építésügyi Minisztérium (1946-1949), Építéstudományi Intézet (1949-1959), Beton és Vasbetonipari Művek (1959-1971). (*Balázs*, 2005).



20.1.2.1. ábra: A beton 70 és 300 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságához viszonyítva. Gyengő Tibor ábrája a Graf-féle könyvben (Graf 1957)



20.1.2.2. ábra: Gyengő Tibor összehasonlító nyomószilárdság kísérleteiben vizsgált próbatestek (Gyengő 1936). A méretek cm-ben értendők.

**20.1.2.2. táblázat:** A próbakockák élhosszúságának hatása a beton nyomószilárdságára *Gyengő Tibor* (1936) szerint

Abrams-féle finomsági modulus	Próbakockák élhosszúsága, mm			
	70,7	150	200	300
	Kockaszilárdság %-ban a különböző élhosszúságok esetén			
4,20	122,1	100,9	100,0	75,1
4,65	132,3	98,5	100,0	71,7
5,30	108,5	104,7	100,0	75,0
5,96	112,0	112,2	100,0	81,3
6,22	104,8	104,8	100,0	80,1

**20.1.2.3. táblázat:** Az amerikai szabványhengerek (Ø150×300 mm) nyomószilárdsága a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának függvényében *Gyengő Tibor* (1936) szerint

Abrams-féle finomsági modulus	Nyomószilárdság százalékban	
	200 mm élhosszúságú próbakocka	Ø150×300 mm méretű próbahenger
4,20	100,0	84,0
4,65	100,0	78,3
5,30	100,0	75,0
5,39	100,0	68,8
5,96	100,0	73,7
6,22	100,0	65,2

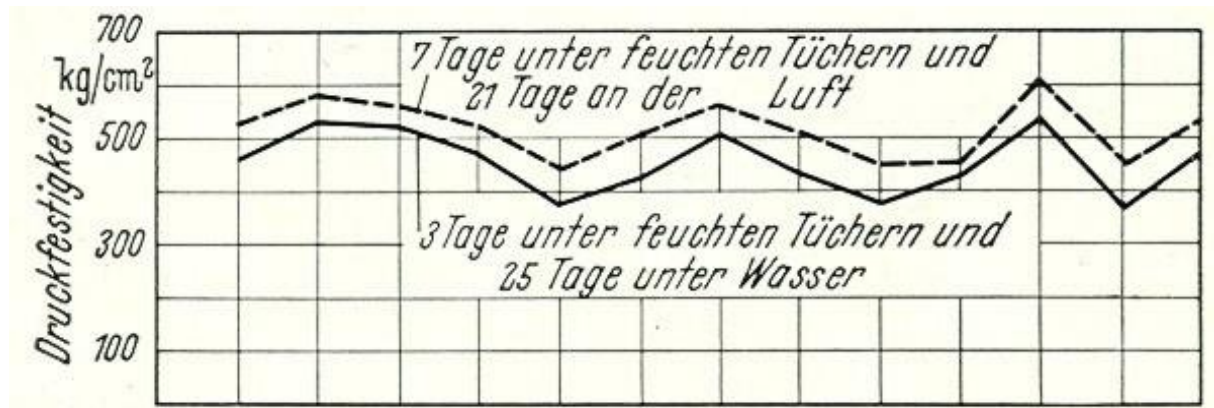
*Walz* (1957) különböző amerikai kísérleti eredményekre hivatkozva a próbahengerek nyomószilárdságának viszonyára a 20.1.2.4. táblázatbeli számokat közölte. Véleménye szerint a Ø150×300 mm méretű próbahengerek és a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának hányadosa mintegy 0,85 értékre tehető, mai jelöléssel kifejezve és a próbahengerek víz alatti, a próbakockák vegyes tárolását feltételezve:

$$f_{cm,cyl,ASTM} = 0,85 \times f_{cm,cube,200,H}$$

**20.1.2.4. táblázat:** Próbahengerek nyomószilárdságának viszonzyszámai *Walz* (1957) szerint

150 mm átmérőjű, különböző magasságú próbahengerek nyomószilárdsága a Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságához viszonyítva, különböző amerikai kísérletek eredményei alapján, víz alatti tárolás mellett					
Magasság, mm	75	150	300	450	600
Magasság/átmérő viszonzyszáma	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Nyomószilárdság viszonzyszáma	1,80	1,17	1,00	0,94	0,89

*Walz* (1957) rámutatott arra is, hogy a DIN 1048:1957 szabvány szerint vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt vagy nedves homokban vagy nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig alátét rostélyon szobalevegőn tárolt betonpróbakockák valamivel nagyobb nyomószilárdságot adnak, mint az ASTM C192:1952 T szabvány szerint 3 napos korig nedves kendők alatt, azután a nyomószilárdság vizsgálatig víz alatt tárolt próbakockák (20.1.2.3. ábra).



**20.1.2.3. ábra:** A vegyesen (szaggatott vonal) és a víz alatt (folyamatos vonal) tárolt, különböző cementekkel készített beton próbakockák nyomószilárdsága Walz (1957) szerint

Hummel (1959) szerint a DIN 1048:1957 szabvány szerinti 200 mm élhosszúságú próbakockák mintegy 13%-kal nagyobb nyomószilárdságot adnak, mint az ASTM C 192:1952 T szabvány szerinti  $d = 152,5$  mm átmérőjű és  $h = 2 \times d = 305,0$  mm magas próbahengerek. Ez a kapcsolat mai jelöléssel kifejezve és a próbahengerek víz alatti, a próbakockák vegyes tárolását feltételezve lényegében az

$$f_{cm,cyl,ASTM} = 0,88 \times f_{cm,cube,200,H}$$

alakot ölti, amely némileg eltér Walz (1957) fenti összefüggésétől.

Nils Petersons svéd kutató kísérleti eredményei (1964) szerint a beton próbahengerek törőszilárdsága ( $\sigma_s$ ) az azonos körülmények között szilárdult szabványos 200 mm méretű beton próbakockák átlagos nyomószilárdságának ( $f_{ci,cube,200}$ ) mintegy 0,68-szorosa ( $0,68 \pm 0,1$ ):  $\sigma_s = 0,68 \times f_{ci,cube,200}$  (Trüb 1980).

Rüsch és szerzőtársai (1969) nagyszámú, különböző alakú és méretű próbatesten nyert építéshelyi nyomószilárdság-vizsgálati eredmény statisztikai elemzését végezték el, amelyben az egységes értékeléshez a mért nyomószilárdságok átlagértékét ( $\beta_i$ ) a – legnagyobb számban előforduló, a vizsgálati eredmények mintegy felét kitevő – 200 mm méretű próbakockák nyomószilárdságának átlagértékére ( $\beta_{w20}$ ) – például Bonzel (1959) munkájára hivatkozva – a 20.1.2.5. táblázat átszámítási szorzótényezőivel számították át. A 200 mm és a 150 mm élhosszúságú vegyesen tárolt próbakockák átlagos nyomószilárdságának viszonyszáma ( $\beta_{w20}/\beta_{w15} = 0,95$ ) lényegében megfelel a 20.1.2.5. ábrán szereplő értéknek ( $1/1,06 = 0,943$ ).

**20.1.2.5. táblázat:** Nyomószilárdság átszámítási szorzótényezők Rüsch és szerzőtársai (1969) tudományos közleményében

Próbatest alakja	Próbatest mérete mm	Nyomószilárdság szorzótényezője $\beta_{w20}/\beta_i$
Próbakocka	300×300×300	1,110
Próbakocka	200×200×200	1,000
Próbakocka	150×150×150	0,950
Próbakocka	100×100×100	0,870
Próbahenger	Ø450/300	1,185
Próbahenger	Ø150/300	1,150
Próbahasáb	–	1,200

Az 1987-ig érvényben volt MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint a különböző alakú és méretű, vegyesen tárolt próbatestek nyomószilárdságát a vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságára a 20.1.2.6. táblázat szorzótényezőivel számították át.

**20.1.2.6. táblázat:** Szorzótényezők a különböző alakú és méretű próbatesteken meghatározott nyomószilárdságoknak a 200 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságára való átszámításához – a próbatestek vegyes tárolása esetén – az egykori MSZ 4715-4:1972 szabvány szerint

Próbakockán meghatározott nyomószilárdság esetén			Próbahengeren meghatározott nyomószilárdság esetén		
Vizsgált próbakocka élhosszúsága mm	Ha a vizsgált próbakocka nyomószilárdsága, N/mm <sup>2</sup>		Vizsgált próbahenger mérete mm	Ha a vizsgált próbahenger nyomószilárdsága, N/mm <sup>2</sup>	
	≤ 20,0	≥ 28,0		≤ 20,0	≥ 28,0
	akkor a próbakockán mért nyomószilárdság szorzója			akkor a próbahengeren mért nyomószilárdság szorzója	
300	1,06	1,04	Ø200×400	1,27	1,24
200	1,00	1,00	Ø150×300	1,25	1,20
150	0,94	0,92	Ø200×200	1,12	1,09
100	0,93	0,91	Ø150×150	1,04	1,02
70,7	0,92	0,90	Ø100×100	0,93	0,92
–	–	–	Ø80×80	0,90	0,88

Megjegyzés:  
 - 20 és 28 N/mm<sup>2</sup> között általában interpoláltunk.  
 - Az MSZ 4715-4:1972 szabványt felváltó, 2003-ban visszavont MSZ 4715-4:1987 szabvány a próbatestek alakjának és méretének a beton nyomószilárdságára gyakorolt hatásával nem foglalkozott.

A 20.1.2.6. táblázat alapján – a nyomószilárdság határérték kisebb, célszerű módosításával – mai jelölésekkel felírható néhány MSZ 4715-4:1972 szabvány szerinti közelítő összefüggés:

- ha a vizsgált próbatestek nyomószilárdsági osztálya C8/10 – C16/20, akkor:

$$f_{ci,cube,150,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,94} = 1,06 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,25} = 0,80 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,93} = 1,08 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,94}{1,25} \times f_{ci,cube,150,H} = 0,75 \times f_{ci,cube,150,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,93}{1,25} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,74 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H}$$

- ha a vizsgált próbatestek nyomószilárdsági osztálya C20/25 – C50/60, akkor:

$$f_{ci,cube,150,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

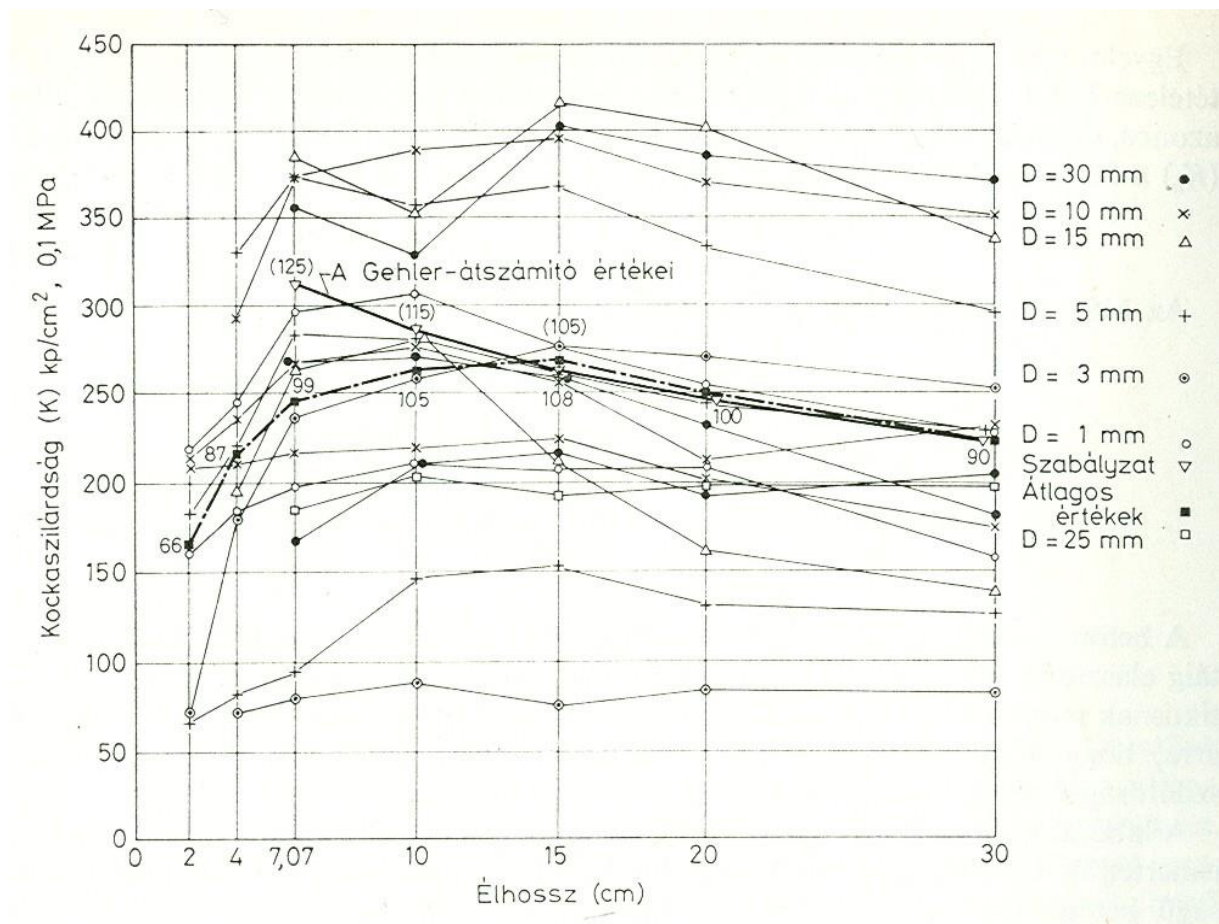
$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,20} = 0,83 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,92}{1,20} \times f_{ci,cube,150,H} = 0,77 \times f_{ci,cube,150,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,92}{1,20} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,77 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H}$$

A Műegyetem Beton és Vasbeton Laboratóriumában Gyengő Tibor összehasonlító kísérletei után mintegy negyvenöt évvel újra kutatták a próbatestek alakjának és méretének hatását a nyomószilárdságra. Palotás László (1980) szerint a legnagyobb nyomószilárdságot adó próbakocka élhosszúságánál kisebb és nagyobb élhosszúságú próbakockák egyaránt kisebb nyomószilárdságot adnak (20.1.2.4. ábra). A 20.1.2.4. ábrán az adalékanyag  $D$  legnagyobb szemmagysága 5 mm alatt négyzetlyukú, 5 mm-től felfelé körlyukú szitán értendő. A legnagyobb szemmagyság – ha az élhosszúság és a legnagyobb szemmagyság viszonya nem túl kicsi – a nyomószilárdsági viszonyokat lényegesen nem befolyásolja, írta Palotás László.



**20.1.2.4. ábra:** Különböző  $D$  legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal készített betonok nyomószilárdsága a próbakockák élhosszúsága függvényében (Palotás – Balázs 1980).

A Műegyetemen végzett kísérletek eredményeit Halász István (1982) a különböző méretű vegyesen tárolt próbakockák és próbahengerek átlagos nyomószilárdságának átszámítási tényezőinek megadásával foglalta össze (20.1.2.7. táblázat).



**20.1.2.7. táblázat:** *Halász*-féle nyomószilárdság átszámítási tényezők

Átszámítási tényező								
150 mm élhosszúságú próbakockán értelmezett nyomószilárdságra			150 mm átmérőjű próbahengeren értelmezett nyomószilárdságra			Próbahenger karcsúságától (magasság/átmérő) függő tényező		
Élhossz mm	Nyomószilárdság N/mm <sup>2</sup>		Átmérő mm	Nyomószilárdság N/mm <sup>2</sup>		Magasság és átmérő hányadosa	Nyomószilárdság N/mm <sup>2</sup>	
	≤ 20	> 20		≤ 20	> 20		≤ 20	> 20
300	1,11	1,09	200	1,08	1,07	3,0	1,10	1,08
200	1,05	1,03	150	1,00	1,00	2,5	1,05	1,04
150	1,00	1,00	100	0,92	0,91	2,0	1,00	1,00
100	0,92	0,94	80	0,87	0,88	1,5	0,93	0,94
70,7	0,94	0,96	70	0,85	0,86	1,0	0,83	0,86
–	–	–	–	–	–	0,5	0,66	0,72
–	–	–	Próbahengerek esetén először a 150 mm átmérőjű, majd a 2,0 magasság/átmérő hányadosú (Ø150×300 mm méretű) hengerre való átszámítást kell elvégezni.					

A vegyesen tárolt Ø100×200 mm és Ø150×300 mm méretű próbahengereken meghatározott nyomószilárdságok kapcsolata ma használatos jelölésekkel a *Halász*-féle átszámítási tényezővel (20.1.2.7. táblázat), interpolálással (a 150 mm átmérőjű hengerre való átszámítás után a magasság/átmérő hányadosa  $200/150 = 1,33$ , és a karcsúságtól függő tényező 0,896, illetve 0,913) a következőképpen írható fel:

- ha  $f_{ci,cyl,H} \leq 20 \text{ N/mm}^2$ , akkor:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = 0,92 \times 0,896 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200,H} = 0,82 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200,H}$$

- ha  $f_{ci,cyl,H} > 20 \text{ N/mm}^2$ , akkor:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = 0,91 \times 0,913 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200,H} = 0,83 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200,H}$$

Helyesebbnek tartjuk azonban, ha a 100 mm átmérőjű próbahengerek nyomószilárdságának kapcsolatait a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.6. táblázatból nyert

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{1,20} = 0,83 \times f_{ci,cube,200,H}$$

$$f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = \frac{f_{ci,cube,200,H}}{0,92} = 1,09 \times f_{ci,cube,200,H}$$

összefüggésekből kiindulva írjuk fel:

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = \frac{0,83}{1,09} \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,76 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H}$$

Ennek jobb oldalát megszorozva az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázata (lásd e könyv 9.3. táblázatát) szerinti 1,18 értékű korrekciós tényezővel, kapjuk, hogy

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = 1,18 \times 0,76 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 100,H} = 0,90 \times f_{ci,cyl,\emptyset 100 \times 200,H}$$

Ugyancsak az MSZ EN 13877-2:2013 szabvány 1. táblázatából adódik – mert  $1/1,18 = 0,85$  –, hogy

$$f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 300,H} = 0,85 \times f_{ci,cyl,\emptyset 150 \times 150,H}$$

*Hilsdorf* (1992) hivatkozva *Dornauer* (1991) kutatására a 28 napos beton kizsaluzás után víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán és vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockán meghatározott nyomószilárdságának viszonyát az általánosan elfogadott  $f_{c, ISO} = 0,92 \times f_{c, DIN}$  összefüggéssel fejezte ki, utalva arra, hogy a víz alatti tárolást az ISO 4012:1978 nemzetközi szabvány írta elő, és a vegyes tárolás a DIN 1048-1:1978 szabvány szerinti gyakorlat volt. A szóban forgó összefüggés a mai jelölésekkel a következő alakot veszi fel:

$$f_{ci, cube} = 0,92 \times f_{ci, cube, H}$$

Ezt az összefüggést alkalmazza az MSZ 4798:2016 szabvány is a legfeljebb C50/60 nyomószilárdsági osztályú vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockákon meghatározott nyomószilárdságoknak a víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockákhoz tartozó nyomószilárdságokra való átszámítására.

Igazodva a Model Code 2010:2012 (*fib* bulletin 65) 5.1.4 fejezetében ki nem mondott felfogásához, miszerint a nyomószilárdsági osztályok (lásd e könyv 8.1. és 8.2. táblázatát) megfogalmazott rendszerének feltétele, hogy a Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt, 28 napos korú próbahengereken meghatározott nyomószilárdság szórásának és a 150 mm élhosszúságú ugyanilyen jellemzőjű próbakockákon meghatározott nyomószilárdságok szórásának a hányadosa ugyanakkora, mint ezen nyomószilárdságok átlagának hányadosa, *J. Schnell* és szerzőtársai (2016) szerint:

- C50/60 nyomószilárdsági osztályig (szokványos, de nem nagyszilárdságú betonok esetén):

$$f_{cm, cyl} = 0,81 \times f_{cm, cube}, \text{ illetve } f_{ci, cyl} = 0,81 \times f_{ci, cube}$$

- C55/67 nyomószilárdsági osztálytól (szokványos nagyszilárdságú betonok esetén):

$$f_{cm, cyl} = 0,84 \times f_{cm, cube}, \text{ illetve } f_{ci, cyl} = 0,84 \times f_{ci, cube}$$

- valamennyi szokványos (közönséges, normál) beton esetén:

$$- f_{cm, cyl} = 0,82 \times f_{cm, cube}, \text{ illetve } f_{ci, cyl} = 0,82 \times f_{ci, cube}$$

Az irodalomban általában az utóbbi összefüggéssel lehet találkozni (*Schnell et al.* 2010, *Loch* 2014, *Thiele et al.* 2016).

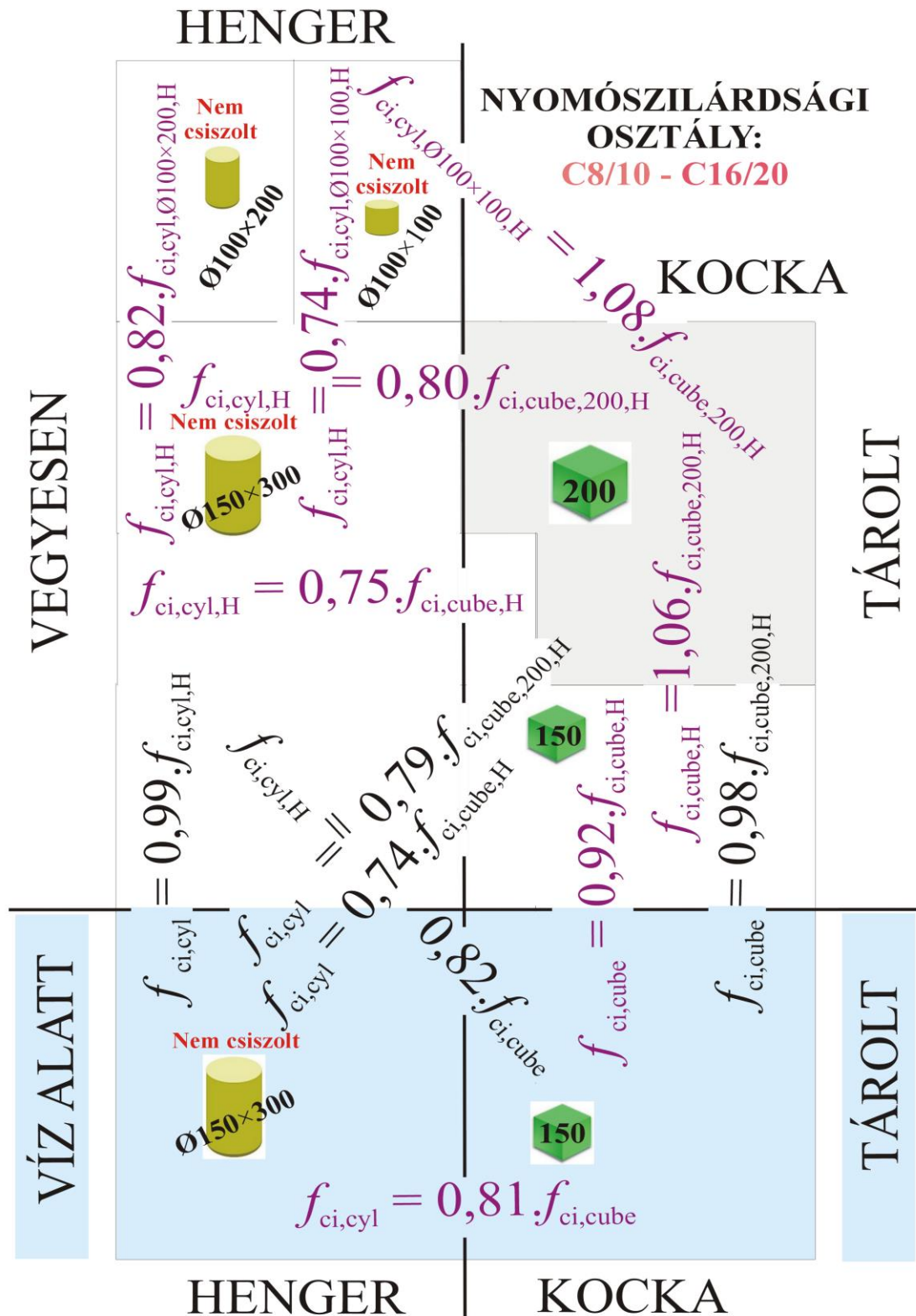
A különböző feltételekhez tartozó egyes, illetve átlagos nyomószilárdságokat a C8/10 – C16/20 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.5. ábrabeli, a C20/25 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.6. ábrabeli, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok esetén a 20.1.2.7. ábrabeli összefüggés-rendszer segítségével feleltethetjük meg egymásnak.<sup>129</sup> A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábrákon lila színnel a fenti MSZ 4715-4:1972 szabvány szerinti, valamint a felhasznált *Halász-*, *Hilsdorf-* és *Schnell-*féle összefüggéseket, fekete színnel az ezekből számtani művelettel származtatott összefüggéseket írtuk fel.

Hangsúlyozni kell, hogy a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra szerinti összefüggések összehasonlító kísérletek eredményein alapulnak, következésképpen azok fizikai tartalmat fejeznek ki, ezért ezek az összefüggések kizárólag az  $R_i$ , illetve  $R_m$  vagy az  $f_{ci}$ , illetve  $f_{cm}$  jelű egyedi, illetve átlagos nyomószilárdságok kapcsolatának kifejezésére alkalmasak, és teljesen alkalmatlanok a nyomószilárdságok jellemző (karakterisztikus) értékének, illetve a nyomószilárdsági

<sup>129</sup> A legfeljebb a C8/10 – C50/60 nyomószilárdsági osztályú betonok közönséges betonok, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú betonok nagyszilárdságú közönséges betonok. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha az átlagos nyomószilárdsága 60 – 150 N/mm<sup>2</sup> között van.

A Model Code 2010 szerint C12 a legkisebb nyomószilárdsági osztályú beton. A Model Code 2010 a C110 és C120 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont is ismeri.

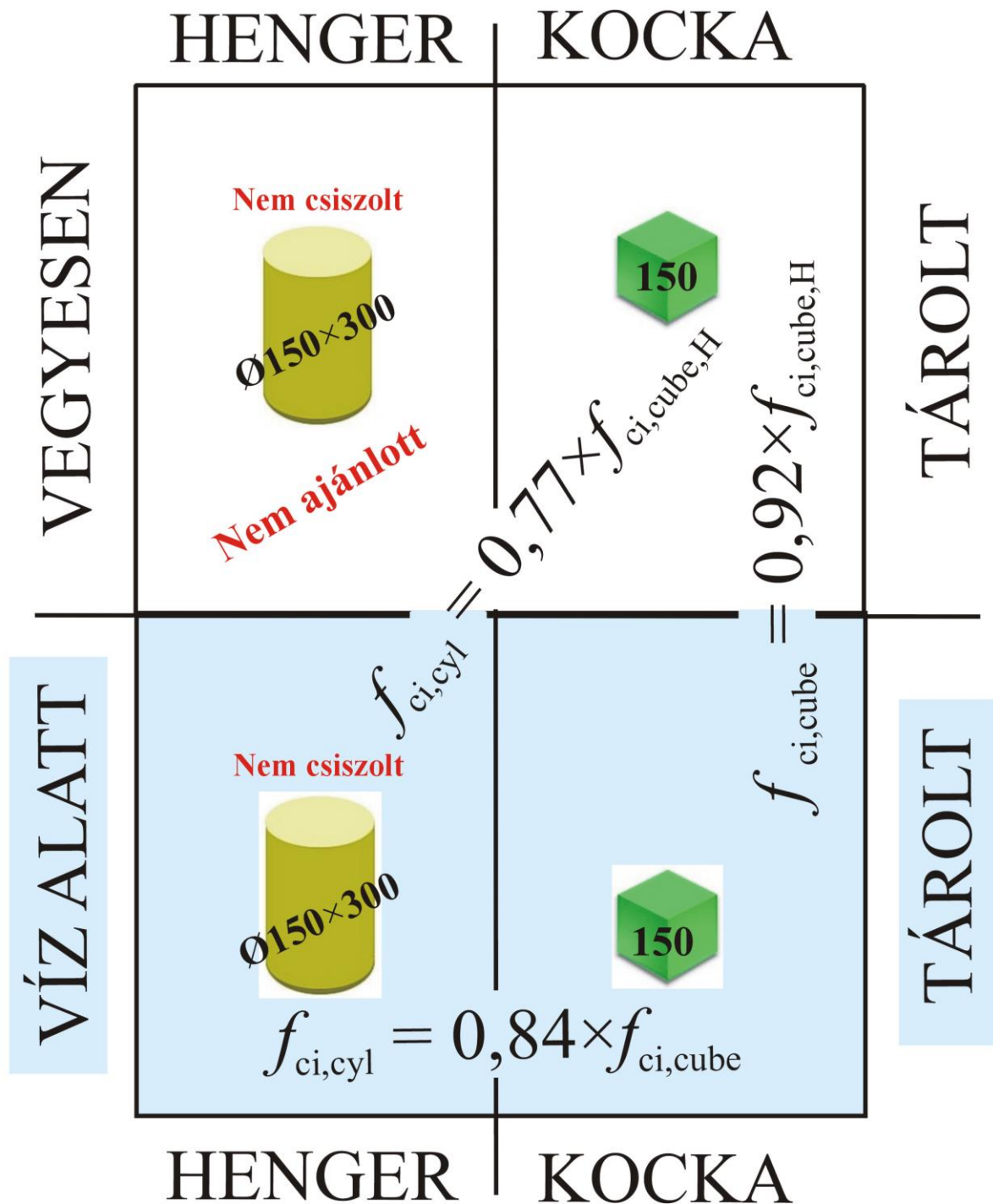
osztályoknak az átszámítására, hiszen az átlagos nyomószilárdságok viszonyát az alulmaradási tágasság ( $t_n \times s$ , illetve  $\lambda_n \times s$ ) eltorzíthatja. Magyarán, a 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggéseibe  $R_m$  helyett  $R_k$ -t, vagy  $f_{cm}$  helyett  $f_{ck}$ -t írni nem szabad, mert akkor ezek az összefüggések elvesztik érvényüket.



20.1.2.5. ábra: Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C8/10 – C16/20



## NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY: C55/67 - C100/115



**20.1.2.7. ábra:** Közelítő összefüggések különböző alakú és méretű, víz alatt vagy vegyesen tárolt, 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos próbatesteken meghatározott egyes, illetve átlagos beton nyomószilárdságok között, ha a nyomószilárdsági osztály C55/67 – C100/115

A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggései a 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos szokványos (nem könnyű, nem nehéz, nem szálerősítésű) beton próbatestek nyomószilárdsága egyes vagy átlagos értékének a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására

alkalmazhatók, de nem érvényesek a nyomószilárdság jellemző értékének és következésképpen a beton nyomószilárdsági osztályának a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására, mert az egyes vagy átlagos nyomószilárdságok próbatest alaktól és mérettől függő viszonyát az alulmaradási tágasság eltorzíthatja.

Ezen állításunk alátámasztására vizsgáljuk meg, hogy mely esetben állhat fenn a következő összefüggés, azaz a szabványos próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa ( $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$ ) mely esetben egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosának ( $f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ ) értékével, ha  $\Delta_{lv}$  az alulmaradási tágasság:

$$\frac{f_{ck,cyl}}{f_{ck,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}$$

$$\frac{f_{cm,cyl} - \Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}$$

$$f_{cm,cube} \times \Delta_{lv,cyl} = f_{cm,cyl} \times \Delta_{lv,cube}$$

$$\frac{\Delta_{lv,cyl}}{\Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}}, \text{ illetve } \frac{\Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cyl}} = \frac{\Delta_{lv,cube}}{f_{cm,cube}}$$

vagy axiómaként felírva:

$$\frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}} = \frac{f_{cm,cyl} - \Delta_{lv,cyl}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}} = \frac{f_{cm,cyl} - \frac{f_{cm,cyl}}{f_{cm,cube}} \times \Delta_{lv,cube}}{f_{cm,cube} - \Delta_{lv,cube}}$$

Tehát a szabványos próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa ( $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$ ) csak abban az esetben egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával ( $f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ ),

- ha a próbahengerek és próbakockák alulmaradási tágasságának hányadosa ( $\Delta_{lv,cyl}/\Delta_{lv,cube}$ ) egyenlő a próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával ( $f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ ), illetve
- ha az alulmaradási tágasság és az átlagos nyomószilárdság hányadosa ( $\Delta_{lv}/f_{cm}$ ) próbahengerek és próbakockák esetén egyenlő, más szóval, ha az alulmaradási tágasság (például  $t_n \times s_n$ ) arányos az átlagos nyomószilárdsággal, vagy ami ugyanaz, a relatív szórás értéke a próbahengerek és a próbakockák esetén azonos.

Ebből következik, hogy konstans alulmaradási tágasság esetén, illetve, ha  $\Delta_{lv,cyl} = \Delta_{lv,cube}$ , akkor a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága jellemző értékének hányadosa nem egyenlő a szabványos próbahengerek és próbakockák átlagos nyomószilárdsága hányadosával.

Ez egyébként egy rendkívül egyszerű számpéldán is belátható:

$$0,8 = \frac{4}{5} \neq \frac{4-1}{5-1} = \frac{3}{4} = 0,75, \text{ míg } 0,8 = \frac{4}{5} = \frac{4-1}{5-1,25} = \frac{4-0,8 \times 1,25}{5-1,25} = 0,8$$

ahol a kivonandók hányadosa  $0,8 \times 1,25/1,25$  szintén 0,8-del egyenlő.

**Összegezve:** A 20.1.2.5. – 20.1.2.7. ábra összefüggései a 28 napos, ritkán legfeljebb 90 napos szokványos (nem könnyű, nem nehéz, nem szálerősítésű) beton próbatestek nyomószilárdsága egyes vagy átlagos értékének a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására alkalmazhatók, de nem érvényesek a nyomószilárdság jellemző értékének és következésképpen a beton nyomószilárdsági osztályának a próbatest alakja, mérete és tárolásmódja szerinti átszámítására.







### 20.1.3. Nyomószilárdság vizsgálata roncsolásmentes és kevésbé roncsoló módszerrel

A roncsolásmentes és kevésbé roncsoló nyomószilárdság vizsgálat célja az építménybe beépített beton nyomószilárdságának közvetett meghatározása a beton mechanikai károsítása, illetve jelentősebb károsítása nélkül. A beton roncsolásmentes és kevésbé roncsoló vizsgálatáról szólva *Weiss (Weisz) György* (1974) és *Palotás László* (1980) számos eljárást, illetve eszközt felsorol, mint például a *Somogyi-féle* forgó-acéltűs behatolást, a *Szmodits-féle* ingás kalapácsot, a *Cristofoli-féle* ejtőorsót, a *Bölcskei-Szalai-féle* sarokdarabka lepattintó módszert, a *Baumann-Zorn-féle* golyóbenyomó kalapácsot, a *Schmidt-féle* rugóskalapácsot, a *Waitzmann-féle* átalakított *Poldi*-kalapácsot, a *Perfilijev-féle* kihúzó vizsgálatot stb., hogy csak a 40-50 évvel ezelőtti legfontosabb mechanikai eljárásokat említsük.

A számos roncsolásmentes, illetve kevésbé roncsoló beton vizsgálati módszer közül – a rugalmassági modulus mérésére alkalmas rezonancia-frekvencia meghatározást nem ideszámítva – napjainkban csak hármat találtak európai szabványosításra érdemesnek, nevezetesen a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálatot (MSZ EN 12504-2:2013), az ultrahang terjedési sebesség mérését (MSZ EN 12504-4:2005) és a kihúzóerő (MSZ EN 12504-3:2005) meghatározását. Hazánkban a közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatát az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) utügyi műszaki előírás szerint kell végezni. Az említett szabványokban és műszaki előírásban, valamint az irodalomban (például: *Weiss* 1974, *Borján* 1981, *Szilágyi* és *Borosnyói* 2008) feldolgozott eljárások közül a gyakorlatban a *Schmidt*-kalapácsos visszapattnás mérési módszer alkalmazása terjedt el a legjobban, legkevésbé pedig a kihúzóerő meghatározása.

A roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálati módszerek alkalmazásának szigorú feltételei vannak.

#### 20.1.3.1. Nyomószilárdság meghatározása *Schmidt*-kalapáccsal

A *Schmidt*-féle rugós kalapács *Ernst O. Schmidt*<sup>130</sup> (1950, 1951, 1954) bázeli építőmérnök találmánya, aki Svájcban 1950. június 7-én, az USA-ban 1951. május 29-én nyújtotta be „Eljárás és készülék építőanyagok felületi keménységének vizsgálatára” című szabadalmát (*Kalt* 2000). A *Schmidt*-kalapács szabadalmi védettsége mára lejárt.

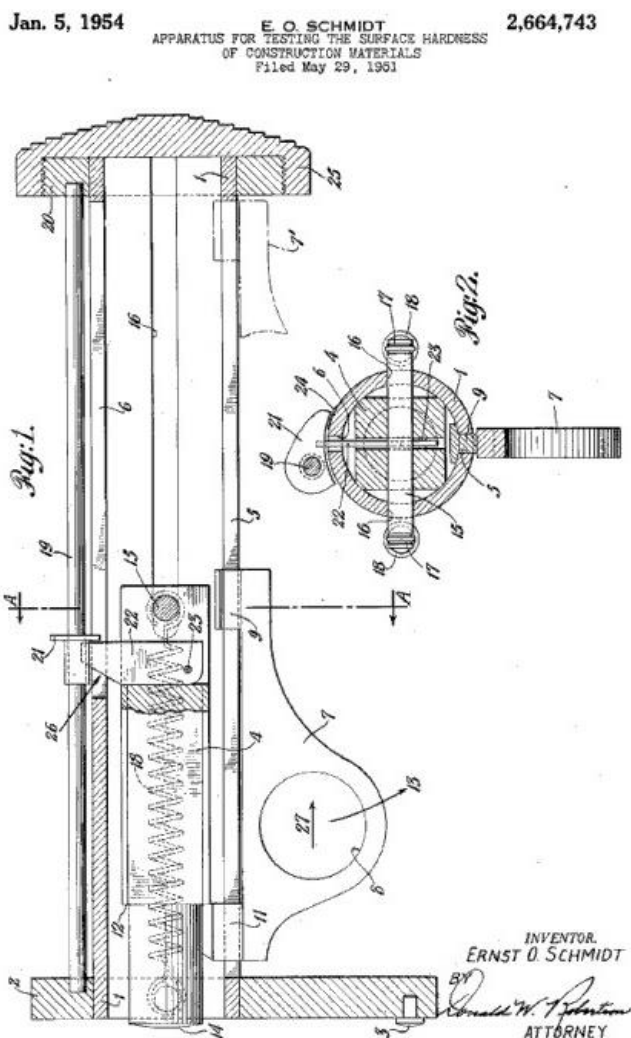
Az eredeti *Schmidt*-kalapács (20.1.3.1. és 20.1.3.2. ábra) három lábbal támaszkodott a betonra, nem rendelkezett folyamatosan a betonnal érintkező, az ütőkostól elkülönülő ütőcsappal, a mutató visszaállítását, a rugó megfeszítését, az ütés kiváltását kézzel kellett végezni.

---

<sup>130</sup> *Ernst Oskar Schmidt* (1914 Basel – 1990 Basel) svájci építőmérnök. Humán tagozaton érettségizett 1932-ben, majd Zürichben (ETH Eidgenössische Technische Hochschule) folytatta tanulmányait. Építőmérnöki képesítéssel ment hallgatónak Bostonba (MIT Massachusetts Institute of Technology), ahonnan MSc diplomával 1938-ban tért haza. Ezt követően egy évig Berlinben a Siemens-Bauunionnál volt építőmérnök, majd Zürichben az EMPA-nál (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) helyezkedett el, ahol laboratóriumi kísérleteket végzett. *E. Schmidt* 1948-ban Bazelbe költözött, ahol tervezőirodát alapított. Irodája 1955-ben – miután abba fivére, *Albert Schmidt* (1923-2007) építőmérnök 1952-ben betársult – az *E. und A. Schmidt Bauingenieure* nevet vette fel, majd 1981-ben *Schmidt + Partner Bauingenieure AG* néven részvénytársasággá alakult. Az építőmérnökök *Ernst O. Schmidt* nevét elsősorban a betonszilárdság-mérő rugós kalapács kapcsán ismerik, pedig *Ernst* és *Albert Schmidt* többszázra tehető, rendkívül szép svájci, német, dél-olasz vasbetonhidat, viaduktot, csarnokot stb. tervezett, élenjárta a szabad szerelésű hidépítési technológia népszerűsítésében és alkalmazásában.

A *Schmidt-fivérek* tervezői tevékenységének *E. O. Schmidt* unokaöccse, *Wendelin Schmidt* és a fivérek 1940-es években született munkatársai 2014-ben a számos rajzzal és fényképpel kísért *W. Schmidt*: „Ernst und Albert Schmidt, Ingenieure. Pionere des Brückenbaus” című albumban (Park Books, Zürich) állítottak emléket.

*Felix Wendelin Schmidt* – *Albert Schmidt* idősebb fia – 1959-ben Bazelban született, az ETH Zürich műszaki főiskolán diplomázott építőmérnök, 1991 óta a *Schmidt + Partner Bauingenieure AG* tervezője, ma egyik vezetője.



**20.1.3.1. ábra:** Az eredeti, háromlábú Schmidt-kalapács metszete az 1954. évi (1951-ben benyújtott) amerikai szabadalmi leírásból (Schmidt, Patent US 2,664,743, 1954)

**20.1.3.2. ábra:** Az eredeti, háromlábú Schmidt-kalapács modellje az Ernst és Albert Schmidt munkásságát bemutató albumból (Schmidt, F. W. et al. 2014)

A Schmidt-kalapács megszerkesztésének gondolatára az vezette Ernst Schmidet, hogy zürichi munkahelyén látta, amint az EMPA szakértője, Mirko Roš<sup>131</sup> a betont közönséges kalapáccsal ütögetve, az ütés hangjából és a kalapács visszarugásából igyekezett megbecsülni a beton szilárdságát.

A Schmidt-kalapács rugós szerkezet, amelynek használata során a megfeszített ütőrugó az ütőkost a vizsgálandó felületre illesztett ütőcsaphoz repíti, ahonnan az visszapattan. Az ütőkost a visszapattanás során az ütőrugót a visszapattanási energiával arányos mértékben újból megfeszíti. A visszapattanási és az ütési energia viszonya, illetve az ütközéskor látszólag eltűnt, például maradó alakváltozásra felemésződött, hőre átalakult energia mértéke a beton felületi keménységének függvénye. A keménység a tapasztalatok szerint az anyag egyéb, a szilárdságot

<sup>131</sup> Mirko Roš (1879 Zágráb – 1962 Zürich) statikus, acélszerkezeti tervező, az ETH (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich) egyetemi tanára, az EMPA igazgató-elnöke. Főiskolai tanulmányait 1898-1899-ban a belgrádi egyetem műszaki karán kezdte, majd a hannoveri Műszaki Főiskolán (Königliche Technische Hochschule in Hannover) folytatta, ahol 1906-ban építőmérnöki diplomát szerzett. 1926-1949 között az SVMT (Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik) elnöki, 1927-1937 között az Internationaler Verband für Materialprüfung főtitkári feladatait is ellátta. 1932-től képviselte Svájcot a Comité International des Poids et Mesures nemzetközi bizottságban.

is befolyásoló fizikai tulajdonságaira vezethető vissza. Ennek folyományaként az ütőkos számos tényező befolyásolta visszapattanásának mértékéből, illetve sebességéből a beton nyomószilárdságára lehet következtetni. A „visszapattanási érték” a visszapattanási energia és az ütési energia, illetve az ütőkos ütközés utáni és előtti úthossza hányadosából vont négyzetgyök.

A *Schmidt*-kalapácsos vizsgálat általában szerkezetbe beépített betonok nyomószilárdságának meghatározására akkor alkalmazható, ha a beton felületi rétege és belseje között – a felület karbonátosodásától eltekintve – nincs számottevő szövetszerkezeti eltérés. A vizsgált betonnak legalább 100 mm vastagságúnak, merevnek, vagy mereven megtámasztottnak és légszárak állapotúnak kell lennie, és a karbonátosodási mélysége lehetőleg ne legyen 5 mm-nél több. A száraz betonon nagyobb, a vizes (vízzel telített) betonon kisebb visszapattanást mérhetünk. A beton felülete vakolattól mentes, közvetlenül vizsgálható, sima legyen.

A felületi egyenetlenségeket a *Schmidt*-kalapácshoz mellékelte közepes szemnagyságú szilícium-karbid vagy hasonló anyagú csiszolókövel lehet eltávolítani.

A *Schmidt*-kalapácsokat *Ernst O. Schmidt* kérésére 1954 óta az akkor *Antonio Brandestini* által Zürichben alapított *Proceq SA* gyártja és forgalmazza „Original Schmidt” márkanéven. A *Schmidt*-kalapácsok prototípusának és a szériagyártásra alkalmas műszereknek a kifejlesztést a *Schmidt + Partner Bauingenieure AG* mind a mai napig a *Proceq SA* és az állatorvosi eszközökre szakosodott *Eisenhut-Vet AG* társasággal szoros együttműködésben végzi.

A ma gyártott *N*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 2,207 Nm) a szokványos (közönséges, normál) betonok (20.1.3.3. ábra), az *L*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 0,735 Nm) a könnyűbetonok, valamint az 50-100 mm vastagságú betonok vizsgálatára alkalmas. Az *N*- és *L*-típusú alapmodelleket *NR*, *LR* regisztrációs változatban (20.1.3.4. ábra) és 1990-től *ND*, *LD* (*Digi-Schmidt*) digitális változatban is gyártották. A 2007-ben bevezetett *SilverSchmidt* elnevezésű, szintén digitális *Schmidt*-kalapács a visszapattanás mértéke helyett a visszapattanás sebességét méri; ütőenergiája az alapmodellekével azonos (20.1.3.14. ábra).

A *Schmidt OS-120* típusú *Schmidt*-kalapáccsal (20.1.3.5. ábra) kis szilárdságú anyagok vizsgálhatók. Két változata van: az *OS-120PT* típus a elsősorban a betonok korai szilárdságának és gipszlemezek szilárdságának mérésére való, visszapattanási mérési pontossága az ellenőrző üllőn  $176\pm 3$ ; az *OS-120PM* típus falszerkezetek fugáiban lévő falazóhabarcs szilárdságának mérésére alkalmas, visszapattanási mérési pontossága az ellenőrző üllőn  $186\pm 3$ .

A *Schmidt OS-120* típusú *Schmidt*-kalapács elődje az elsősorban könnyűbetonok függőleges felületének vizsgálatára alkalmas *P*-típusú *Schmidt*-kalapács (ütőenergiája 0,883 Nm) volt. E típus kosát függőleges felületek vizsgálatánál csak a nehézségi erő mozgatja, vízszintes felületek vizsgálatánál pedig a nehézségi erő hatását még a beépített rugó ereje egészíti ki.

A tömeg- és útbetonok, repülőterei burkolatok vizsgálatára használt *M*-típusú *Schmidt*-kalapácsot (ütőenergiája 29,430 Nm) ma már nem gyártják. (20.1.3.6. ábra).

Különlegesség volt a víz alatti mérésekre alkalmas *NA*-típusú *Schmidt*-kalapács..

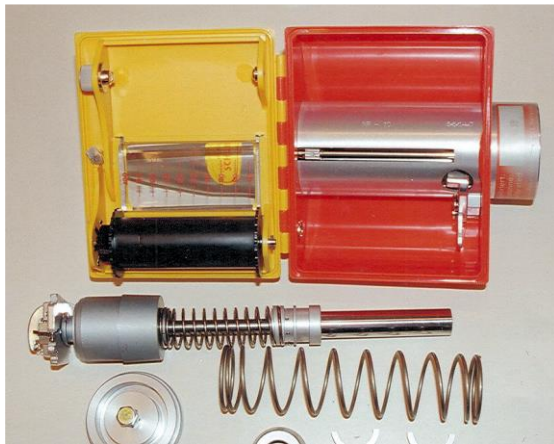
A *P*-, *M*- és *NA*-típusok gyártását idővel a kereslet csökkenése miatt leállították.

Az *Original Schmidt Live* típusú elektronikus, jeladós, adattárolásra és értékelésre alkalmas kézi adatfeldolgozóhoz csatlakoztatható *Schmidt*-kalapács (20.1.3.7. ábra) a *Proceq SA* legújabb fejlesztése.

A fémek keménységének mérésére alkalmas *Equotip* nevű *Schmidt*-kalapács 1975 óta kapható. Ennek gyártásbavételét *Ernst O. Schmidt* unokaöccse, *Albert Schmidt* fia, *Felix Wendelin Schmidt* kezdeményezte.



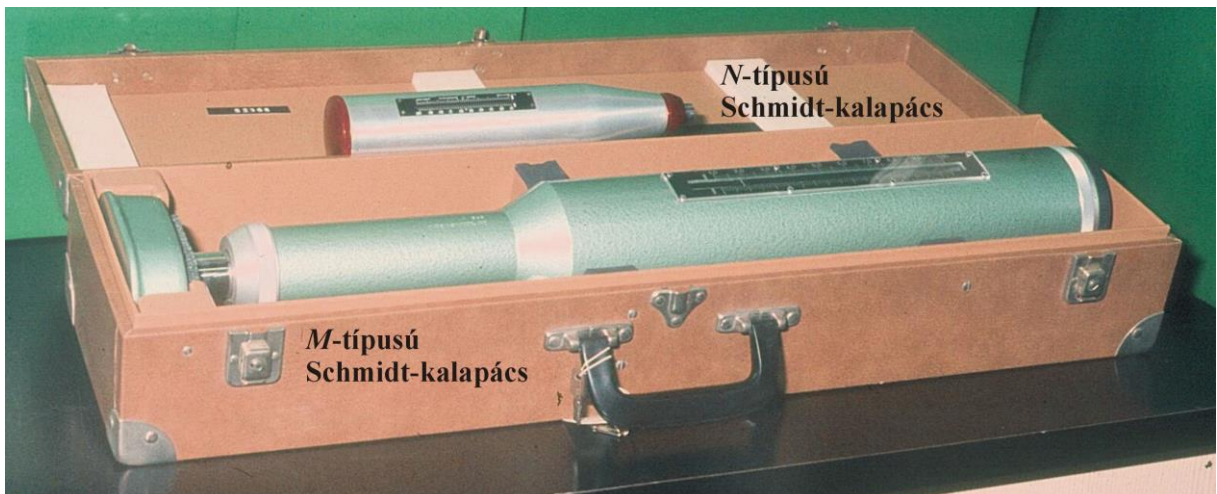
20.1.3.3. ábra: *N*-típusú *Schmidt*-kalapács skálája



20.1.3.4. ábra: *N*-típusú regisztrálás *Schmidt*-kalapács szétszedett állapotban



20.1.3.5. ábra: OS-120 típusú *Schmidt*-kalapács. Elődje a *P*-típusú *Schmidt*-kalapács (<https://www.pasisrl.it>)



20.1.3.6. ábra: *M*-típusú *Schmidt*-kalapács, összehasonlítva az *N*-típusú *Schmidt*-kalapács méretével



**20.1.3.7. ábra:** *Original Schmidt Live* típusú *Schmidt*-kalapács  
(<https://www.proceq.com/product/original-schmidt-live>)

A svájci Proceq SA honlapján (<https://www.proceq.com>) összefoglaló táblázat található a meggyártott *Schmidt*-kalapácsok főbb jellemzőiről és alkalmazhatóságáról (20.1.3.1. táblázat).

**20.1.3.1. táblázat:** A Schmidt-kalapácsok legfőbb jellemzőinek és alkalmazhatóságának összefoglaló táblázata (<https://www.proceq.com>)

Típus	Original Schmidt Live	Silver-Schmidt	Original Schmidt	Schmidt OS-120	RockSchmidt
Tulajdonság					
Ütőenergia, Nm	Jeladós, kézi adatfeldolgozóval összeköthető, legkorszerűbb elektronikus Schmidt-kalapács	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735	0,833	N tip.: 2,207 L tip.: 0,735
Mérési tartomány, N/mm <sup>2</sup>		N tip.: 10–100 L tip.: 5-30	N és L tip.: 3–70 Termékismertetőben: 10-70	1–5	20–150
Betonvizsgálat	igen	igen	igen	igen	nem
Kisszilárdságú (<5 N/mm <sup>2</sup> ) beton vizsgálata	nem	nem	nem	igen	nem
Kővizsgálat	nem	nem	igen	nem	igen
Falazóhabarcs-vizsgálat fugában	nem	nem	nem	igen	nem
Papír-, fólia-, bőr textiltekersek vizsgálata	igen	nem	igen	nem	nem
Homogenitás-vizsgálat	igen	igen	igen	nem	igen

A Schmidt-kalapácsos vizsgálatot az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerint végezzük, de a visszapattanás mérésnek van például nemzetközi (ISO 8045:2013), amerikai (ASTM C805/C805M – 13a:2013), kínai (JGJ/T23:2011), belga (NBN B 15-225:1984), francia (NF P 18-417:1989 XP) szabványa is. A vonatkozó angol (BS 1881-202:1986) és német DIN 1048-2:1991 szabványt visszavonták. A magyar szabályozásról alább szólunk.

Az *N*-, *L*-, *NR*-, *LR*-, *ND*-, *LD*-típusú hagyományos Schmidt-kalapácsokkal meghatározott, leolvasott visszapattanási érték ( $R = \text{Rückprall}$ ) a visszapattanó ütőkos útjával ( $\Delta S_{\text{visszapattanás}}$ ) hozzávetőlegesen az

$$R = 1,34328 \times \Delta S_{\text{visszapattanás}} + 10,0; \quad \text{illetve a } \Delta S_{\text{visszapattanás}} = 0,74444 \times R - 7,44444$$

összefüggés szerint arányos, az ütőkos visszapattanási útja ( $\Delta S_{\text{visszapattanás}}$ ) pedig az ütőkos visszapattanási energiája ( $E_{\text{ütőkos, visszapattanási}}$ ) és az ütőrugó ütési rugalmas energiája ( $E_{\text{rugó, ütési}}$ ) hányadosa ( $\Psi_R$ ) négyzetgyökének függvénye, mert:

$$\Psi_R = \frac{E_{\text{ütőkos, visszapattanási}}}{E_{\text{rugó, ütési}}} = \frac{(F_{\text{visszapattanás}} \cdot \Delta S_{\text{visszapattanás}}) / 2}{(F_{\text{ütés}} \cdot \Delta S_{\text{ütés}}) / 2} = \frac{(D/2) \cdot \Delta S_{\text{visszapattanás}}^2}{(D/2) \cdot 75^2} = \frac{\Delta S_{\text{visszapattanás}}^2}{75^2}$$

$$\text{és } \Delta S_{\text{visszapattanás}} = 75 \times \sqrt{\Psi_R}, \quad \text{amiből: } R = 100,746 \times \sqrt{\Psi_R} + 10,0;$$

ahol  $F_{\text{visszapattanás}} = D \times \Delta S_{\text{visszapattanás}}$  a rugóerő a visszapattanás során,  $F_{\text{ütés}} = D \times \Delta S_{\text{ütés}}$  a kihúzott ütőrugó ereje,  $D$  a direkción állandó (a „*c*” rugóállandó reciproka),  $\Delta S_{\text{visszapattanás}}$  a visszapattanó ütőkos útja,  $\Delta S_{\text{ütés}} = 75$  mm a megfeszített ütőrugó megnyúlása (Brandestini 2010). Például, ha  $R = 40$ , akkor  $\Delta S_{\text{visszapattanás}} = 22,33$  mm és  $\Psi_R = 0,08867$ .

A *Schmidt*-kalapács működését *Weiss György* (1974) és *Borján József* (1981) könyvében tanulmányozhatjuk, a hagyományos *N*-típusú műszer metszetét szállítási helyzetben mutató rajzát *Weiss György* könyvéből kölcsönöztük (20.1.3.8. ábra).

A műszer megfelelő működését minden mérés sorozat előtt, pontosságát évente, vagy 5000 ütés után ellenőrizni kell, mert elszennyeződhet, a rugók kinyúlhatnak stb. A pontosság-ellenőrzést kizárólag a gyártó cég által forgalmazott kalibráló üllőn szabad elvégezni (e-UT 09.04.11:2017; ÚT 2-2.204:1999). A kalibráló üllő az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerint legalább 52 HRC *Rockwell*-keménységű mérőfelülettel rendelkezik, tömege  $16,0 \pm 1,0$  kg és az átmérője mintegy 150 mm.

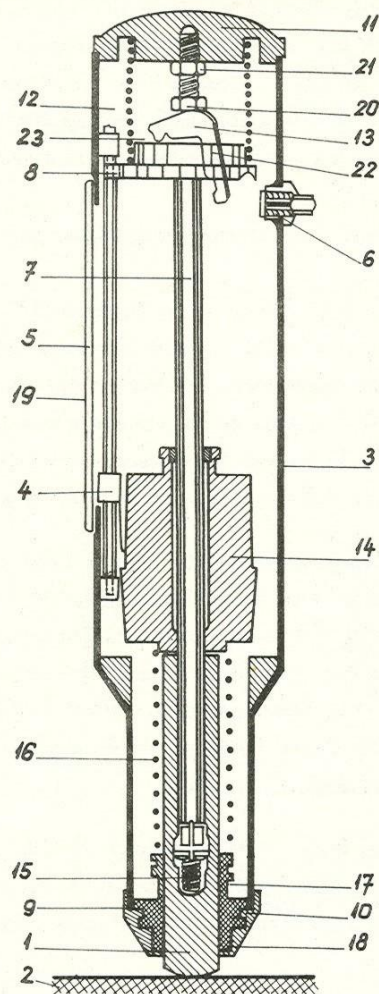
A megfelelő állapotú *Schmidt*-kalapács a kalibráló üllőn 78-82 közötti visszapattanási értéket mutat. Ha az üllőn ennél kisebb értéket kapunk, akkor a mérő helyzetbe hozott *Schmidt*-kalapács zárófedelének (11.) lecsavarása után megkísérelhetjük a hibát a kalibráló csavar (20.) beljebb csavarásával javítani; ha a műszert nem állítjuk mérő helyzetbe, akkor a felhúzórugó (12.) balesetet okozhat. Ha a kalibráló csavar beljebb csavarása nem hoz eredményt, akkor a kalibráló csavart (20.) kissé kifelé kell csavarni, és az ütőrugó (16.) végét az ütőrugó rögzítő elemen néhány furattal áthelyezve meg lehet változtatni a rugófeszítés mértékét (20.1.3.8. ábra). A *Schmidt*-kalapács balesetmentes szétszedését, beállítását, tisztítását és helyes összeszerelését gyakorlott szakembertől kell megtanulni.

A kalapács hőmérséklete a vizsgálat idején +10 és +30 °C között legyen, amit minden mérés alkalmával ellenőrizni kell.

A visszapattanás mérés végrehajtását és a műszeren leolvasott visszapattanási értékek értékelését az előírásoknak megfelelően kell végezni. Ez azért nem egyszerű feladat, mert a szabványok, műszaki előírások, gyári ismertető a nyomószilárdság becslő összefüggések tekintetében nem egységesek.

*Szilágyi Katalin* és *Borosnyói Adorján* (2008) összegyűjtötte, összehasonlította és értékelte a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat nyomószilárdság becslő összefüggéseit, és megállapította, hogy ha az irodalomban, előírásokban, szabványokban szereplő „összefüggések valamelyikére alapozva kívánjuk egy műtárgy betonjának nyomószilárdságát becsülni, úgy leginkább a *Proceq-B* görbe, vagy valamely ahhoz közel eső görbe használata javasolható.”

A vízszintes irányú vizsgálatához tartozó *Proceq*-féle becslő összefüggés alapgörbéje, a *Proceq-B* görbe a 20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra középső görbéje, illetve táblázatbeli értéke a 20.1.3.3. táblázat  $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$  oszlopa.



1. ütőcsap
2. beton
3. műszerház
4. mutató (index)
5. skála
6. rögzítő gomb
7. vezetőrúd
8. vezetőtárcsa
9. porsapka
10. kétrészes gyűrű
11. zárófedél
12. felhúzórugó
13. kioldó szerkezet
14. ütőkos
15. visszalökő rugó
16. ütőrugó
17. hüvely
18. filckarika
19. plexiüvegablak
20. kalibráló csavar
21. ellenanya
22. biztosítószeg
23. kioldó szerkezet rugója

**20.1.3.8. ábra:** *N*-típusú *Schmidt*-kalapács metszete szállítási helyzetben (Weiss (1974))

A *Schmidt*-kalapácsot gyártó *Proceq SA* nyomószilárdság becslő összefüggése fűrt magminták nyomószilárdságának meghatározása nélkül használható. Az *N/NR*-típusú és az *L/LR*-típusú *Schmidt*-kalapács becslő összefüggését a 20.1.3.9. ábrán, az *N/NR*-típusú *Schmidt*-kalapács becslő összefüggését nagyobb léptékben és eredeti feliratokkal a 20.1.3.10. ábrán tüntettük fel. Ezeknek a becslő összefüggéseknek a használata előtt a műszeren leolvasott visszapattanási értéket több szempont szerint is korrigálni kell. A 20.1.3.9. és 20.1.3.10. ábrán a visszapattanási érték alatt a korrigált visszapattanási értéket kell érteni.

A helyesen beállított *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattanási értékek ( $R_i$ ) átlagát ( $\bar{R}$ ) a kalibráló üllőn mért visszapattanási értékek átlagának ( $R_{\text{üllő}}$ ) függvényében a következő összefüggéssel korrigálni kell:

$$R_{\text{kalibr}} = \bar{R} \cdot \frac{80}{R_{\text{üllő}}}$$

A kalibrálási hibával korrigált visszapattanási értéket ( $R_{\text{kalibr}}$ ) a beton kora, illetve karbonátosodása függvényében csökkenteni kell, mert a karbonátosodás a beton felületi réteget keményebbé teszi, ezáltal a visszapattanási érték nagyobb lesz, de a szerkezet nyomószilárdsága a karbonátosodás folytán nem növekszik. A *Proceq SA* (2003) által a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapáccsal meghatározott visszapattanási értékek csökkentésére megadott, a JGJ/T23:2001 számú kínai szabványból levezetett diagramot a 20.1.3.11. ábrán tüntettük fel. A diagram annyiban jól használható, hogy a szükséges korrekció mértékét nem a beton kora, hanem a karbonátosodás mélysége függvényében adja meg, de a megadott karbonátosodási csökkentő tényező európai körülmények között túl



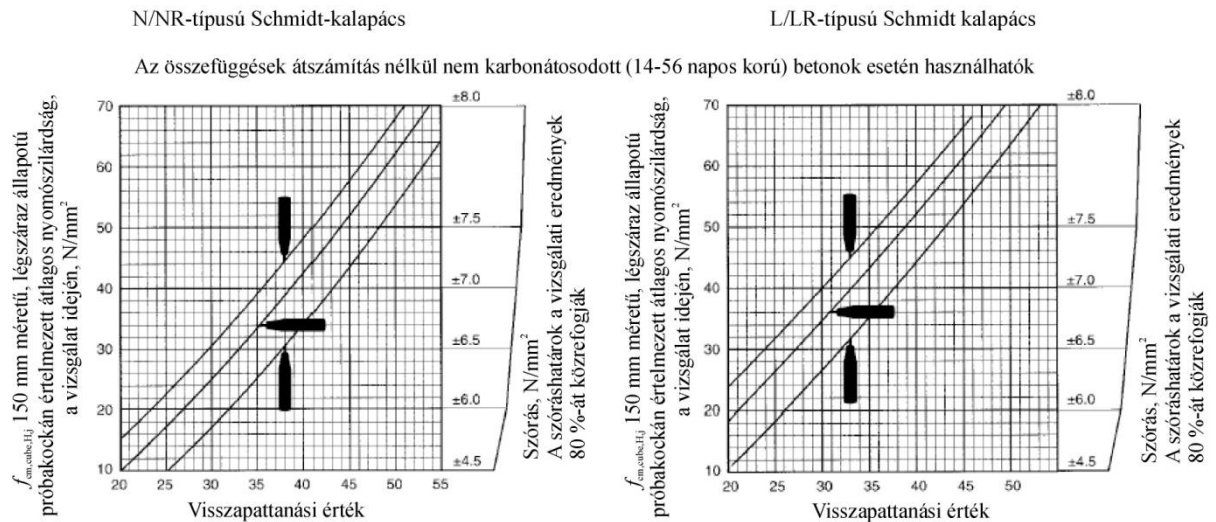
nagynak tűnik. A karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték a beton vizsgálati korában érvényes.

A visszapattanási érték az ütésirány függvénye, mert a vízszintestől eltérő ütésirány esetén a nehézségi erő ütésirányú vektora hozzáadódik a rugóerőhöz, felfelé irányuló vizsgálat esetén növelve, lefele irányuló vizsgálat esetén csökkentve azt.

A beton nyomószilárdsága a felfelé ( $\alpha = +90^\circ$ ) történt vizsgálat – kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt – korrigált visszapattanási értékéből ( $R_{V\uparrow}$ ), illetve a lefele ( $\alpha = -90^\circ$ ) történt vizsgálat – kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt – korrigált visszapattanási értékéből ( $R_{V\downarrow}$ ) a megfelelő ütésirány szerint transzformált becslő görbén közvetlenül leolvasható (20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra).

A Proceq-féle N-, NR-, ND-típusú nyomószilárdság becslő összefüggések adott nyomószilárdságú beton vizsgálati iránytól függő visszapattanási értékeit a 20.1.3.2. táblázatban, a beton nyomószilárdságát a visszapattanási érték függvényében a 20.1.3.3. táblázatban tüntettük fel. A 20.1.3.12. ábra becslő görbéit a 20.1.3.3. táblázat adataiból szerkesztettük.

Különleges betonok, például agyagkavics adalékanyagú betonok esetén az itt bemutatott becslő görbék nem alkalmazhatók.



**20.1.3.9. ábra:** N/NR-típusú és az L/LR típusú Schmidt-kalapács Proceq SA-féle nyomószilárdság becslő összefüggése

Felfelé történő ütés esetén ( $R_{V\uparrow}$ ,  $R_{V\nearrow}$ ), illetve lefele történő ütés esetén ( $R_{V\downarrow}$ ,  $R_{V\searrow}$ ) az irány szerinti  $\Delta R_\alpha$  korrekció és a karbonátosodás miatt szükséges korrekció után a beton – 150 mm élhosszúságú, légszáraz, próbakockán értelmezett, a vizsgálat idején meglévő – átlagos nyomószilárdsága a vízszintes irányú vizsgálatához tartozó Proceq-féle becslő összefüggés alapgörbéje, a Proceq-B görbe (20.1.3.9., 20.1.3.10. és 20.1.3.12. ábra középső görbéje) vagy táblázatbeli értéke (20.1.3.3. táblázat  $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$  oszlopa) felhasználásával is meghatározható. Ugyanis a  $\Delta R_\alpha$  korrekciós összeadandót az ütésirány szerinti visszapattanási értékhez (felfelé történő ütés esetén:  $R_{V\uparrow}$ ,  $R_{V\nearrow}$ , illetve lefele történő ütés esetén  $R_{V\downarrow}$ ,  $R_{V\searrow}$ ) előjel szerint hozzáadva a vízszintes ütésirányhoz tartozó visszapattanási értékre jutunk ( $R_h$ ), amelyből a karbonátosodás miatt szükséges korrekció után a Proceq-B görbéből vagy táblázatbeli értékéből a nyomószilárdságot meg tudjuk határozni.

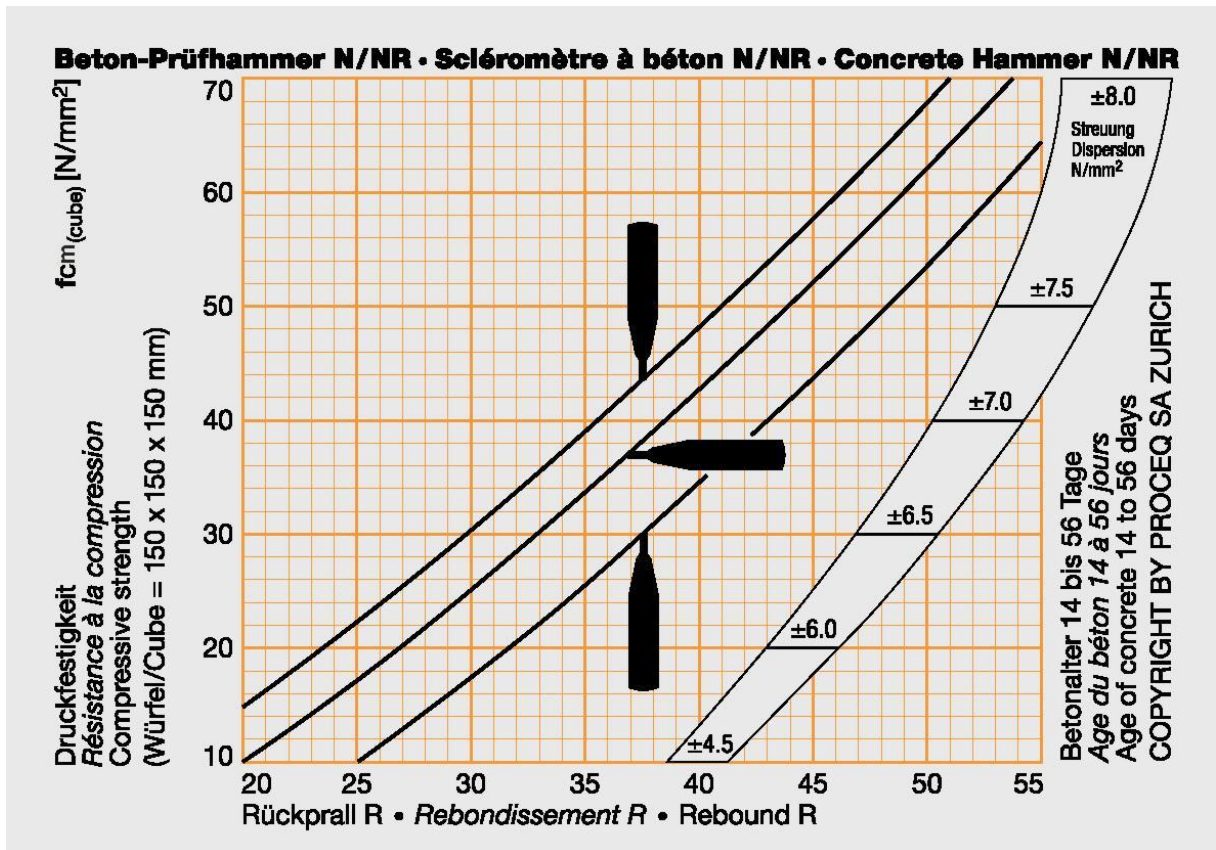
Felfelé történő ( $\alpha = +90^\circ$ ) vizsgálat esetén a nehézségi erő visszapattanási értéket növelő hatását ( $\Delta R_{\alpha=+90^\circ}$ ) a műszeren leolvasott értékből ( $R_{V\uparrow}$ ) le kell vonni. A levonandó érték a műszeren leolvasott érték ( $R_{V\uparrow}$ ) és az ugyanakkora nyomószilárdsághoz, de vízszintes ütésirányhoz ( $\alpha = 0^\circ$ ) tartozó visszapattanási érték ( $R_h$ ) különbsége:

$$\Delta R_{\alpha=+90^\circ} = R_{v\uparrow} - R_h$$

Lefele történő ( $\alpha = -90^\circ$ ) vizsgálat esetén a nehézségi erő visszapattnási értéket csökkentő hatását ( $\Delta R_{\alpha=-90^\circ}$ ) a műszeren leolvasott értékhez ( $R_{v\downarrow}$ ) hozzá kell adni. A hozzáadandó érték a műszeren leolvasott érték ( $R_{v\downarrow}$ ) és az ugyanakkora nyomószilárdsághoz, de vízszintes ütésirányhoz ( $\alpha = 0^\circ$ ) tartozó visszapattnási érték ( $R_h$ ) különbsége:

$$\Delta R_{\alpha=-90^\circ} = R_h - R_{v\downarrow}$$

Az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács ütésirány szerinti  $\Delta R_\alpha$  korrekciós összeadandóit a 20.1.3.4. táblázat tartalmazza.



20.1.3.10. ábra: *N/NR*-típusú *Schmidt*-kalapács *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggése. Eredeti műszercímke

**20.1.3.2. táblázat:** Adott nyomószilárdságú beton vizsgálati iránytól függő visszapattanási értékei a *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggések alapján *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén

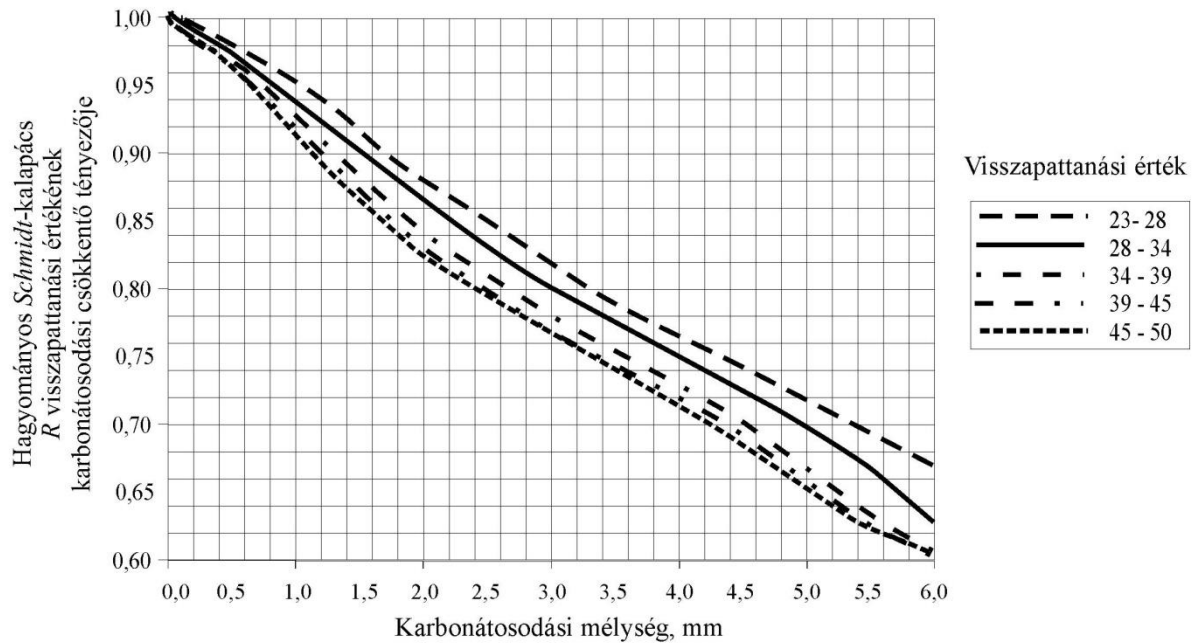
Kalibrálási hibával korrigált visszapattanási érték		
$R_{h \text{ kalibr}}$	$R_{v\uparrow \text{ kalibr}}$	$R_{v\downarrow \text{ kalibr}}$
$\alpha = 0^\circ$ ⇔	$\alpha = +90^\circ$ ↑	$\alpha = -90^\circ$ ↓
ütésirány		
20	25,5	16,6
21	26,4	17,6
22	27,3	18,6
23	28,3	19,7
24	29,2	20,3
25	30,1	21,8
26	31,0	22,8
27	31,9	23,9
28	32,9	24,9
29	33,8	26,0
30	34,7	27,0
31	35,6	28,0
32	36,5	29,1
33	37,5	30,1
34	38,4	31,2
35	39,3	32,2
36	40,2	33,2
37	41,1	34,3
38	42,1	35,3
39	43,0	36,4
40	43,9	37,4
41	44,8	38,5
42	45,7	39,5
43	46,7	40,6
44	47,6	41,6
45	48,5	42,6
46	49,2	43,7
47	50,3	44,7
48	51,3	45,8
49	52,2	46,8
50	53,1	47,8
51	54,0	48,9
52	54,9	49,9
53	55,9	51,0
54	56,8	52,0
55	57,7	53,1
56	58,6	54,1
57	59,5	55,2
58	60,5	56,2
59	61,4	57,2
60	62,3	58,3

**20.1.3.3. táblázat:** A beton ütésiránytól függő nyomószilárdsága a kalibrálási hibával és a karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték függvényében a *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggések alapján az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén

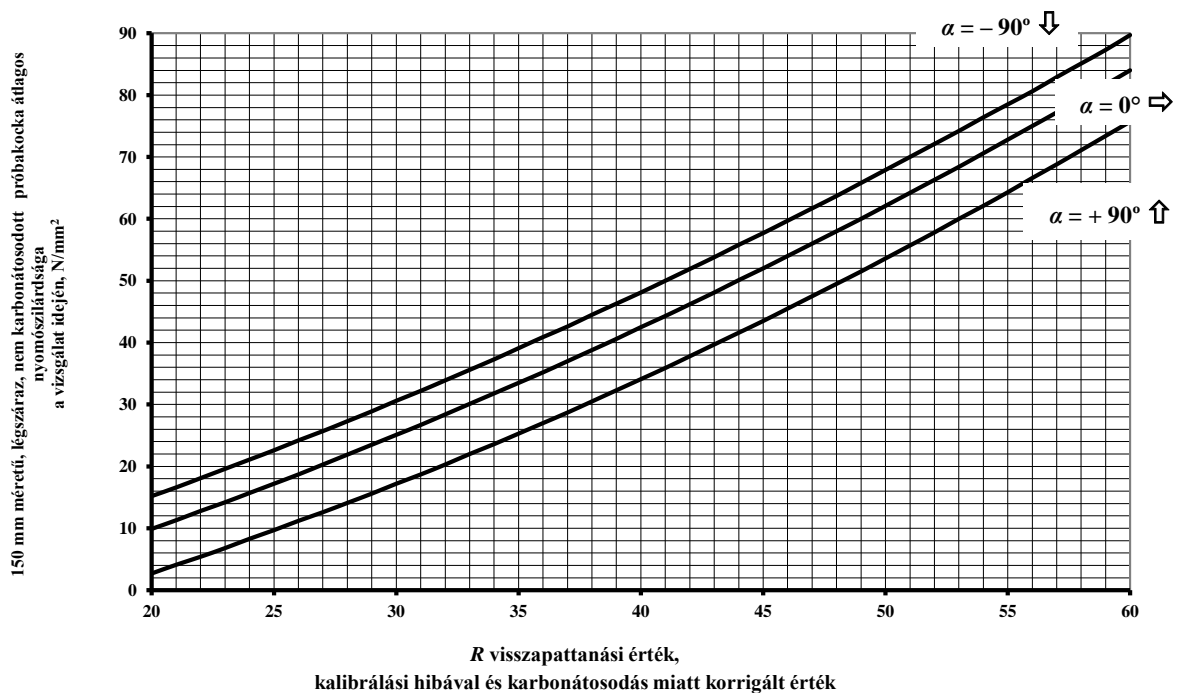
Kalibrálási hibával és karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték $R_h, R_{v\uparrow}, R_{v\downarrow}$	150 mm élhosszúságú, légszáraz, nem karbonátosodott próbakocka átlagos nyomószilárdsága a vizsgálat idején, N/mm <sup>2</sup>		
	$\alpha = 0^\circ$ ⇔	$\alpha = +90^\circ$ ↑	$\alpha = -90^\circ$ ↓
	ütésirány esetén		
20	9,9	2,7	15,2
21	11,3	4,1	16,6
22	12,8	5,4	18,1
23	14,2	6,8	19,6
24	15,7	8,3	21,1
25	17,2	9,7	22,6
26	18,7	11,2	24,2
27	20,3	12,6	25,7
28	21,9	14,1	27,3
29	23,5	15,6	28,9
30	25,1	17,2	30,6
31	26,7	18,7	32,2
32	28,4	20,3	33,9
33	30,1	22,0	35,6
34	31,8	23,6	37,3
35	33,5	25,3	39,1
36	35,2	27,0	40,9
37	37,0	28,7	42,6
38	38,8	30,5	44,5
39	40,6	32,3	46,3
40	42,5	34,1	48,1
41	44,3	35,9	50,0
42	46,2	37,8	51,9
43	48,1	39,7	53,8
44	50,1	41,6	55,8
45	52,0	43,5	57,7
46	54,0	45,5	59,7
47	56,0	47,5	61,7
48	58,0	49,5	63,7
49	60,0	51,5	65,8
50	62,1	53,6	67,9
51	64,2	55,7	70,0
52	66,3	57,8	72,1
53	68,4	60,0	74,2
54	70,6	62,1	76,4
55	72,8	64,3	78,5
56	75,0	66,6	80,6
57	77,2	68,8	82,9
58	79,5	71,1	85,1
59	81,7	73,4	87,3
60	84,0	75,7	89,7

**20.1.3.4. táblázat:** Az *N*-, *NR*-, *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács ütésirány szerinti  $\Delta R_\alpha$  korrekciós összeadandó értéke. Az  $\alpha = +90^\circ$ -os  $\uparrow$  és az  $\alpha = -90^\circ$ -os  $\downarrow$  ütésirányhoz tartozó értékeket a 20.1.3.2. táblázatból számítottuk ki. Az  $\alpha = +45^\circ$ -os  $\nearrow$  és  $\alpha = -45^\circ$ -os  $\searrow$  ütésirányhoz tartozó értékek forrása: *Iken et al (2012)*

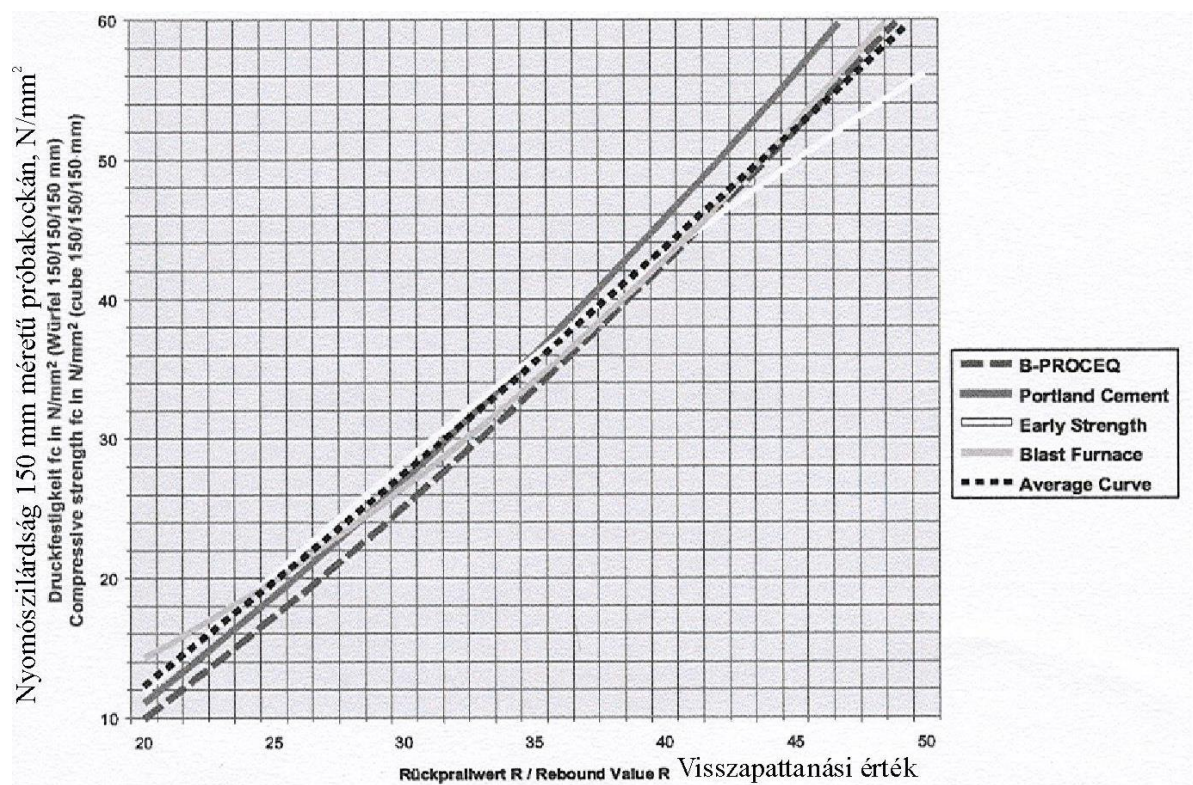
Kalibrálási hibával javított visszapattanási érték vízszintestől eltérő ütésirány esetén $R_{V\uparrow}, R_{V\nearrow}, R_{V\downarrow}, R_{V\searrow}$	Ütésirány, $\alpha$			
	$+90^\circ$ $\uparrow$	$+45^\circ$ $\nearrow$	$-45^\circ$ $\searrow$	$-90^\circ$ $\downarrow$
	Ütésirány szerinti korrekciós összeadandó, $\Delta R_\alpha$			
20	-5,5	-4,0	+2,0	+3,4
21	-5,4	-3,9	+2,0	+3,4
22	-5,3	-3,8	+2,0	+3,4
23	-5,3	-3,7	+2,0	+3,3
24	-5,2	-3,6	+2,0	+3,7
25	-5,1	-3,5	+2,0	+3,2
26	-5,0	-3,4	+2,0	+3,2
27	-4,9	-3,3	+2,0	+3,1
28	-4,9	-3,2	+2,0	+3,1
29	-4,8	-3,1	+2,0	+3,0
30	-4,7	-3,0	+2,0	+3,0
31	-4,6	-3,0	+2,0	+3,0
32	-4,5	-3,0	+2,0	+2,9
33	-4,5	-3,0	+2,0	+2,9
34	-4,4	-3,0	+2,0	+2,8
35	-4,3	-3,0	+2,0	+2,8
36	-4,2	-3,0	+2,0	+2,8
37	-4,1	-3,0	+2,0	+2,7
38	-4,1	-3,0	+2,0	+2,7
39	-4,0	-3,0	+2,0	+2,6
40	-3,9	-3,0	+2,0	+2,6
41	-3,8	-2,9	+1,9	+2,5
42	-3,7	-2,8	+1,8	+2,5
43	-3,7	-2,7	+1,7	+2,4
44	-3,6	-2,6	+1,6	+2,4
45	-3,5	-2,5	+1,5	+2,4
46	-3,2	-2,4	+1,4	+2,3
47	-3,3	-2,3	+1,3	+2,3
48	-3,3	-2,2	+1,2	+2,2
49	-3,2	-2,1	+1,1	+2,2
50	-3,1	-2,0	+1,0	+2,2
51	-3,0	-2,0	+1,0	+2,1
52	-2,9	-2,0	+1,0	+2,1
53	-2,9	-2,0	+1,0	+2,0
54	-2,8	-2,0	+1,0	+2,0
55	-2,7	-2,0	+1,0	+1,9
56	-2,6	-2,0	+1,0	+1,9
57	-2,5	-2,0	+1,0	+1,8
58	-2,5	-2,0	+1,0	+1,8
59	-2,4	-2,0	+1,0	+1,8
60	-2,3	-2,0	+1,0	+1,7



**20.1.3.11. ábra:** Karbonátosodási korrekciós diagram a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapács *R* visszapattanási értékének csökkentésére japán kísérletek alapján. A diagramban szereplő karbonátosodási csökkentő tényező európai körülmények között valószínűleg túl nagy (*Proceq SA* 2003)



**20.1.3.12. ábra:** *Proceq SA*-féle nyomószilárdság becslő összefüggés *N*-, *NR*- *ND*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén, az ütési irány függvényében a 20.1.3.3. táblázat adataiból szerkesztve



**20.1.3.13. ábra:** *N*-típusú Schmidt-kalapács, vízszintes ütésirányhoz tartozó japán nyomószilárdság becslő összefüggései (Proceq SA 2003). „Early Strength” = nagy kezdő szilárdságú portlandcement-beton, „Blast Furnace” = kohósalakcement kötőanyagú beton, „Average Curve” = a három japán becslő görbe átlaggörbéje.

A Proceq SA közleményeit tekintve (2003) érdemes pillantást vetnünk az *N*-típusú Schmidt-kalapács, vízszintes ütésirányhoz tartozó japán nyomószilárdság becslő összefüggéseire, amelyeket a Proceq-B alapgörbével egy koordináta-rendszerben ábrázoltak (20.1.3.13. ábra). Japánban csak az ott kidolgozott „Portland Cement”, „Early Strength” és „Blast Furnace” görbének az „Average Curve” elnevezésű átlaggörbéjét használják. Az „Early Strength” görbét a nagy kezdő szilárdságú portlandcement-betonokon (frühfester Beton), a „Blast Furnace” görbét a kohósalakcement kötőanyagú betonokon (Beton aus Hochofenzement) mért visszapattnási érték nyomószilárdságra való átszámításához dolgozták ki. Európában továbbra is a Proceq SA becslő görbéi a legelfogadottabbak.

Évszázadunk elején jelentkezett a Proceq SA a mechanikus rendszerű Schmidt-kalapács továbbfejlesztett változatával, a Digi-Schmidt 2000 elnevezésű műszerrel, amely két összetartozó, egységként kalibrált részből, a tulajdonképpeni Schmidt-kalapácsból (mérőműszer) és a kijelző készülékből áll. A vizsgálat során a Schmidt-kalapács visszapattnó ütőkosának úthosszát a mérőműszerbe beépített szenzor érzékeli, és elektromos jelként, kábelen keresztül a kijelző készülékhez továbbítja. Az elektronika által átalakított jel a kijelző készülék képernyőjén digitálisan és grafikusán is megjeleníti a visszapattnási értéket és adott esetben a hozzátartozó átlagos betonnyomószilárdságot. A Digi-Schmidt 2000 műszernek a hagyományos, analóg leolvasású Schmidt-kalapáccshoz hasonlóan alapvetően két típusa van, a 2,207 Nm ütőenergiájú *ND*-típus és a 0,735 Nm ütőenergiájú *LD*-típus. A vizsgálat megkezdése előtt a kijelző készüléken (a műszer szoftver változatától függően):

- be lehet állítani a vizsgálati hely megnevezését (például: épület neve, emelet, szerkezeti elem);
- be lehet állítani az ütésirányt;
- ki lehet választani, hogy a készülék a mért visszapattnási értékek középértékeként az átlagot vagy az EN 12504-2:2012 szabvány 7. fejezetében előírt mediánt számítsa ki.

Az átlag kiszámításának beállítása esetén lehetőség adódik egyes vizsgálati eredmények (kijelölt eredmény, legkisebb és legnagyobb eredmény, a középértéktől legalább 20%-kal eltérő eredmények) figyelmen kívül hagyására (eltávolítására, törlésére);

- az átlagos nyomószilárdságra való átszámításhoz többféle lehetőség közül lehet a becsülő összefüggést kiválasztani: a készülék ne végezzen átszámítást, a készülék a két beprogramozott *Proceq*-görbe (7 napos korú beton és 14-56 napos korú, nem karbonátosodott beton) valamelyike alapján, a beprogramozott négy japán becsülő összefüggés alapján (csak az *ND*-típus esetén), a készülék a vizsgáló személy öt saját összefüggése közül valamelyikkel számoljon;
- be lehet állítani, hogy a két *Proceq*-görbe esetén a kiszámított nyomószilárdság milyen alakú és méretű próbatestre vonatkozzon;
- be lehet állítani, hogy a készülék a vizsgálati eredményt a beton kora vagy karbonátosodási mélysége szerint korrigálja;
- meg lehet adni a figyelembe veendő visszapattanási értékek tartományát (alsó és felső határérték);
- ki lehet választani a képernyőn megjelenő szövegek nyelvét.

A *Digi-Schmidt 2000* műszerbe beépített óra a vizsgálati eredmények dátum és időpont szerinti mentését teszi lehetővé. A műszert számítógéphez lehet csatlakoztatni, és a vizsgálati eredményeket ki lehet nyomtatni.

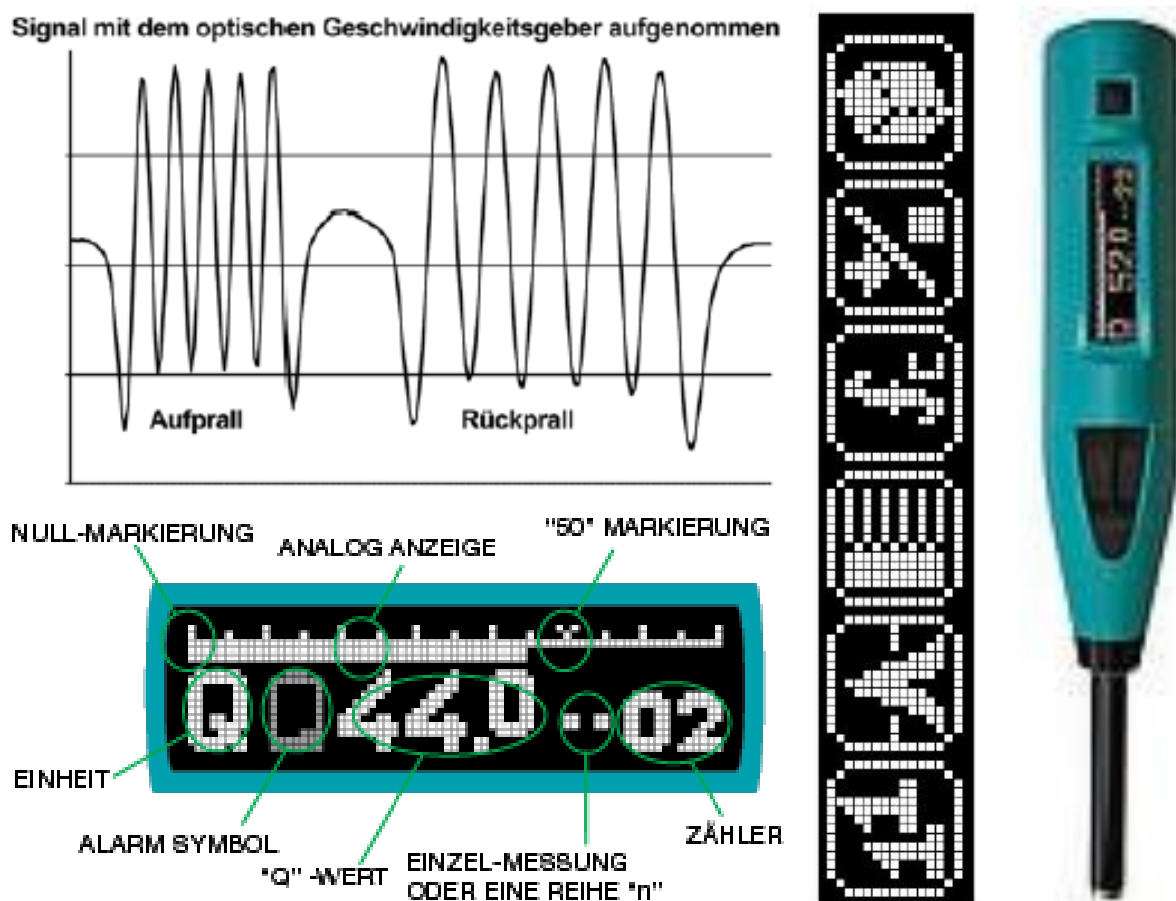
A 2007 óta kapható *SilverSchmidt*-kalapácsot két változatban gyártják. Az *N*-típusú *SilverSchmidt*-kalapács ütüenergiaja 2,207 Nm, az *L*-típusú 0,735 Nm. Az *N*-típusú *SilverSchmidt*-kalapács legalább 100 mm vastag és tömör szövetszerkezetű betonok esetén, az *L*-típusú a kevésbé tömör, 100 mm-nél vékonyabb betonok esetén használható.

A *SilverSchmidt*-kalapács beépített elektronikával, digitális kijelzővel, menüstruktúrával, USB-csatlakozóval rendelkezik (20.1.3.14. ábra). A hagyományos *Schmidt*-kalapács mérési eredményét különféle súrlódások befolyásolják, amelyek a *SilverSchmidt*-kalapács esetén nem lépnek fel, mert a *SilverSchmidt*-kalapács  $Q$  visszapattanási értékét – ellentétben a hagyományos *Schmidt*-kalapács  $R$  visszapattanási értékével – nem az ütükos visszapattanáskor megtett útja függvényében, hanem az  $M_{\text{ütökös}}$  tömegű ütükos visszapattanási ( $v_{\text{visszapattanás}}$ ) és ütüsi sebessége ( $v_{\text{ütés}}$ ) négyzetének az arányában ( $\Psi_Q$ ) fejezik ki (Brandestini 2010):

$$\Psi_Q = \frac{M_{\text{ütökös}} \cdot v_{\text{visszapattanás}}^2 / 2}{M_{\text{ütökös}} \cdot v_{\text{ütés}}^2 / 2} = \frac{v_{\text{visszapattanás}}^2}{v_{\text{ütés}}^2}$$

A sebesség meghatározása optikai mérőtranszformátorral történik. A fényáramot az ütükos felületén lévő barázdák modulálják és továbbítják a fotodiódára. Az így meghatározott ütüsi-visszapattanási periódusok időtartama az ütüsi és visszapattanási sebességek kifejezője. A sebességmérés eredményét a nehézségi erő gyakorlatilag nem befolyásolja. A *SilverSchmidt*-kalapács ütüköse kisebb tömegű, így gyorsabban is teszi meg az oda-vissza utat, az ütücsapja is könnyebb, mint a hagyományos *Schmidt*-kalapácsé, ezért és a megváltozott mérési technika folytán a *SilverSchmidt*-kalapáccsal mért  $Q$  (Quotiens = hányados) visszapattanási érték nagyobb, mint a visszapattanási úthosszat mérő hagyományos *Schmidt*-kalapácsok  $R$  visszapattanási értéke (Marco Brandestini 2010). A kétféle visszapattanási érték a  $Q \sim 1,33 \times R$ , illetve  $R \sim 0,75 \times Q$  összefüggéssel közelítőleg átszámítható egymásba (a *Proceq SA* 2012. júliusi közlése, a korábban közzétett átszámítási görbét visszavonták), de a *SilverSchmidt*-kalapácsnak is van közvetlen nyomószilárdság becsülő görbéje (20.1.3.16. ábra).

A 20.1.3.16. ábra nyomószilárdság becsülő görbéje a  $Q$  visszapattanási érték függvényében 90%-os valószínűséggel adja meg a beton várható átlagos nyomószilárdságát.



**20.1.3.14. ábra:** *SilverSchmidt*. A legújabb *Schmidt*-kalapács modell (*Proceq SA 2011*; [http://www.suspads.de/fileadmin/media/download/de/suspa/geraete/Proceq\\_Brochure\\_SilveSchmidt\\_D.pdf](http://www.suspads.de/fileadmin/media/download/de/suspa/geraete/Proceq_Brochure_SilveSchmidt_D.pdf))

A *Proceq SA* által kifejlesztett *Hammerlink* szoftver adatmentést, adatrendezést, statisztikai egyenletesség vizsgálatot, átlag vagy medián számítást, karbonátosodási korrekciót, a nyomószilárdság számításához próbatest-alak és értékelési módszer választást, eredménynyomtatást stb. tesz lehetővé. Az ütési irányt nem kell, és nem lehet beállítani.

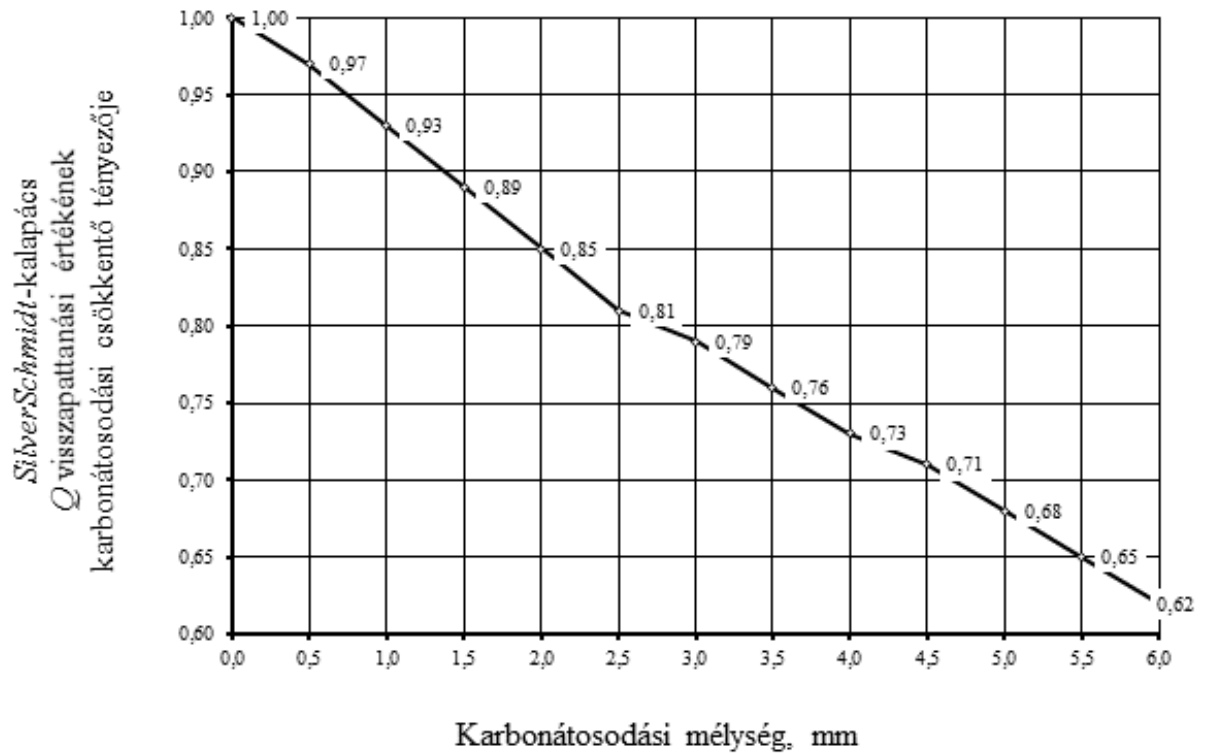
Bár a *SilverSchmidt*-kalapács minden egyes ütés esetén ellenőrzi az ütési energiát, a műszert a hitelesítő üllőn tíz ütéssel rendszeresen kalibrálni kell.

A mért  $Q$  visszapattanási értékeket a karbonátosodás mértékének függvényében csökkenteni (20.1.3.15. ábra), illetve a műszerrel csökkenteni kell, majd az így csökkentett visszapattanási érték függvényében kell a megfelelő becslő függvénnyel (20.1.3.16. ábra) a valószínű nyomószilárdságot meghatározni, illetve a műszerrel meghatároztatni.

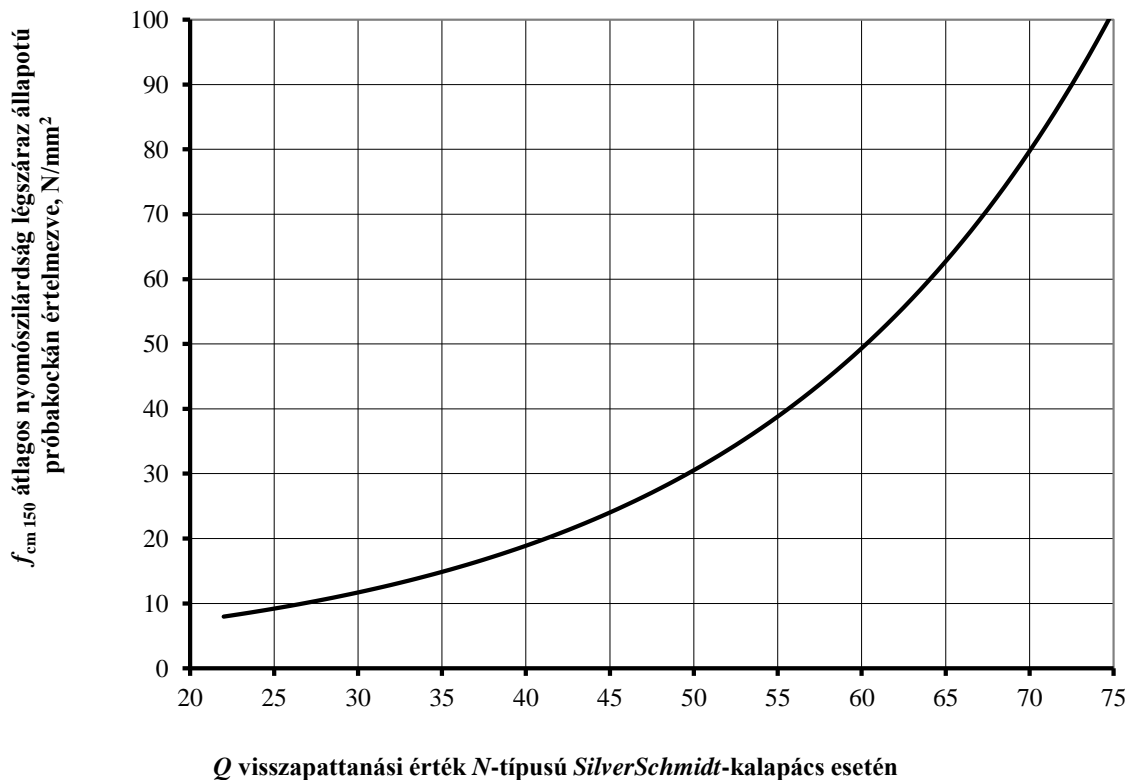
Egyebekben lényegében ugyanazok a rendszabályok és ajánlások érvényesek a *SilverSchmidt*-kalapácsra, mint a hagyományos *Schmidt*-kalapács típusokra.

Az MSZ EN 12504-2:2013 szabványban csak a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat végzését írják le, a visszapattanási értékek értékelésével nem foglalkoznak, az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerinti vizsgálati eredmények értékelést az MSZ EN 13791:2007 szabványban tárgyalják.





**20.1.3.15. ábra:** Karbonátosodási korrekciós diagram a *SilverSchmidt*-kalapács  $Q$  visszapattanási értékének csökkentésére japán kísérletek alapján. A diagramban szereplő karbonátosodási csökkentő tényező mértéke még nem vált általános gyakorlattá (*Proceq SA* 2007).



**20.1.3.16. ábra:** Nyomószilárdság becslő görbe (10%-os kvantilis) az  $N$ -típusú *SilverSchmidt*-kalapácshoz (*Proceq SA* 2007)

Az MSZ EN 13791:2007 szabvány 8.3.3 szakasza szerint a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat becsülő alapösszefüggésének alakja:

$$f_R = 1,25 \times R - 23,0 \quad \text{ha } 20 \leq R \leq 24 \quad \text{és}$$

$$f_R = 1,73 \times R - 34,5 \quad \text{ha } 24 \leq R \leq 50$$

ahol:

- $f_R$  a nyomószilárdság alapértéke *Schmidt*-kalapácsos vizsgálat esetén, N/mm<sup>2</sup>  
 $R$  az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerinti visszapattanási érték

A *Proceq SA* nyomószilárdság becsülő összefüggéséből leolvasott érték a légszár az állapotú 150 mm élhosszúságú próbakocka vizsgálat idején érvényes egyedi nyomószilárdsága ( $f_{ci,cube,H}$ ), amelyet át kell számítani a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején fennálló egyedi nyomószilárdságra, amely utóbbiak átlagából ( $f_{cm,cyl,t}$ ) és szórásából az alulmaradási tényezővel az építmény-beton jellemző (karakterisztikus) értékét meg lehet határozni. Alulmaradási tényezőként az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az 50%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Student*-tényezőt, a 70%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Taerve*-tényezőt (20.1.4.1. táblázat) lehet alkalmazni, vagy konstans alulmaradási tágassággal kell számolni. Lehetőség az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D1. táblázatának „»V« ismeretlen”sora szerinti alulmaradási tényező alkalmazása is (20.1.16. táblázat).

A beton vagy vasbeton szerkezet MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány (Eurocode 2) szerinti statikai ellenőrzése során a *Schmidt*-kalapácsos vizsgálat eredményeképpen kapott, a beton 150 mm élhosszúságú, légszár az, esetleg karbonátosodott próbakockán értelmezett, becsült, a vizsgálat idején valószínűsíthető átlagos nyomószilárdságából ( $f_{cm,cube,H,t}$ ) és 8 N/mm<sup>2</sup> alulmaradási tágassággal, az  $f_{ck,cyl} = 20$  N/mm<sup>2</sup> határértékre tekintettel

- $f_{cm,cube,H,t} < 37,5$  N/mm<sup>2</sup> esetén ( $f_{ck,cyl,t} < 20$  N/mm<sup>2</sup> esete),  
mert  $f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,74 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,74 = (20 + 8)/0,74 = 37,84 \sim 37,5$  N/mm<sup>2</sup>,  
a 20.1.2.5. ábra szerinti  $f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,74 \times f_{cm,cube,H,t} - 8$  N/mm<sup>2</sup> és
- $f_{cm,cube,H,t} \geq 37,5$  N/mm<sup>2</sup> esetén ( $f_{ck,cyl,t} \geq 20$  N/mm<sup>2</sup> esete),  
mert  $f_{cm,cube,H} = f_{cm,cyl}/0,75 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,75 = (20 + 8)/0,75 = 37,33 \sim 37,5$  N/mm<sup>2</sup>,  
a 20.1.2.6. ábra szerinti  $f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,75 \times f_{cm,cube,H,t} - 8$  N/mm<sup>2</sup>

összefüggés segítségével kell kiszámítani a beton 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején valószínűsíthető jellemző értékét ( $f_{ck,cyl,t}$ ).

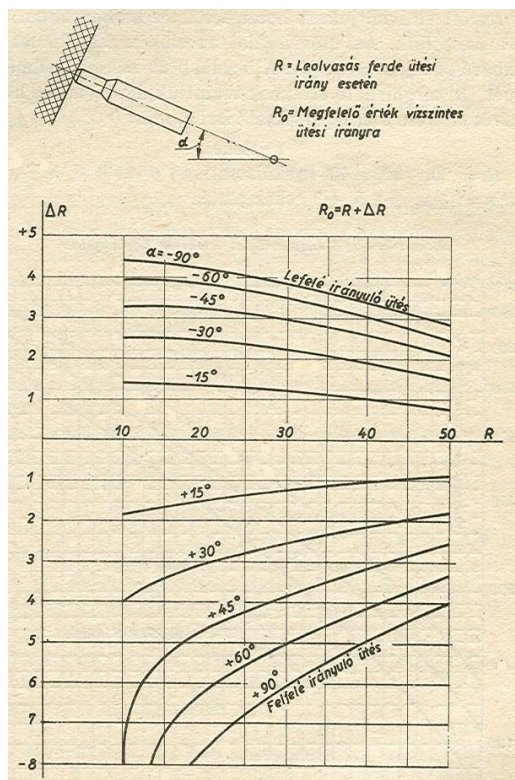
Az építmény-beton nyomószilárdságának meghatározásával *e könyv 20.1.8. fejezetében* részletesen foglalkozunk, így azzal az esettel is, amikor a roncsolásmentes vizsgálat egyidőben és azonos vizsgálati helyeken kifűrt magminták is rendelkezésre állnak, és a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány 8. fejezete szerint a becsülő összefüggést ezen magminták nyomószilárdsága alapján vagy meg kell szerkeszteni (szabvány 8.2. szakasza, „1. lehetőség”) vagy a szabványbeli becsülő alapgörbe transzformálásával kell előállítani (szabvány 8.3. szakasza, „2. lehetőség”).

A 20.1.3.17. ábra szerint az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány „2. lehetőség” szerinti becsülő alapgörbéje (a szabvány 2. ábrája) és a *Proceq-B* görbe hagyományos *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén gyakorlatilag közel párhuzamosan fut, az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány becsülő alapgörbéje átlag 8,18 N/mm<sup>2</sup> értékkel fekszik a *Proceq-B* görbe alatt. Ha a becsülő alapgörbét a közvetett vizsgálat eredményéhez tartozó magmintaszilárdság ( $f_{is}$ ) és a becsülő alapgörbéből leolvasott nyomószilárdság értéke ( $f_R$ ) közötti különbségek ( $\delta f = f_{is} - f_R$ ) átlagával ( $\delta f_{m(n)}$ ) toljuk felfelé, és ennek értéke történetesen  $\delta f_{m(n)} = 8,18$  N/mm<sup>2</sup>, akkor a *Proceq-B* görbét trendvonszerűen, jól

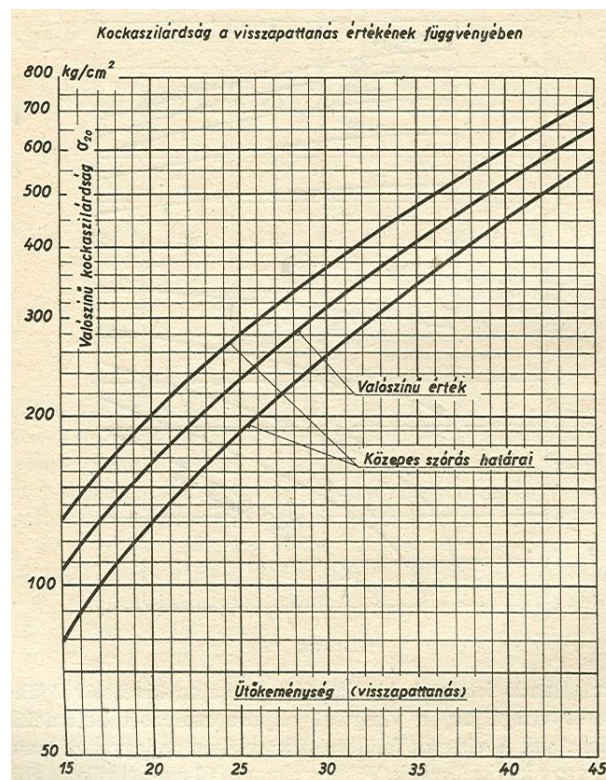
megközelítő egyenest kapunk, amely 50%-os kvantilis egyenes. Ha az eltolás mértéke  $\delta f_{m(n)} < 8,18 \text{ N/mm}^2$ , akkor az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány szerinti eltolt becslő alapgörbe többé-kevésbé a *Proceq-B* görbe alatt, ha  $\delta f_{m(n)} > 8,18 \text{ N/mm}^2$ , akkor a *Proceq-B* görbe felett fog futni.

A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatot hazánkban az európai szabványok bevezetését megelőzően a visszavont MSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961, MSZ 4715-5:1972 szabvány, MI-07-3318:1986 közlekedésügyi ágazati műszaki irányelv, MI 15011:1988 műszaki irányelv, valamint az utóbbit felváltó, ma is érvényes e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás szabályozta, illetve szabályozza.

Az egykori MSZ 4715:1955 és MSZ 4715:1961 szabványban a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockákon értelmezett nyomószilárdságot az *N*-típusú *Schmidt*-kalapáccsal mért visszapattanási érték függvényében grafikusán adták meg, azzal a megjegyzéssel, hogy a diagramokat minden egyes készülékre anyagvizsgáló vagy kutató intézetben külön kell megszerkeszteni. A szabvány szerint a visszapattanási érték ütésirány szerinti korrekcióját a 20.1.3.17. ábra alapján végezték, és a 20.1.3.18. ábrán az így javított érték függvényében leolvasták a nyomószilárdságot (kockaszilárdságot).



**20.1.3.17. ábra:** A visszapattanási érték ütésirány szerinti korrekciója az 1955. és 1961. évi kiadású MSZ 4715 szabványban



**20.1.3.18. ábra:** A nyomószilárdság a visszapattanási érték függvényében az 1955. és 1961. évi kiadású MSZ 4715 szabványban

A visszavont MSZ 4715-5:1972 szabványban a vegyesen tárolt, 200 mm élhosszúságú próbakockákon értelmezett nyomószilárdságot a visszapattanási érték függvényében táblázatokban adták meg *N*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén természetes érlelésű, homokos kavics adalékanyagú betonokra, *M*-típusú *Schmidt*-kalapács esetén zúzottkő adalékanyagú útbetonokra.

A visszavont MI-07-3318:1986 közlekedési ágazati műszaki irányelv szerint a nyomószilárdságot a beton főbb tulajdonságaitól és a műszerállandóktól függő tényező és a korrigált visszapattanási érték szorzataként lehetett kiszámítani *N*-, *L*- és *M*-típusú *Schmidt*-kalapács használata esetén. Ezt a módszert kívánták alkalmazni 1986-ban az

MSZ 4715-5:1972 szabvány módosítása során is, de a kézirat alakjában maradt szabványtervezet érvényre már nem lépett.

A visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv szerint a nyomószilárdság természetes alapú logaritmusát a visszapattanási érték természetes alapú logaritmusának függvényében lehetett kiszámítani. A kettős természetes alapú logaritmus beosztású koordináta-rendszerben az alapösszefüggés alakja másodfokú parabola volt, amelynek a – az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabványban foglaltakhoz hasonló – függőleges eltolást meghatározó tiszta tagja a szerkezetből kivett próbatestek vegyesen tárolt 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságára átszámított nyomószilárdságának képezte a függvényét. Az MI 15011:1988 műszaki irányelvben a *Schmidt*-kalapáccsos vizsgálat kiértékelésére  $20 < R_i < 40$  N/mm<sup>2</sup> feltétel mellett, homokos kavics adalékanyaggal készített betonra a következő középgörbe egyenletet adták meg:

$$\ln R_i = a_0 + a_1 \times \ln B_i + a_2 \times (\ln B_i)^2$$

ahol:  $a_0 = \ln R_m - a_1 \times \ln B_m - a_2 \times (\ln B_m)^2$ ;

$a_1 = 1,79$  és  $a_2 = 0152$ ;

$B_i$  = az  $i$  helyen mért visszapattanási értékek átlaga, amely egy mérési eredmény;

$B_m$  = a kivett próbatestek helyén mért visszapattanások értékének átlaga;

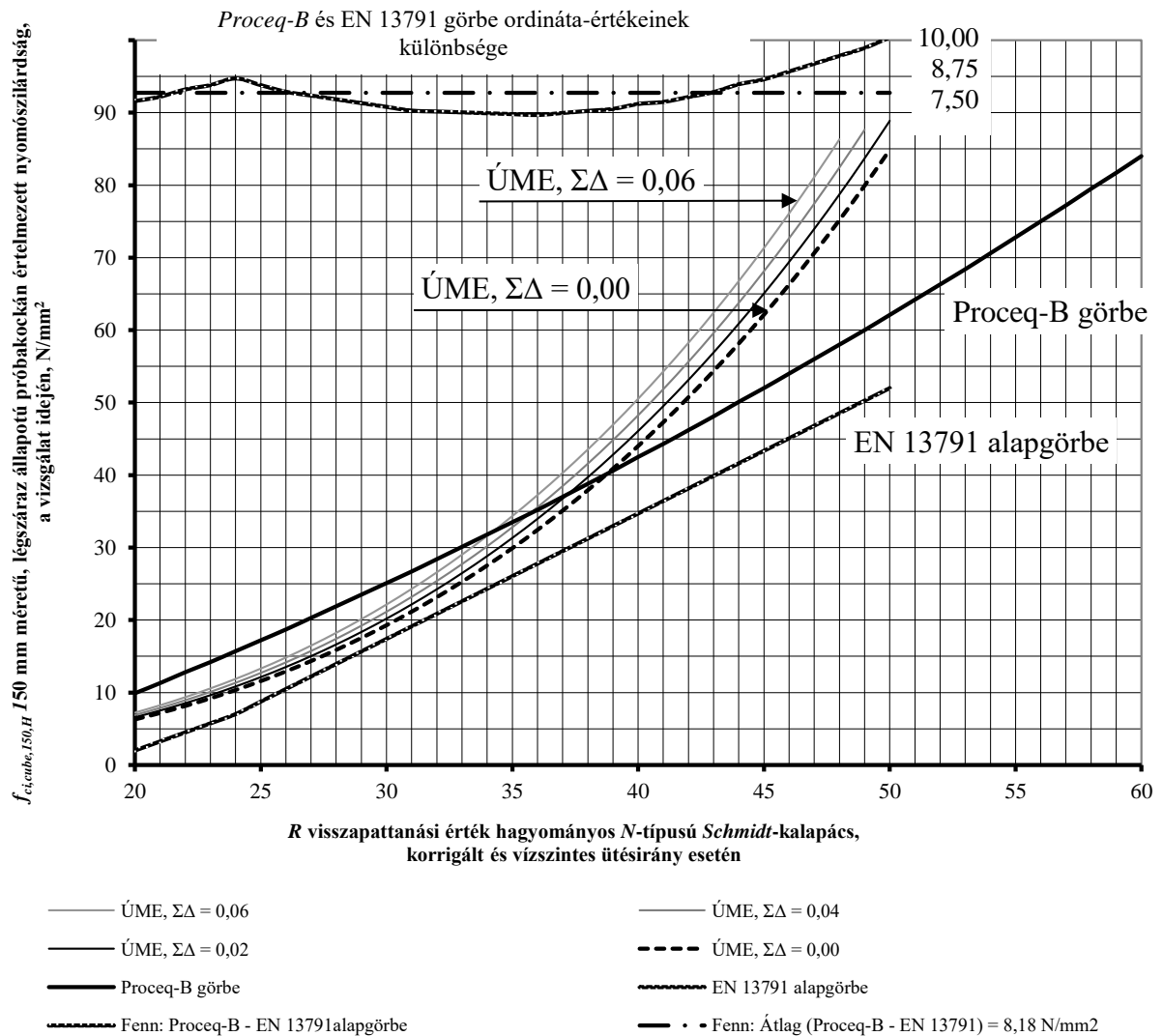
$R_i$  = a beton 200 mm élhosszúságú próbakockára vonatkozó nyomószilárdsága az  $i$  helyen, N/mm<sup>2</sup> mértékegységben;

$R_m$  = a kivett próbatestek nyomószilárdságának az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint 200 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságára átszámított átlagértéke.

Megjegyezzük, hogy a megépült tartószerkezetek erőtani vizsgálatát a visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv helyett ma a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata által kiadott TSZ 01-2013 műszaki szabályzat alapján végzik, és ebben is szerepel a *Schmidt*-kalapáccsos vizsgálati eredmények fenti, az MI 15011:1988 műszaki irányelv szerinti  $\ln R_i$  kiértékelési középgörbéjének egyenlete.

Ma a *Schmidt*-kalapáccsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálatra vonatkozólag az említett e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírás, az MSZ EN 12504-2:2013 és az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? európai szabvány és a külföldi szabványok közül például (csak az általunk ismerteket említjük) a DIN 1048-2:1991, a DIN 1048-4:1991, ASTM C805:2002 szabvány van érvényben. E könyv 20.1.8. fejezetében szó esik arról, hogy az európai szabvány DIN EN 13791:2008 jelű német változata kötelező nemzeti függelék tartalmaz (NA = Nationaler Anhang), amelyben az építmények, illetve azok szerkezeti elemei betonja nyomószilárdságának értékelésének nemzeti alkalmazási előírásait tárgyalják.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütiügyi műszaki előírás szerint a vizsgálati hely mérete mintegy 0,01 m<sup>2</sup> (100 mm x 100 mm), és azon az egyedi visszapattanás mérések száma legalább 10, a pontok egymástól való távolsága mintegy 20 mm. A vizsgálati hely mérési eredményét az egyedi visszapattanási értékek átlaga adja ( $R$ ). Azokat az egyedi visszapattanási értékeket, amelyek a 10 visszapattanás átlagától  $\pm 5$  értéknél nagyobb mértékben eltérnek, az értékelésből ki kell zárni és helyettük újabb ütést kell végezni. A vizsgálati helyek száma tételenként legalább 12-18 legyen.



**20.1.3.19. ábra:** Hagományos  $N$ -típusú Schmidt-kalapácsos nyomószilárdság becslő összefüggések görbéinek összehasonlítása. UME = e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás

Az MSZ EN 12504-2:2013 szabvány szerint a vizsgálati hely mérete mintegy 300×300 mm legyen, amelyen legalább 9 egyedi visszapattanás mérést kell végezni. A szabvány 7. fejezete szerint a vizsgálati helyen mért visszapattanási értékeknek nem az átlagát, hanem a mediánját kell kiszámítani, és ez a vizsgálati hely vizsgálati eredménye. Az egyedi vizsgálati helyen belül a visszapattanás mérési helyek egymástól való távolsága és távolsága a vizsgált szerkezet éleitől legalább 25 mm legyen. Ha az egyedi visszapattanási értékek legalább 20%-a a mediántól több mint 6 visszapattanási értékkel eltér, akkor a vizsgálati helyen végzett vizsgálat eredményét nem szabad figyelembe venni

Említettük, hogy a helyesen beállított hagyományos,  $N$ -,  $L$ -típusú és digitális Schmidt-kalapáccsal mért visszapattanási értékek átlagát, illetve mediánját ( $\bar{R}$ ) a kalibráló üllőn mért visszapattanási értékek átlagának függvényében és a vízszintestől eltérő ütésiránytól (20.1.3.3. táblázat), valamint a karbonátosodás mélységétől függően (20.1.3.11. ábra) korrigálni kell.

Az MSZ EN 12504-2:2013 szabványban ütésirány szerinti korrekciós összeadandók nem szerepelnek.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás szerint – ha a vizsgált beton kora több mint 90 nap –, akkor a 90 napos, 1 éves, 2 éves, 3 éves korú betonok karbonátosodási

korrekciós tényezője rendre 1,00; 0,75; 0,67; 0,6. Ezek helyett a korrekciós tényezők helyett a *Proceq SA* (2003) által a hagyományos *N*-, *L*-típusú és digitális *Schmidt*-kalapács visszapattanási értékének csökkentésére megadott diagram (20.1.3.11. ábra) használatát javasoljuk, mert az a szükséges korrekció mértékét nem a beton kora, hanem a karbonátosodás mélysége függvényében adja meg. Nem szabad szem elől téveszteni, hogy a karbonátosodás miatt korrigált visszapattanási érték is a beton vizsgálati korában érvényes.

A karbonátosodás miatt is korrigált visszapattanási értékből (*R*) az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütügyi műszaki előírás szerinti szilárdság becslő összefüggés felhasználásával is meg lehet a beépített beton pillanatnyi nyomószilárdságát becsülni.

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütügyi műszaki előírásban szereplő *Borján*-féle (1981) *Schmidt*-kalapácsos nyomószilárdság becslő összefüggés a meghatározása idején, 1982 előtt érvényben volt szabványoknak (MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980) megfelelő 200 mm élhosszúságú és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára ( $f_{ci,cube,200,H,t}$ ) vonatkozik:

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = -2,159 + \Sigma\Delta + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2$$

ahol:

$f_{ci,cube,200,H,t}$	a 200 mm élhosszúságú és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság tapasztalati értéke, N/mm <sup>2</sup> mértékegységben. A „t” indexszel azt hangsúlyozzuk, hogy nem 28 napos, hanem „t” korú beton nyomószilárdságáról van szó
<i>R</i>	a vizsgálati helyhez tartozó átlagos, a kalibrálási hibával, ütésirány és karbonátosodás mélység szerint korrigált visszapattanási érték <i>N</i> -típusú <i>Schmidt</i> -kalapács esetén
$\Sigma\Delta$	a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó, amelyet legfeljebb három különböző $\Delta$ összeadandó felhasználásával szabad meghatározni, és amely 0,00-0,19 közötti értéket vehet fel. Ha $\Sigma\Delta = 0,0$ , akkor annak a valószínűsége, hogy a tényleges $f_{ci,cube,200,H,t}$ nyomószilárdság a visszapattanásokból számított, becsült $f_{ci,cube,200,H,t,test}$ tapasztalati nyomószilárdságnál nagyobb, 95% ( <i>Borján</i> 1981). Ha $\Sigma\Delta \rightarrow 0,19$ , akkor ez a valószínűség egyre inkább csökken, a becsült nyomószilárdság pedig rohamosan növekszik. A $\Sigma\Delta$ segédváltozó értékének felvétele nagy felelősséggel jár, $\Sigma\Delta = 0,06$ -nál nagyobb érték alkalmazása $R > 35$ korrigált visszapattanási érték felett semmi esetre sem javasolható, mert a 20.1.3.19. ábra szerint valószínűtlenül nagy nyomószilárdságokat eredményez.

A  $\lg f_{ci,cube,200,H,t}$  értéket minden vizsgálati helyre ki kell számítani, és ebből az

$$f_{ci,cube,200,H,t} = 10^{\lg f_{ci,cube,200,H,t}}$$

összefüggéssel adódik a vizsgálati helyen lévő beton becsült, 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett, mai, tapasztalati nyomószilárdsága ( $f_{ci,cube,200,H,t}$ ). Az együtt értékelendő vizsgálati helyek  $f_{ci,cube,200,H,t}$  nyomószilárdságainak átlaga  $f_{cm,cube,200,H,t}$ , amelynek átszámításával meghatározható a vizsgálati helyen lévő beton, 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, mai, becsült, tapasztalati nyomószilárdságának jellemző értéke ( $f_{ck,cyl,t}$ ):

- ha  $f_{cm,cube,200,H,t} < 35,0$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck,cyl,t} < 20$  N/mm<sup>2</sup> esete), ugyanis  
 $f_{cm,cube,200,H} = f_{cm,cyl}/0,79 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,79 = (20 + 8)/0,79 = 35,44 \sim 35,0$  N/mm<sup>2</sup>,  
akkor:  $f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,79 \times f_{cm,cube,200,H,t} - 8$  N/mm<sup>2</sup> és
- ha  $f_{cm,cube,200,H,t} \geq 35,0$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck,cyl,t} < 20$  N/mm<sup>2</sup> esete), ugyanis

$$f_{cm,cube,200,H} = f_{cm,cyl}/0,81 = (f_{ck,cyl} + 8)/0,81 = (20 + 8)/0,81 = 34,57 \sim 35,0 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{akkor: } f_{ck,cyl,t} = f_{cm,cyl,t} - 8 = 0,81 \times f_{cm,cube,200,H,t} - 8 \text{ N/mm}^2.$$

Az e-UT 09.04.11:2017 (ÚT 2-2.204:1999) ütügyi műszaki előírás szerzői nem zárkóztak el attól, hogy a *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzője kutatásai eredménye alapján – jól körülhatárolt esetre – saját nyomószilárdság becslő összefüggést írjon fel és alkalmazzon.

Fontos, hogy az ütügyi műszaki előírás olyan nyomószilárdság becslő összefüggés alkalmazására is lehetőséget ad, amelynek alakja a fenti  $\lg f_{ci,cube,200,H,t} = -2,159 + \Sigma\Delta + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2$  összefüggésből  $a_N = -2,159 + \Sigma\Delta$  helyettesítéssel adódik, azaz

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = a_N + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times (\lg R)^2,$$

ahol az  $a_N$  összeadandót tíz darab 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakocka roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálata összetartozó eredményeiből kell regresszió számítással meghatározni. Ez a módszer is megtalálható *Borján József* (1981) könyvében, és elviekben az MI 15011:1988 műszaki irányelv M1 mellékletének M1.10.3.1. szakaszában, valamint a DIN 1048-4:1991 német szabványban is, így a függvény-transzformációs eljárás (becslő alap-összefüggés nyújtása vagy összenyomása és önmagával párhuzamos eltolása) ismert volt már az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány bevezetése előtt is, amely szerint a roncsolásmentes vizsgálat eredményét a szerkezetből fűrt magminta nyomószilárdságának a felhasználásával kell értékelni (lásd e könyv 20.1.8. fejezetét).

**Összegezve:** A *Schmidt*-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálattal meg lehet becsülni a betonnak a vizsgálat idején meglévő nyomószilárdságát akár fűrt magminták alkalmazása nélkül is, de abból a beton nyomószilárdsági osztályára, vagy készítés kori állapotára következtetni nem szabad.

A *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értékből a nyomószilárdság becslő összefüggéssel meghatározott érték a légszáraz állapotú, általában 150 mm élhosszúságú (az e-UT 09.04.11:2017 ütügyi műszaki előírás esetén 200 mm élhosszúságú) próbakockának a vizsgálat idején érvényes egyedi nyomószilárdsága ( $f_{ci,cube,H,t}$  vagy  $f_{ci,cube,200,H,t}$ ), amelyet át kell számítani a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű, 300 mm magasságú próbahengeren értelmezett, a vizsgálat idején fennálló egyedi nyomószilárdságra ( $f_{ci,cyl,t}$ ), amely utóbbiak átlagából ( $f_{cm,cyl,t}$ ) és szórásából az alulmaradási tényezővel az építmény-beton jellemző (karakterisztikus) értékét meg lehet határozni. Alulmaradási tényezőként az MSZ 4798:2016 szabvány szerint az 50%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Student*-tényezőt, a 70%-os elfogadási valószínűséghez tartozó *Taerve*-tényezőt (20.1.4.1. táblázat) lehet alkalmazni, vagy konstans alulmaradási tágassággal kell számolni. Lehetőség az MSZ EN 1990:2011 szabvány (Eurocode) D1. táblázatának „V» ismeretlen” sora szerinti alulmaradási tényező alkalmazása is (20.1.16. táblázat).

Az építmény-beton nyomószilárdságának meghatározásával e könyv 20.1.8. fejezetében részletesen foglalkozunk, így azzal az esettel is, amikor a roncsolásmentes vizsgálattal egyidőben és azonos vizsgálati helyeken kifűrt magminták is rendelkezésre állnak, és a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány 8. fejezete szerint a becslő összefüggést ezen magminták nyomószilárdsága alapján vagy meg kell szerkeszteni (szabvány 8.2. szakasza, „1. lehetőség”) vagy a szabványbeli becslő alapgörbe transzformálásával kell előállítani (szabvány 8.3. szakasza, „2. lehetőség”).

A szerkezetből kifűrt magminták nyomószilárdságából az építmény vagy annak részei betonjának nyomószilárdsági osztályát nem szükséges, illetve nem helyes kiszámítani. A magminták nyomószilárdsága a betonnak a vizsgálat idején fennálló szilárdsági állapotát kifejező adat, amelyből sem a sablonban készült és laboratóriumi körülmények között tárolt próbatesteken mérhető nyomószilárdságra, sem a beton korábbi nyomószilárdságára

következtetni nem szabad. A roncsolásmentes vizsgálattal becsült betonnyomószilárdságra ez a megállapítás fokozottan érvényes. Véleményünket alátámasztja a DIN 1048-2:1991 szabvány 5.3.1. szakasza (1) bekezdésének rendelkezése és a német közlekedési minisztérium (Bundesministerium für Verkehr) 2011. évi irányelve is, amely szerint a fűrt magmintákon mért és a Schmidt-kalapáccsos vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságok az építmény betonjának csak a vizsgálat idején fennálló nyomószilárdsága meghatározására alkalmasak, de nem alkalmasak más időpontra vonatkozó nyomószilárdság becsülésére.



**20.1.3.2. Nyomószilárdság meghatározása az ultrahang terjedési sebességének mérésével**

Az ultrahang terjedési sebességének mérése a roncsolásmentes szilárdság vizsgálati eljárások egyike, amelynek vizsgálati eredményéből a beton nyomószilárdságára lehet következtetni, mert az ultrahang a beton pórusain, fészkes részein, repedésein lassabban halad át, mint a tömör betonon.

Az ultrahangos roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat akkor alkalmazható, ha a beton anyaga egynemű, egyrétegű, folytonos, nem tartalmaz üreget, és a hullámterjedés útjába nem esik acélbetét. A felület nem lehet szennyezett, réteges, repedezett, porózus. Az ultrahangos vizsgáló műszert tisztán kell tartani, működését minden mérés alkalmával ellenőrizni kell. A pontosság-ellenőrzést kizárólag a gyártó cég által forgalmazott pontosság-ellenőrző etalonnal szabad elvégezni.

Az ultrahang frekvenciája 15 kHz ( $15 \times 10^3$  Hz) és 100 MHz ( $100 \times 10^6$  Hz) közötti érték. A hanghullám longitudinálisan és transzverzálisan kelthet rezgéseket. A longitudinális hullám a haladás irányával párhuzamos, a transzverzális hullám a haladás irányára merőleges. A beton nyomószilárdságát a longitudinális hullám terjedési sebessége alapján határozzák meg. Adott közegben a longitudinális hullám gyorsabban, mintegy kétszer olyan gyorsan terjed, mint a transzverzális hullám. A longitudinális hanghullám terjedési sebessége levegőben 330 m/s, vízben 1500 m/s, betonban 3000-5000 m/s, acélban 6000 m/s. Szilárd testben a longitudinális hanghullám terjedési sebessége a

$$v_L = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}} \times (1 - \mu)}{\rho_T \times (1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \times c_{E_{\text{din}}}}} = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}}}{\rho_T}} \times \sqrt{\frac{1 - \mu}{(1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \times c_{E_{\text{din}}}}}$$

összefüggéssel fejezhető ki, ahol:

$E_{\text{din,L}}$	az anyag hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulusa
$\mu$	az anyag <i>Poisson</i> -tényezője
$\rho_T$	az anyag testsűrűsége
$c_{E_{\text{din}}}$	arányossági tényező

A *Poisson*-tényező a keresztirányú és a hosszirányú fajlagos alakváltozás hányadosa,  $\mu = \varepsilon_k / \varepsilon_h$ , értéke szerkezeti anyagok esetén zérus és 0,5 közötti szám, folyadékok esetén:  $\mu \sim 0,5$ ; nagyszilárdságú, rideg anyagok esetén:  $\mu \rightarrow 0,0$ , beton esetén:  $\mu_{\text{beton}} \sim 0,167$ , acél esetén:  $\mu_{\text{acél}} \sim 0,270$ . Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 3.1.3. szakaszának (4) bekezdése szerint repedésmentes beton esetén  $\mu_{\text{beton}} = 0,2$  értékű, berepedt beton esetén  $\mu_{\text{beton}} = 0,0$  értékű *Poisson*-tényezővel szabad számolni.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a *Poisson*-tényező értéke izotrop (minden irányban azonos tulajdonságú) anyagoknál  $-1,0$  és  $0,5$  között változhat. A negatív *Poisson*-tényezőjű anyagok – mind különleges szerkezetű hab – belső szerkezete húzás hatására kitágul, az anyag „duzzadni” kezd (lásd még e könyv 21.2.3.3. fejezetében Woldemar Voigt munkásságát bemutató lábjegyzetet).

A gyakorlatban szívesen veszik fel az  $(1-\mu)/[(1+\mu) \times (1-2 \times \mu) \times c_{E_{\text{din}}}]$  szorzat értékét  $1,0$  ( $\mu\text{s}^2/\text{mm}^2)/[(\text{N}/\text{mm}^2) \times (\text{kg}/\text{m}^3)]$ -nek, amely egyszerűsítéssel a longitudinális hanghullám terjedési sebességének összefüggése a következő alakot veszi fel:

$$v_L = \frac{L_{\text{ultrahang}}}{t_{\text{ultrahang}}} = \sqrt{\frac{E_{\text{din,L}}}{\rho_T}} \quad \text{mm}/\mu\text{s}$$

ahol:

$E_{\text{din,L}}$	az anyag hosszirányú (longitudinális) dinamikai rugalmassági modulusa,
--------------------	--

	N/mm <sup>2</sup>
$\rho_T$	az anyag testsűrűsége száraz állapotban, kg/m <sup>3</sup>
$L_{\text{ultrahang}}$	az ultrahang által a betonban megtett út hossza, mm
$t_{\text{ultrahang}}$	idő, amely alatt az ultrahang az $L_{\text{ultrahang}}$ hosszúságú utat a betonban megteszi, $\mu\text{s}$

Az ultrahang terjedési idejét mérő műszer digitális kijelzővel rendelkezik, és 50 mm alatti úthosszon 60-200 kHz közötti nagy frekvencián, ennél hosszabb úthosszon, 15 m-ig 10-40 kHz közötti kis frekvencián dolgozik.

A mérőműszer (betonoszkóp) úgy működik, hogy az adófej elektromos rezgéssel longitudinális ultrahang hullámot gerjeszt, és az ultrahangot észlelő vevőfeje az ultrahang rezgéseket ismét elektromos jellé alakítja. Az ultrahang terjedési sebesség mérő műszer tulajdonképpen nem sebességet mér, hanem  $\mu\text{s}$ -ban azt a  $t_{\text{ultrahang}}$  időt, amely alatt az ultrahang impulzus a betonban az adófej és a vevőfej közötti  $L_{\text{ultrahang}}$  távolságot megteszi. Az ultrahang terjedési sebességét a  $v_L = L_{\text{ultrahang}}/t_{\text{ultrahang}}$  hányados adja, amelyet m/s mértékegységben kell kifejezni. Például, ha az úthossz  $L_{\text{ultrahang}} = 120$  mm és az út megtételéhez szükséges idő  $t_{\text{ultrahang}} = 28$   $\mu\text{s}$ , akkor az ultrahang terjedési sebessége:  $v_{\text{ultrahang}} = 120/28 = 4,286$  mm/ $\mu\text{s} = 4286$  m/s, mert 1,0 mm/ $\mu\text{s} = 10^3$  m/s.

A műszerhez etalon-rúd tartozik, amelyen a rajta jelzett idő alatt halad át az ultrahang impulzus. Ha a műszer pontosan működik, akkor az etalon-rúd két végére szorítva az adó-, illetve vevőfejet, a műszer az etalon-rúdra írt időt jelzi ki. A rezgő energia veszteségmentes átadásának, illetve átvételének feltétele az adófejnek és a vevőfejnek a jó csatolása a próbatesthez (Weiss 1974). Csatoló anyagként például vazelint, olajat, folyékony szappant, glicerinszappant, kaolinpasztát lehet használni.

Az ultrahang terjedési sebességét az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány szerint kell megmérni. Könnyű belátni, hogy a mérés akkor a legmegbízhatóbb (mérési pontosság 1 %), az úthossz akkor a legegyszerűbb, ha az adófej és a vevőfej egymással szemben, két egymással párhuzamos felületen helyezkedik el („közvetlen” vizsgálat). Ha az adófej és a mérőfej ugyanazon a felületen helyezkedik el („közvetett” vizsgálat), akkor az úthosszat közvetlenül meg sem lehet mérni. Ebben az esetben a vevőfejet egyre távolabb helyezve az adófejtől változtatni kell az úthosszat, és a mérés sorozattal kapott fejtávolság – terjedési idő értékpárookra diagramban egyenest fektetve az átlagos ultrahang terjedési sebességet lehet meghatározni. Ha az adófej és a mérőfej egymásra merőleges felületeken helyezkedik el („félközvetlen” vizsgálat), az úthossz meghatározása akkor sem egyértelmű. Kerülni kell a mérést az ultrahang terjedésének irányával párhuzamosan futó betonacélok közvetlen közelében.

Az adó- és vevőfej közé eső minden levegővel telt repedés és hézag akadályozza az ultrahang terjedését, ha annak vetülete az ultrahanghullám hosszánál nagyobb. Ezt a hatást az adó- és vevőfej térközétől függően ki lehet használni a 100 mm-nél mélyebb repedések vagy hézagok azonosítására. A szorosan illeszkedő repedések esetén – például repedt tartóoszlopokban vagy -pillérekben – azonban előfordulhat, hogy az ultrahanghullám áthalad a repedésen.

Nagyszámú, hálós kiosztású méréssel az adó- és vevőfej között helyezkedő nagy hézagok felismerhetők. A hézag nagysága annak feltételezésével, hogy az ultrahangimpulzus az adó- és vevőfej közötti távolságot a legrövidebb úton és a legrövidebb idő alatt teszi meg, megbecsülhető, ha a hézag környezetében a beton sűrűsége azonos.

A mérési eredményt a beton nedvesség-tartalma jelentősen befolyásolja, ezért légszáraz beton vizsgálatára kell törekedni. Az olyan repedések, amelyek vízzel telítve vannak vagy anyagtörmeléket tartalmaznak és az ultrahang hullámokat továbbvezetik, az ultrahang terjedési sebességének vizsgálatával nem deríthetők ki. Az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány B.7 szakasza szerint ilyen esetben a csillapításmérés vezethet eredményre. A csillapításmérés

kérdéskörét például *Hillger* (1983), *Große* (1996), *Wollbold* (1998) munkáiból lehet megismerni.

A 10 °C alatti és a 30 °C fölötti hőmérséklet esetén az ultrahang terjedési sebességének mért (számított) értékét a 20.1.3.5. táblázat szerint korrigálni kell.

**20.1.3.5. táblázat:** Az ultrahang terjedési sebességének korrekciós tényezője 10 °C alatti és a 30 °C fölötti hőmérséklet esetén (*Iken et al.* 2012)

Hőmérséklet °C	Ultrahang terjedési sebességének korrekciós tényezője, %	
	Légszáras beton esetén	Vízzel telített beton esetén
+ 60	+ 5,0	+ 4,0
+ 40	+ 2,0	+ 1,7
0	- 0,5	- 1,0
- 4	- 1,5	- 7,5

A rövid impulzus hullámok sebessége a vizsgált beton alakjától és méretétől független, ha annak kisebbik keresztmetszeti mérete egy adott értéket elér. Ez alatt a méret alatt az ultrahang terjedési sebessége jelentősen csökkenhet. E csökkenés mértéke főképp az impulzus hullámok hosszának és a vizsgált beton kisebbik keresztmetszeti méretének viszonyától függ. A 20.1.3.6. táblázatban az ultrahang betonban való terjedési sebességének, a jeladó frekvenciájának és a vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti méretének kapcsolata található. Ha a legkisebb keresztmetszeti méret a hullámhossznál kisebb vagy olyan vizsgálat esetén, amikor az adófej és a mérőfej egy ugyanazon felületen helyezkedik el („közvetett” vizsgálat), a hullám terjedés módja és ezzel sebessége megváltozik. Ennek különösen akkor van jelentősége, ha egymástól jelentősen eltérő méretű betonelemeket kívánunk összehasonlítani.

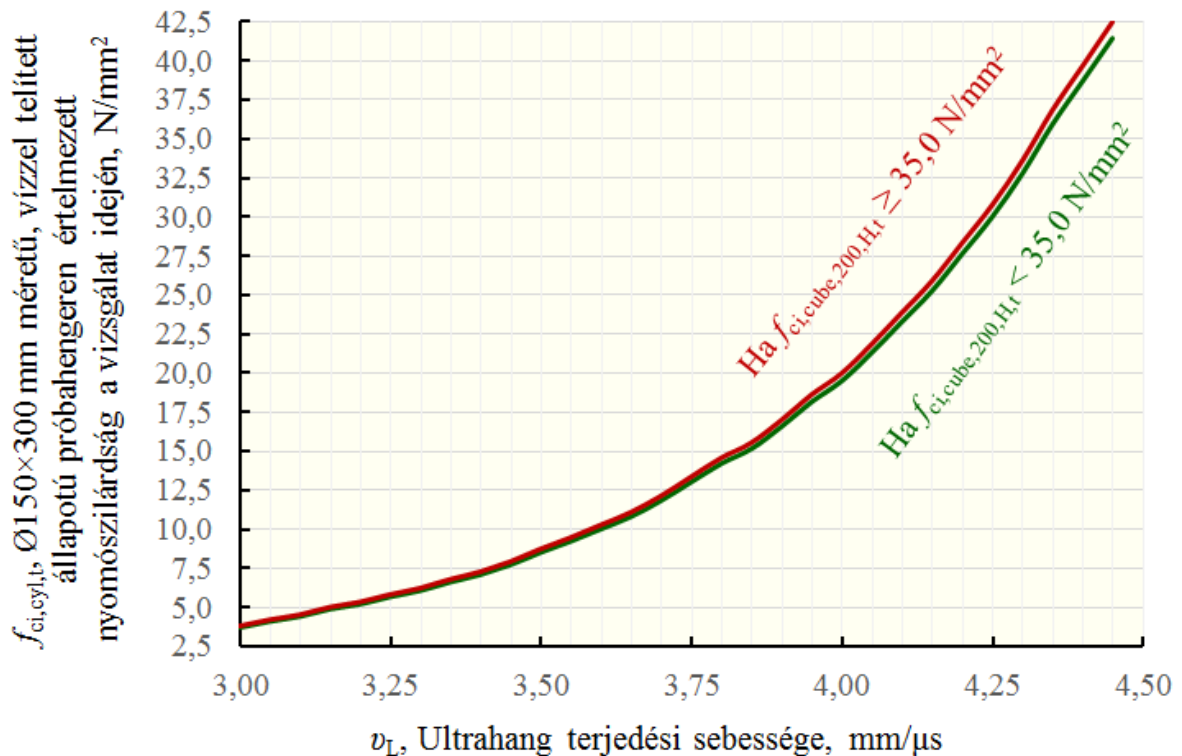
**20.1.3.6. táblázat:** Az ultrahang betonban való terjedési sebességének, a jeladó frekvenciájának és a vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti méretének kapcsolata az MSZ EN 12504-4:2005 szabvány szerint

Jeladó frekvenciája kHz	Ultrahang terjedési sebessége a betonban, mm/μs		
	3,5	4,0	4,5
	Vizsgált beton ajánlott legkisebb keresztmetszeti mérete, mm		
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

A visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke értékelő táblázatot tartalmazott, amelyben az ultrahang terjedési sebességének megfelelő, az abban az időben szabványos, vegyesen tárolt, 200 mm méretű betonpróbakockán érvényes nyomószilárdságot (mai jelöléssel:  $f_{ci,cube,200,H}$ ) adták meg. A 20.1.3.7. táblázatban ezeket az értékpárokat mutatjuk be, azzal a változtatással, hogy a nyomószilárdságot a 20.1.3.1. fejezetben mondottak alapján az  $f_{ci,cyl} = 0,79 \times f_{ci,cube,200,H}$  (arra az esetre, ha  $f_{ci,cube,200,H,t} < 35,0 \text{ N/mm}^2$ ), illetve  $f_{ci,cyl} = 0,81 \times f_{ci,cube,200,H}$  (arra az esetre, ha  $f_{ci,cube,200,H,t} \geq 35,0 \text{ N/mm}^2$ ) összefüggéssel átszámítottuk a ma szabványos (MSZ 4798-1:2004), végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű próbahengeren a vizsgálat idején értendő  $f_{ci,cyl}$  nyomószilárdságra, amelyek segítségével az egyes vizsgálati eredményekből kiszámítható az  $f_{cm,cyl}$  átlagszilárdság, és az  $f_{ck,cyl}$  jellemző érték, mint az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány szerinti szilárdságellenőrzés kiinduló adata.

Az MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. táblázata alatt az a megjegyzés áll, hogy a táblázatot 350 kg/m<sup>3</sup>-nél kisebb portlandcement adagolású, mai értelemben vett 32 mm legnagyobb szemmagyságú, II. osztályú szemmegoszlású homokos kavics adalékanyagú, légszáras betonok

összehasonlító vizsgálatával alakították ki, és az 360 napos vagy annál idősebb betonok nyomószilárdságának becslésére,  $\pm 15\%$ -os megbízhatósági korláttal alkalmas. A 20.1.3.7. táblázat adatait diagram formájában a 20.1.3.20. ábrán dolgoztuk fel. A 20.1.3.7. táblázat és a 20.1.3.20. ábra régi, az egykori BI-8 típusú lengyel betonozkóppal mért vizsgálati eredmények alapján készült, ezért ma megfelelő körültekintéssel kell alkalmazni.



**20.1.3.20. ábra:** A betonnak az ultrahang terjedési sebességéből becsült, végig víz alatt tárolt  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű próbahengeren értelmezett  $f_{ci,cyl,t}$  nyomószilárdsága a vizsgálat idején a visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke alapján

A visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv és a TSZ 01-2013 műszaki szabályzat szerint az ultrahang terjedési sebesség mérés eredményeiből a homokos kavics adalékanyagú, 200 mm élhosszúságú próbakockán értelmezett nyomószilárdság a következő középgörbével határozható meg, feltéve, hogy  $3,2 \text{ mm}/\mu\text{s} < v < 4,3 \text{ mm}/\mu\text{s}$ :

$$\ln R_i = b_0 + b_1 \times v_i$$

ahol:

$v_i$  = az ultrahang terjedési sebessége az  $i$  helyen mm/ $\mu$ s mértékegységben;

$b_0 = -2,36$ ;

$b_1 = 1,38$  vagy pontosabban:  $b_1 = (\ln R_m - b_0)/v_m$ ;

$R_m$  = a vizsgált próbatetek 200 mm élhosszúságú próbakockára átszámított nyomószilárdságának átlaga;

$v_m$  = a próbatetek származási helyén mért ultrahang terjedési sebességek átlaga.

**20.1.3.7. táblázat:** A betonnak az ultrahang terjedési sebességéből becsült, végig víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengeren értelmezett  $f_{ci,cyl,t}$  nyomószilárdsága a vizsgálat idején a visszavont MSZ 4715-5:1972 szabvány F2. függeléke alapján, BI-8. jelű betonoszkóphoz

Ha $f_{ci,cube,200,H,t} < 35,0 \text{ N/mm}^2$		Ha $f_{ci,cube,200,H,t} \geq 35,0 \text{ N/mm}^2$	
$v_L, \text{ mm}/\mu\text{s}$	$f_{ci,cyl,t} \text{ N/mm}^2$	$v_L, \text{ mm}/\mu\text{s}$	$f_{ci,cyl,t} \text{ N/mm}^2$
3,00	3,7	3,00	3,8
3,05	4,1	3,05	4,2
3,10	4,4	3,10	4,5
3,15	4,9	3,15	5,0
3,20	5,2	3,20	5,3
3,25	5,7	3,25	5,8
3,30	6,1	3,30	6,2
3,35	6,6	3,35	6,8
3,40	7,1	3,40	7,3
3,45	7,7	3,45	7,9
3,50	8,5	3,50	8,7
3,55	9,2	3,55	9,5
3,60	10,0	3,60	10,3
3,65	10,8	3,65	11,1
3,70	11,9	3,70	12,2
3,75	13,0	3,75	13,4
3,80	14,2	3,80	14,6
3,85	15,2	3,85	15,6
3,90	16,6	3,90	17,0
3,95	18,2	3,95	18,6
4,00	19,5	4,00	20,0
4,05	21,3	4,05	21,9
4,10	23,3	4,10	23,9
4,15	25,3	4,15	25,9
4,20	27,7	4,20	28,4
4,25	30,0	4,25	30,8
4,30	32,8	4,30	33,6
4,35	35,9	4,35	36,9
4,40	38,7	4,40	39,7
4,45	41,5	4,45	42,5

Az ultrahang terjedési sebességnek és a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésére több országban is elterjedt a RILEM (1983, 1993) által kidolgozott, ún. "SonReb"-görbe (Sonic and Rebound), amelynek függvényalakja (20.1.3.22. ábra):

$$f_c = 7,695 \times 10^{-11} \times R^{1,4} \times v^{2,6} \quad \text{N/mm}^2$$

ahol:

$R$  = *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási érték;

$v$  = ultrahang terjedési sebessége, m/s.

Az ultrahang terjedési sebességnek és a *Schmidt*-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésével a visszavont MI 15011:1988 műszaki irányelv és a TSZ 01-2013 műszaki szabályzat is foglalkozik, és ezekben azt írták, hogy a mérőhelyre vonatkozó,  $\text{N/mm}^2$ -ben kifejezett  $R_i$  nyomószilárdságot kétféle roncsolásmentes mérési adatból a következő összefüggés segítségével kell kiszámítani:

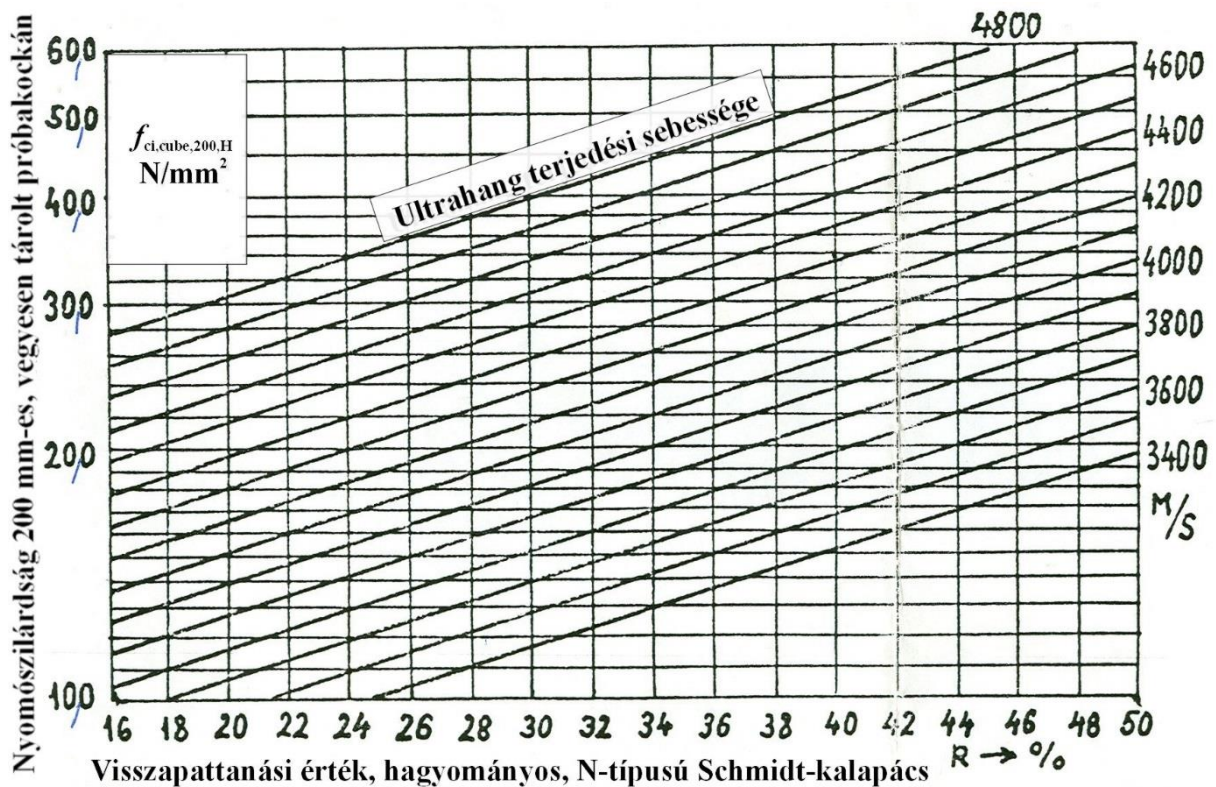
$$\ln R_i = A_0 + A_1 \times B_i + A_2 \times v_i$$

ahol:  $A_0 = -1,46$ ;  $A_1 = 0,0238$ ;  $A_2 = 0,978$

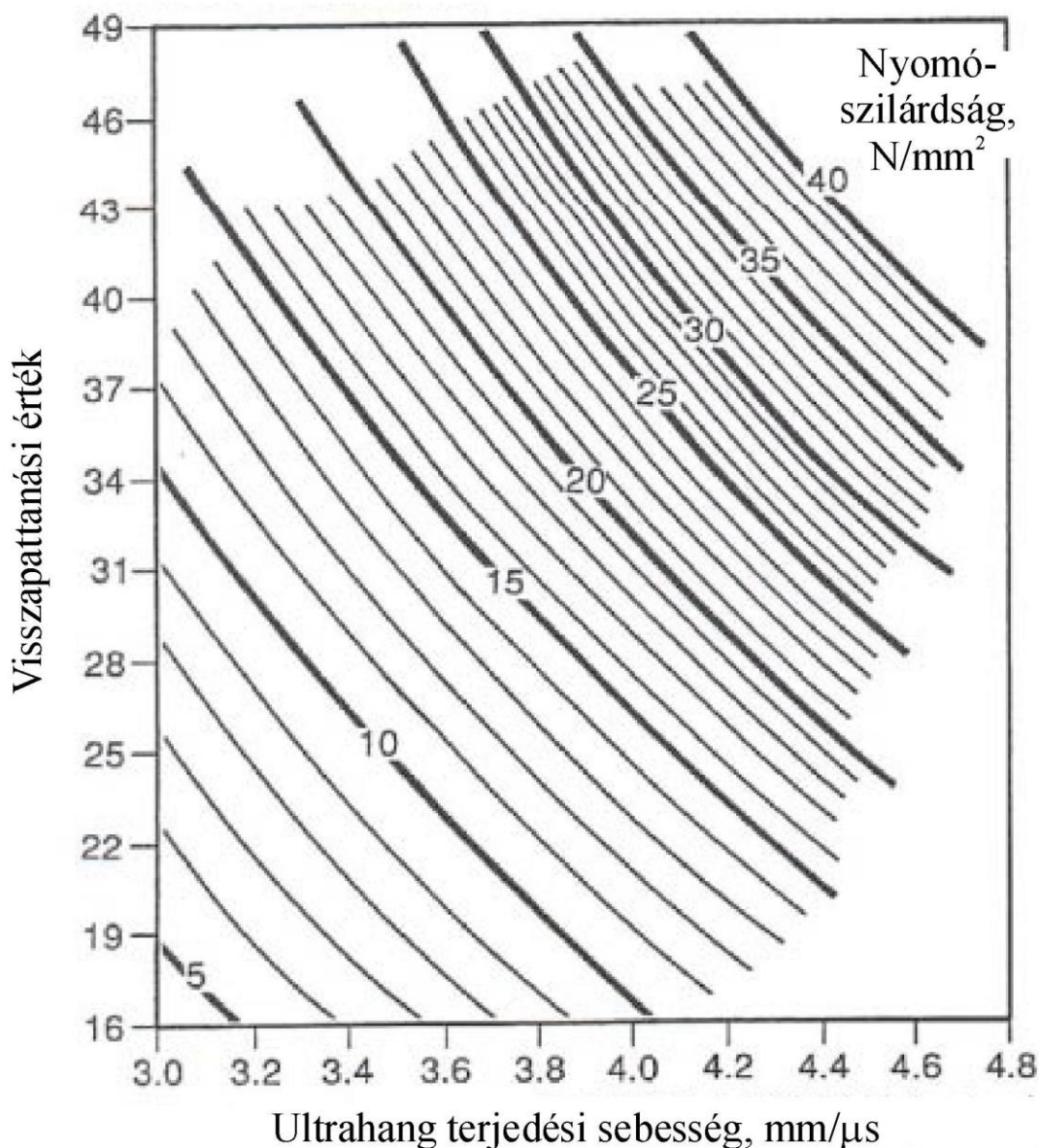
$v_i$  = ultrahang terjedési sebességének átlaga km/s mértékegységben az  $i$  mérőhelyen;

$B_i$  = Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek átlaga az  $i$  mérőhelyen.

Használatban van egy általunk ismeretlen eredetű régi diagram is, amely kellő óvatossággal használható az ultrahanggal és a hagyományos,  $N$ -típusú *Schmidt*-kalapáccsal egyidőben végzett mérések eredményeinek együttes értékelésére. A diagramot bizonyára 1982 előtt rajzolták, mert a nyomószilárdságot  $\text{kp/cm}^2$  mértékegységben adták meg rajta (20.1.3.21. ábra).



20.1.3.21. ábra: Ismeretlen eredetű régi diagram az ultrahanggal és a hagyományos,  $N$ -típusú *Schmidt*-kalapáccsal egyidőben végzett mérések eredményeinek együttes értékelésére



**20.1.3.22. ábra:** "SonReb"-görbe az ultrahang terjedési sebességnek és a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értéknek együttes értékelésére (RILEM 1983, 1993)

E könyv 20.1.8.1. fejezetében szólunk arról, hogy az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány

8.3. szakaszának „2. lehetősége” szerint az ultrahang terjedési sebességét a kifűrt magmintákon mért nyomószilárdság ( $f_{is}$ ) alapján értékelik oly módon, hogy az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány 3. ábrájának vonatkoztatási görbét (becslő alapösszefüggés)  $\Delta f = \delta f_{m(n)} - k_1 \times s_{\delta f}$  mértékben eltolják, ahol  $\delta f_{m(n)}$  a magmintaszilárdság ( $f_{is}$ ) és a vonatkoztatási görbe (becslő alapösszefüggés) nyomószilárdság értéke (például:  $f_R$ ) közötti különbségek ( $\delta f = f_{is} - f_R$ ) átlaga,  $s_{\delta f}$  a  $\delta f$  különbségek szórása,  $k_1$  pedig a Taerwe-féle alulmaradási tényező, amely helyett a Student-tényező alkalmazását javasoljuk. Az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány szerint az ultrahang terjedési sebesség vonatkoztatási görbéjének összefüggése:

$$f_v = 62,5 \times v^2 - 497,5 \times v + 990 \quad \text{N/mm}^2$$

ahol:

- $f_v$  a nyomószilárdság alapértéke az ultrahang terjedési sebességének vizsgálat esetén, N/mm<sup>2</sup>  
 $v$  ultrahang terjedési sebessége, mm/μs

A vonatkoztatási görbe összefüggésének érvényességi tartománya:  $4,0 \text{ mm}/\mu\text{s} \leq v \leq 4,8 \text{ mm}/\mu\text{s}$ . Az értékeléshez legalább 9 vizsgálati értékpár szükséges.

Az ultrahang terjedési sebességének meghatározását az érvényes ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírás is tárgyalja, és ebben is a *Borján*-féle könyvből (1981) ismert módszert követi. Az ultrahang terjedési sebességének értékelési függvényei szintén a 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára vonatkoznak.

Az ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírásban szereplő *Borján*-féle (1981) ultrahang terjedési sebesség mérési nyomószilárdság becslő összefüggés a meghatározása idején, 1982 előtt érvényben volt szabványoknak (MSZ 4715-4:1972, MSZ 4719:1977, MSZ 4720-2:1980) megfelelő 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockák nyomószilárdságára ( $f_{ci,cube,200,H,t}$ ) vonatkozik:

$$\lg f_{ci,cube,200,H,t} = 2,407 - (6,8 - \Sigma\Delta) \times 10^{-4} \times (5760 - v)$$

ahol:

- $f_{ci,cube,200,H,t}$  a 200 mm méretű és vegyesen tárolt próbakockán értelmezett nyomószilárdság tapasztalati értéke, N/mm<sup>2</sup> mértékegységben. A „t” indexszel azt hangsúlyozzuk, hogy nem 28 napos, hanem „t” korú beton nyomószilárdságáról van szó;  
 $v$  az ultrahang terjedési sebességének átlagértéke, m/s;  
 $\Sigma\Delta$  a beton összetételétől és állapotától függő segédváltozó, amelyet legfeljebb három különböző  $\Delta$  összeadandó felhasználásával szabad meghatározni, ha a beton felülete tömör és a betont készítése idején nedvesen utókezelték. Ellenkező esetben legfeljebb két tényezővel szabad számolni. Ha  $\Sigma\Delta = 0,0$ , akkor annak a valószínűsége, hogy a tényleges  $f_{ci,cube,200,H,t}$  nyomószilárdság a számított, becsült  $f_{ci,cube,200,H,t, \text{test}}$  tapasztalati nyomószilárdságnál nagyobb, 95% (*Borján* 1981). Ha  $\Sigma\Delta \rightarrow 1,4$ , akkor ez a valószínűség egyre inkább csökken, a becsült nyomószilárdság pedig rohamosan növekszik. A  $\Sigma\Delta$  segédváltozó értékének felvétele nagy felelősséggel jár.

A  $\lg f_{ci,cube,200,H,t}$  értéket minden vizsgálati helyre ki kell számítani, és ebből az  $f_{ci,cube,200,H,t} = 10^{\lg f_{ci,cube,200,H,t}}$  összefüggéssel adódik a vizsgálati helyen lévő beton becsült,

200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett, mai, tapasztalati nyomószilárdsága ( $f_{ci,cube,200,H,t}$ ). Az  $f_{ci,cube,200,H,t}$  értéknek a 18. ábra szerinti átszámításával meghatározható a vizsgálati helyen lévő beton, Ø150×300 mm méretű, kizsaluzás után végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, mai, becsült, tapasztalati nyomószilárdsága:  $f_{ci,cyl,t} = 0,76 \times f_{ci,cube,200,H,t}$ . Az együtt értékelendő vizsgálati helyek  $f_{ci,cyl,t}$  nyomószilárdságainak átlaga ( $f_{cm,cyl,t}$ ) a szerkezeti elem vagy része betonjának szabványos (MSZ EN 206-1:2002, MSZ 4798-1:2004) próbahengeren értelmezett mai, becsült, tapasztalati átlagos nyomószilárdsága.

Az ÚT 2-2.204:1999 (e-UT 09.04.11) ütügyi műszaki előírás megengedi, hogy az ultrahang terjedési sebesség méréses roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat végzője kutatásai eredménye alapján – jól körülhatárolt esetre – saját nyomószilárdság becslő összefüggést írjon fel és alkalmazzon. Az ütügyi műszaki előírás olyan nyomószilárdság becslő összefüggés alkalmazására is lehetőséget ad, amelynek alakja a fenti összefüggésből  $a_v = 6,8 - \Sigma\Delta$  helyettesítéssel adódik, azaz  $\lg f_{ci,cube,200,H,t} = 2,407 - a_v \times 10^{-4} \times (5760 - v)$ , ahol az  $a_N$  összeadandót tíz darab 200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakocka roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálata összetartozó eredményeiből kell regresszió számítással meghatározni. Ez a módszer is megtalálható *Borján József* (1981) könyvében, és elviekben az MI 15011:1988



műszaki irányelv M1. mellékletének M1.10.3.1. szakaszában is, így – mint már említettük – a függvény transzformációs eljárás (becslő alap-összefüggés nyújtása vagy összenyomása és önmagával párhuzamos eltolása) már nem volt ismeretlen az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány bevezetésekor, amely szerint a roncsolásmentes vizsgálat eredményét a szerkezetből fűrt magminta nyomószilárdságának a felhasználásával kell értékelni (lásd e könyv *20.1.8. fejezetét*).









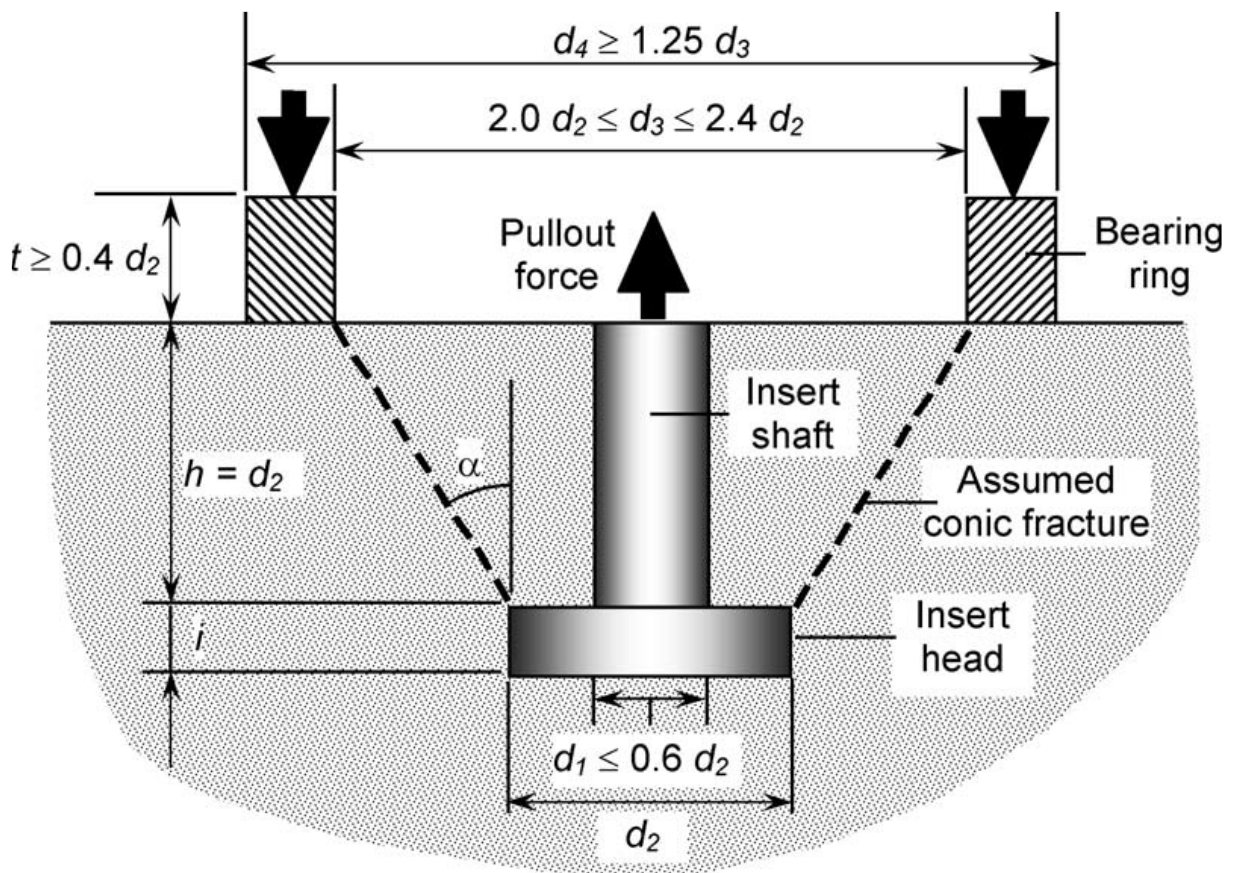


### 20.1.3.3. Nyomószilárdság meghatározása a kihúzóerő mérésével

A nyomószilárdságot az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzóerő meghatározásával is meg lehet becsülni, ha egyidejűleg fűrt magminták vizsgálatára is sor kerül. A módszer alkalmazásának két változata van, aszerint, hogy a  $25 \pm 0,1$  mm átmérőjű, korong alakú fém kihúzó fejet a friss betonba betonozzák be (20.1.3.23. ábra), vagy a megszilárdult betonba befűrt lyukba utólag helyezik be (20.1.3.24. ábra).

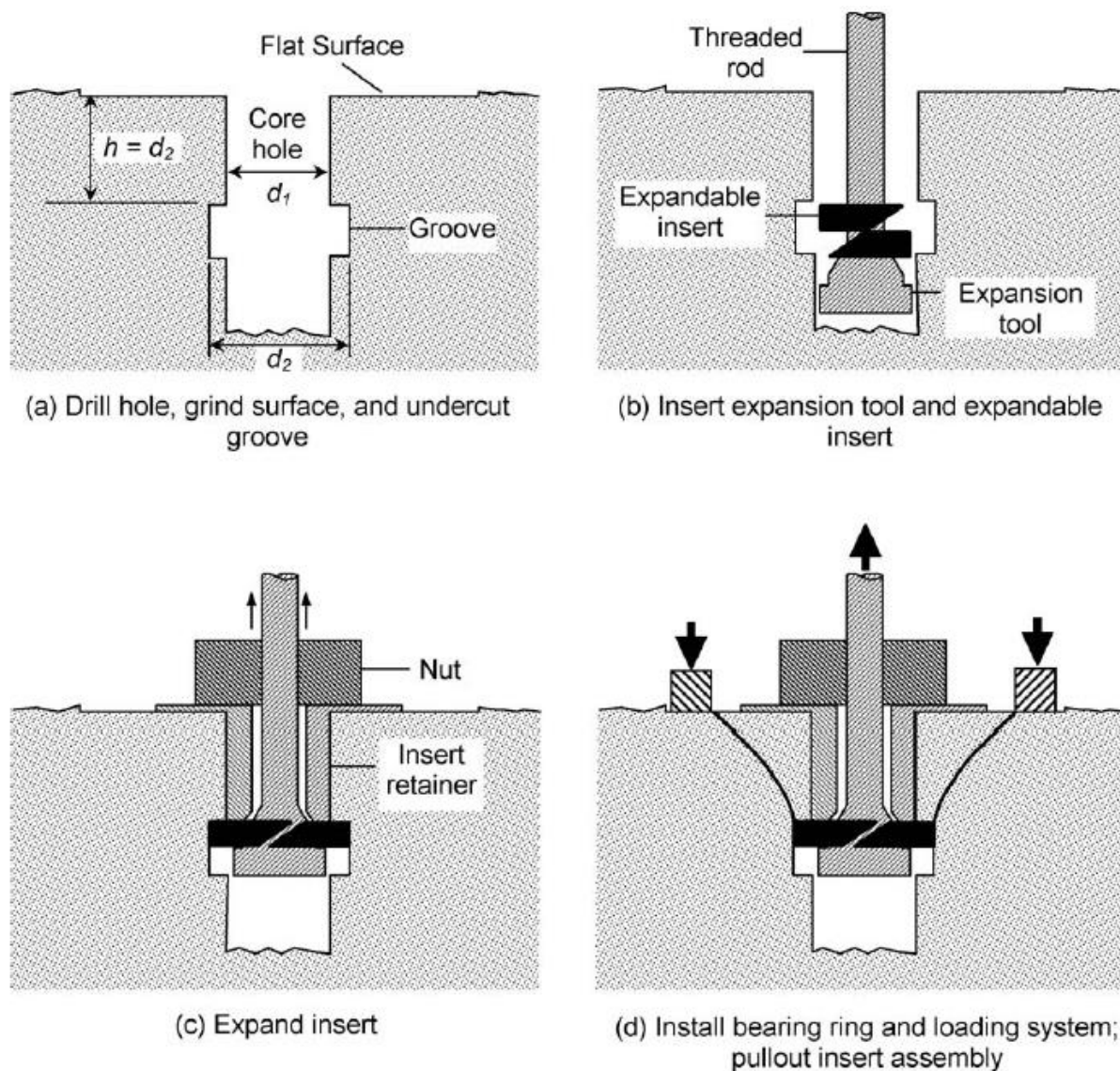
A mérőhelyek egymástól legalább 200 mm, a beton szélétől legalább 100 mm távolságra legyenek. A vizsgált beton vastagsága legalább 100 mm kell legyen. A fém kihúzó fejet úgy kell a betonba helyezni, hogy felette a beton vastagsága 25 mm legyen. A vizsgálat során a hidraulikus kihúzó berendezést a beton felületére helyezett,  $55 \pm 0,1$  mm belső és  $70 \pm 0,1$  mm külső átmérőjű gyűrűre kell állítani, és a 15 mm átmérőjű kihúzó szárral össze kell kötni.

A vizsgálati eszközök elrendezése jól látható az ASTM C900:2015 szabvány ábráin (20.1.3.23. és 20.1.3.24. ábra).



**20.1.3.23. ábra:** Kihúzó kísérlet elrendezésének vázlatos rajza az ASTM C900:2015 szabványban arra az esetre, ha a fém kihúzó fejet a friss betonba betonozzák be

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzóerőt úgy kell növelni, hogy a terhelési sebesség mintegy  $0,5 \pm 0,2$  kN/s legyen. Az ASTM C900:2015 szabvány szerint ennek megfelelően a kihúzóerőhöz a 20.1.3.8. táblázat szerinti idő határok tartoznak (például, ha a kihúzóerő 60 kN, akkor a kihúzási idő legalább  $60/0,7 = 86$  s és legfeljebb  $60/0,3 = 200$  s legyen). Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány szerint a kihúzó fémkorong lehetőleg  $120 \pm 30$  s alatt szakadjon ki a betonból.



**20.1.3.24. ábra:** Kihúzó kísérlet elrendezésének vázlatos rajza az ASTM C900:2015 szabványban arra az esetre, ha a fém kihúzó fejet a megszilárdult betonba befűrt lyukba utólag helyezik be. (a) lyuk fűrés, felület csiszolás és nut bevágás; (b) kihúzó fej befeszítő szerzőszám és befeszülő fém kihúzófej lyukba helyezése; (c) fém kihúzófej befeszítése; (d) kísérlet végrehajtása

**20.1.3.8. táblázat:** Kihúzási idő legkisebb és legnagyobb értéke (ASTM C900:2015)

Kihúzóerő kN	Legkisebb idő, s	Legnagyobb idő, s
10	14	33
20	29	67
30	43	100
40	57	133
50	71	167

Kihúzóerő kN	Legkisebb idő, s	Legnagyobb idő, s
60	86	200
70	100	233
80	114	267
90	129	300
100	143	333

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány 6.2. szakasza szerint a vizsgálat eredménye az  $F$  kihúzóerő [N].

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány A. melléklete tájékoztatást ad a kihúzóerő és a fűrt magminta nyomószilárdsága közötti kapcsolat meghatározásáról. Ez a melléklet foglalkozik az  $f_p$  kihúzószilárdság számítmódjával. Az  $f_p = F/A_{\text{kihúzási}}$  kihúzószilárdság meghatározásához



ismerni kell az  $A_{\text{kihúzási}}$  a hatékony törési felület [ $\text{mm}^2$ ] nagyságát, amelyet a következőképpen kell kiszámítani:

$$A_{\text{kihúzási}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2 + d_1) \times [4 \times h^2 + (d_2 - d_1)^2]^{0,5}$$

ahol:

- $d_1$  = a kihúzó fej (fémkorong) átmérője,  $25 \pm 0,1$  mm
- $d_2$  = a feltét gyűrű belső átmérője,  $55 \pm 0,1$  mm, illetve a kiszakadt betonkúp darab külső átmérője, mm
- $h$  = a kihúzó fej (fémkorong) és a beton felülete közötti távolság,  $h = d_1$ , mm
- $A_{\text{kihúzási}}$  = a hatékony törési felület, amelynek névleges értéke a névleges  $d_1$ ,  $d_2$  és  $h$  méret behelyettesítésével:  $A_{\text{kihúzási, névl}} = 3663,7 \text{ mm}^2$

Az MSZ EN 12504-3:2005 szabvány 1 fejezetében szólnak arról, hogy a kihúzó kísérlet eredménye a beton nyomószilárdságának meghatározásához önmagában nem elegendő. A beton nyomószilárdságát kihúzó kísérlettel akkor lehet megbecsülni, ha a kihúzóerő és a fűrt magminták nyomószilárdsága közötti összefüggést az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány szerint meghatározták.

A kihúzó vizsgálat értékelése során az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány alapján ugyanazon módszer szerint kell a szabvány 4. ábrájának vonatkoztatási egyenesét (becslő alapösszefüggést) eltolni, mint amely módszert a könyv *Schmidt*-kalapácsos vizsgálatot tárgyaló 20.1.3.1. fejezetében és az ultrahang terjedési sebességének vizsgálatát tárgyaló 20.1.3.2. fejezetében ismertettünk. A kihúzó vizsgálat vonatkoztatási egyenesének összefüggése a következő:

$$f_{\text{F}} = 1,33 \times (F - 10)$$

ahol:

- $f_{\text{F}}$  a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén,  $\text{N/mm}^2$
- $F$  kihúzóerő, kN, amelynek értelmezési tartománya:  $20 \text{ kN} \leq F \leq 60 \text{ kN}$

Az  $f_{\text{p}}$  kihúzószilárdságot a nyomószilárdság meghatározásához az MSZ EN 13791:2007 EZ AZ ÚJBAN IS ÍGY VAN??? szabvány nem használja.

A kihúzóerő ( $F$ ), a kihúzószilárdság ( $f_{\text{p}}$ ), illetve a nyomószilárdság alapértéke kihúzó vizsgálat esetén ( $f_{\text{F}}$ ) a vizsgálat idején, a  $t$  korú betont jellemzi, és ezt célszerűen a „ $t$ ” index alkalmazásával fejezhetjük ki:  $F_j, f_{\text{p},t}, f_{\text{F},t}$ .

A hidraulikus kihúzó berendezés kalibrálásával az ASTM C900:2015 szabvány A1. melléklete részletesen foglalkozik.



## 20.1.4. A beton nyomószilárdság-vizsgálati eredményeinek terjedeleme és szórása az átlagérték függvényében

### 20.1.4.1. Terjedelem és relatív terjedelem

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerint, ha egy mintából két vagy több próbatest készül, és a vizsgálati értékek terjedelme<sup>132</sup> nyomószilárdság vizsgálat esetén nagyobb, mint az átlag 15%-a, akkor az eredményeket el kell vetni, hacsak vizsgálat nem deríti ki az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését igazoló elfogadható okot.<sup>133</sup> Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint ezt az előírást csak akkor kell alkalmazni, ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik; ugyanis az alulmaradási tényezős ellenőrzés esetén az alulmaradási tágasság kellő mértékben korlátozza a vizsgálati eredmények számításba vehető terjedelmét.

Ha a nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik a típusvizsgálat, a kezdeti vagy folyamatos gyártás, az átadás-átvétel, netán az azonosító vizsgálat során – akár az AC70, akár az AC50(H) feltétel szerint – akkor a próbatestek vagy minták nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek terjedeleme ne legyen nagyobb, mint a vizsgálati eredmények átlagának 15%-a. Ha ilyen esetben a nyomószilárdság értékek terjedeleme az átlag 15%-ánál nagyobb, akkor szabad az átlagot és a terjedelmet a legnagyobb nyomószilárdság vizsgálati érték elhagyásával újraszámítani, és ezt az újraszámítást mindaddig (akár két próbatest vagy minta vizsgálati értékéig is) folytatni, amíg az újraszámított terjedelem egyenlő vagy kisebb lesz, mint az újraszámított átlag 15%-a (MSZ 4798:2016).

A beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolásához konstans alulmaradási tágasság mellett az így utolsónak újraszámított átlagot kell használni, vagy a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett kell ellenőrizni az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasz (5) bekezdése alatti *Taerwe*-tényezős vagy az

---

<sup>132</sup> A vizsgálati eredmények terjedelméről – mint a legnagyobb és a legkisebb vizsgálati eredmény különbségéről – szólva talán nem felesleges megjegyezni, hogy a terjedeleme az EN 206-1:2000, illetve EN 206:2013 szabvány 2001. évi német változatában (DIN EN 206-1:2001 szabvány 8.2.1.2 szakaszában és B.2 fejezetében) a „die Spannweite der Prüfwerte”, annak 2017. évi változatában (DIN EN 206:2017 szabvány 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében és B2 fejezetének (4) bekezdésében) pedig a „die Variationsbreite der Prüfwerte” kifejezést használják. Az osztrák Entwurf ÖNORM B 4710-1:2017-06 szabványtervezet 8.2.1.2 szakaszának (4) bekezdésében szintén a Variationsbreite, ugyanakkor a B2 fejezet (4) bekezdésében a Spannweite szó szerepel. A német Spannweite, Variationsbreite, Streubereich szavak egymásnak szinonimái (lásd például: <http://wiki.lewumpy.de/Uni/StatistischeParameter>; <https://uniwissenpsycho.wordpress.com/2011/12/18/range-statistik/>; <https://www.mathe-lexikon.at/statistik.html>; Hartung et al. 2009), miközben a német Varianz szó tapasztalati szórásnégyzetet, a Standardabweichung tapasztalati szórást, a Variationskoeffizient variációs együtthatót vagy más szóval relatív szórást jelent (Hartung et al. 2009).

A szabvány angol nyelvű változataiban a szóhasználat nem változott: „the range of the test values”.

<sup>133</sup> Emlékeztetünk arra, hogy az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint az egyesült királyságbeli kísérletek tapasztalatai alapján például egy laboráns ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálati eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedeleme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0%, illetve, ha a két mérés eredményének szórása az átlagérték százalékában – azaz a variációs együttható – az esetek 95 százalékában kisebb, mint 3,2% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét és a visszavont MSZ 4798-1:2004 szabvány N4. fejezetét); továbbá hogy az MSZ 4798:2018 szabvány 8.2.1.3.2. szakaszában megszabott, átlagszilárdságtól független,  $\leq C50/60$  nyomószilárdsági osztályú betonokra vonatkozó szórás határérték  $\sigma_{\text{test, min}} = 3 \text{ N/mm}^2$ ; valamint hogy az egykori MSZ 15022-1:1971 szabványban 15%-os variációs együtthatóval számoltak. Ezekkel a fenti, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 8.2.1.2. szakaszának (4) bekezdése szerinti 15%-os nyomószilárdság terjedelem elfogadási feltétel nincs összhangban.

P2.2.3. szakasz alatti *Student*-tényezőssé összefüggések valamelyikével (20.1.4.1. táblázat).

Ha a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségét nem konstans alulmaradási tágasság mellett, hanem az eredeti nyomószilárdság vizsgálati értékek tapasztalati szórásának függvényét képező alulmaradási tágasság mellett ellenőrizzük, akkor ennek eredménye a mértékadó (MSZ 4798:2016/2M:2018).

Ha meggondoljuk, hogy egyrészt 1977-2002 között a vasbeton szerkezeteink méretezése során (például MSZ 15022-1:1971) azzal számoltak, hogy a beton nyomószilárdságának szórása az átlag 15%-a ( $s_{rel} = \text{szórás}/\text{átlag} = 0,15$  a variációs együtthatónak vagy variációs tényezőnek nevezett relatív szórás), másrészt az MSZ 4798-1:2004 szabvány N4.1. és N4.5. szakasza szerint a terjedem és a szórás hányadosának várható értéke 95%-os statisztikai biztonság mellett – követve a matematikai statisztika elméletét (MSZ ISO 5725-1:2000, Harter et al. 1960, Graf et al. 1966) – például három mérés esetén  $\omega_3 = \text{terjedem}/\text{szórás} = 3,31$  és öt mérés esetén  $\omega_5 = \text{terjedem}/\text{szórás} = 3,86$ , akkor megállapíthatjuk, hogy az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány szerinti  $\text{terjedelem}_{rel} = \text{terjedelem}/\text{átlag} \leq 0,15$  követelmény nehezen értelmezhető, illetve igen szigorú, hiszen

- ha a  $\text{terjedelem} = \text{szórás} \times \omega$ , akkor  $\text{terjedelem}/\text{átlag} = (\text{szórás}/\text{átlag}) \times \omega = \text{terjedelem}_{rel} = s_{rel} \times \omega$ , és így például három mérés esetén  $\text{terjedelem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_3 = 0,15 \times \omega_3 = 0,50$  és öt mérés esetén  $\text{terjedelem}/\text{átlag} < s_{rel} \times \omega_5 = 0,15 \times \omega_5 = 0,58$  lenne az  $s_{rel} = 0,15$  variációs együtthatóhoz tartozó megengedett terjedelem/átlagérték;
- az MSZ 4798:2016 szabvány 8.2.1.3.2. szakasza szerint például a  $\leq C50/60$  nyomószilárdsági osztályú végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdsága szórásának számításba vehető legkisebb értéke  $3,0 \text{ N/mm}^2$ , amelyre tekintettel adódna, hogy ez esetben a nyomószilárdság terjedelmének számításba vett legkisebb értéke három mérés esetén  $3,0 \times \omega_3 = 9,9 \text{ N/mm}^2$  (amely  $66,0 \text{ N/mm}^2$  átlagértéknek a 15%-a) és öt mérés esetén  $3,0 \times \omega_5 = 11,6 \text{ N/mm}^2$  (amely  $77,3 \text{ N/mm}^2$  átlagértéknek a 15%-a). Ezek a példák szerint számításba vehető legkisebb terjedelmek ( $9,9$  és  $11,6 \text{ N/mm}^2$ ) jószorivel nagyobbak, mint amelyek a  $\text{terjedelem}/\text{átlag} \leq 0,15$  feltételt előíró MSZ EN 206:2014 szabvány szerint a  $\leq C50/60$  nyomószilárdsági osztályú betonokhoz tartozhatnak.

## 20.1.4.1. táblázat: Alulmaradási tényezők

Mintaszám $n$	Szabadságfok a <i>Student</i> -eloszlás esetén, $n - 1$	<i>Student</i> -tényező $t_n$	<i>Taerwe</i> -tényező $\lambda_n$
	<i>(Stange et al., 1966)</i> <sup>134</sup>		<i>(Taerwe, 1986)</i>
2	1	6,314	
3	2	2,920	2,67
4	3	2,353	2,20
5	4	2,132	1,99
6	5	2,015	1,87
7	6	1,943	1,77
8	7	1,895	1,72

<sup>134</sup> Az ebben a könyvben szereplő *Student*-tényező értékek *Stange – Henning* (1966) matematikai statisztikai könyvéből származnak. Ugyanezek az értékek találhatók *Mohr* (2008) mérnököknek és természettudósoknak szánt matematikai statisztikai könyvében. Ezekről a *Student*-tényező értékektől bizonyos törvényszerűséggel eltérnek nem csak az MSZ EN 1990:2011 szabvány D1. táblázatában, hanem a visszavont MSZ 4720-2:1980 szabványban szereplő *Student*-tényező értékek is. (Az MSZ 4720-2:1980 szabványbeli értékek nem azonosak sem a *Stange – Henning*-féle, sem az MSZ EN 1990:2011 szabvány szerinti értékekkel.) Palotás annak idején még közelítő számítással határozták meg.

9	8	1,860	1,67
10	9	1,833	1,62
11	10	1,812	1,58
12	11	1,796	1,55
13	12	1,782	1,52
14	13	1,771	1,50
15	14	1,761	1,48
20	19	1,729	
30	29	1,699	
$\infty$	$\infty$	1,645	

A konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéshez túl nagy terjedelmű nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának MSZ 4789:2016 szabvány szerinti javítására a 20.1.4.2. táblázatban mutatunk be példát. A példa szerint az eredetileg 39,9 N/mm<sup>2</sup> átlagértékű és 15,3 N/mm<sup>2</sup> terjedelmű, 38,3% relatív terjedelmű nyomószilárdság-vizsgálati minta konstans alulmaradási tágasság melletti nyomószilárdság-ellenőrzéshez a 100×5,0/36,5 = 13,7% relatív terjedelemhez tartozó 36,5 N/mm<sup>2</sup> átlaggal vehető figyelembe.

A 20.1.4.2. táblázat példájában az egyedi relatív terjedelem szempontjából valamennyi rész minta megfelel, tehát a három-három kocka eredménye minden rész mintában összefér és átlagolható, mert az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány 2. táblázatának ismételtelőségi feltétele szerint a relatív terjedelem elfogadható értéke három próbakocka esetén:  $8/0,82 = 9,76\%$ .

**20.1.4.2. táblázat:** Példa a nyomószilárdság vizsgálati eredmények terjedelmének és átlagának javítására a nyomószilárdság megfelelőségének konstans alulmaradási tágasság melletti ellenőrzéséhez

Sorszám	Egyedi nyomószilárdságok N/mm <sup>2</sup>			Átlag N/mm <sup>2</sup>	Egyedi rel. terjedelem,%
1.	46,00	45,50	44,30	45,27	3,76
2.	34,50	35,50	34,50	34,83	2,87
3.	37,70	38,10	37,80	37,87	1,06
4.	43,10	44,30	42,30	43,23	4,63
5.	39,10	39,80	38,30	39,07	3,84
6.	34,10	33,70	34,30	34,03	1,76
7.	39,90	39,80	39,50	39,73	1,01
8.	34,80	34,20	34,50	34,50	1,74
9.	40,40	43,30	40,30	41,33	7,26
10.	39,80	38,60	37,80	38,73	5,16
11.	40,70	42,60	39,20	40,83	8,33
12.	50,20	49,70	48,00	49,30	4,46
Átlag:				39,89	
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:				5,98	
Terjedelem:			nem felel meg:	15,27	
Legnagyobb érték:				49,30	

20.1.4.2. táblázat folytatódik

20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm <sup>2</sup>		Átlag N/mm <sup>2</sup>
Elhagyott érték:		1. javítás 49,3		2. javítás 45,27
1.		45,27		34,83
2.		34,83		37,87
3.		37,87		43,23
4.		43,23		39,07
5.		39,07		34,03
6.		34,03		39,73
7.		39,73		34,50
8.		34,50		41,33
9.		41,33		38,73
10.		38,73		40,83
11.		40,83		–
Átlag:		39,04		38,42
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,86		5,76
Terjedelem:	nem felel meg:	11,23	nem felel meg:	9,20
Legnagyobb érték:		45,27		43,23

Sorszám		Átlag N/mm <sup>2</sup>		Átlag N/mm <sup>2</sup>
Elhagyott érték:		3. javítás 43,23		4. javítás 41,33
1.		34,83		34,83
2.		37,87		37,87
3.		39,07		39,07
4.		34,03		34,03
5.		39,73		39,73
6.		34,50		34,50
7.		41,33		38,73
8.		38,73		40,83
9.		40,83		–
Átlag:		37,88		37,45
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,68		5,62
Terjedelem:	nem felel meg:	7,30	nem felel meg:	6,80
Legnagyobb érték:		41,33		40,83

20.1.4.2. táblázat folytatódik

## 20.1.4.2. táblázat folytatása

Sorszám		Átlag N/mm <sup>2</sup>	Átlag N/mm <sup>2</sup>	
Elhagyott érték:		5. javítás 40,83		6. javítás 39,73
1.		34,83		34,83
2.		37,87		37,87
3.		39,07		39,07
4.		34,03		34,03
5.		39,73		34,50
6.		34,50		38,73
7.		38,73		–
Átlag:		36,97		36,51
Átlag 15%-a, megengedett terjedelem:		5,55		5,48
Terjedelem:	nem felel meg:	5,70	MEGFELEL:	5,03
Legnagyobb érték:		39,73		39,07

A régi MNOSZ 4715:1955, MSZ 4715:1961 szabvány 5.55 szakasza szerint „ha a szélső törési eredmények az átlagos törőerőtől legfeljebb 15%-kal térnek el, a vizsgált beton átlagszilárdsága az egyes próbatestek törési eredményeiből számított törőfeszültségek számtani középértéke.” Az átlagtól legfeljebb 15%-kal eltérő szélső törési eredmény kifejezés, mint feltétel, lényegében azt jelenti, hogy az MNOSZ 4715:1955 szabvány szerint a nyomószilárdság megengedett terjedeleme az átlagértéknek 30%-a volt, azaz kétszerese az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány által előírt terjedelem/átlag  $\leq 0,15$  feltételnek.

Palotás László (1979) könyvének 9.6. fejezetében nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdság-vizsgálati példáján mutatja be a szilárdságvizsgálati eredmények – betontechnológus számára is tanulságos – értékelését a matematikai statisztika alkalmazásával. A BME Építőanyagok Tanszék laboratóriumában a vizsgált 470 darab téglát hangzás szerint 47 csoportba osztották. 10 elem alkotott egy csoportot. A vizsgálat tehát ún. szűrőpróbas vizsgálat volt,  $n = 10$  elemszámú,  $k = 47$  db szűrőpróbával. Az  $x_i$  nyomószilárdság mérési eredmények értékelése a következő vizsgálati eredményekre vezetett:

Az összes téglá nyomószilárdságának középértéke:

$$\bar{x} = \frac{1}{470} \times \sum_{i=1}^{470} x_i = 198,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Az  $n$  elemű szűrőpróbák nyomószilárdsága középértékeinek középértéke:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} \bar{x}_i = 199,5 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

ahol  $\bar{x}_i$  egyetlen  $i$  jelű szűrőpróba középértéke:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{10} \times \sum_{i=1}^{10} x_i$$

A mintabeli közepes terjedelem  $k$  számú,  $n$  elemű,  $s_i$  szórású szűrőpróba esetén:

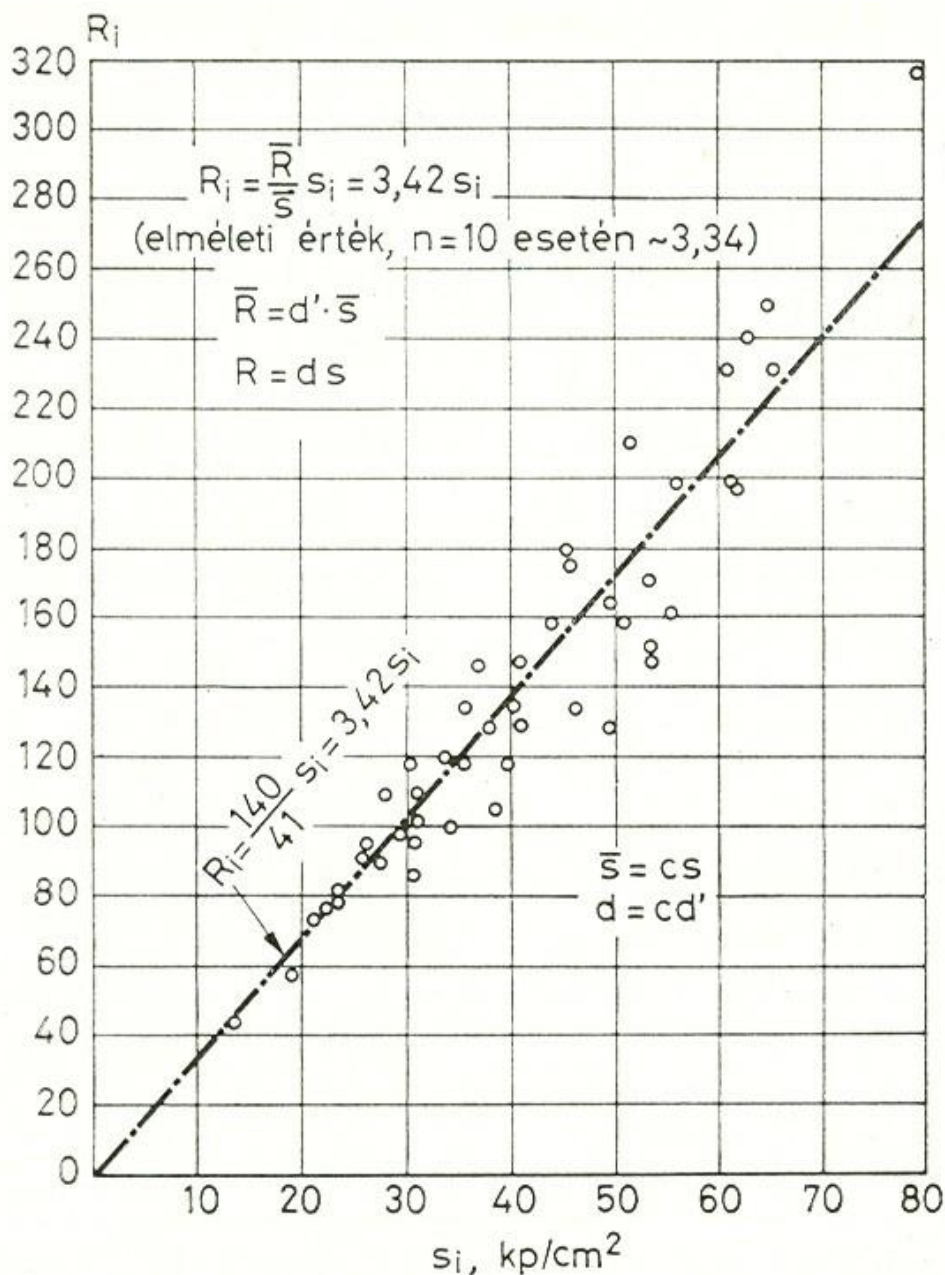
$$\bar{R} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} R_i = 140,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A mintabeli közepes szórás  $k$  számú,  $n$  elemű,  $s_i$  szórású szűrőpróba esetén:

$$\bar{s} = \frac{1}{47} \times \sum_{k=1}^{47} s_i = 41,0 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

A nagyszilárdságú téglá nyomószilárdsága mintabeli közepes terjedelme és szórása hányadosának a szűrőpróba elemszámától ( $n$ ) függő tapasztalati értéke  $n = 10$  esetén:

$$d' = \frac{\bar{R}}{\bar{s}} = 3,415$$



**20.1.4.1. ábra:** Összefüggés a nagyszilárdságú falazótégák nyomószilárdságának szórása és terjedelme között (Palotás 1979)



A mintabeli közepes terjedelem és szórás hányadosának a szűrőpróba elemszámától ( $n$ ) függő elméleti értéke  $n = 10$  esetén  $d' = 3,336$ .

A szűrőpróba mintabeli közepes szórásának ( $\bar{s}$ ), illetve a szűrőpróba mintabeli közepes terjedelmének ( $\bar{R}$ ) és az alapsokaságot megjelenítő nagy minta szórásának ( $s$ ) a szűrőpróba elemszámától ( $n$ ) függő elméleti összefüggése  $n = 10$  esetén:

$$c = \frac{\bar{s}}{s} = \frac{\bar{R}}{s \times d'} = \frac{d}{d'} = 0,9227, \text{ ahol: } d = \frac{\bar{R}}{s} = 3,078$$

A nagyszilárdságú falazótéglák nyomószilárdsága fentiek szerint *Palotás* (1979) által meghatározott szórásának és terjedelmének összefüggése 20.1.4.1. ábrán látható.

A kísérlet eredményéből *Palotás* (1979) azt a következtetést vonta le, hogy a nyomószilárdság szórása és a terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és tegyük hozzá, hogy a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa. Véleményünk szerint ez a megállapítás – a számszerű adatoktól elvonatkoztatva – általános törvényszerűségnek tekinthető, amely beton próbatestek nyomószilárdsága terjedelmének és szórásának kapcsolatára is érvényes.

**Összegezve:** A nyomószilárdság szórása és terjedelme között gyakorlatilag lineáris összefüggés van, és a terjedelem a szórásnak többszöröse, általában mintegy legalább háromszorosa.

A beton nyomószilárdsága terjedelmét a beton nyomószilárdság szerinti megfelelőségének igazolása során akkor szükséges korlátozni, ha a nyomószilárdság jellemző értékét konstans alulmaradási tágassággal határozzák meg, ugyanis ebben a szórásnak nincs közvetlen hatása a jellemző értékre.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány szerinti relatív terjedelem –  $terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag \leq 0,15$  – ellentmondásos követelmény szigorát az MSZ 4798:2016 szabványban arra az esetre, ha nyomószilárdság megfelelőségét konstans alulmaradási tágasság mellett ellenőrzik, enyhítették, de az ellentmondás teljes feloldásához a relatív terjedelem ( $terjedelem_{rel} = terjedelem/átlag$ ) megengedett legnagyobb értékeként a mintegy 0,45 követelményérték előírása lenne szükséges, mert a relatív terjedelem a 0,15 értékű relatív szórás ( $s_{rel} = szórás/átlag$ ) háromszorosával tekinthető egyenlőnek.

Ugyanakkor az egyértelmű állásfoglalást nehezíti, hogy – bár csak tájékoztatás – az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány szerint egy laboráns által ismétlési feltétel mellett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal végzett két beton nyomószilárdság vizsgálat eredménye abban az esetben fér össze, ha a két mérés eredményének terjedelme az átlagérték százalékában az esetek 95 százalékában kisebb, mint 9,0% (lásd e könyv 20.1.1. fejezetét).



### 20.1.4.2. A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása

A beton nyomószilárdsága szórásának mértéke, tulajdonságai és okozati összefüggései nemcsak az átlagos nyomószilárdság megbízhatóságának, elfogadhatóságának, hanem a nyomószilárdság jellemző értékének meghatározása szempontjából is különös figyelmet érdemelnek, és ezért régóta foglalkoztatják a kutatókat.

*Arnth* (1956) az 1955 második félévében épült dél-bajor útpályák betonburkolata betonjainak nyomószilárdság vizsgálati eredményeit dolgozta fel a matematikai statisztika eszközeivel, a nyomószilárdság vizsgálati eredmények *Gauss*-féle normális eloszlásának feltételezésével. *Arnth* építéshelyenként mintegy 150 darab közel 28 napos korú egyes nyomó-, illetve hajlító-húzószilárdság és legalább 80 darab 28-56 napos korú egyes magminta nyomószilárdság vizsgálati eredményt értékelt. A próbakockák élhossza 200 mm, a pályalemezről kivágott próbahasábok hossza 700 mm, magassága a pályalemez vastagságával azonos (többnyire 200 mm) és szélessége ennek kétszerese volt. A sablonban készült próbakockákat és próbahengereket 28 napos korban, a pályából kivágott próbahasábokat és a  $\varnothing 150 \times 150$  mm méretű fűrt magminta próbahengereket 28-56 napos korban vizsgálta.

Valamennyi vizsgált építéshelyen elérték a  $48,0 \text{ N/mm}^2$  átlagos próbakocka nyomószilárdságot. A vizsgálati minták hajlító-húzószilárdságának átlaga  $6,27\text{-}7,44 \text{ N/mm}^2$  közé esett, átlaguk  $6,53 \text{ N/mm}^2$  volt. A  $46,6 \text{ N/mm}^2$  átlagos nyomószilárdságú magminta próbahengerek egyedi nyomószilárdsága  $30,2\text{-}63,2 \text{ N/mm}^2$  közötti értéket vett fel.

A próbakockák nyomószilárdságának szórása  $3,5\text{-}6,0 \text{ N/mm}^2$  között, a próbahasábok hajlító-húzószilárdságának szórása  $0,40\text{-}0,88 \text{ N/mm}^2$  változott. A magminta próbahengerek nyomószilárdságának szórása  $5,8\text{-}8,4 \text{ N/mm}^2$  között ingadozott. A különböző építéshelyek betonjainak eltérő szórása az építéshelyenként eltérően előkészített (saját kitermelésű és feldolgozású, vagy több beszállítótól beszerzett) adalékanyagok eltérő szemmegoszlási tulajdonságainak volt tulajdonítható.

Például az egyik kísérlet sorozat egyenként 3 darab 28 napos korú próbakockából álló 53 vizsgálati mintája nyomószilárdságának átlaga  $48,48 \text{ N/mm}^2$ , szórása  $3,52 \text{ N/mm}^2$ , a 159 próbakocka nyomószilárdságának szórása  $3,95 \text{ N/mm}^2$  volt.

Másik példa 61 darab 28-56 napos korú fűrt magminta próbahengere nyomószilárdságának átlagára  $45,0 \text{ N/mm}^2$  és szórására  $7,17 \text{ N/mm}^2$  adódott.

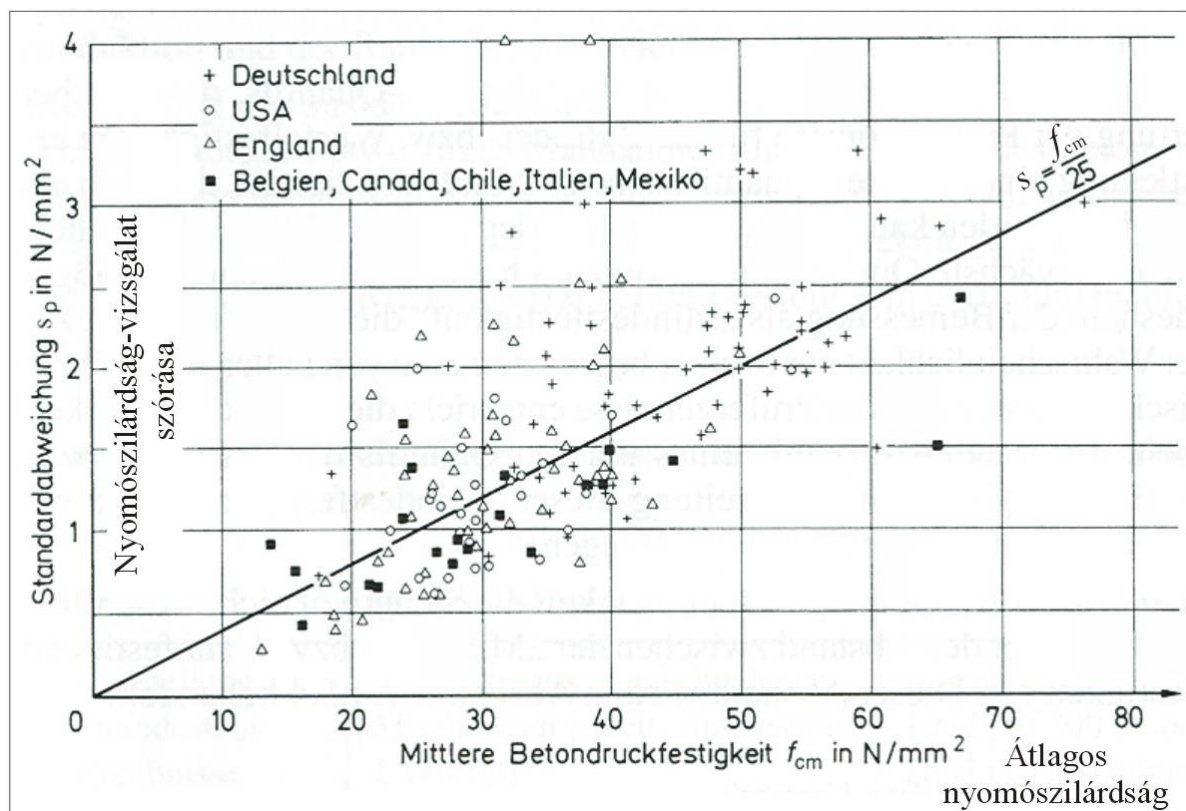
*Arnth* (1956) több mint 250 összehasonlítható vizsgálati minta szilárdság vizsgálati eredményéből kiszámította, hogy a minták egyes nyomószilárdsági eredményeinek szórása a minta átlagos nyomószilárdságához képest átlagosan  $4,85\%$ , és a minták egyes hajlító-húzószilárdsági eredményeinek szórása a minta átlagos hajlító-húzószilárdságához képest átlagosan  $5,60\%$ . Ez utóbbira bemutatott harmadik példa szerinti kísérlet sorozat 150 darab próbahasábja hajlító-húzószilárdságának szórása a minta átlagos hajlító-húzószilárdságához képest átlagosan  $5,58\%$  volt.

*Arnth* (1956) arra a végkövetkeztetésre jutott, hogy a vizsgált B 370 (mai C25/30) nyomószilárdsági osztályú beton esetén három próbakocka nyomószilárdságának terjedelme  $95\%$ -os valószínűséggel a szórás  $2,33$ -szorososa, illetve az átlagos nyomószilárdság  $22\%$ -a. Véleménye szerint öt próbatest esetén a terjedelem  $99\%$ -os valószínűséggel a nyomószilárdság átlagának  $19\%$ -ára, nyolc próbatest esetén gyakorlatilag  $100\%$ -os valószínűséggel  $15\%$ -ára csökken.

Az okozati viszonyokat illetően *Rüsch* és szerzőtársai (1969) tanulmányának 4. táblázata után *Grübl* és szerzőtársai (2001) szerint a beton szilárdsága, illetve nyomószilárdsága szórásának három fő oka van:

- a betonalkotóanyagok tulajdonságainak szórása;
- a betonkészítés (keverés, szállítás, bedolgozás, utókezelés) szórása;
- a szilárdság, illetve nyomószilárdság vizsgálatának (vizsgálóberendezés, a próbatestsablon anyaga, a próbatestkészítés, a próbatest alakja és mérete, a próbatest alakváltozása a teherátadás módjától függően, a terhelés sebessége, a próbatest hidros és hőtechnikai állapota, előélete stb.) szórása.

A szó szoros értelmében vett nyomószilárdság-vizsgálatnak a szórása – amely összetevője a nyomószilárdság szórásának – jelentősen függ a beton nyomószilárdságától, és *Rüsch* és szerzőtársai (1969) szerint 200 mm élhosszúságú próbakocka és Ø150×150 mm méretű próbahenger esetén az átlagos nyomószilárdság 1/25-ét teszi ki, ami 4%-os relatív szórásnak (variációs tényezőnek, variációs együtthatónak) felel meg, mint az a 20.1.4.2. ábrán látható (*Grübl* et al. 2001).

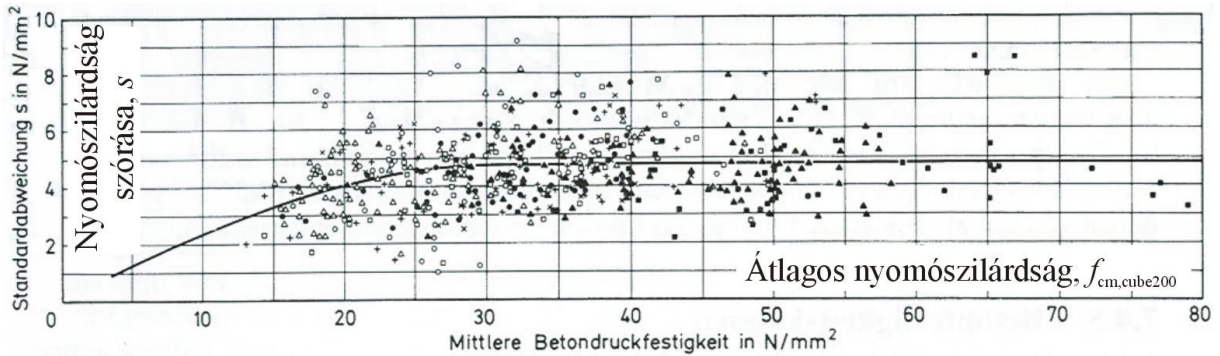


**20.1.4.2. ábra:** A nyomószilárdság-vizsgálat szórása ( $s_p$ , amely nem tévesztendő össze a nyomószilárdság szórásával) a beton átlagos nyomószilárdsága ( $f_{cm}$ ) függvényében (*Rüsch* et al. 1969, *Grübl* et al. 2001)

*Rüsch* és szerzőtársai (1969) a DIN 4227:1953 német szabvány 1972. évi átdolgozásához több mint kétezer építéshely helyszínen kevert betonjának nyomószilárdság vizsgálati adatát gyűjtötték össze a világ minden tájáról, és ezek közül 499 építéshely adata volt statisztikai értékelésre alkalmas. Ezekből tételeket képeztek; egy tétel legalább 30 darab azonos összetételű, 28 napos korú, 200 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt betonpróbakocka nyomószilárdságát tartalmazta; 29 tétel az 1959-1962 közötti német hídépítések építéshelyéről származott. *Rüsch* és társai összesen 590 darab B 300 nyomószilárdsági osztályú és 1439 darab

B 450 nyomószilárdsági osztályú beton egyedi vizsgálati eredményét értékelték<sup>135</sup> (Maurer et al. 2012).

A Rüscht és szerzőtársai (1969) a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelését grafikusán is elvégezték (20.1.4.3. ábra), és arra a következtetésre jutottak, hogy a nyomószilárdság szórása (az összes szórás) független az átlagértéktől, és lényegében a víz-cement tényező szórásának a következménye (Rüscht et al. 1969, A. M. Fischer 2010).



**20.1.4.3. ábra:** Az építéshelyi betonok nyomószilárdságának  $s$  szórása a beton  $f_{cm}$  átlagos nyomószilárdsága függvényében (Rüscht et al. 1969, Gröbl et al. 2001)

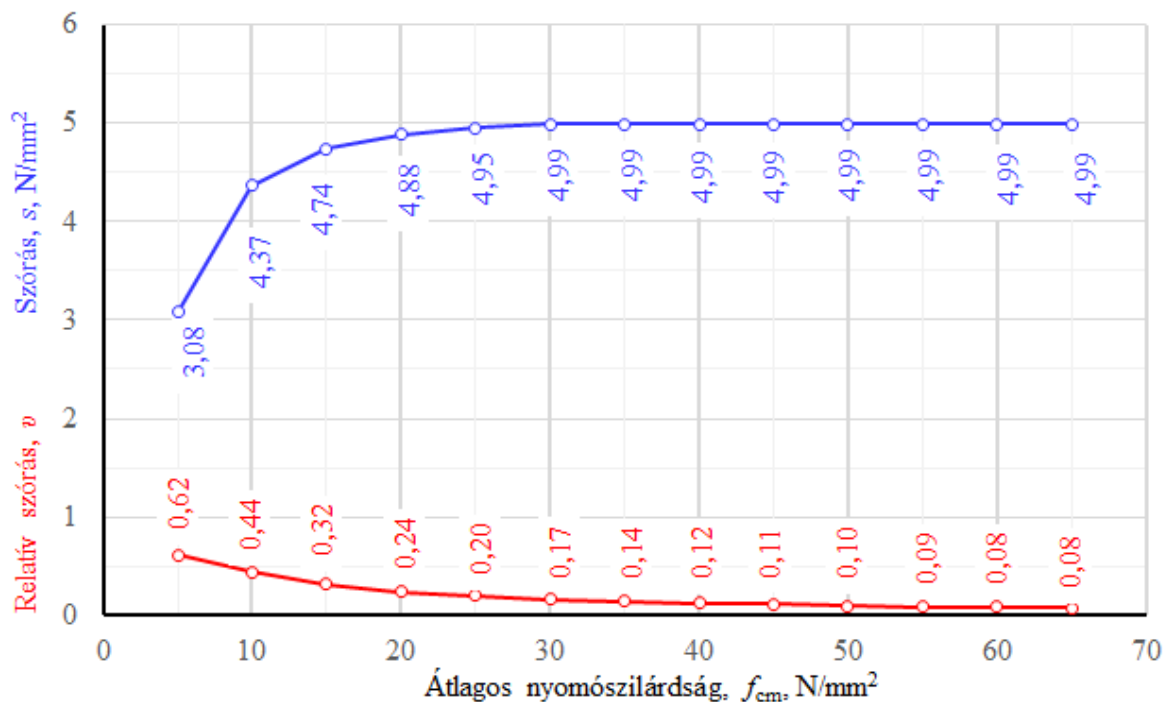
Rüscht et al. által feldolgozott, építéshelyen kevert betonok nyomószilárdsága  $s$  szórásának átlaga  $4,7 \text{ N/mm}^2$ , amely a trendgörbén az  $f_{cm} = 30 \text{ N/mm}^2$  átlagos nyomószilárdsághoz tartozik. Az ennél kisebb  $f_{cm}$  átlagszilárdságok tartományában a másodfokú parabola alakú trendgörbe összefüggése a következő (20.1.4.4. ábra):

$$s = \frac{1}{0,197 + 3,19/f_{cm}^2} \text{ N/mm}^2$$

Az  $s$  szórásnak ezt az összefüggését  $f_{cm}$  értékkel elosztva a  $v$  relatív szórásnak az  $f_{cm} \leq 30 \text{ N/mm}^2$  átlagszilárdságok tartományában érvényes összefüggését kapjuk (20.1.4.4. ábra):

$$v = \frac{s}{f_{cm}} = \frac{1}{0,197 \times f_{cm} + 3,19/f_{cm}}$$

<sup>135</sup> Az 1943-1972 közötti DIN 1045 szabványok szerinti B 300 nyomószilárdsági osztályú betonok a mai MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szabvány szerinti C16/20 – C20/25, illetve az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szerinti C20/25 – C25/30, a B 450 nyomószilárdsági osztályú betonok az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szerinti C25/30 – C30/37, illetve az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szerinti C30/37 – C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonoknak felelnek meg. Lásd a 8.4. ábrát és a 8.6. táblázatot.



**20.1.4.4. ábra:** Az építészeti betonok nyomószilárdságának  $s$  szórása és  $v$  relatív szórása a beton  $f_{cm}$  átlagos nyomószilárdsága függvényében *Rüsch et al. (1969)* után

Megjegyzendő, hogy az előregyártó-üzemekben készített betonok nyomószilárdságának relatív szórása 1-3 százalékkal kisebb, mint az építészeten kevert betonoké (*Braml 2010*).

*Rüsch* és szerzőtársai (1969) kutatási eredményének hatására a CEB-FIP Model Code 90 modell kódban és az EN 1992:2004 (Eurocode 2) tervezési szabványban normál eloszlás feltételezése mellett a beton nyomószilárdságának szórását az átlagos nyomószilárdságtól függetlenül, minden nyomószilárdsági osztályban 5 N/mm<sup>2</sup> konstans értékkel vették számításba, és így alakult ki a Ø150×300 mm méretű betonpróbahenger átlagos nyomószilárdságának ( $f_{cm,cyl}$ ) és jellemző értékének ( $f_{ck,cyl}$ ) kapcsolatát kifejező összefüggés:

$$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 1,645 \times 5 \approx f_{ck,cyl} + 8 \text{ N/mm}^2$$

Ennek következtében az Eurocode 2 szabvány szerint a relatív szórás számításba vehető értéke a nyomószilárdsági osztály növekedésével csökken (*A. M. Fischer 2010*).

*Spaethe* (1992) szerint 12,5 – 28,0 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdság között fekszik az a határ, amely alatt konstans relatív szórással és amely fölött konstans szórással kell számolni. *Spaethe* megállapítása teljes mértékben összhangban áll az MSZ 4720-2:1980 szabványnak és az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásnak a nyomószilárdság átlaga és szórása kapcsolatáról vallott felfogásával (lásd e könyv 20.1.4.4. ábráját).

*Spaethe* (1992) összefüggést látott a betonnyomószilárdság statisztikai adatai és a betonkészítés, -ellenőrzés színvonala között (20.1.4.3. táblázat). Ez a megfogalmazás emlékeztet bennünket egyrészt az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírásnak a szórás értékére vonatkozó, fenn említett összefüggésére (20.1.4.4. ábra), másrészt az építmények, illetve szerkezeti elemek szerkezeti osztályba sorolásának feltételeire (5. fejezet és benne az 5.1. ábra)

**20.1.4.3. táblázat:** A beton nyomószilárdságának szórása és relatív szórása a betonkészítés, és -ellenőrzés színvonalának függvényében (*Spaethe 1992*).

A betonkészítés és -ellenőrzés színvonala	$f_{cm} < 20 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú betonok relatív szórása, $v$ , $s_{rel}$	$f_{cm} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ átlagos nyomószilárdságú betonok szórása, $\sigma$ , $s$
Jól felszerelt, jó anyagokkal ellátott betongyár, képzett személyzettel és kiváló minőségellenőrzéssel	0,125 – 0,2 átlag: 0,15	2,5 – 4,0 átlag: 3,0
Nagyobb építéshelyek és transzportbetongyárak átlagos technológiai és minőségellenőrzési feltételekkel	0,2 – 0,275 átlag: 0,225	4,0 – 5,5 átlag: 4,5
Kisebbségi építéshelyek, amelyek helyszínen kevert betont készítenek.	0,275 – 0,35 átlag: 0,30	5,5 – 7,0 átlag: 6,0

König és szerzőtársai (1998) és a JCSS 2000 modell kód a nyomószilárdság valószínűségi leírására normál eloszlás helyett lognormális eloszlást javasoltak  $5 \text{ N/mm}^2$  állandó értékű szórás mellett, mert a normál eloszlás valószínűségi változója – szemben a lognormális eloszlás valószínűségi változójával – negatív értéket is felvehet, ami a nyomószilárdság esetén fizikailag lehetetlen. Az  $u$  valószínűségi változó normál eloszlással kifejezett  $m_u$  várható értéke (átlaga) és  $s_u$  relatív szórása a  $\Phi(u_i) = F_i(x_i)$  feltétel mellett leírható az  $x$  valószínűségi változó lognormális eloszlással kifejezett  $m_x$  várható értékével (átlagával) és  $v_x$  relatív szórásával (Fischer, A. M. 2010):

$$m_u = \ln(m_x) - 0,5 \times \ln(1 + v_x^2) \quad \text{és} \quad s_u = \sqrt{\ln(1 + v_x^2)}$$

A beton szórását Zilch és Schieβl (1999) elemezte az 1999. évi *fib Bulletin* – amely a Model Code 1990 frissített változata – 3. kötetében. A tanulmányban hivatkoznak Rackwitz és társai munkájára (1976), akik különböző német nyomószilárdság vizsgálati eredmények statisztikai értékeléséből arra a következtetésre jutottak, hogy a beton nyomószilárdságának szórására nem csak a beton saját tulajdonságai, hanem annál jelentősebb mértékben a vizsgálati körülmények is hatással vannak, és a beton nyomószilárdságának átlagértéke és szórása között nincs, vagy csak rendkívül laza az összefüggés.

A nyomószilárdság átlaga és szórása közötti összefüggést bemutató, az 1999. évi *fib Bulletin*, 3. kötetének 9.3-1. Rackwitz-féle ábráját Szilágyi Katalin (2013) dolgozta fel, és ennek során meghatározta a beton nyomószilárdsága szórásának, illetve relatív szórásának és az átlagértéknek összefüggésének függvényét (20.1.4.5. – 20.1.4.6. ábra).

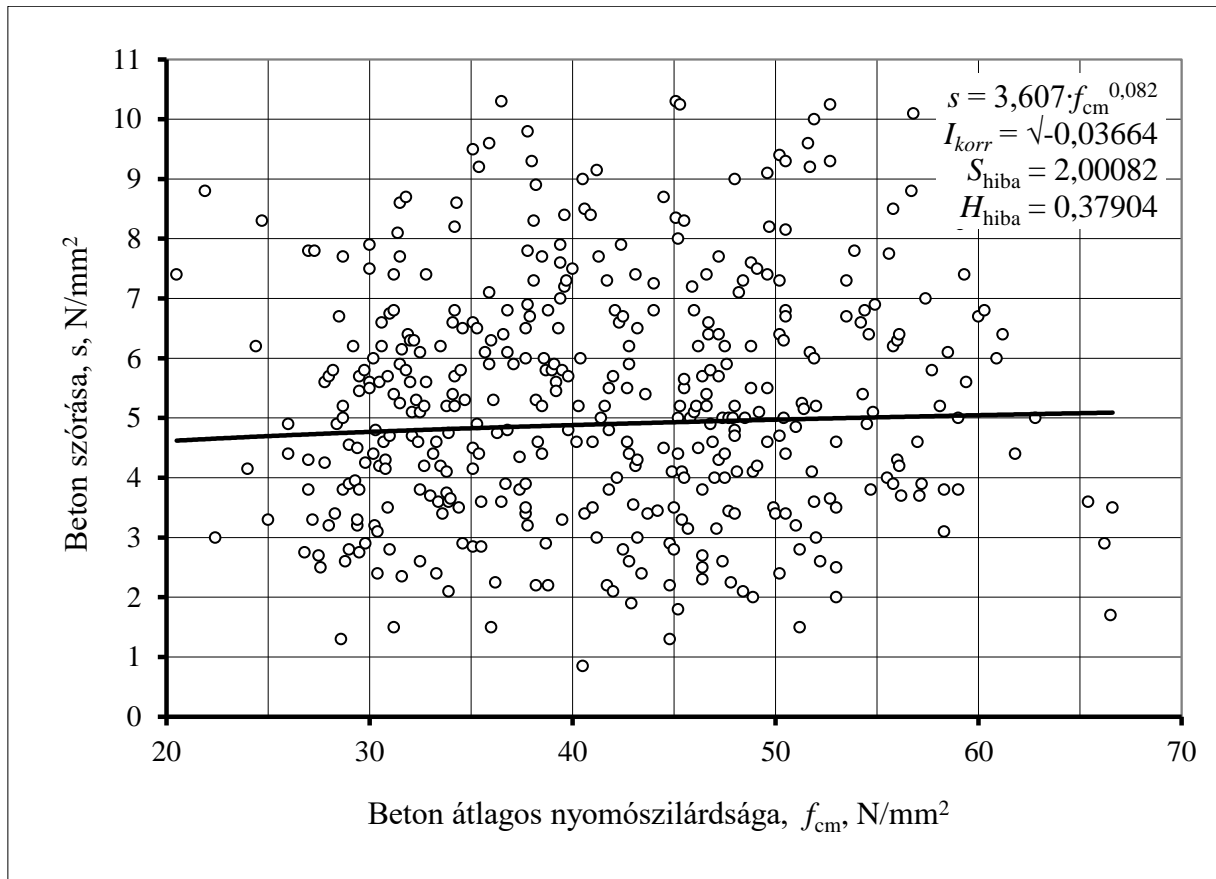
Rackwitz és társai adatai alapján a beton nyomószilárdságának szórása ( $s$ ) az átlagérték ( $f_{cm}$ ) függvényében az  $I_{kor} = \sqrt{-0,03664}$  korrelációs indexű,  $S_{hiba} = 2,00082$  standard hibájú,  $H_{hiba} = 0,37904$  ( $H_{hiba} \% = 37,904 \%$ ) relatív hibájú

$$s = 3,607 \times f_{cm}^{0,082} \quad [\text{N/mm}^2]$$

hatványfüggvénnyel (20.1.4.5. ábra), a nyomószilárdság relatív szórása ( $s_{rel}$ ) az átlagérték ( $f_{cm}$ ) függvényében az  $I_{kor} = 0,46050$  korrelációs indexű,  $S_{hiba} = 0,05136$  standard hibájú,  $H_{hiba} = 0,38409$  ( $H_{hiba} \% = 38,4 \%$ ) relatív hibájú

$$s_{rel} = s/f_{cm} = 3,607 \times f_{cm}^{-0,918}$$

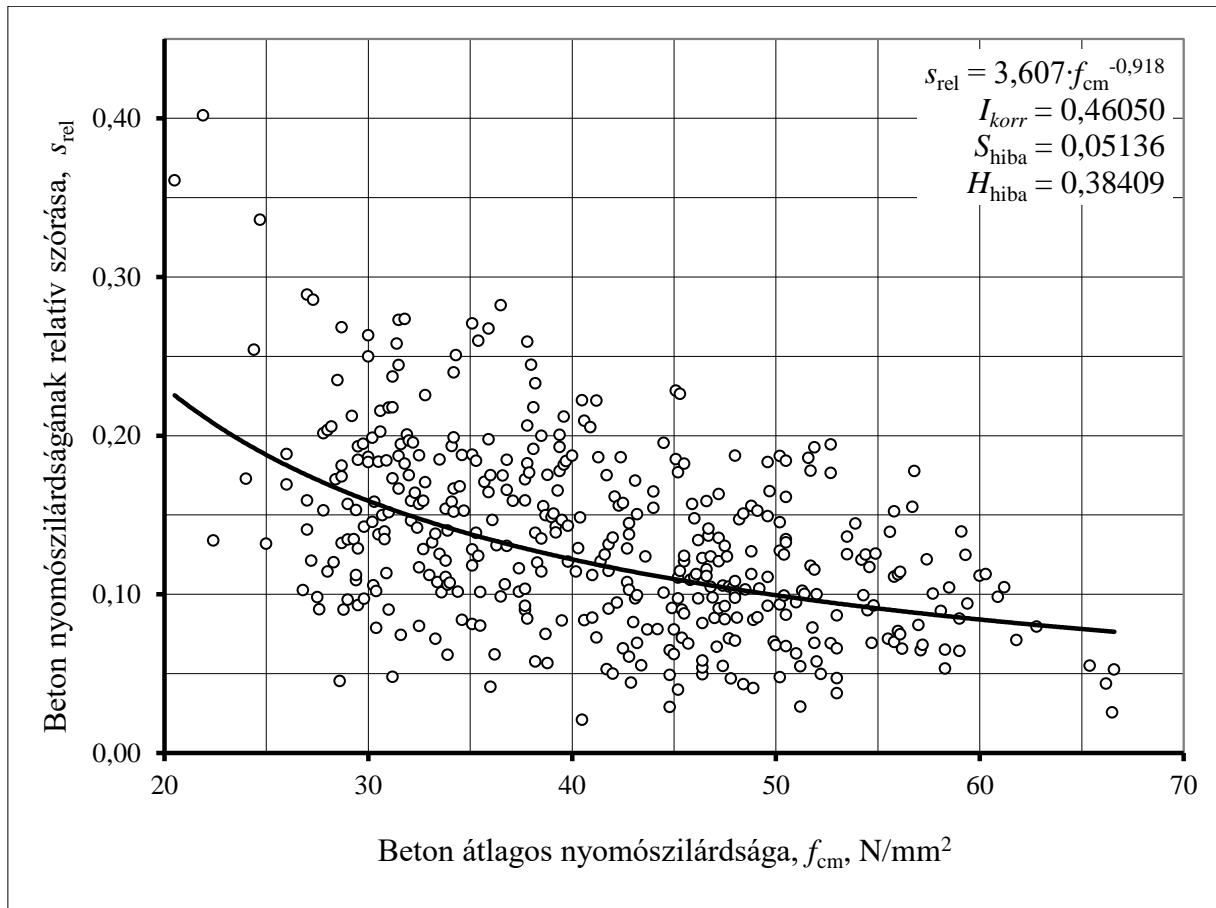
hatványfüggvénnyel írható le (20.1.4.6. ábra).



**20.1.4.5. ábra:** Beton nyomószilárdságának szórása a nyomószilárdság átlagérték függvényében az 1999. évi *fib Bulletin* szerint (Rackwitz et al. 1976, Zilch - Schießl 1999, Szilágyi 2013)

A 20.1.4.5. – 20.1.4.6. ábra trendvonalát és annak  $I_{korr}$  korrelációs indexét,  $S_{hiba}$  standard hibáját és  $H_{hiba}$  relatív hibáját szerint a beton nyomószilárdságának szórása ( $s$ ) gyakorlatilag független az átlagértéktől ( $f_{cm}$ ), és a nyomószilárdság relatív szórása ( $s_{rel}$ ) is csak nagyon lazán függ az  $f_{cm}$  átlagértéktől.





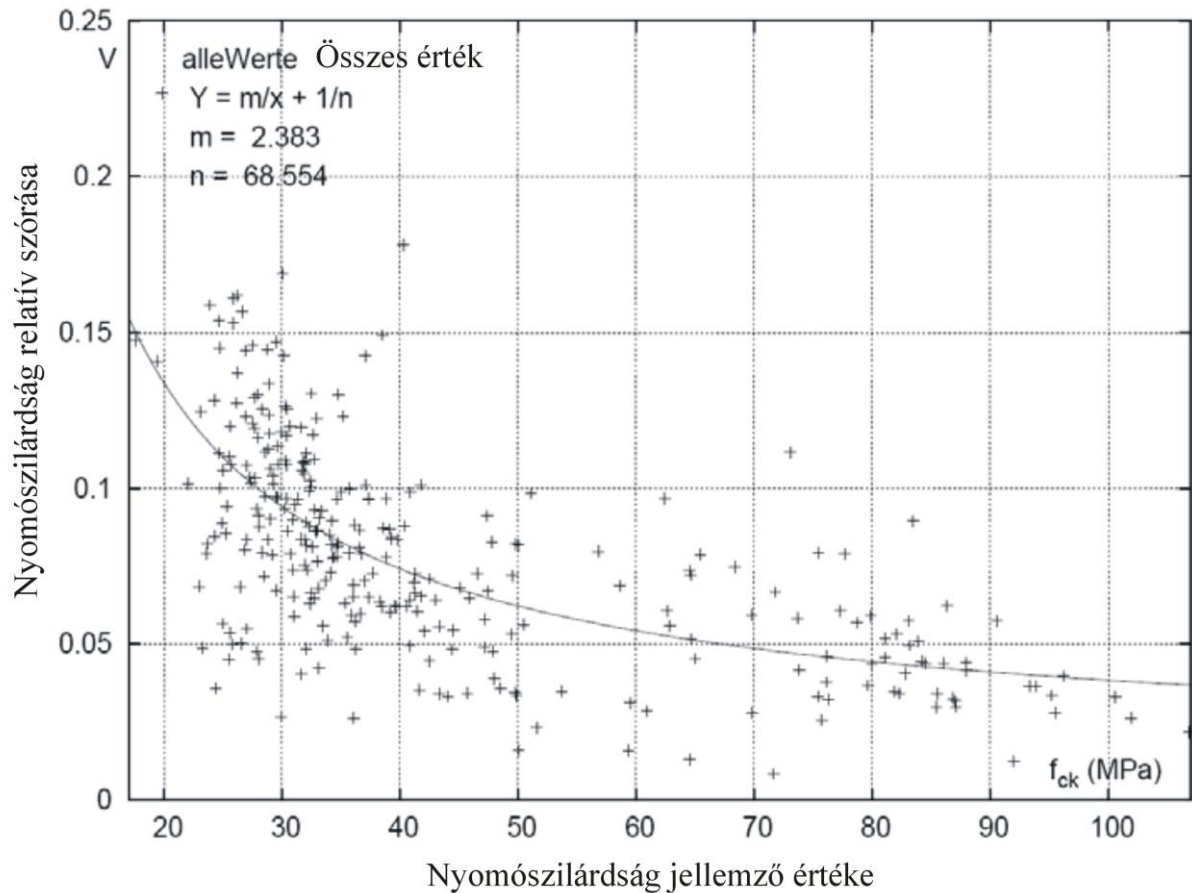
**20.1.4.6. ábra:** Beton nyomószilárdságának relatív szórása a nyomószilárdság átlagérték függvényében (Rackwitz et al. 1976 és Zilch - Schießl 1999 után) az összefüggés regressziós görbéjével (Szilágyi 2013)

Az újabb gyártású betonok nyomószilárdságának szórását és relatív szórását normál eloszlást feltételezve Tue (2007) tanulmányozta, és arra jutott, hogy a szórások átlagértéke  $3,5 \text{ N/mm}^2$ , 5%-os kvantilise  $1,3 \text{ N/mm}^2$  és 95%-os kvantilise  $5,6 \text{ N/mm}^2$ . Eszerint az újabb betonok nyomószilárdságának szórása kisebb, mint Rüscht és szerzőtársai (1969) idején volt. Tue (2007) véleménye, hogy az  $s$  szórás a nyomószilárdság jellemző értékének ( $f_{ck}$ ) növekedésével a következő összefüggés szerint növekszik:

$$s = \frac{f_{ck}}{100} + 3,25 \quad \text{N/mm}^2$$

Mint ahogy a nyomószilárdság sokkal jobban növekszik, mint a szórás, ezért növekvő nyomószilárdság mellett a relatív szórás csökken (20.1.4.7. ábra).

A DIN 1045-1:2008 szabványban, a Tue-féle (2007) tanulmányban és a DAfStb-Heft 206 (Rüscht et al. 1969) kiadványban szereplő szórások és relatív szórások értékét a nyomószilárdsági osztály függvényében A. M. Fischer (2010) hasonlította össze (20.1.4.4. táblázat).



**20.1.4.7. ábra:** A beton nyomószilárdságának relatív szórása a jellemző érték függvényében (Tue 2007)

**20.1.4.4. táblázat:** A szórások ( $\sigma$ ,  $s$ ) és relatív szórások ( $v_x$ ) értékeinek összehasonlítása a DIN 1045-1:2008 szabvány, a Tue-féle (2007) tanulmány és a DAfStb-Heft 206 (Rüsch et al. 1969) kiadvány alapján (A. M. Fischer 2010)

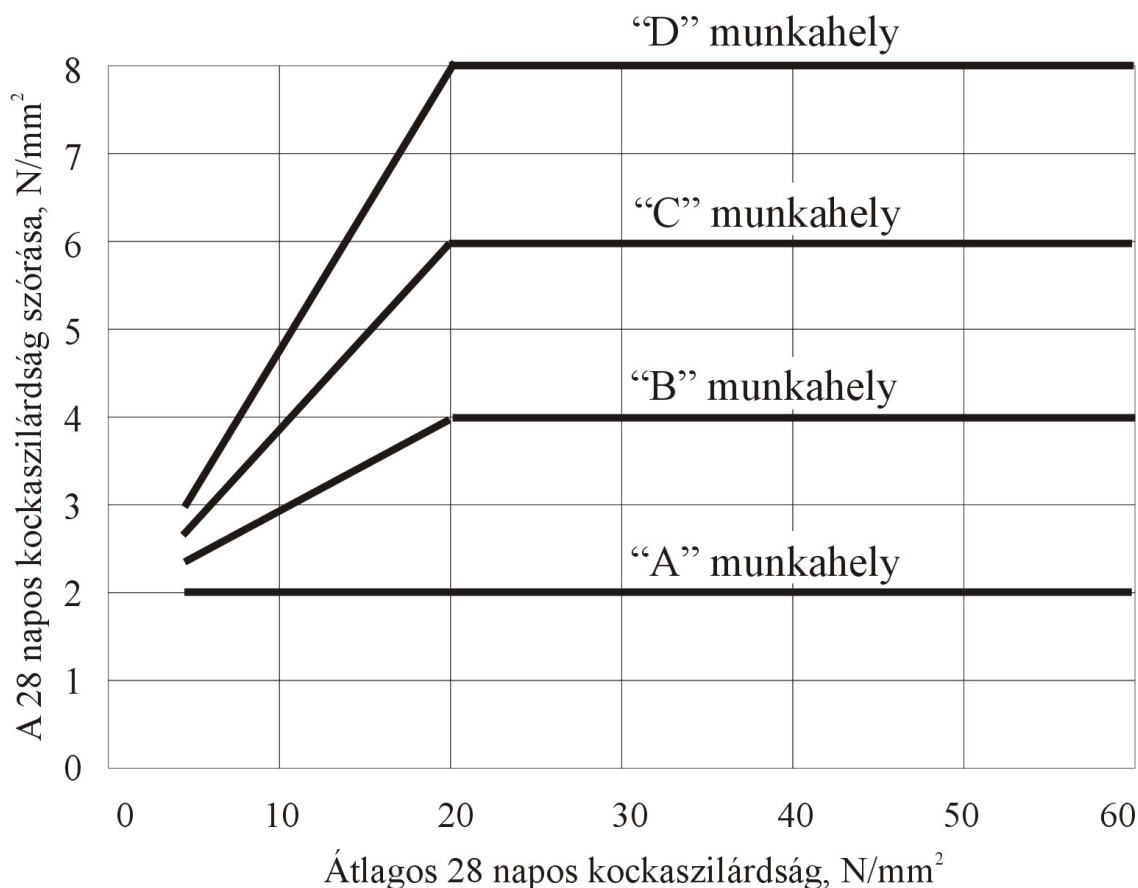
DIN 1045-1:2008					Tue (2007)		DAfStb-Heft 206 (1969)	
Nyomószilárdsági osztály	Átlag	$f_{ck}$ -ra kalibrált	$f_{cm} \times v_x$	Ha $\sigma =$ konstans 5 N/mm <sup>2</sup>	A 2.1.4.7. ábrából számolva	$f_{ck}$ -ból vissza-számolva	Rüsch-féle 20.1.4.3. ábrából	$s/f_{cm}$ $f_{cm,cyl}$ DIN-ből
	$f_{cm,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	$v_x$	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$v_x = \sigma/f_{cm,cyl}$	$v_x$	$f_{cm,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	$s$ N/mm <sup>2</sup>	$v_x$
C8/10	16	0,392	6,272	0,313	0,312	13,9	3,8	0,238
C12/15	20	0,291	5,820	0,250	0,210	17,3	4,6	0,230
C16/20	24	0,233	5,592	0,208	0,163	21,2	5,0	0,208
C20/25	28	0,195	5,460	0,179	0,135	25,2	5,2	0,186
C25/30	33	0,162	5,346	0,152	0,120	30,7	5,2	0,158
C30/37	38	0,138	5,244	0,132	0,090	34,9	5,2	0,137
C35/45	43	0,121	5,203	0,116	0,080	40,0	5,2	0,121
C40/50	48	0,108	5,184	0,104	0,075	45,4	5,2	0,108
C45/55	53	0,097	5,141	0,094	0,070	50,6	5,2	0,098
C50/60	58	0,088	5,104	0,086	0,065	55,7	5,2	0,090

Fenn szóltunk *Rackwitz*-féle tanulmányról (1976), amelynek szerzői szerint a beton nyomószilárdságának átlagértéke és szórása között nincs, vagy csak rendkívül laza az összefüggés.

Az EN 206 szabvány betonnyomószilárdság vizsgálati módszereit és értékelési feltételeit *Zilch* és *Schießl* (1999) szerint a hivatkozott *Rackwitz*-féle (1976) tanulmány és a későbbi, ez irányú kutatások (*Hosser* et al. 1995, *König* et al. 1998) alapozták meg.

A szórás átlagtól való függetlenségéről vallott nézet a *Zilch* és *Schießl* (1999) *fib Bulletin*-beli dolgozatának folyamányaként egyre erősödik, és visszatükröződik a szabványokban is. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány nem csak a szórást, hanem az alulmaradási tágasságot is az átlagtól függetlennek, sőt konstansnak tekinti ( $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - 8 \text{ N/mm}^2$ ), és bizonyos összefüggésekben ez a felfogás jelenik meg a visszavont MSZ EN 206-1:2002 és az új MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabványban is ( $f_{ck} = f_{cm} - 4 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{ck} = f_{cm} - 12 \text{ N/mm}^2$ ), amelyet – ha nem is kizárólagosan, de – az MSZ 4798:2016 szabvány is követ.

A hazai szabályozásban az ismeretlen szórás átlagtól való függetlenségéről vallott nézet már az MSZ 4720-2:1980 szabvány 3.5.5. fejezetében ( $R_m = f_{cm,cube,H} \geq 20 \text{ N/mm}^2$  esetén  $s = 6 \text{ N/mm}^2$ ) és az MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 4. fejezetében (20.1.4.8. ábra) megjelent, és hatással volt a megengedett legkisebb alulmaradási tágasság ( $k \times t_n \times s_{min}$ ) kiszámítására, ahol  $k$  a ferdeségi tényező (ferdeségi együttható),  $t_n$  a *Student*-féle tényező és  $s_{min}$  a megengedett legkisebb, számításba vehető nyomószilárdsági szórás.



**20.1.4.8. ábra:** A nyomószilárdság becsült szórása a nyomószilárdság átlagértéke függvényében 150 mm méretű, vegyesen tárolt, 28 napos korú próbakockák esetén (MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás)

Mint fenn láttuk, az alulmaradási tágasság formailag kétféle lehet, vagy függvénye az  $s$  szórásnak (például:  $t_n \times s$ , illetve  $\lambda_n \times s$ ) vagy konstans szám. Vegyük például a C20/25 – C50/60

nyomószilárdsági osztályú víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahenger és az ugyanígy tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka átlagos nyomószilárdságának összefüggését:  $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$  (20.1.2.6. ábra):

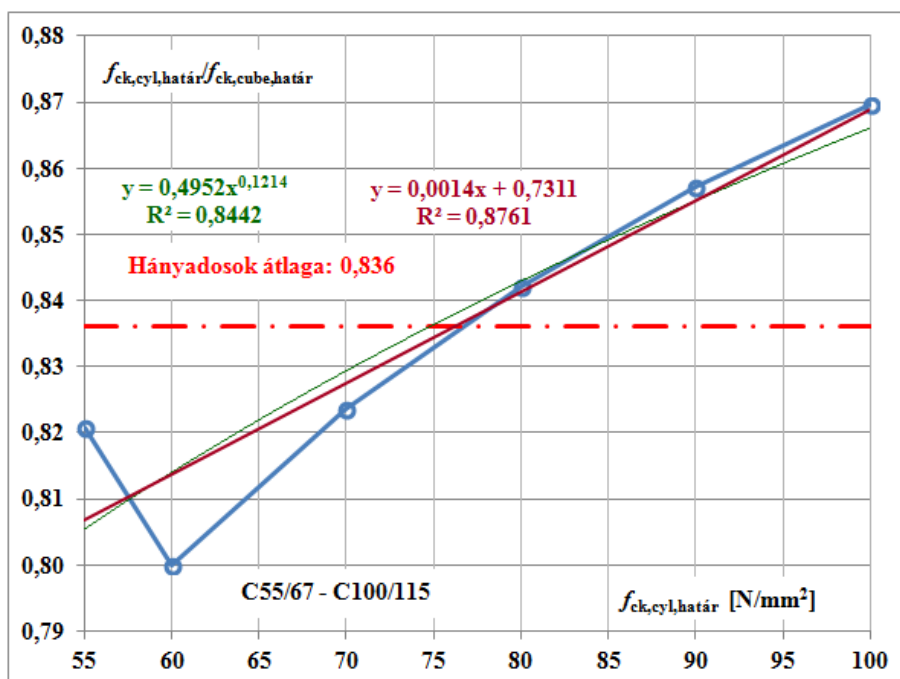
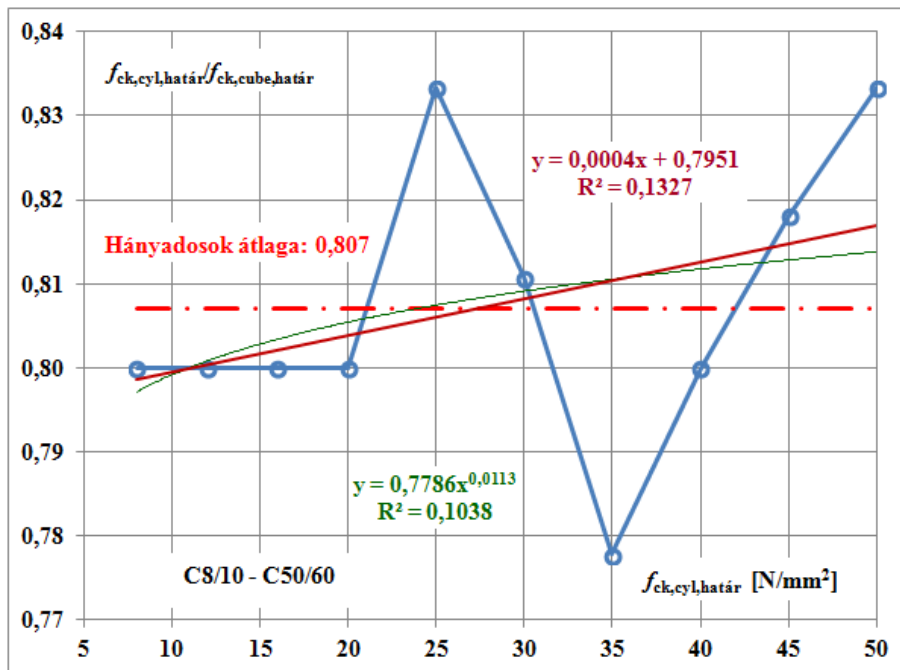
- Ha az alulmaradási tágasság függvénye az  $s$  szórásnak és például a *Student*-féle alulmaradási tényező jele  $t_n$ , akkor a víz alatt tárolt Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értéke:  $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - t_n \times s_{cyl}$ , és a szintén víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák nyomószilárdságának jellemző értéke:  $f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - t_n \times s_{cube}$ , valamint  $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$ . Ezek felhasználásával:  $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + t_n \times s_{cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube} + 0,81 \times t_n \times s_{cube} = 0,81 \times f_{cm,cube}$ .
- Ha fennállna, hogy  $s_{cyl} = 0,81 \times s_{cube}$ , akkor fennállna az is, hogy  $f_{ck,cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube}$ , azaz következne, hogy az átszámítási összefüggések a nyomószilárdsági jellemző értékek átszámítására is alkalmasak. Az MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 méretezési szabványban, az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798.2016 betonszabványban (lásd például annak 8.1. szakasza (6) bekezdését<sup>136</sup>, 8.2.1.3.2. szakaszát, P2. szakaszát) azonban nem különböztetik meg az azonos módon tárolt próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdságának szórását, hanem feltételezik, hogy  $s_{cyl} = s_{cube}$ , az hogy  $s_{cyl}/s_{cube} = 1,0$ , illetve alulmaradási tágasságát, hanem feltételezik, hogy  $t_n \times s_{cyl} = t_n \times s_{cube}$ , ami ellentétben áll a nyomószilárdsági osztályok jele (8.1. táblázat) elvével<sup>137</sup>.

<sup>136</sup> Az MSZ 4798:2016 szabvány 8.1 szakasz (6) bekezdésében a 70. oldal alján lévő képlet hibás, a képlet végén a gyökvonás jel utáni  $f$  betű törlendő.

<sup>137</sup> A nyomószilárdsági osztályok jelének elve: A beton nyomószilárdsági osztályának jelét megtestesítő jellemző (karakterisztikus) értékek, azaz a víz alatt tárolt 28 napos korú próbahengerek és próbakockák – a nyomószilárdsági osztály jelében szereplő – jellemző értékének hányadosa átlagosan – mint alább látni lehet –  $0,82_{+0,05}^{-0,04}$ , tehát közelítőleg konstans, a nyomószilárdságtól alig függő érték:

- a C8/10 – C50/60 nyomószilárdsági osztályok között a 0,778 és 0,833 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,807;
- a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között a 0,800 és 0,870 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,836;
- és valamennyi nyomószilárdsági osztályt együtt tekintve, tehát a C8/10 – C100/115 nyomószilárdsági osztályok között a 0,778 és 0,870 tartományban mozog, a hányadosok átlaga 0,818.

A nyomószilárdsági osztályok jele ezen elvének teljesüléséhez a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága tapasztalati szórásának hányadosa, illetve alulmaradási tágasságának hányadosa meg kellene egyezzen a próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága átlagértékének hányadosával, de a betonszabványok nyomószilárdsági jellemző érték - átlagérték összefüggései sem fejezik ki. (A szabványokban nem az áll, hogy például  $s_{cyl} = 0,81 \times s_{cube}$ , hanem az, hogy  $s_{cyl} = s_{cube}$ .)

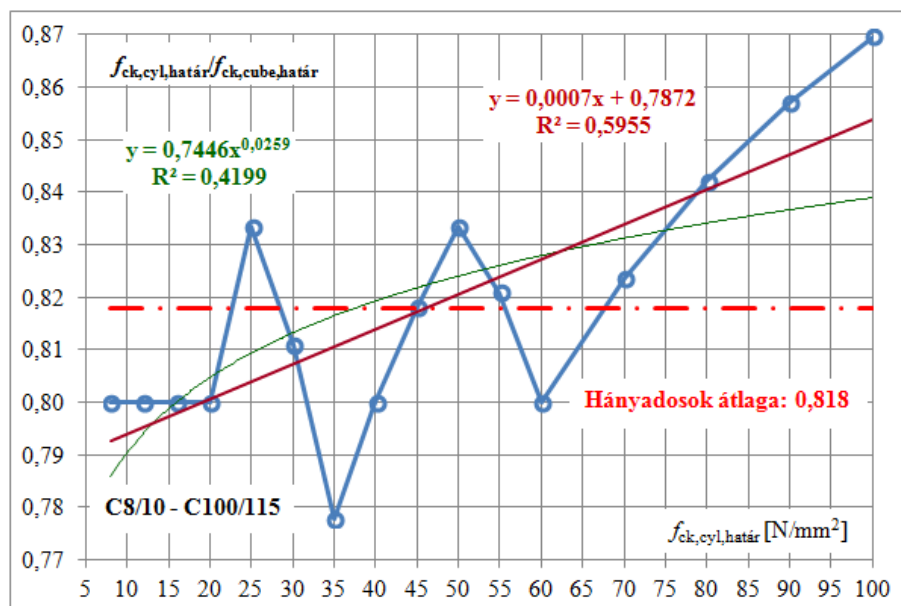


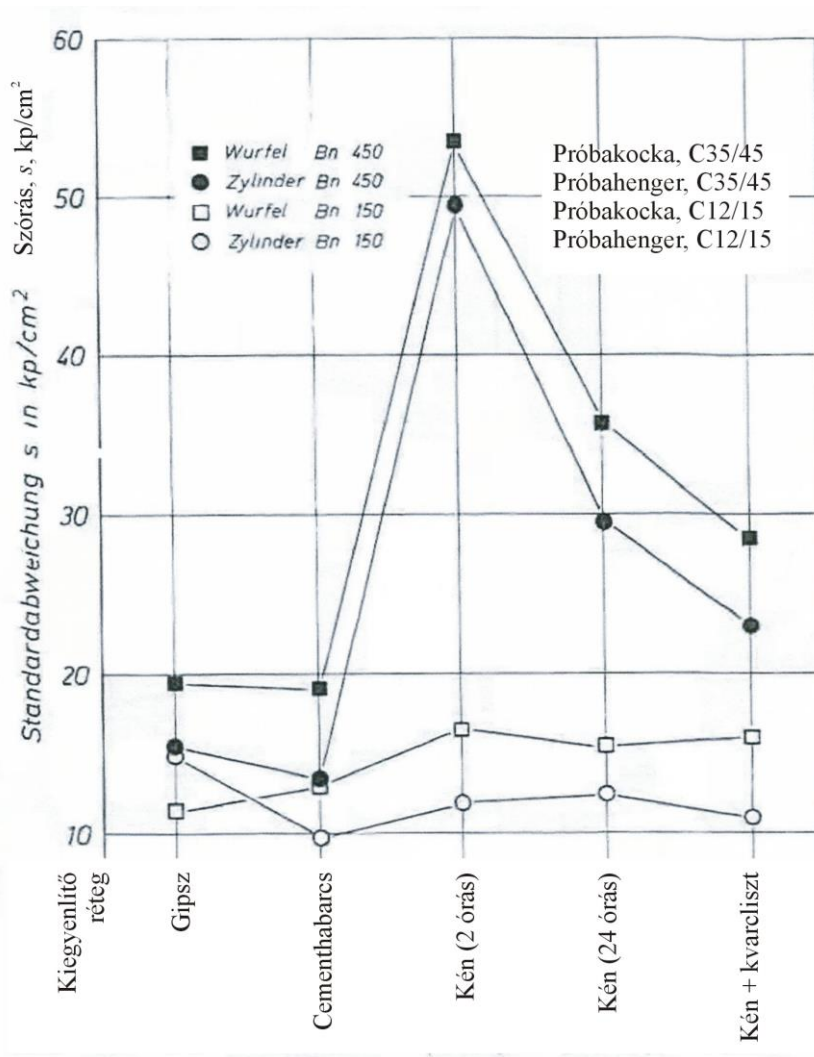
Ennek következtében az állítás, hogy a próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdsága szórásának hányadosa vagy jellemző értékének hányadosa eltér a próbahengerek és a próbakockák nyomószilárdsága átlagának hányadosától ( $s_{cyl}/s_{cube} \neq f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ ), voltaképpen a nyomószilárdsági osztályok jele elvének már a betonszabványokon belül is jelen lévő megsértését jelenti.

- Ha az alulmaradási tágasság nem függvénye az  $s$  szórásnak, hanem adott állandó szám ( $z$ ), akkor a víz alatt tárolt  $\emptyset 150 \times 300$  mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának jellemző értéke  $f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - Z_{cyl}$ , és minthogy  $f_{cm,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube}$  adódik, hogy  $f_{ck,cyl} = 0,81 \times f_{cm,cube} - Z_{cyl} = 0,81 \times (f_{ck,cube} + Z_{cube}) - Z_{cyl} = 0,81 \times f_{ck,cube} + 0,81 \times Z_{cube} - Z_{cyl}$ , tehát  $f_{ck,cyl} \neq 0,81 \times f_{ck,cube}$ , azaz a nyomószilárdság átlagának átszámítási összefüggései a nyomószilárdsági jellemző értékek átszámítására akkor sem alkalmasak, ha az alulmaradási tágasság adott állandó szám.

Egyszerű példán könnyen belátható, hogy két szám hányadosa ( $f_{cm,cyl}/f_{cm,cube}$ ) megváltozik, ha a mind a két számhoz ugyanazt a számot (alulmaradási tágasság) hozzáadjuk, vagy mind a két számból ugyanazt a számot kivonjuk ( $(f_{cm,cyl} - 8)/(f_{cm,cube} - 8)$ ), például:  $4/5 = 0,8 \neq (4 - 1)/(5 - 1) = 3/4 = 0,75$ .

A próbahengerek és próbakockák nyomószilárdsága szórásának tapasztalati hányadosára *Dahms* és szerzőtársai (1975) tanulmányában találtunk utalást. *Dahms* és szerzőtársai (1975) – mint arról a 20.1.1.14. ábra kapcsán beszámoltunk – különböző felület-kiegyenlítő rétegek alkalmazása mellett Bn 150 (C12/15) és Bn 450 (mai C35/45) nyomószilárdsági osztályú betonok nyomószilárdságát vizsgálták, miközben a nyomószilárdság szórásának alakulását is tanulmányozták (20.1.4.9. ábra). A gipsz, cementhabarcs, kén kiegyenlítőréteges próbahengerek és próbakockák nyomószilárdságának *Dahms* és szerzőtársai kísérletei szerinti átlagértéke és szórása a 20.1.4.5. táblázatban látható. Ezekből a kísérleti eredményekből az az általános következtetés vonható le, hogy a próbahengereken mért nyomószilárdságok szórása általában ugyanúgy kisebb a próbakockákon mért nyomószilárdságok szórásánál, mint ahogy a próbahengereken mért nyomószilárdságok átlaga kisebb a próbakockákon mért nyomószilárdságok átlagánál.



**20.1.4.9. ábra:**

Különböző anyagú kiegészítő rétegekkel ellátott próbakockák és próbahengerek nyomószilárdságának szórása.

Ugyanezeknek a próbatesteknek az átlagos nyomószilárdsága a 20.1.1.14. ábrán látható (Dahms et al. 1975)

**20.1.4.5. táblázat:** Különböző anyagú kiegészítő rétegekkel ellátott 200 mm élhosszúságú próbakockák és Ø150×300 mm méretű próbahengerek nyomószilárdságának átlaga és szórása Dahms és szerzőtársai (1975) szerint

Kiegészítő réteg	Próbatest	Átlag N/mm <sup>2</sup>	Szórás N/mm <sup>2</sup>	Próbahenger/Próbakocka	
				átlagának	szórásának
hányadosa					
Bn 150 (mai C12/15) nyomószilárdsági osztályú beton					
Gipsz	Próbakocka	18,0	1,2	0,93	1,25
	Próbahenger	16,7	1,5		
Cementhabarcs	Próbakocka	17,7	1,3	0,91	0,77
	Próbahenger	16,1	1,0		
Kén (2 óras)	Próbakocka	17,8	1,6	0,94	0,75
	Próbahenger	16,7	1,2		
Kén (24 óras)	Próbakocka	18,2	1,5	0,95	0,87
	Próbahenger	17,2	1,3		
Kén + kvarcliszt	Próbakocka	18,2	1,6	0,94	0,69
	Próbahenger	17,1	1,1		
Bn 450 (mai C35/45) nyomószilárdsági osztályú beton					

Gipsz	Próbakocka	48,0	2,0	0,85	0,75
	Próbahenger	41,0	1,5		
Cementhabarcs	Próbakocka	48,6	1,9	0,83	0,68
	Próbahenger	40,4	1,3		
Kén (2 órás)	Próbakocka	40,8	5,4	0,88	0,93
	Próbahenger	36,0	5,0		
Kén (24 órás)	Próbakocka	43,8	3,6	0,88	0,83
	Próbahenger	38,7	3,0		
Kén + kvarcliszt	Próbakocka	45,7	2,8	0,87	0,82
	Próbahenger	39,7	2,3		

## A

## C. BETONOK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

című főfejezet a könyv II. kötetében folytatódik



## FÜGGELÉK

## F1. Extrémérték-eloszlás, extremális-eloszlás

## F1.1. Bevetés

## F1.2. Az I. (Gumbel-), II. (Fréchet-) és III. (Weibull-) típusú extrémérték-eloszlás

Az extrémérték-eloszlás vagy más szóval extremális-eloszlás egy eloszláscsaládot leíró gyűjtőfogalom, amely azért figyelemre méltó, mert a műszaki tudományokban is elterjedten alkalmazott Gauss-eloszlással és Student-eloszlással szemben az extrémérték-eloszlás általában nem – vagy csak kivételes esetekben, és akkor is csak közelítőleg – szimmetrikus, és ezért a tényleges valószínűségi előfordulások modellezésére széleskörben alkalmazható.<sup>138</sup>

A matematikai statisztikában extrémérték-eloszlás alatt a független és azonos eloszlású  $x_i$  valószínűségi változójú  $n$  elemű minták ( $\mathbb{R}$  halmazok) nagyság szerint sorba rendezett mintaelemei szélsőértékeinek, azaz a minták legnagyobb ( $M_n$ ) vagy legkisebb ( $m_n$ ) értékeinek (vizsgálati adatainak), az ún. extrémértékeknek a valószínűségi eloszlását értik (Rinne 1995, Murthy et al. 2004, Rinne 2008, Kabluchko 2015).

Az extrémérték-eloszlás nem csak a szélsőértékek, hanem a jellemző értékek (karakterisztikus értékek) valószínűségi eloszlásának leírására is alkalmas (Rinne 1995).

Az extrémérték-eloszlás kutatásának kezdeti eredményeit Johnson és szerzőtársai (1970) Bortkiewicznek<sup>139</sup> (1922) és Misesnek<sup>140</sup> (1923) tulajdonítják. Bortkiewicz (1922) szabatosan felírta a legnagyobb mintaértékek eloszlását, Mises (1923) pedig megadta azok várhatóértékét.

<sup>138</sup> Például:

- a visszavont DIN 1055-100:2001 szabványban a változó hatások jellemző (karakterisztikus) értékének fogalmát, amely ritkán fellépő értéknek felel meg, adott referencia-időszakra vonatkozóan az extrémérték-eloszlás 98%-os kvantiliseként határozták meg;
- az acél fáradási élettartamát az extrémérték-eloszláscsaládba tartozó Weibull-eloszlással szokás jellemezni (Braml 2010);
- Mistéth Endre méretezéselmélete az extrémérték-eloszláson alapul (Lásd: Weibull-eloszlás).

<sup>139</sup> Ladislaus von Bortkiewicz (Bortkewitsch) (1868, Pétervár – 1931, Berlin) német statisztikus. Lengyel katonatiszti családból származott, jogi és államigazgatási tanulmányait Pétervárott végezte, majd Straßburgban, Göttingenben, Lexisben, Bécsben, és Lipcsében tanult. 1893-ban Göttingenben doktori fokozatot szerzett. 1901-ben a Berliini Egyetem (ma Humboldt Egyetem) docense, 1920-ban egyetemi tanára lett. Matematikai és statisztikai tanulmányai maradandó hatást tettek rá, későbbi elméleti matematikai kutatási eredményei a valószínűségszámítás egyik megalapozójává tették.

<sup>140</sup> Richard von Mises (1883, Lemberg – 1953, Boston) német származású matematikus, fizikus, filozófus. Felsőfokú matematikai, fizikai és gépészmérnöki tanulmányait a bécsi Műszaki Főiskolán 1907-ben fejezte be. 1908-ban Brünnsben doktorált. A Strassburgi Egyetemen 1909-ben az alkalmazott matematika professzorává nevezték ki. Az I. világháború alatt vezetésével tervezték meg az egyik első, de gyártásba nem vett, 600 lóerős osztrák-magyar harci repülőgépet (Mises-Flugzeug). 1919-1920 között a drezdai Műszaki Főiskola hidrodinamika és aerodinamika, 1920-1933 között a Berliini Egyetem matematika professzora volt. 1921-ben megalapította a Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik című alkalmazott matematikai és mechanikai folyóiratot. Mises röviddel Hitler hatalomra kerülése után 1933 novemberében Törökországba emigrált, és 1939-ig az Isztambuli Egyetem Elméleti és Alkalmazott Matematikai Tanszékének vezetőjeként tevékenykedett. 1939-ben áttelepült az Egyesült Államokba, és a cambridge-i Harvard Egyetem docense, 1944-től haláláig az aerodinamika és alkalmazott matematika professzora volt. Szerzteágazó érdeklődése a valószínűség-elméletre is kiterjedt, a relatív gyakoriságra épülő valószínűségszámítási modelljét 1928-ban tette közzé, és továbbfejlesztve 1936-ban hozta nyilvánosságra.

*Dodd*<sup>141</sup> (1923) elsőként számította ki a különböző valószínűségi eloszlások legnagyobb értékének mediánját.

*Tippett*<sup>142</sup> (*Tippett* 1925) és *Fischer*<sup>143</sup> (*Fischer* et al. 1928) elsősorban az I. típusú felső extrémérték-eloszlással foglalkozott (1928).

*Fréchet*<sup>144</sup> (1927) tette közzé az első olyan tanulmányt, amely a valószínűségi folyamatok kezdeti eloszlásának (initial distribution; Anfangsverteilung) alapeszméjére épült, és aki az aszimptotikus eloszlásokat a legnagyobb értékkel jellemezte. *Fréchet* (1927) a II. típusú extrémérték-eloszlást tette ismertté.

*Gumbel*<sup>145</sup> az 1940-es években a természeti katasztrófák előrejelezhetőségét kutatta, és ennek kapcsán az I. típusú extrémérték-eloszlás elméletét pontosította, és annak számos gyakorlati alkalmazási módját dolgozta ki (1958). Tiszteletére az I. típusú extrémérték-eloszlás a *Gumbel*-eloszlás nevet is viseli.

<sup>141</sup> *Edwaed Lewis Dodd* (1875, Cleveland – 1943, Austin) amerikai matematikus. Diplomát 1901-ben a clevelandi Western Reserve Egyetemen, Ph.D. fokozatot 1904-ben a Yale Egyetemen szerzett. Ezt követően két éven át az állami Iowai Egyetem, majd egy évig az Illinoisi Egyetemen tanított matematikát. 1907-től a Texasi Egyetem matematika tanára, ahol 1917-ben rendkívüli professzorrá, 1923-ban professzorrá nevezték ki. Több amerikai matematikai, ökonometriai, pedagógiai társaságban is tevékenykedett. Főbb kutatási területe a valószínűségszámítás, a statisztika és a biztosítási matematika volt.

<sup>142</sup> *Leonard Henry Caleb Tippett*, elterjedt nevén *LHC Tippett* (1902, London – 1985, London) angol statisztikus, fizikus. Fizikai tanulmányait az 1920-as évek elején az Imperial College London egyetemen zárta, majd az University College London egyetemen a *Karl Pearson* (1857, London – 1936, Capel, Egyesült Királyság) vezette Galton Laboratóriumban (Galton Laboratory) és *Ronald Aylmer Fisher* (1890, London – 1962, Adelaide, Ausztrália) tanítványaként a Rothamsted mezőgazdasági kutatóintézetben (Harpenden, Hertfordshire grófság) képezte tovább magát. Legjelentősebb eredményeit az extrémérték-elmélet és a statisztikai minőségellenőrzés területén érte el.

<sup>143</sup> *Ronald Aylmer Fisher* (1890, London – 1962, Adelaide, Ausztrália) angol statisztikus és biológus. Matematikai tanulmányait a Cambridge-i Egyetemen (University of Cambridge) 1912-ben fejezte be. Ezt követően matematika tanárként dolgozott 1919-ig, amikor is – bár elhelyezkedhetett volna a *Karl Paerson* vezette Galton Laboratóriumban is – a harpendeni Rothamsted mezőgazdasági kutatóintézet megüresedett statisztikus állását foglalta el. Ebben közrejátszhatott, hogy *Paerson* 1917-ben megjelent könyvében kétségbe vonta *Fisher* valószínűség-elméleti felkészültségét, és ez kettőjük viszonyát életre szólóan megrontotta. Az illetén állásváltoztatás hozadéka, hogy *Fisher* az 1842 óta felhalmozott rothamsted-i mezőgazdasági kutatási eredmények adatfeldolgozása kapcsán 1921-ben bevezette a valószínűség fogalmát a statisztikába, és ezzel lerakta a korszerű matematikai statisztika alapjait. *Fisher* 1933-ban – *Pearson* visszavonulását követően – a Galton Laboratórium vezetője, majd 1943-ban a Cambridge-i Egyetem genetikai professzora lett. 1957-ben Ausztráliába költözött, és az Adelaide-i Egyetemen folytatta statisztikai kutatásait. Számos tudományos társaság kitüntetését, és egyetem tiszteletbeli diplomáját birtokolta. Hét könyvet és többszáz cikket írt, amelyek több mint nyolcvan különböző szakfolyóiratban jelentek meg.

<sup>144</sup> *Réne-Maurice Fréchet* (1878, Maligny – 1973, Párizs) francia matematikus. 1910-1919 között az Université de Poitiers, 1920-1927 között az Université de Strasbourg, 1928-1948 között az Université de Paris egyetem professzora volt. Kutatási munkáival jelentősen hozzájárult a topológia, a matematikai statisztika, valamint a differenciál- és integrálszámítás fejlődéséhez.

<sup>145</sup> *Emil Julius Gumbel* (1891, München – 1966, New York) német-amerikai matematikus, statisztikus, politikus. Matematikát, politikai gazdaságtant és fizikát a müncheni Ludwig-Maximilian Egyetemen és a Humboldt Egyetemen hallgatott. 1914-ben doktorált, majd 1923-ban a Heidelbergi Egyetemen *Ladislaus von Bortkiewicz* statisztikus vezetésével habilitált, és a matematikai statisztika magántanára lett. *Gumbel* nyilvánosan vállalt pacifista nézetei miatt az egyetem 1932-ben elbocsátotta. Még ebben az évben Franciaországba települt, ahol *Maurice Fréchet* matematikus támogatta előbbrejutását. Itt fejlesztette ki a „maximális értékek elméletét”. Franciaországból a német megszállás elől 1940-ben az Amerikai Egyesült Államokba emigrált, ahol 1953-ban a Columbia Egyetem egyetemi tanárává nevezték ki. A baden-württemberg- Kultuszminisztérium 1955/56-ban kárpótlásban és nyugdíjban részesítette, de teljesen csak 1991-ben, a születésének 100. évfordulójára a Heidelbergi Egyetemen rendezett akadémiai emlékülésen rehabilitálták, ahol kimondták az egykori elbocsátás jogellenességét, és méltatták tudományos eredményeit.

A **Gumbel-eloszlásról** szó esik az MSZ EN 1990 szabvány C. mellékletében.

Az **extrémértékről** szó esik az MSZ EN 1990 szabvány 4.1.2. (7) bekezdésében, a C6. szakaszában, a C.4. táblázatában, D2. mellékletében..

*Weibull*<sup>146</sup> mintegy negyven éven át foglalkozott az extrémérték-eloszlással, és kidolgozta a már korábban is ismert, majd róla elnevezett *Weibull*-eloszlás sokoldalú alkalmazásának feltételeit. E tárgyban az első tanulmánya 1939-ben (*Weibull* 1939./a) jelent meg, és még ebben az évben a *Weibull*-eloszlás szilárdságtani alkalmazásának lehetőségét is bemutatta (*Weibull* 1939./b). Az utolsó, az 1977-ben közzé tett kutatási jelentése (*Weibull* 1977) a *Weibull*-eloszlás alkalmazására több mint ezer példát tartalmazott.

*Tippett* (1925) és *Fisher et al.* (1928) a már ismert extrémérték-eloszlásokat csoportba foglalta, és bebizonyította, hogy valamennyi extrémérték-eloszlás az 1.3. táblázat három eloszlástípusának valamelyikéhez tartozik (*Rinne* 1995 és 2008). *Gnedenko*<sup>147</sup> (1943) – *Mises* (1936) dolgozata alapján – általános módszert adott az extrémérték-eloszlás típusának felismerésére (*Rinne* 2008).

**1.3 táblázat:** Az extrémérték-eloszlás típusok standardizált sűrűségfüggvénye *Tippett* (1925) és *Fisher et al.* (1928) szerint (*Rinne* 1995 és 2008)

Típus	A legnagyobb extrémértékek eloszlásának (A maximális vagy felső extrémális-eloszlás)	A legkisebb extrémértékek eloszlásának (A minimális vagy alsó extrémális-eloszlás)
standardizált sűrűségfüggvénye		
I.	$f(x   0,1) = e^{-x-e^{-x}};$ $x \in \mathbb{R}$ ( $x$ eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) <i>Gumbel</i> -eloszlás	$f(x   0,1) = e^{x-e^x};$ $x \in \mathbb{R}$ ( $x$ eleme az $\mathbb{R}$ halmaznak) <i>Gumbel</i> -eloszlás
II.	$f(x   0,1, c) = \frac{c}{x^{c+1}} \times e^{-x^{-c}};$ $x \geq 0$	$f(x   0,1, c) =$ $= \frac{c}{(-x)^{c+1}} \times e^{-(-x)^{-c}}; x \leq 0$

<sup>146</sup> *Ernst Hjalmar Waloddi Weibull* (1887, Schleswig-Holstein – 1979, Annecy) német-dán területen született svéd mérnök és matematikus. *E. H. W. Weibull* a XVIII. században Schleswig-Holsteinből Svédországba áttelepült család sarja. 1904-től a svéd part őrségnél szolgált, végül őrnagyként. Szolgálati ideje alatt hallgatója volt a stockholmi Királyi Műszaki Főiskolának, ahol 1924-ben kapott oklevelet. Doktori fokozatot az Uppsalai Egyetemen szerzett. Az Abatross kutatóhajón végzett munkájának első tudományos eredményeit 1914-ben tette közzé. 1941-ben egykori tanulmányainak intézményében, a stockholmi Királyi Műszaki Főiskolán a műszaki fizika professzora lett, ahol szilárdságtani kutatásokat végzett. *E. H. W. Weibull* – függetlenül *P. O. Rosintól*, *E. Rammlertől* és *K. Sperlingtől*, de ugyancsak elméleti alapon – 1939-ben írta fel a nevezetes exponenciális-függvény képletét, de a hat évvel korábban ismertté vált RRSB-eloszlásra sem akkor, sem később nem hivatkozott. Általános elismertséget az USA-ban 1951-1952-ben megjelent cikkeivel (*Weibull* 1951 és 1952) szerzett, amelyekben az exponenciális-függvény széleskörű alkalmazhatóságát hét különböző példán – acélszilárdság, pernyeszemmagyság, pamutaszál-szilárdság, fosszíliahossz, acélélettartam, férfimagasság, babszemméret – mutatta be (*Hahn et al.* 2015).

<sup>147</sup> *Boris Vladimirovich Gnedenko* (1912, Simbirks – 1995, Moszkva) orosz matematikus. Tanulmányait a Saratov Egyetemen végezte és posztgraduális szinten 1934-ben a Moszkvai Állami Egyetem Matematikai Intézetében folytatta. 1937-ben politikai nézetei miatt hat hónapra bebörtönözték. 1949-ben kinevezték a kijevi ukrán Tudományos Akadémia fizikai, matematikai és kémiai tanszékének vezetőjévé, és emellett a kijevi Matematikai Intézet igazgatója lett. 1960-ban visszatért a Moszkvai Egyetemre, ahol 1966-ban a valószínűségi elmélet tanszékének vezetőjévé nevezték ki.

	<i>Fréchet</i> -eloszlás	<i>Fréchet</i> -eloszlás
III.	$f(x   0,1,c) =$ $= c \times (-x)^{c-1} \times e^{-(-x)^c};$ $x \leq 0$ <i>Weibull</i> -eloszlás	$f(x   0,1,c) =$ $= c \times x^{c-1} \times e^{-x^c};$ $x \geq 0$ <i>Weibull</i> -eloszlás
Megjegyzés: A „c” alakparamétert (együtthatót) a szakirodalomban $k$ , $\alpha$ , $\beta$ stb. betűvel is szokták jelölni.		

A felső extrémérték-eloszlás ( $M_n$ ) és az alsó extrémérték-eloszlás ( $m_n$ ) sűrűségfüggvényének diagramjai egymásnak az  $x = a$  ordinátavonal körül, illetve  $a = 0$  esetén az ordinátatengely körül tükörképei, ugyanis:  $M_n = \max(x_1, \dots, x_n) = -\min(-x_1, \dots, -x_n) = m_n$  (Rinne 1995, Michelberger et al. 2001).

Az I. típusú felső extrémérték-eloszlás az extrémérték-eloszlások legáltalánosabb formája, amelyre a II. és a III. típusú felső extrémérték-eloszlás is visszavezethető. Ha a

- II. típusú felső extrémérték-eloszlás sűrűségfüggvényének  $x$  független változóját  $x = \ln(x^c) = c \times \ln(x)$ ,
- III. típusú felső extrémérték-eloszlás sűrűségfüggvényének  $x$  független változóját  $x = -\ln((-x)^c) = -c \times \ln(-x)$

kifejezéssel helyettesítjük, akkor az I. típusú felső extrémérték-eloszlás sűrűségfüggvényére jutunk (Rinne 2008).

Jenkinson (1955, 1969) meteorológiai adatok értékelésével foglalkozott, és felírta az extrémérték-eloszlás típusok mindegyikét magában foglaló összefüggést, amelyet általánosított extrémérték-eloszlásnak nevezünk (GEV). Az általánosított extrémérték-eloszlás sűrűségfüggvénye – feltéve, hogy  $c > 0$  – a következő:

$$f_k(x) = \left(1 + \frac{x}{c}\right)^{-(1+c)} \times e^{-\left(1 + \frac{x}{c}\right)^{-c}}$$

$$\text{és } f_k(x) = e^{-x - e^{-x}}, \text{ ha } k = 0$$

Ha

$k = 1/\alpha = 1/c > 0$ ,  $c > 0$ , akkor a *Fréchet*-eloszlás,

$k = 1/c = 0$ ,  $1 = c$  akkor *Gumbel*-eloszlás,

$k = -1/\alpha = -1/c < 0$ ,  $0 < c$ ,

$$f(x | a, b, c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}; \quad x \geq a$$

akkor a *Weibull*-eloszlás sűrűségfüggvényét kapjuk (Bayer 2011).

Belátható, hogy a *Gumbel*-eloszlás az általánosított extrémérték-eloszlás különleges (speciális) esete.

Revfeim (1984) modellt dolgozott ki az I. típusú extrémérték-eloszlás meteorológiai alkalmazására.

Ujhelyi (1978) szerint átlagos színvonalú betonkészítés esetén a nyomószilárdság eloszlása a kisebb szilárdságú betonok (B50 – B140) tartományában, vagy erősen képlékeny konzisztencia esetén logaritmikusan normális eloszlással közelíthető, míg a nagyobb szilárdságok

tartományában (B400 – B560), vagy földnedves konzisztencia esetén a második alsó extrémális eloszlással. A közepes szilárdságok (B200 – B280) tartományában normális lehet a nyomószilárdság eloszlása.

Lásd még: *Weibull*-eloszlás

### F1.3. *Weibull*-eloszlás

A matematikai statisztika egyik legnépszerűbb, a mérnöki tudományokban is szívesen alkalmazott modellje az extrémérték-eloszlások (más szóval: extrémális-eloszlások) családjába tartozó *Weibull*<sup>148</sup>-féle valószínűségi eloszlás, amelyet III. típusú extrémérték-eloszlásnak is neveznek, és amely lényegében azonos a *Rosin-Rammler-Sperling-Bennett*-eloszlással, röviden *RRSB*-eloszlással (*Rinne* 2008).

A *Weibull*-eloszlás háromelegyütthetős (háromparaméteres) sűrűségfüggvényének alakja (*Rinne* 1995 és 2008, *Hartung* et al. 2009, *Balogh* et al. 1973):

$$f(x | a, b, c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}; \quad x \geq a$$

eloszlásfüggvényének<sup>149</sup> alakja:

$$F(x | a, b, c) = \int_a^x f(u | a, b, c) du = 1 - e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

a megbízhatósági függvény<sup>150</sup> alakja:

$$R(x | a, b, c) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

a meghibásodási ráta<sup>151</sup> alakja:

$$h(x | a, b, c) = \frac{f(x | a, b, c)}{1 - F(x | a, b, c)} = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1}$$

a halmozott meghibásodási ráta alakja:

$$H(x | a, b, c) = \int_a^x h(u | a, b, c) du = \left(\frac{x-a}{b}\right)^c$$

Az extrémérték-eloszlás fogalmának címszava alatt említettük, hogy *Weibull* (1939/2) az extrémérték-eloszlás szilárdságtani alkalmazásával is foglalkozott, és számos anyaggal, például porcelánnal, betonnal, gyapottal, acéllal és alumíniummal végzett törési próba eredményéből felírta az anyag törési valószínűsége eloszlásfüggvényének alakját:

$$F(x) = 1 - e^{-H(x)}$$

Ha a fenti összefüggésekben az  $x$  független változó időt vagy például nyomószilárdságot fejez ki, akkor annak értéke értelemszerűen negatív szám nem lehet ( $x \geq a \geq 0$ ).

<sup>149</sup> Az extrémérték-eloszlás eloszlásfüggvényét németül Ausfallverteilung-nak (hiba-eloszlásfüggvények) is nevezik

<sup>150</sup> A megbízhatósági függvény megnevezése németül: Zuverlässigkeitsfunktion, Überlebensfunktion

<sup>151</sup> A meghibásodási ráta megnevezése angolul: Hazard rate; németül: Ausfallrate vagy Hazardrate; jele például: HR.

A függvényegyütthatók (paraméterek) hatásának értelmezése a következő:

$a$  = Az „ $a$ ” együttható matematikai statisztikai szempontból „helyparaméter”<sup>152</sup>, amelynek mértékegysége adattartalom (például idő, nyomószilárdság stb.) esetén az  $x$  független változó mértékegységével azonos.

Ha a „ $b$ ” és a „ $c$ ” együttható konstans, akkor az alakzatát megtartó sűrűségfüggvény és eloszlásfüggvény az abszcisszatengely mentén annál inkább jobbra helyezkedik el, minél nagyobb szám az „ $a$ ” együttható. A koordináta-rendszerben  $x$  irányú, „alaktartó transzformációval”<sup>153</sup> eltolt alakzatok geometriailag egybevágóak.

Ha az „ $a$ ” együttható az „alaktartó transzformáció” során zérus értéket vesz fel, akkor az  $f(x | a, b, c)$  sűrűségfüggvénnyel geometriailag egybevágó, az „ $a$ ” együttható szerint transzformált sűrűségfüggvény a kétegyütthatós (kétparaméteres)

$$f(x | 0, b, c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}; \quad x \geq a = 0$$

központosított alakot ölti.

$b$  = A „ $b$ ” együttható matematikai statisztikai szempontból „skálaparaméter”<sup>154</sup>, amelynek értéke 0 és  $\infty$  közé esik ( $0 < b < \infty$ ), mértékegysége adattartalom esetén az  $x$  független változó mértékegységével azonos. Az „ $a$ ” és „ $b$ ” együttható együttes hatását kifejező a  $(x - a)/b$  hányadosnak nincs mértékegysége.

Ha az „ $a$ ” és a „ $c$ ” együttható konstans, akkor a „ $b$ ” együttható növekedésével a sűrűségfüggvény jobbra megnyúlik, tágassága növekszik és laposabb lesz, a „ $b$ ” együttható csökkenésével pedig a sűrűségfüggvény balra megrövidül, tágassága csökken, és magasabb lesz. A koordináta-rendszerben  $x$  irányú, „területtartó transzformáció”<sup>155</sup> átesett alakzatok geometriailag hasonlóak.

Ha a „ $b$ ” együttható a „területtartó transzformáció” során  $b = 1,0$  értéket vesz fel, akkor az  $f(x | 0, b, c)$  kétegyütthatós (kétparaméteres) központosított sűrűségfüggvényhez geometriailag hasonló, az „ $a$ ” és a „ $b$ ” együttható szerint is transzformált sűrűségfüggvény az egyegyütthatós (egyparaméteres)

$$f(x | 0, 1, c) = c \times x^{c-1} \times e^{-x^c}; \quad x \geq a = 0 \text{ és } b = 1$$

alakot veszi fel.

Az  $f(x | 0, 1, c)$  alakú standardizált sűrűségfüggvény összefüggését egybevetve az 1.3. táblázatban található összefüggésekkel, belátható, hogy a fenti  $f(x | 0, 1, c)$  alakú standardizált sűrűségfüggvény nem más, mint a Weibull-eloszlás, azaz a – Tippett-féle besorolás alapján (Tippett 1925, Fischer et al. 1928) – III. típusú alsó extrémérték-eloszlás standardizált sűrűségfüggvénye (Rinne 1995).

$c$  = A „ $c$ ” együttható matematikai statisztikai szempontból „alakparaméter”<sup>156</sup>, amely különleges esetekben következő értéket veheti fel:

Első eset:  $c \rightarrow 0$

<sup>152</sup> Az „ $a$ ” helyparaméter megnevezése angolul: Lokation parameter, Shift parameter, Translation parameter; németül: Positionsparameter, Standortparameter, Schichtparameter

<sup>153</sup> Az „alaktartó transzformáció”-t a szakirodalomban általában lineáris transzformációnak vagy egybevágósági geometriai transzformációnak nevezik; angolul: Linear transformation

<sup>154</sup> A „ $b$ ” skálaparaméter megnevezése angolul: Scale parameter; németül: Skalenparameter

<sup>155</sup> A „területtartó transzformáció” neve a szakirodalomban általában aránytartó vagy hasonlósági geometriai transzformáció; angolul: Power transformation; németül: Potenztransformation

<sup>156</sup> A „ $c$ ” alakparaméter megnevezése angolul: Shape parameter; németül: Formparameter. A „ $c$ ” alakparamétert típusparaméternek is nevezik (Fegyverneki 2011).

Ha  $c \rightarrow 0$ , akkor a *Weibull*-eloszlás sűrűségfüggvénye az  $x = a$  pontba zsugorodik.

Második eset:  $0 < c < 1$

Harmadik eset:  $c = 1$

A *Weibull*-eloszlás  $c = 1$  esetén az exponenciális-eloszlást adja (Fegyverneki 2011):

$$f(x | a, b, 1) = \frac{1}{b} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)}$$

Negyedik eset:  $c = 2$

A *Weibull*-eloszlás  $c = 2$  esetén a *Rayleigh*<sup>157</sup>-eloszlást adja (Fegyverneki 2011):

$$f(x | a, b, 2) = \frac{2}{b} \times \frac{x-a}{b} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2}$$

Ötödik eset:  $c > 2$

Hatodik eset:  $c \approx 3,447798$

A *Weibull*-eloszlás  $c \approx 3,447798$  esetén szimmetrikus, és jól közelíti a *Gauss*-féle normális eloszlást:

$$f(x | a, b, 3,45) = \frac{3,45}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{2,45} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^{3,45}}$$

Ha  $c < 3,447798$ , akkor a *Weibull*-eloszlás jobbra ferde, ha  $c > 3,447798$ , akkor a *Weibull*-eloszlás balra ferde

Nyolcadik eset:  $c \rightarrow \infty$

Ha  $c \rightarrow \infty$ , akkor a *Weibull*-eloszlás sűrűségfüggvénye az  $(x-a)/b = 1$ , illetve az  $x = a + b$  pontba zsugorodik.

## FEGYVERNEKI SÁNDOR OLDALÁRÓL:

Forrás: Fegyverneki Sándor: Valószínűség-számítás és matematikai statisztika. E-learning tananyag a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Műszaki Földtudományi alapszakának Valószínűség-számítás és matematikai statisztika tantárgyához. Digitális-Tankönyvtár. 2011. <https://www.tankonyvtar.hu>

## Weibull eloszlás

A *Weibull*-eloszlás együtthatóira (paramétereire) többféle elterjedt jelölésrendszer van. Az eltérő jelölések használatát egyértelműen magyarázza, hogy a *Weibull*-eloszlás igen széles körben, a legkülönbözőbb tudományterületeken alkalmazták, valamint az együtthatóknak sokféle meghatározási módja is ismeretes és az egyes megoldásoknál a változók átírása jelentős egyszerűsítéseket eredményez. Mi a következőkben az

<sup>157</sup> *Rayleigh, John William Strutt*, báró (1842, Lanford gGrove – 1919, Witham) Cambridge-ben tanult angol fizikus és politikus, a Royal Institution és a Cambridge-i Egyetem professzora, 1908-tól kancellárja, 1905-1908 között a Royal Society elnöke. 1890-ben megkapta a London Mathematical Society Augustus DeMorganról elnevezett medálját. A *Rayleigh*-eloszlás felírásáért 1904-ben fizikai Nobel-díjban részesült. *William Ramsay* (1852, Glasgow – 1916, High Wycombe) skót kémikusal együtt felfedezte az argon gázt.

$$F_c(x) = \begin{cases} 1 - \exp(-x^c), & \text{ha } x \geq 0, \\ 0, & \text{ha } x < 0, \end{cases}$$

jelölést alkalmazzuk a standard Weibull-eloszlás jelölésére. Ebből a lineáris transzformáltak eloszlása

$$F_c\left(\frac{x-a}{b}\right).$$

Tehát ez az eloszláscsalád háromegyütthetős (háromparaméteres), amelyből a „c” az ún. alakparaméter (típusparaméter). Viszont lényeges, hogy aszimmetrikus eloszlás.

**Megjegyzés:** Az eloszlás  $c = 1$  esetén az exponenciális-eloszlást,  $c = 2$  a Rayleigh eloszlást adja, míg  $c = 3.57$  közelében az eloszlás közel szimmetrikussá válik, és jól közelíti a normális eloszlást. Megfelelő együtthető-választással az is elérhető, hogy a Weibull-eloszlás jól közelítse a lognormális és  $\Gamma$ -eloszlásokat.

Megjegyezzük, hogy vannak háromnál több együtthetős (paraméteres) extrémálisérték eloszlások is (Rinne 2008).

Az 1.6. ábrán példaképpen az

$$f(x \geq 0; \lambda; k) = \frac{k}{\lambda} \times \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \times e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}$$

$$f(x | a, b, c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \times e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}; \quad x \geq a$$

alakú Weibull-eloszlás  $a = 0$ ,  $\lambda = 32$  és  $k = 8$  együtthetőjű (paraméterű) sűrűségfüggvénye látható, amely e függvényállandók esetén balra ferde.

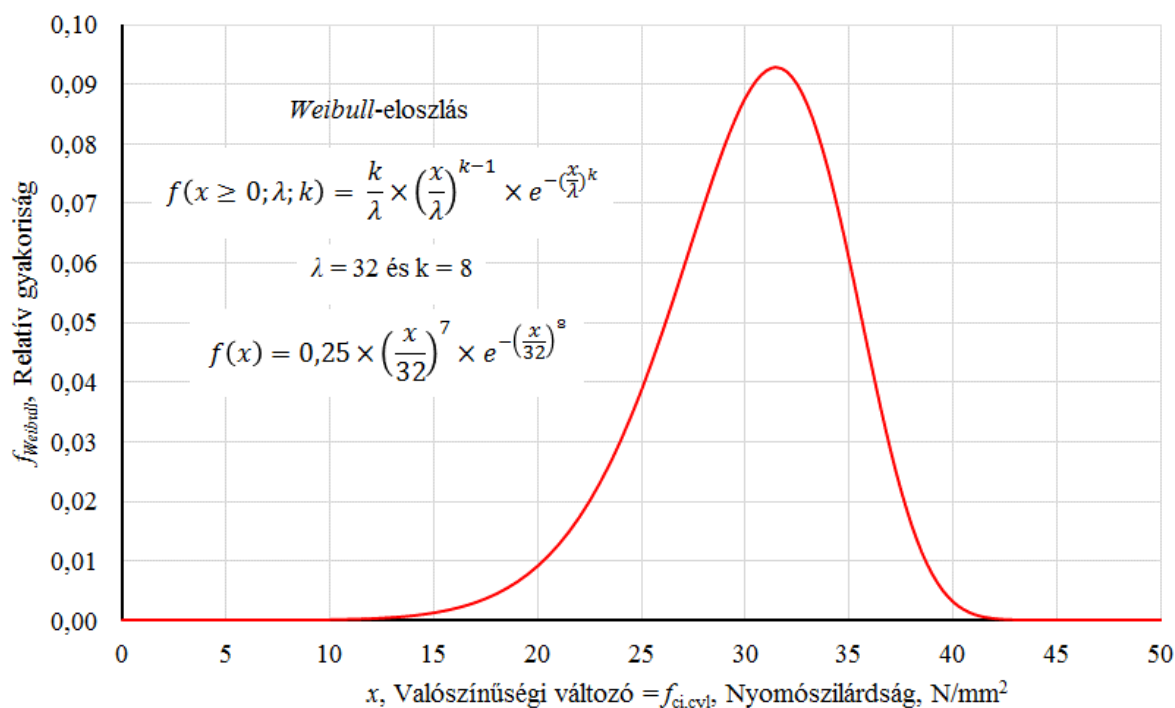
Tehát:

$$a = 0$$

$$\lambda = b$$

$$k = c$$





**1.6. ábra:** Az extrémális Weibull-eloszlás balra ferde sűrűségfüggvénye  $\lambda = 32$  és  $k = 8$  mellett

Az extrémális-eloszlás betontechnológiai szempontból azért érdemel figyelmet, mert *Ujhelyi János* (1978, 1982) hivatkozva *Mistéth Endrere*<sup>158</sup> azt feltételezte, hogy a nagyobb szilárdságok tartományában (B 400 – B 560, mai C20/25 fölötti betonok), vagy földnedves konzisztencia esetén a beton nyomószilárdság mérési eredményei a balra ferde (balra elnyúló) második alsó extrémális-eloszlással írhatók le.

*Mistéth Endre* (1977, 2000, 2001) tanulmányaiban arról írt, hogy a terhek maximumainak eloszlásfüggvénye a felső extrémális-eloszlást, a teherhordó anyagok tulajdonságai minimumainak eloszlásfüggvénye az alsó extrémális-eloszlást követi. *W. Weibull* kísérletei alapján a rideg anyagok, mint például a nagyobb szilárdságú betonok nyomószilárdságának az eloszlására a más kutatók által javasolt három alsó extrémális-eloszlásfüggvényből a *Weibull*

<sup>158</sup> *Dr. Mistéth Endre* (1912, Buziásfürdő, Bánát – 2006, Budapest) hídépítőmérnök. Középiskolai tanulmányait magyar katonai alreál és főreál iskolákban végezte. Mérnöki diplomát 1935-ben szerzett a Műegyetemen. Önálló tervező irodát 1940-ben nyitott, ezévben lett a BME I. sz. Hídépítési Tanszékén tanársegéd, majd adjunktus, és tervei alapján ebben az évben épült meg a rekordnyílású szolnoki merevítőgerendás ívhíd.

A II. világháborút követően részt vett a hidak újjáépítésében, megtervezte a budapesti ideiglenes „Manci” hidat, és Kossuth-hidat. Kiszagdapárti politikusként 1945-1946 között ipari minisztériumi államtitkár, majd újjáépítési miniszter, illetve építési és közmunkaügyi miniszter volt. Politikai nézetei miatt, koholt vádak alapján, 1947-1955 között börtönt szenvedett. Szabadulása után még három és fél évig még rendőri felügyelet alatt állt, a joghátrányoktól csak 1958. december 28-án mentesítették. Szabadulása után az Uvaterben, majd 1962-től a Vizitervben, legutóbb szakági főmérökként dolgozott. Számos hidat tervezett, és jelentős eredményeket ért el a méretezéselméletben.

A műszaki doktori címet 1963-ban, a műszaki tudományok kandidátusa címet 1969-ben, az akadémiai doktori címet 1978-ban nyerte el. 1983-tól volt a BME címz. egyetemi tanára.

Kitüntetései: Akadémiai Díj (1991), a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal (1992), Eötvös József-koszorú (1995), Széchenyi-díj (1996), amelyet a méretezéselmélet fejlesztésért kapott, a Magyar Köztársaság Érdemrend nagykeresztje (2006).

Lásd még *dr. Tassi Géza* megemlékezését *dr. Mistéth Endréről* a Vasbetonépítés c. folyóirat 2012. évi 3. számának 96. oldalán, és *Török Bálint* méltató sorait a Magyar Szemle 2017. évi 7-8. számában.

II. alsó extrémális-eloszlás bizonyult igaznak.

#### F1.4. Rosin-Rammler-Sperling-Bennett-eloszlás, RRSB-eloszlás

Martin és szerzőtársai<sup>159</sup> (1923-1924) Leighton Buzzard (Bedfordshire, Anglia) környéki kvarchomokból – amelyből a cementszilárdág vizsgálati próbatetek készítéséhez szükséges szabványhomokot szokták előállítani – 0,528-0,833 mm szemmagyságú mintákat szitáltak ki. A kiindulási minták kvarchomok szemének átlagos átmérője 0,698 mm volt. Ezeket a kvarchomok vizsgálati mintákat kísérleti laboratóriumi golyósmalomban 600 és 10000 közötti fordulattal megőrölték, és mikroszkóp segítségével meghatározták az örölt szemek számát és átlagos átmérőjét. Kutatási eredményként a szemmagyság ( $x$ ) függvényében a szemcseszám ( $N$ ) gyakoriságára a

$$\frac{dN(x)}{dx} = N'(x) = a \times e^{-b \times x}$$

törvényszerűséget állapították meg, amelyben az „a” és „b” állandók. Az összefüggés szerint a szemmagyság csökkenésével a szemcseszám – a kamatos kamathoz hasonlóan – exponenciálisan egyre növekszik (Beke 1963, Rinne 2008, Navi 2015).

Rosin és szerzőtársai<sup>160</sup> (Rosin-Rammler-Sperling 1933) a csőmalomban örölt szénörlemények szemmegoszlását extrémérték-eloszlással írták le, és ezzel az aprításelméletet extrémérték-

<sup>159</sup> Goeffrey Martin, Charles E. Blythe és Herold Tongue angol kutatók. A hivatkozott dolgozat Goeffrey Martin – különböző szerzőtársakkal a Trans. Cer. Soc. (England) folyóiratban – 1923 . és 1928. között megjelent mintegy tíz cikke közül az első.

<sup>160</sup> Paul Otto Rosin (1890, Freiburg – 1967, London), német kohó- és bányamérnök. Oklevelet 1914-ben a Bergakademie Freiberg egyetemen, doktori fokozatot 1920-ban szerzett, majd 1928-ban a Bergakademie Freiberg magántanára, 1932-ben pedig a Technische Hochschule Berlin műszaki főiskola címzetes professzora lett. 1927-ben Drezdában tüzelés- és hőtechnikai magánlaboratóriumot alapított. E. Rammler 1928-tól állt P. O. Rosin alkalmazásában, aki nagy hatást gyakorolt a személyiségére és kutatói fejlődésére. Magánlaboratóriumát visszavásárlási joggal 1936-ban eladta E. Rammlernek, és származása miatt 1938-ban a nácizmus elől Londonba emigrált, ahol kutatómunkáját az Imperial College London műszaki egyetemen igen eredményesen folytatta. Az 1950-es években P. O. Rosin már az akkori NSZK-ban tevékenykedett, de az NDK-ban élő E. Rammlerrel csak egyszer, 1961-ben egy londoni konferencián találkozott (Hahn et al. 2015). P. O. Rosin kutatási területe a szénpor erőművi alkalmazásának lehetősége volt, amelyet nagymértékben befolyásol a szénpor szemmagysága. A szemmagyság előfordulásának valószínűségét P. O. Rosin – együttműködve E. Rammlerrel – számos műszaki ágazatban alkalmazható exponenciális-függvény alakjában írta le.

Erich Rammler (1901, Tirrsdorf – 1986, Freiburg) német kohó- és bányamérnök, 1949-től a Bergakademie Freiberg egyetem professzora, 1958-tól a Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen műszaki főiskola és 1981-től a TU Dresden műszaki egyetem díszdoktora. Felsőfokú tanulmányait 1920 és 1925 között a freiburgi Bergakademie-n végezte, ahol 1927-ben doktorrá avatták. 1928 és 1936 között P. O. Rosin kutatóintézetében dolgozott, ahol annak vezetésével a szénörlemények finomságát különböző őrleberendezésekkel kutatta, és amely kutatóintézetet 1936-ban a kényszerűségből Angliába áttelepülni készülő P. O. Rosintól meg is vásárolt. Kimagasló eredményeket ért el a kohászati célra alkalmas barnaszén-alapú koks (egykori nevén: BHT-Koks = Braunkohlenhochtemperaturkoks) gyártása lehetőségének kutatásában és a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazásában. Tudományos közleményeinek számát 632-re teszik. Elméleti megfontolások alapján az örlemények szemmegoszlásának jellemzésére E. Rammler és P. O. Rosin együtt dolgozták ki a ma RRSB-eloszlásként ismert exponenciális-eloszlást, amelynek eredeti formáját tőlük függetlenül K. Sperling is levezette, és J. G. Bennett egyszerűsítette, majd hat évvel később E. H. W. Weibull is közzétette. E. Rammler, míg K. Sperling és J. G. Bennett munkásságát ismerte és idézte, addig a Weibull-féle közleményről egy angol professzor révén csak 1973-ban szerzett tudomást; ez megviselte, és rosszaló véleményét E. H. W. Weibull képlet-alkotási módszeréről a Neue Bergbautechnik című NDK-beli folyóiratban 1974-ben hozta nyilvánosságra (Hahn et al. 2015).

Karl Sperling – kiléte ismeretlen, feltehetőleg német mérnök volt – eltérően és függetlenül P. Rosintól és E. Rammlertől a sűrűségfüggvény alakját egy általános parabola és exponenciális-görbe szorzataként fogta fel:  $f(x) = a \times x^m \times e^{-b \times x^n}$ , amelyet  $m = n - 1$  helyettesítés után integrálva a Rosin-Rammler-féle

eloszlás alapra helyezték. *Rosin* és szerzőtársai (*Rosin-Rammler-Sperling* 1933) és *Rammler* (1933, 1937) szerint a szitán fennmaradó anyag mennyiségét a kétparameteres

$$R(x) = e^{-(x/b)^c}$$

összefüggés adja meg, ahol az „a” együttható értéke:  $a = 0$ , a „b” együttható az aprítás finomságát, és a mértékegység nélküli „c” együttható az aprítás egyenletességének a mértékét fejezi ki. Ezt az összefüggést *Sperling* munkája alapján (*Hahn et al.* 2015) továbbfejlesztve az aprított anyag eloszlásfüggvényét (szemmegoszlási görbáját) az akkori (1925-1935) számológépekkel és logarléccel is meghatározható

$$F(x) = 100 \times (1 - e^{-b \times x^n}),$$

kétegyütthatós (b, n) alakban írták fel (*Rinne* 1955, *Beke* 1963), és alkalmazását megkönnyítendő olyan koordinátarendszert is szerkesztettek, amelyben a szemmegoszlási görbe egyenessel ábrázolható (*Hahn et al.* 2015).

Ebből az eloszlásfüggvényből differenciálással adódik a sűrűségfüggvény alakja:

$$f(x) = 100 \times n \times b \times x^{(n-1)} \times e^{-b \times x^n}$$

*Beke*<sup>161</sup> (1963), *Hahn* és *Stoyan* (2015) beszámolt arról, hogy *Rosin* és *Rammler* szenekkel folytatott kísérleteik befejeztével más rideg anyagoknak, így a cement- és a kerámia-örlményeknek a szemmegoszlására is kimutatták képletük érvényességét (*Rosin-Rammler* 1933, 1934).

*Bennett*<sup>162</sup> (1936) ezeknek az összefüggéseknek az alakját  $b = (1/x_0)^n$  helyettesítéssel módosította:

$$F(x) = 100 \times (1 - e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n})$$

$$f(x) = 100 \times n \times \frac{x^{(n-1)}}{x_0^n} \times e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n}$$

Az ebben az alakban felírt exponenciális-eloszlást szokás *RRSB*-eloszlásnak nevezni, de 1951 óta – mióta *Waloddi Weibull* leírta, hogy az anyagok szilárdsági tulajdonságai szintén ugyanezt

eloszlásfüggvénnyel azonos alakú eloszlásfüggvény adódik:  $F(x) = 1 - e^{-b \times x^n}$ . Erről maga *E. Rammler* írt 1937-ben megjelent dolgozatának 163. oldalán (*Beke* 1963, *Rinne* 1995).

<sup>161</sup> *Beke Béla* (1909, Tatabánya – 2001, Budapest) gépészmérnök, a műszaki tudomány doktora, címz. egyetemi tanár, neves cementtechnológiai kutató. A Műegyetem elvégzése (1931) után első munkahelye megszakítással – a II. világháború idején koncentrációs táborba hurcolták – a Magyar Állami Köszénbányák (1932-1950), második munkahelye az Építésügyi Minisztérium (1951-1956) volt. 1956-tól a Szikkti Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, – illetve elődje – Cement Kutató Osztályán, 1965-ig annak vezetőjeként dolgozott. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1959-ben a „Cementörlés körfolyamatban” című, a műszaki tudomány doktora fokozatot 1963-ban „A cementörlés új elmélete és ennek befolyása a technológiára” című értekezésével nyerte el. A körfolyamatos klinkerörlésre vonatkozó elméleti és gyakorlati kutatási eredményei jelentősen hozzájárultak a hazai cementipar fejlődéséhez. „Aprítás és fajtázás” című tankönyve 1952-ben, „Aprításelmélet” című monográfiája magyarul 1963-ban, angolul 1964-ben jelent meg. Tudását a Magyar Tudományos Akadémia bizottságaiban, az Építőanyag című folyóirat szerkesztőbizottságában stb. is kamatoztatta. Idehaza és külföldön konferenciák köztiszteletben álló előadója, több mint 100 tudományos folyóiratcikk szerzője volt.

<sup>162</sup> *John Godolphin Bennett* (1897, London – 1974, Sherborne, Gloucestershire) angol matematikus és filozófus, spiritualista. Alapvetően filozófia tanár volt, de dolgozott államtitkárként a brit kormányban, és 1938-1941 között a szénipari kutatóintézet (British Coal Utilisation Research Association) vezetője is volt, ahol jelentős eredményeket ért el a széntermelés hatékonysága növelésének kutatásában, és olvasva *Rosin* és *Rammler* 1933-ban angol nyelven megjelent két cikkét, módosította a *Rosin-Rammler-Sperling*-féle valószínűségi eloszlásfüggvény alakját.

a valószínűségi eloszlást követik – elterjedtebben nevezik *Weibull*-eloszlásnak (*Hahn et al.*<sup>163</sup> 2015).

---

<sup>163</sup> *Manfred Hahn és Dietrich Stoyan* írja (2015), hogy a Google-hálózaton 2013-ban 2.900.000-szer keresték a *Weibull*-eloszlást, és csak 43.200-szor az *RRSB*-eloszlást (tehát minden egyes *RRSB*-eloszlás keresésre mintegy 67 *Weibull*-eloszlás keresés jutott).





**HIVATKOZOTT JOGSZABÁLYOK**

- 76/769/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve az egyes veszélyes anyagok és készítmények forgalomba hozatalának és felhasználásának korlátozásaira vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről (1976. július 27.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/3. kötet L 262/201 (1976. szeptember 27.)
- 89/106/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve az építési termékekre vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről (1988. december 21.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/9. kötet (1989. február 11.). Hatályát veszttette a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével.
- 93/68/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának irányelve a 87/404/EGK (egyszerű nyomástartó edény), 88/378/EGK (játékok biztonsága), 89/106/EGK (építési termékek), 89/336/EGK (elektromágneses összeférhetőség), 89/392/EGK (gépek), 89/686/EGK (egyéni védőeszközök), 90/384/EGK (nem automatikus működésű mérlegek), 90/385/EGK (aktív beültethető orvostechikai eszközök), 90/396/EGK (gázüzemű berendezések), 91/263/EGK (távközlési végberendezések), 92/42/EGK (folyékony vagy gáznemű tüzelőanyaggal működő új melegvízkazánok) és 73/23/EGK (meghatározott feszültséghatáron belüli használatra tervezett villamossági berendezések) irányelv módosításáról (1993. július 22.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 220. (1993. augusztus 30.) Hatályát veszttette a 305/2011/EU rendelet hatálybalépésével.
- 93/465/EGK Az Európai Közösségek Tanácsának határozata a megfelelőség-értékelési eljárások különböző szakaszainak moduljairól és a CE megfelelőségi jelölés feltüntetését és használatát rögzítő, a műszaki harmonizációs irányelvekben használni kívánt szabályokról (1993. július 22.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja 13/12. kötet. L 220/23. (1993. augusztus 30.)
- 98/34/EK Az Európai Parlament és Tanács irányelve a műszaki szabványok és szabályok terén történő információszolgáltatási eljárás és az információs társadalom szolgáltatásaira vonatkozó szabályok megállapításáról (1998. június 22.) Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 204. (1998. július 21.)
- 765/2008/EK Az Európai Parlament és a Tanács rendelete a termékek forgalmazása tekintetében az akkreditálás és piacfelügyelet előírásainak megállapításáról és a 339/93/EGK rendelet hatályon kívül helyezéséről (2008. július 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 218/30 (2008. augusztus 13.)
- 768/2008/EK Az Európai Parlament és a Tanács határozata a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszeréről, valamint a 93/465/EGK tanácsi határozat hatályon kívül helyezéséről

- (2008. július 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 218/82 (2008. augusztus 13.)
- 305/2011/EU Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (2011. március 9.). Az Európai Unió Hivatalos Lapja I. 88/5 kötet (2011. április 4.)
- 23/1967. KPM Miniszteri utasítás a Közúti Hídszabályzat alkalmazásáról. Közlekedési Értesítő 1967. évi 23. szám.
- 16/1970. (VII.23.) ÉVM-KGM-NIM-KPM Miniszteri rendelet az ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat alkalmazásáról
1991. évi XLV. törvény Törvény a mérésügyről
- 127/1991. (X. 9.) Korm. Rendelet a mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról
- 42/1994. (III. 25.) Korm. Rendelet a nemzeti szabványosításról, valamint a laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálási rendjének ideiglenes szabályairól, továbbá a Magyar Szabványügyi Hivatal ideiglenes feladat- és hatásköréről
- 30/1994. (XI. 8.) IKM Ipari és kereskedelmi miniszter rendelete egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról
1993. évi X. törvény Törvény a termékfelelősségről. Magyar Közlöny 1993. évi 24. szám. (1993. március 2.) A törvényt a 2013. évi CLXXVII. törvény 67. § e) pontja hatályon kívül helyezte 2014. március 15. napjával.
1995. évi XXVIII. törvény Törvény a nemzeti szabványosításról. Magyar Közlöny. 1995. évi 33. szám. (1995. április 28.)
2001. évi CXII. törvény Törvény a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról (2001. december 23.) Hatályon kívül helyezte a 2007. évi LXXXII. törvény
- 43/2001. (XII.30.) GM A gazdasági miniszter rendelete az egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (IX:8.) IKM rendelet és azt módosító miniszteri rendeletek hatályon kívül helyezéséről. Magyar Közlöny. 2001. évi 159. szám.
- 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM Együttes rendelet az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól. Magyar Közlöny. 2003. évi 8.szám. 2013.07.01-én érvényét veszítette és helyébe lépett az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete
2003. évi CXXIX. törvény Törvény a közbeszerzésekről. Magyar Közlöny. 2003. évi 157. szám. (2003. december 28.) Hatályon kívül helyezte: 2011. évi CVIII. törvény 181. § (1). Hatálytalan: 2012. I. 1-től. Lásd: a 2011. évi CLXXXII. törvény 40. § (37) szerinti szöveggel hatályba lépő 2011. évi CVIII. törvény 181. § (1)-(2). Az utóbbit a közbeszerzésekről szóló 2015. évi CXLIII. törvény 200. § (2)



	helyezte hatályon kívül. Magyar Közlöny. 2015. évi 142. szám (2015. október 2.)
2007. évi LXXXII. törvény	Törvény egyes jogszabályok és jogszabályi rendelkezések hatályon kívül helyezéséről. Magyar Közlöny 2007. évi 83. szám. (2007. június 29.)
2013. évi V. törvény	Törvény a Polgári Törvénykönyvről. Magyar Közlöny 2013. évi 31. szám. (2013. február 26.)
2013. évi CLXXVII. törvény	Törvény a Polgári Törvénykönyvről szóló 2013. évi V. törvény hatálybalépésével összefüggő átmeneti és felhatalmazó rendelkezésekről. Magyar Közlöny 2013. évi 185. szám. (2013. november 8.)
275/2013. (VII.16.) Korm.	Rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól. Magyar Közlöny. 2013. évi 122. szám.
2016. évi CXVIII. törvény	Törvény az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény módosításáról. Magyar Közlöny. 2016. évi 178. szám (2016. november 18.)
36/2016. (XII. 29.) MvM	A Miniszterelnökséget vezető miniszter rendelete az Építésügyi Műszaki Szabályozási Bizottságról. Magyar Közlöny. 2016. évi 220. szám.
16/2017. (V.25.) NFM	A nemzeti fejlesztési miniszter rendelete az utági műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról. Magyar Közlöny. 2017. évi 74. szám.
ARS 27/2012	Der Bundesminister für Verkehr: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 27/2012 vom 21.12.2012, Sachgebiet 06.1: Straßen-Baustoffe; Anforderungen, Eigenschaften. Bonn, 2012.
BIPM/2019	The International System of Units (SI). Bureau International des Poids et Mesures. 9th edition. Sèvres, 2019. ( <a href="https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9-EN.pdf">https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9-EN.pdf</a> )
CEN–CELENEC:	Geschäftsordnung. Teil 2. Gemeinsame Regeln für die Normungsarbeit. Brüssel, Februar 2017. ( <a href="https://boss.cen.eu/ref/IR2_D.pdf">https://boss.cen.eu/ref/IR2_D.pdf</a> )







**HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK, IRÁNYELVEK, SZABÁLYZATOK**

ASTM C39/C39M:2018	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C138/C138M:2017	Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
ASTM C151/C 151M:2016	Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement
ASTM C173/C173M:2016	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
ASTM C192:1952 T	Tentative method of making and curing concrete compression and flexure test specimens in the laboratory
ASTM C192/C192M:2016a	Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
ASTM C227:2003	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Mortar Bar Method)
ASTM C289:2007	Standard Test Method for Potential Alkali Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)
ASTM C441:2005	Standard Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali Silica Reaction. Jelenleg érvényes változat: ASTM C441/C441M:2011
ASTM C457:1998	Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete. Jelenleg érvényes változat: ASTM C457/C457M:2011
ASTM C494:2012	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. Jelenleg érvényes változat: ASTM C494/C494M:2012
ASTM C586:2011	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method)
ASTM C805/C805M:2013a	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C900:2015	Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete
ASTM C1012:1995	Standard Test Method for Length Change of Hydraulic Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution. Jelenleg érvényes változat: ASTM C1012/C1012M:2012
ASTM C1202:2012	Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration
ASTM C1231/C1231M:2015	Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens
ATV-M 168:1998	Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitung. Merkblatt. Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV, amelyet 2000-ben a DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. váltott fel)
BS 1881-202:1986	Testing concrete. Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer. Visszavont szabvány

- BV-MI 01:2005 Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával (Főszerkesztő: Balázs L. Gy., társszerző és szerkesztő: Kausay T.). Beton és vasbetonépítési műszaki irányelv. *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata. Budapest, 2005.
- CEN/TC 250:2013 Response to Mandate M/515. Towards a second generation of EN Eurocodes. CEN/TC 250 – N 993.
- CEN/TR 16369:2012 Use of control charts in the production of concrete
- DAfStb-Heft 173:1965 Die Bestimmung der zweiachsigen Festigkeit des Betons. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. Berlin., Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1965.
- DAfStb-Heft 422:1991 Prüfung von Beton. Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 1991.
- DAfStb-Heft 516:2001 Sachstandbericht. Selbstverdichtender Beton (SVB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- DAfStb-Heft 569:2007 Sachstandbericht. Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff. Sachstand und Szenarien für die Anwendung in Deutschland. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2007.
- DAfStb-Heft 616:2016 Sachstandbericht Bauen im Bestand. Teil I: Mechanische Kennwerte historischer Betone, Betonstähle und Spannstähle für die Nachrechnung von bestehenden Bauwerken. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- DAfStb-Heft 619:2017 Sachstandbericht Bauen im Bestand. Teil II: Bestimmung charakteristischer Betondruckfestigkeiten und abgeleiteter Kenngrößen im Bestand. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2017.
- DAfStb-Richtlinie:2010 Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteiskörnungen nach DIN EN 12620. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2010.
- DAfStb-Richtlinie SVB:2003 Selbstverdichtender Beton; SVB-Richtlinie:2003. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2003. Visszavont irányelv
- DAfStb-Richtlinie SVB:2012 Selbstverdichtender Beton; SVB-Richtlinie:2012. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2012.
- DBV-Merkblatt:1996 Strahlenschutzbeton. Merkblatt für das Entwerfen, Herstellen und Prüfen von Betonen des bautechnischen Strahlenschutzes (StrahlenschutzbetonMerkblatt 1996). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 1996.

DBV-Merkblatt:2014	Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien (Chemischer Angriff-Merkblatt 2014). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2014.
DBV-Merkblatt:2015	Betondeckung und Bewehrung. Sicherung der Betondeckung beim Entwerfen, Herstellen und Einbauen der Bewehrung sowie des Betons nach EC 2 (Betondeckung-Merkblatt 2015). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2015.
DBV-Merkblatt:2017	Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung (Chemischer Angriff-Merkblatt 2017). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.
DIN 459-1:1995	Mischer für Beton und Mörtel. Teil 1: Begriffe, Leistungsermittlung, Größen
DIN 820-3:2014	Normungsarbeit. Teil 3: Begriffe
DIN 1045:1978	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1045:1988	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1045-1:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 1992-1-1:2011 és DIN EN 1992-3:2011 szabvány
DIN 1045-2:2001	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. A DIN EN 206-1 európai szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma
DIN 1045-2:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. A DIN EN 206-1 európai szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma
DIN 1045-3:2001	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN 1045-3:2008, DIN 1045-3:2012, DIN EN 13670:2011 szabvány
DIN 1045-3:2008	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 3: Bauausführung. Az előző változat 2001-ben jelent meg
DIN 1048:1957	Bestimmungen für Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton
DIN 1048-1:1978	Prüfverfahren für Beton. Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper
DIN 1048-2:1991	Prüfverfahren für Beton. Festbeton im Bauwerken und Bauteilen. Visszavont szabvány
DIN 1048-4:1991	Prüfverfahren für Beton. Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen. Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren
DIN 1048-5:1991	Prüfverfahren für Beton. Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper

DIN 1055-100:2001	Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
DIN 1164-10:2004	Zement mit besonderen Eigenschaften Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften
DIN 4030-2:2008	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
DIN 4102-4:1994	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Visszavont szabvány
DIN 4102-4/A1:2004	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1. visszavont szabvány
DIN 4102-22:2004	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten. Visszavont szabvány
DIN 4226-100:2002	Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel. Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen
DIN 4227:1953	Spannbeton. Richtlinien für die Ausführung und Bemessung
DIN 5033-2:1992	Farbmessung. Teil 2.: Normvalenz-Systeme
DIN 18316:2016	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln
DIN 18506:2002	Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder. Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien
DIN 18560-7:2004	Estriche im Bauwesen. Teil 7: Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestriche)
DIN 25413-1:2013	Klassifikation von Abschirmbetonen nach Elementanteilen. Teil 1: Abschirmung von Neutronenstrahlung
DIN 25413-2:2013	Klassifikation von Abschirmbetonen nach Elementanteilen. Teil 2: Abschirmung von Gammastrahlung
DIN V 20000-120:2006	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken. Teil 120: Anwendungsregeln zu DIN EN 13369:2004
DIN EN 206:2017	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016
DIN EN 1990:2002	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. Módosították: DIN EN 1990/A1:2006 és a DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1:2010 jel alatt



DIN EN 1992-1-1:2011	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
DIN EN 1992-1-1/NA:2013	Nationaler Anhang. National festgelegte Parameter. Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1992-3:2011	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton; Deutsche Fassung EN 1992-3:2006
DIN EN 13369:2001	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 13369:2004 szabvány
DIN EN 13369:2004	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile. Visszavont szabvány. Érvénytelenítette a DIN EN 13369:2010 szabvány
DIN EN 13369:2010	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile
DIN EN 13670:2011	Ausführung von Tragwerken aus Beton
E DIN EN 13791:2006	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen. Szabványtervezet. Az európai prEN 13791 szabványtervezet német változata. Felváltotta a végleges DIN EN 13791:2008 szabvány
DIN EN 13791:2008	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen
DIN EN ISO 29581-2:2007	Prüfverfahren für Zement - Chemische Analyse von Zement. Teil 2: Analyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (ISO/DIS 29581-2:2007). Visszavont szabvány, érvényes változata: ISO 29581-2:2010
DIN EN ISO 80000-2:2013	Größen und Einheiten. Teil 2: Mathematische Zeichen für Naturwissenschaft und Technik (ISO 80000-2:2009)
DIN-Fachbericht 100:2010	Beton. Zusammenstellung von DIN EN 206-1 Beton. Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität und DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
DIN-Fachbericht 102:2009	Betonbrücken. Visszavont jelentés
DWA-M 168:2010	Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserleitungen. DWA-Regelwerk, Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
EN 206-1:2000	Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity. Módosították: EN 206-1:2000/A1:2004 és EN 206-1:2000/A2:2005 jel alatt
EN 1992-1-1:2004	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Helyesbítették az EN 1992-1-1:2004/AC:2008 jel alatt.

EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Az EN 1992-1-1:2004 szabvány 2008. évi helyesbitése
ETAG 001:2008	Guideline for European Technical Approval of metal anchors for use in concrete
e-UT 05.01.12:2008	Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 1. rész: Kőanyagalmazok utak, repülőterek és más közforgalmi területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonataihoz. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.601-1:2008
e-UT 05.01.14:2008	Útépítési zúzottkövek és zúzottkavicsok. 2. rész: Zúzott kőanyagalmazok út-, pálya- és hidbetonokhoz. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.601-2:2008
e-UT 05.02.31:2008	Útbeton betonhulladék újrahasznosításával. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.710:2008
e-UT 05.02.54:2006	Pályalemezekből visszanyert beton újrafelhasználása. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.210:2006
e-UT 06.03.11:2010	Kerékpár utak, gyalogutak és járdák pályaszerkezete. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.502:2010
e-UT 06.03.12:2009	Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.503:2009
e-UT 06.03.15:2006	Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.211:2006
e-UT 06.03.31:2017	Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények. Ütügyi műszaki előírás-tervezet. Előzménye: ÚT 2-3.201:2006
e-UT 06.03.32:1993	Útépítési beton burkolatalapok. Követelmények. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.204:1993
e-UT 06.03.34:2007	Kompozit burkolatú (merev) útpályaszerkezetek építése. Építési előírások, követelmények. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-1.504:2007
e-UT 06.03.35:2008	Hézagaiban vasalt, kétrétegű, mosott felületképzésű betonburkolatú merev útpályaszerkezet építése. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.213:2008
e-UT 06.03.42:2007	Betonkő burkolatú pályaszerkezetek tervezése és építése. Követelmények. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.212:2007
e-UT 06.03.52:2007	Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Tervezési előírások. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.207:2007
e-UT 07.01.14:2011	Beton, vasbeton és feszített vasbeton hidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 4. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.414:2004
e-UT 07.01.17:2010	Szigetelés és aszfaltburkolat nélküli NT-betonból készülő hídfelszerkezetek tervezése és építése. MAÚT tervezési útmutató (TÚ 21.)
e-UT 07.01.21:2016	Közlekedésépítési célú, előregyártott könnyűbeton tartószerkezeti elemek tervezése és gyártása. MAÚT tervezési útmutató (TÚ 32.)
e-UT 08.02.31:2007	Betonburkolatok fenntartási technológiái. Ütügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-2.125:2007

e-UT 09.01.31:1990	Út- és hídépítési betonok párazáró anyagainak minőségi követelményei és vizsgálati módszerei. Útügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.702:1990
e-UT 09.03.11:1999	Beton vasbeton és feszített vasbeton hidak betonkorróziós vizsgálata. Karbonátosodás, a kloridbehatolás mélységének és a kloridtartalom mennyiségének meghatározása. Útügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-3.408:1999
e-UT 09.04.11:1999	Közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal és ultrahanggal. Útügyi műszaki előírás. Régi jele: ÚT 2-2.204:1999
ÉKSZ:1970	Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1970.
FGSV-Merkblatt für Luftporenbeton	Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. FGSV Arbeitsgruppe Betonstraßen. Köln, 2004.
ISO 565:1990	Test sieves. Woven metal wire cloth, perforated plate and electroformed sheet. Nominal size of openings
ISO 1920-3:2004	Testing of concrete. Part 3: Making and curing test specimens
ISO 1920-4:2005	Testing of concrete. Part 4: Strength of hardened concrete
ISO 4012:1978	Concrete. Determination of compressive strength of test specimens
ISO 4316:1977	Surface active agents. Determination of pH of aqueous solutions. Potentiometric method
ISO 7150-2:1986	Water quality. Determination of ammonium. Part 2: Automated spectrometric method
ISO 7890-1:1986	Water quality. Determination of nitrate. Part 1: 2,6-Dimethylphenol spectrometric method
ISO 8405:2013	Tools for moulding. Ejector sleeves with cylindrical head. Basic series for general purposes
ISO 9277:2010	Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption. BET method
ISO 16204:2012	Durability. Service life design of concrete structures
ISO 29581-2:2010	Cement. Test methods. Part 2: Chemical analysis by X-ray fluorescence. A szabványt 2015-ben felülvizsgálták, és változatlanul érvényben hagyták
ISO 80000	Data quality. 2000-es évek elején megjelent szabványsorozat a mértékegységekről
JCSS 2000:	Probabilistic Model Code. Joint Committee on Structural Safety, RILEM. <a href="http://www.jcss.ethz.ch">www.jcss.ethz.ch</a> , 2000
JGJ/T23:2001	Technical specification for inspection of concrete compressive strength by rebound method. Visszavont kínai szakmai szabvány, ma érvényes változata: JGJ/T23:2011. <a href="https://www.codeofchina.com/standard/JGJT23-2011.html">https://www.codeofchina.com/standard/JGJT23-2011.html</a>
JSCE:1999	Standard Test Methods for Self-Compacting Concrete. Japan Society of civil Engineers. Tokyo, 1999.

	( <a href="http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/e/newsletter/newsletter01/recommendation/selfcompact/4.pdf">http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/e/newsletter/newsletter01/recommendation/selfcompact/4.pdf</a> )
Közúti Hídszabályzat	KPM Sz. HI/I-56 R jelű Közúti Hídszabályzat. KPM IX. 2. Közúti Hídosztály. Budapest, 1956.
Közúti Hídszabályzat	KPM SZ HI/1-67 jelű Közúti Hídszabályzat. KPM Közúti Főosztály. Budapest, 1968.
KPMSZ KT/1:1954 MÁV H. 2. sz.:1984	Városi és községi utak tervezési irányelvei Magyar Államvasutak. Utasítás vasúti beton és vasbetonhidak építésére. Közlekedési Dokumentációs Vállalat. Budapest, 1984.
MÉASZ ME-04.19:1995	Beton és vasbeton készítése. Műszaki előírás. Magyar Építőanyagipari Szövetség. Budapest, 1995.
MI-04.19:1981	Beton és vasbeton készítése. Építésügyi ágazati műszaki irányelv. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1981.
MI-04-562:1992 MI-07-3318:1986	Transzportbeton. Építésügyi ágazati műszaki irányelv Közúti betonburkolatok és mőtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal. Visszavont közlekedési ágazati műszaki irányelv
MI 15011:1988	Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata. Visszavont műszaki irányelv
MI 15022-6:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Könnyűbeton szerkezetek. Visszavont műszaki irányelv
MNOSZ 4715:1955 Model Code 1990:	Megszilárdult beton vizsgálata. Visszavont szabvány CEB-FIP Model Code 1990. Final draft. Volume 1. és Volume 2. CEB. Comité Euro-International du Béton. Lausanne, 1991.
Model Code 2010:	<i>fib</i> Model Code 2010. - First complete draft. Volume 1, <i>fib</i> Bulletin 55. és Volume 2, <i>fib</i> Bulletin 56. International Federation for Structural Concrete ( <i>fib</i> ). Lausanne, 2010. - Final draft, Volume 1, <i>fib</i> Bulletin 65. és Volume 2, <i>fib</i> Bulletin 66. International Federation for Structural Concrete ( <i>fib</i> ). Lausanne, 2012.
MSZ-07 3212-3:1981	Beton pályaburkolatok. Követelmények. Visszavont szabvány
MSZ 339:1987 MSZ 260-6:1977	Melegen hengerelt betonacél szabvány 3. kiadása, 2006) Szennyvizek vizsgálata. Kloridion meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 448-9:1980 MSZ 448-18:1977 MSZ 982:1987 MSZ 4702-2:1997	Ivóvízvizsgálat. Ólom meghatározása Ivóvízvizsgálat. Foszfát meghatározása Hidegen alakított betonacélhuzal Cementek. Követelmények és megfelelőségi feltételek. Visszavont szabvány
MSZ 4702-4:1982	Cementek. Szulfátálló portlandcementek. Visszavont szabvány
MSZ 4713:1955	A beton alapanyagainak vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4714:1955 MSZ 4714-2:1986	Friss betonkeverékek vizsgálata. Visszavont szabvány A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének

	és légpórustartalmának meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 4714-3:1986	A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A konzisztencia meghatározása. Visszavont szabvány
MSZ 4715:1955	Lásd: MNOSZ 4715:1955
MSZ 4715:1961	Megszilárdult beton vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-3:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok. Érvényes szabvány
MSZ 4715-4:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-4:1987	Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata. Visszavont szabvány
MSZ 4715-5:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Roncsolásmentes vizsgálatok. Visszavont szabvány
MSZ 4719:1958	A betonok fajtái és jelölésük. Visszavont szabvány
MSZ 4719:1982	Betonok. Visszavont szabvány
MSZ 4720-2:1980	A beton minőségének ellenőrzése. 2. rész: Általános tulajdonságok ellenőrzése. Visszavont szabvány
MSZ 4737-1:2002	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4737-1:2013	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4737-2:2013	Különleges cementek. 2. rész: Fehér cementek
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 4798:2016/1M:2017	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon. Az MSZ 4798:2016 módosítása.
MSZ 4798:2016/2M:2018	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon. Az MSZ 4798:2016 módosítása.
MSZ 5720:1993	Feszítőhuzal feszített vasbeton szerkezetekhez. 2. kiadás, 2003. október
MSZ 9620-3:1990	Fénytechnológiai terminológia. Színmérés
MSZ 11336:1952 R	Ipartelepi belső utak tervezési irányelvei
MSZ 11346:1954 R	Alsóbbrendű utak tervezési irányelvei
MSZ 11404:1992	Adalékos könnyűbeton kézi falazóelemek. Visszavont szabvány
MSZ 11405:1992	Leier-építőelemek. Hat szabványból álló visszavont szabványsorozat
MSZ 12750-8:1989	Felszíni vizek vizsgálata. A cinktartalom meghatározása
MSZ 15022-1:1971	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-1:1971 M (1980)	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek

MSZ 15022-1:1971 M (1982)	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-1:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-3:1986	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Beton szerkezetek
MSZ 15123:1952	Beton útburkolási munka
MSZ 15125:1952	Repülőterek guruló- és futópályáinak burkolási munkái
MSZ 15266:1952 R	Főközlekedési utak tervezési irányelvei
MSZ 18094-11:1979	Talajkorróziós vizsgálatok. A talaj és a talajvíz klorid-ion tartalmának meghatározása
MSZ 18281:1979	Építési kőanyagok kőzettani megnevezése és osztályai
MSZ 18287-1:1990	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. Los Angeles-vizsgálat
MSZ 18287-6:1984	Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. Mikro-Deval-vizsgálat
MSZ 18288-1:1991	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlás vizsgálata szitálással. Visszavont szabvány
MSZ 18288-2:1984	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlás vizsgálata ülepítéssel
MSZ 18288-3:1978	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemalak vizsgálata
MSZ 18288-5:1981	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlásjellemzők számítása
MSZ 18289-3:1985	Építési kőanyagok időállóságvizsgálata. Szulfátos kristályosítás. Visszavont szabvány
MSZ 18290-1:1981	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kopási vizsgálat Böhme módszerrel
MSZ 18291:1978	Zúzottkő. Visszavont szabvány
MSZ 18293:1979	Homok, homokos kavics és kavics. Visszavont szabvány
MSZE 15612:2014	Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek. Magyar előszabvány
MSZ CEN/TR 15177:2009	A beton fagyállóságának vizsgálata. Belső szerkezeti károsodás. Európai műszaki jelentés
MSZ CEN/TS 12390-9:2018	A megszilárdult beton vizsgálata. 9. rész: Fagyállóság. Lehámlás. Európai műszaki előírás
MSZE 21992-1-2:2008	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre (Az MSZ EN 1992-1-2:2005 nemzeti melléklete)
MSZ EN 196-1:2016	Cementvizsgálati módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása
MSZ EN 196-2:2013	Cementvizsgálati módszerek. 2. rész: A cement kémiai elemzése
MSZ EN 196-3:2017	Cementvizsgálati módszerek. 3. rész: A kötési idő és a térfogat-állandóság meghatározása
MSZ EN 196-5:2011	Cementvizsgálati módszerek. 5. rész: A puccoláncementek puccolánosságának meghatározása
MSZ EN 196-6:2010	Cement vizsgálati módszerek. 6. rész: Az őrlési finomság meghatározása

MSZ EN 196-7:2008	Cementvizsgálati módszerek. 7. rész: A cement mintavételi és minta-előkészítési eljárásai
MSZ EN 196-8:2010	Cementvizsgálati módszerek. 8. rész: Hidratációs hő. Oldásos módszer
MSZ EN 196-9:2010	Cementvizsgálati módszerek. 9. rész: Hidratációs hő. Féladiabatikus módszer
MSZ EN 196-10:2007	Cementvizsgálati módszerek. 10. rész: A cement vízdoldható króm(VI)- tartalmának meghatározása
MSZ EN 197-1:2011	Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei. 2. kiadás, 2017. augusztus
MSZ EN 197-4:2004	Cement. 4.rész: Kis kezdőszilárdságú kohósalakcementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei. Visszavonták, mert beépült az MSZ EN 197-1:2011 szabványba
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Módosították: MSZ EN 206-1:2000/A1:2004, MSZ EN 206-1:2000/A2:2005 és MSZ EN 206:2013+A1:2017 jel alatt
MSZ EN 206-9:2010	Beton. 9. rész: Kiegészítő szabályok öntömörödő betonhoz. Visszavont szabvány
MSZ EN 206:2014	Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Visszavont szabvány
MSZ EN 206:2013+A1:2017	Beton. Műszaki követelmények, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 413-1:2011	Kőművescement. 1. rész: Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 450-1:2013	Pernye betonhoz. 1. rész: Fogalommeghatározások, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 451-1:2017	Pernyevizsgálati módszerek. 1. rész: A szabad kalcium-oxid meghatározása
MSZ EN 451-2:2017	Pernyevizsgálati módszerek. 2. rész: A finomság meghatározása vizes szitálással
MSZ EN 480-1:2015	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 1. rész: Referenciabeton és referenciahabarcs a vizsgálatokhoz
MSZ EN 480-10:2009	Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 10. rész: A vízdoldható kloridtartalom meghatározása
MSZ EN 480-11:2006	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
MSZ EN 933-1:2012	Kőanyagalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Szitavizsgálat
MSZ EN 933-2:1998	Kőanyagalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Vizsgálósziták, a szitanyílások névleges mérete Ennek az 5. fejezete szól az R20-as szitasorotatról, de az

	új FprEN 933-2:February 2020 szabványtervezet az R20 szitasorozatot részletezve tartalmazza.
MSZ EN 933-3:2012	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A szemalak meghatározása. Lemezségi szám
MSZ EN 933-4:2008	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: A szemalak meghatározása. Szemalaktényező
MSZ EN 933-5:1999	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Tört szemek százalékos mennyiségének meghatározása durva kőanyaghalmozokban
MSZ EN 933-5:1998/A1:2005	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Tört szemek százalékos mennyiségének meghatározása durva kőanyaghalmozokban
MSZ EN 933-6:2014	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Felületi jellemzők meghatározása. A kőanyaghalmozok kifolyási tényezője
MSZ EN 933-8:2000	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 8. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. Homokegyenérték-módszer
MSZ EN 933-9:2009	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 9. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. Metilénkékmódszer
MSZ EN 933-10:2009	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 10. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. A kőliszt szemmegoszlása (légsugaras szitálás)
MSZ EN 933-11:2009	Kőanyaghalmozok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 11. rész: Újrahasznított durva kőanyaghalmozok alkotóanyagainak osztályozó vizsgálata
MSZ EN 934-1:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 1. rész: Közös követelmények
MSZ EN 934-2:2009+A1:2012	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés. Előzményei: MSZ EN 934-2:2002 és MSZ EN 934-2:2001/A2:2006
MSZ EN 934-4:2009	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 4. rész: Adalékszerek feszítőkábelek injektálóhabarcsához. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés
MSZ EN 934-5:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 5. rész: Adalékszerek lőtt betonhoz. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés
MSZ EN 934-6:2002	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. 6. rész: Mintavétel, megfelelés-



	ellenőrzés és megfelelőség-értékelés. Módosították: MSZ EN 934-6:2001/A1:2006 jel alatt
MSZ EN 1008:2003	Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is
MSZ EN 1008:2003	Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert
MSZ EN 1097-1:1998	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval). Módosították: MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004 jel alatt
MSZ EN 1097-2:2010	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása
MSZ EN 1097-3:2000	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagterfogat meghatározása
MSZ EN 1097-6:2013	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása.
MSZ EN 1097-8:2009	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 8. rész: A csiszolódási érték meghatározása
MSZ EN 1097-9:2014	Kőanyagalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 9. rész: A szöges gépjárműabroncsok koptatásával szembeni ellenállás meghatározása. Skandináv vizsgálat
MSZ EN 1338:2003	Beton útburkoló elemek. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1339:2003	Beton járdalapok. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1340:2003	Beton útszegélyelemek. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1341:2002	Természetes útburkoló kőlapok külső kövezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1342:2002	Természetes útburkoló kövek külső kövezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1367-1:2007	Kőanyagalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 1. rész: A fagyállóság meghatározása
MSZ EN 1367-2:2010	Kőanyagalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás
MSZ EN 1367-3:2001	Kőanyagalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálatai. 3. rész: A „napszűrős bazalt” forralásos vizsgálata

MSZ EN 1367-6:2009	Kőanyaghalmozok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálatai. 6. rész: A fagyállóság meghatározása só (NaCl) jelenlétében
MSZ EN 1504-2:2005	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 2. rész: A beton felületvédelmi rendszerei
MSZ EN 1504-3:2006	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalommeghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 3. rész: Szerkezeti és nem szerkezeti javítás
MSZ EN 1536:2012	Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fürt cölöpök
MSZ EN 1538:2012	Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Résfalak
MSZ EN 1542:2000	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A tapadószilárdság meghatározása leszakítással
MSZ EN 1744-1:2009+A1:2013	Kőanyaghalmozok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kémiai elemzés
MSZ EN 1766:2017	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. Referenciabetonok vizsgálathoz
MSZ EN 1917:2003	Vasalatlan, acélszálas és vasalt betonból készült tisztító- és ellenőrző aknák
MSZ EN 1990:2011	Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai. Módosították: MSZ EN 1990:2002/A1:2008 jel alatt
MSZ ENV 1992-1-1:1999	Eurocode 2: betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-1:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-1:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-2:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
MSZ EN 1992-1-2:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
MSZ EN 1992-2:2009	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 2. rész: Betonhidak. Tervezési és szerkesztési szabályok
MSZ EN 1992-3:2011	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 3. rész: Folyadék tartályok és tárolószerkezetek
MSZ EN 10002-1:2001	Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálat szobahőmérsékleten. Visszavont szabvány
MSZ EN 10080:2005	Betonacél. Hegeszthető betonacél. Általános követelmények (2. kiadás 2007)
MSZ EN 10088-1:2005	Korrózióálló acélok. 1. rész: A korrózióálló acélok jegyzéke
MSZ EN 10088-5:2009	Korrózióálló acélok. 5. rész: Szerkezeti célú, korrózió ellenálló acélból készült rudak, hengerhuzalok, huzalok, idomacélok és fényes termékek műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 12114:2000	Épületek hővédelme. Épületszerkezetek és épületelemek légáteresztő képessége. Laboratóriumi vizsgálat

MSZ EN 12350-1:2019	A friss beton vizsgálata. 1. rész: Mintavétel
MSZ EN 12350-2:2019	A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadásvizsgálat
MSZ EN 12350-3:2019	A friss beton vizsgálata. 3. rész: VEBE vizsgálat
MSZ EN 12350-4:2019	A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörödési tényező (helyesen: <i>Tömörítési mérték</i> )
MSZ EN 12350-5:2019	A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés ejtőasztalon
MSZ EN 12350-6:2019	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
MSZ EN 12350-7:2019	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Levegő-tartalom. Nyomásmódszerek
MSZ EN 12350-8:2019	A friss beton vizsgálata. 8. rész: Öntömörödő beton. A rokadási terület vizsgálata
MSZ EN 12350-9:2010	A friss beton vizsgálata. 9. rész: Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat
MSZ EN 12350-10:2010	A friss beton vizsgálata. 10. rész: Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat
MSZ EN 12350-11:2010	A friss beton vizsgálata. 11. rész: Öntömörödő beton. Az ülepedési stabilitás szitás vizsgálata
MSZ EN 12350-12:2010	A friss beton vizsgálata. 12. rész: Öntömörödő beton. Fékezógyűrűs vizsgálat
MSZ EN 12371:2002	Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A fagyállóság meghatározása
MSZ EN 12390-1:2013	A megszilárdult beton vizsgálata. 1. rész: A próbatestek és sablonok alak-, méret- és egyéb követelményei
MSZ EN 12390-2:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: A szilárdságvizsgálatokhoz szükséges próbatestek készítése és tárolása
MSZ EN 12390-3:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága
MSZ EN 12390-4:2000	A megszilárdult beton vizsgálata. 4. rész: Nyomószilárdság. Előírások a vizsgálóberendezésekre
MSZ EN 12390-5:2019	A megszilárdult beton vizsgálata. 5. rész: A próbatestek hajlító-húzó szilárdsága
MSZ EN 12390-6:2010	A megszilárdult beton vizsgálata. 6. rész: A próbatestek hasító-húzó szilárdsága
MSZ EN 12390-7:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 7. rész: A megszilárdult beton testsűrűsége
MSZ EN 12390-8:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A vízzáróság vizsgálata
MSZ EN 12390-12:2020	A megszilárdult beton vizsgálata. 12. rész: A beton karbonátosodási hajlamának meghatározása. Gyorsított karbonátosodási módszer
MSZ EN 12504-1:2009	A beton vizsgálata szerkezetekben. 1. rész: Fúrt próbatestek. Mintavétel, vizsgálat és a nyomószilárdság meghatározása
MSZ EN 12504-2:2013	A beton vizsgálata szerkezetekben. 2. rész: Roncsolásmentes vizsgálat. A visszapattanási érték meghatározása
MSZ EN 12504-3:2005	A beton vizsgálata szerkezetekben. 3. rész: A kihúzási erő meghatározása

MSZ EN 12504-4:2005	A beton vizsgálata szerkezetekben. 4. rész: Az ultrahang terjedési sebességének meghatározása
MSZ EN 12620:2002+A1:2008	Kőanyaghalmozok (adalékanyagok) betonhoz
MSZ EN 12878:2005	Pigmentek cement- és/vagy mészalapú építőanyagok színezésére. Műszaki követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 13043:2003	Kőanyaghalmozok (adalékanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonatokhoz
MSZ EN 13055-1:2003	Könnyű kőanyaghalmozok. 1. rész: Könnyű kőanyaghalmozok (adalékanyagok) betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz és javítására. Vizsgálati módszerek. A nyomási rugalmassági modulus meghatározása
MSZ EN 13139:2006	Kőanyaghalmozok (adalékanyagok) habarcshoz
MSZ EN 13242:2002+A1:2008	Kőanyaghalmozok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz
MSZ EN 13263-1:2005+A1:2009	Szilikapor betonhoz. 1. rész: Fogalommeghatározások, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 13285:2011	Kötőanyag nélküli keverékek. Előírások
MSZ EN 13295:2004	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A karbonizációval (helyesen: karbonátosodással) szembeni ellenálló képesség meghatározása
MSZ EN 13369:2013	Előre gyártott betontermékek általános szabályai
MSZ EN 13369:2018	Előregyártott betontermékek általános szabályai
MSZ EN 13577:2007	Vegy hatáson kitett beton. A víz agresszív szén-dioxid-tartalmának meghatározása
MSZ EN 13639:2017	A mészkő összes szervesszén-tartalmának meghatározása.
MSZ EN 13670:2010	Betonszerkezetek kivitelezése
MSZ EN 13687-1:2002	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A hőmérséklet-változással kapcsolatos tűrőképesség (összeférhetőség) meghatározása. 1. rész: Fagyasztási-olvasztási ciklusok olvasztósó oldatba merítéssel
MSZ EN 13687-3:2002	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A hőmérséklet-változással kapcsolatos tűrőképesség (összeférhetőség) meghatározása. 3. rész: Hőmérséklet-változási ciklusok olvasztósóoldat hatása nélkül
MSZ EN 13791:2007	Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése. Visszavont szabvány
MSZ EN 13791:2019	Betonszerkezetek és előregyártott betonelemek építéshelyi nyomószilárdságának értékelése
MSZ EN 13813:2003	Esztrich és padozati anyagok. Esztrichhabarcsok. Tulajdonságok és követelmények
MSZ EN 13877-1:2013	Betonburkolatok. 1. rész: Anyagok
MSZ EN 13877-2:2013	Betonburkolatok. 2. rész: Betonburkolatok rendeltetésének megfelelő követelményei

MSZ EN 13892-3:2004	Esztrichhabarcsok vizsgálati módszerei. 3. rész: A kopási ellenállás meghatározása Böhme szerint
MSZ EN 14068:2004	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A betonban lévő kiinjektált, nem mozgó repedések vízzáróságának meghatározása
MSZ EN 14216:2015	Cement. Nagyon kis hőfejlesztésű különleges cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei
MSZ EN 14630:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A megszilárdult beton karbonátosodási mélységének meghatározása fenolftaleines módszerrel
MSZ EN 14651:2005+A1:2008	Fémshálós beton vizsgálati módszere. A hajlító-húzó szilárdság mérése [arányossági határ (LOP), maradó hajlító-húzó szilárdság]
MSZ EN 15167-1:2007	Örölt, granulált kohósalak betonban, habarcsban és injektálóhabarcsban való felhasználásra. 1. rész: Fogalommeghatározások, előírások és megfelelőségi feltételek
MSZ EN 15743:2010+A1:2015	Nagy szulfáttartalmú kohósalakcement. Összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek
MSZ EN ISO 6892-1:2016	Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálat szobahőmérsékleten
MSZ EN ISO 7500-1:2016	Fémek. Egytengelyű statikus vizsgálógépek kalibrálása és ellenőrzése. 1. rész: Húzó és nyomó vizsgálógépek. Az erőmérő rendszer kalibrálása és ellenőrzése (ISO 7500-1:2015)
MSZ EN ISO 7980:2000	Vízminőség. A kalcium és a magnézium meghatározása. Atomabszorpciós spektrometriás módszer
MSZ EN ISO 10304-1:2009	Vízminőség. Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész: A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása (ISO 10304-1:2007)
MSZ EN ISO 12572:2016	Építési anyagok és termékek hő- és nedvességtechnikai viselkedése. A páravezetési tulajdonságok meghatározása. Poharas módszer (ISO 12572:2016)
MSZ EN ISO 80000-1:2013	Mennyiségek és mértékegységek. 1. rész: Általános elvek (ISO 80000-1:2009 + Cor 1:2011)
MSZ ISO 5725-1:2000	Mérési módszerek és eredmények pontossága (valódiság és precizitás). 1. rész: Általános elvek és meghatározások
MSZ ISO 7150-1:1992	Az ammónium meghatározása vízben. 1. rész: Manuális spektrofotometriás módszer
MSZ ISO 80000-2:2012	Mennyiségek és egységek. 2. rész: A természettudományokban és technikában használt matematikai jelek és jelképek
MSZ ISO 80000-3:2012	Mennyiségek és egységek. 3. rész: Tér és idő
MSZ ISO 80000-4:2012	Mennyiségek és egységek. 4. rész: Mechanika
MSZ ISO 80000-5:2012	Mennyiségek és egységek. 5. rész: Termodinamika
MSZ ISO 80000-11:2012	Mennyiségek és egységek. 11. rész: Jellegzetes számok

MSZ IEC 50(191):1992	Nemzetközi elektrotechnikai szótár. 191. kötet: Megbízhatóság és a szolgáltatás minősége
Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken:	Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Abteilung Straßenbau. 2011
NBN B 15-225:1984	Concrete testing. Determination of hardness of surface. Sclerometric index
NEN 2743:2003	Oppervlak van monolitisch afgewerkte betonvloeren; Uitvoering en kwaliteitsbeoordeling
NF P 18-417:1989 XP	Béton. Mesure de la dureté de surface par rebondissement à l'aide d'un sclerometre
NF EN 206-1/NF P18-325-1:2009	Béton. Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité. Francia honosított szabvány
NT-Build 492:1999	Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. Published by Nordtest. Nordisk Innovations Center. Oslo
ON-NP 10:2002	Zusammenstellung der Prüfverfahren Beton (PVB) gemäß ÖNORM B 3303. Visszavont szták normatív dokumentum, a helyére lépett normatív dokumentum jelzete: ONR 23303:2010
ONR 23303:2010	Prüfverfahren Beton (PVB) - Nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe. Az ÖNORM B 3303:2002 szabvány és az ON-NP 10:2002 oszták normatív dokumentum utóddokumentuma
ONR 29196-4:2008	Prüfverfahren für Zement. Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile (CEN/TR 196-4:2007)
ÖBRV-Richtlinie:2009	Richtlinie für Recycling-Baustoffe. Gesamtausgabe „Grün“ + „Rot“. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband. 8. Auflage. September 2009. Wien
ÖNORM B 3303:2002	Betonprüfung. Visszavont szabvány, a helyére lépett oszták normatív dokumentum jelzete: ONR 23303:2010
ÖNORM B 3309-1:2010	Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ). Teil 1: Kombinationsprodukte (GC/GC-HS)
ÖNORM B 3309-2:2010	Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ). Teil 2: Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel (GS bzw. GS-HS) - Nationale Anwendung der ÖNORM EN 15167-1
ÖNORM B 3309-3:2010	Aufbereitete, hydraulisch wirksame Zusatzstoffe für die Betonherstellung (AHWZ) Teil 3: Flugasche für Beton (GF bzw. GF-HS). Nationale Anwendung der ÖNORM EN 450-1
ÖNORM B 4710-1:2007	Beton. Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerkton. Visszavont szabvány
ÖNORM B 4710-1:2018	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität. Teil 1: Regeln zur

	Umsetzung der ÖNORM EN 206 für Normal- und Schwerbeton
ÖNORM B 5017:2000	Hochleistungsbeton im Siedlungswasserbau (HL-SW-Beton). Herstellung, Verwendung und Gütenachweis
ÖNORM EN 206-1:2005	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (konsolidierte Fassung)
ÖNORM S 5200:2009	Radioaktivität in Baumaterialien
Padló MI 02:2018	Ipari padlók. Padozati anyagok, rétegek, tulajdonságok, követelmények Az EIPE Esztrich és Ipari Padló Egyesület műszaki irányelve
prEN 206:2012	Concrete. Specification, performance, production and conformity. Európai szabványtervezet. Helyettesíteni fogja az EN 206-1:2000 és az EN 206-9:2010 szabványokat
prEN 1992-1-1:2003	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
prEN 10138-1:2000	Prestressing steels. Part 1: General requirements
prEN 10138-2:2000	Prestressing steels. Part 3: Wire
prEN 10138-3:2000	Prestressing steels. Part 3: Strand
RStO 12	Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. Ausgabe 2012. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
SIA 262:2003	Betonbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SIA 262/1:2013	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SIA 262/1:2019	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SIA 262/1-C2:2016	Betonbau. Ergänzende Festlegungen. Korrigenda C2 zur Norm SIA 262/1:2013. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
SN EN 206+A1:2016	Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (SIA Nummer: 262.051+A1:2016)
SN EN 13670:2009	Ausführung von Tragwerken aus Beton. (SIA Nummer: 262.052:2009)
SS 137003:2002	Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige. Az SS EN 206-1 európai szabvány svéd nemzeti alkalmazási dokumentuma
Technische Baubestimmungen	Historische Baunormen. Umfassende Sammlung historischer Baunormen für Sachverständige und das Bauen im Bestand. DVD. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2018.
TL BetonStB 07	Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Ausgabe 2007. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TL Gestein-StB 04	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. Ausgabe 2004 / Fassung 2007. FGSV

	(Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TP BetonStB 10	Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Ausgabe 2010. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TP Gestein-StB 08	Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau. Ausgabe 2008. FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) Verlag GmbH, Köln
TSZ 01-2013	Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata és tervezési elvei. Műszaki Szabályzat. Szerzők: Dr. Dulácska Endre – Dr. Korda János – Dr. Körmöczy Ernő. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata. Budapest, 2013. A TSZ 01-2010 helyett.
ÚT 2-3.423:2008	Szigetelés és aszfaltburkolat nélküli Nsz-NT betonból készülő hídfelszerkezetek tervezése és építése. Útügyi műszaki előírás tervezet
ÚT 2-3.601:1991	Útépitési zúzott kőanyag. Útügyi műszaki előírás
ÚT 2-3.601:1998	Útépitési zúzott kőanyagok. Útügyi műszaki előírás
ÚT 2-3.601:2006	Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok. Útügyi műszaki előírás
ÚT ...	Lásd e-ÚT... a 2009 óta érvényben lévő útügyi műszaki előírások jelzete
Vasúti Hídszabályzat	H.1.SZ. jelű Vasúti Hídszabályzat (1951). I. kiadás. Közlekedésügyi Minisztérium I. Vasúti Főosztálya. Budapest, 1952.
Vasúti Hídszabályzat	Vasúti Hídszabályzat-tervezet. Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium. Budapest. Ideiglenesen használatba véve 1976. augusztus 1-én
Vasúti Hídszabályzat	H.2.Sz. jelű Utasítás vasúti beton és vasbetonhidak építésére. V. átdolgozott kiadás. MÁV Vezérigazgatóság. Közlekedési Dokumentációs Vállalat. Budapest, 1984.
ZTV BetonStB 07:2007	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton
Z-30.3-6:2003	Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Deutsches Institut für Baute







**HIVATKOZOTT IRODALOM**

- Abrams, D. A.: Design of concrete mixtures. Bull. 1. Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute. Chicago, 1919 és 1925.
- Adam, Th.: Ein modell zur Beschreibeng der Hydratation von Beton in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt. Akadémiai Dissertation. Technische Universität Darmstadt, 2006.
- Adorjányi K.: A nemzeti és az európai szabályozás egységes rendszerének kialakulása az útépitési anyagok területén. Közúti és Mélyépítési Szemle, 57. évfolyam. 2007. május. 5. szám, pp. 19-23.
- Ardenne, M. – Musiol, G. – Klemradt, U.: Effekte der Physik und ihre Anwendungen. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch. Frankfurt, 2005. [http://www.ciando.com/img/books/extract/3808558067\\_lp.pdf](http://www.ciando.com/img/books/extract/3808558067_lp.pdf)
- Arneth, W.: Auswertung der Güteprüfungen an Betonprobekörpern und Bohrkernen. Straße und Autobahn. 1956. No. 12. pp. 424-427.
- Arrhenius, S.: On the Reaction Velocity of the Inversion of Cane Sugar by Acids. Zeitschrift für Physikalische Chemie, No. 4, 1889, pp. 226-232 (as translated and published in Margaret H. Back and Keith J. Laidler, 1967, „Selected Readings in Chemical Kinetics” Pergamon, Oxford, 1967).
- Atrushi, D. S.: Tensile and Compressive Creep of Early Age Concrete: Testing and Modelling. Doctoral Thesis. Trondheim, Norway, 2003.
- Augisztin B. – Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 2. rész: Gyártóüzemi megfigyelések. Beton szakmai lap. XIX. évfolyam. 2011. január. 1. szám, pp. 8-13.
- Bakos F. (szerk.): Idegen szavak és kifejezések szótára. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1973.
- Balázs Gy. (szerk.): Építőanyag praktikum. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.
- Balázs Gy.: Építőanyagok és kémia. Tankönyvkiadó. Budapest, 1984.
- Balázs Gy.: Építőanyagok minősítése. Fejezet Massányi T. (főszerkesztő) – Dulácska E. (szerkesztő): Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1989. könyvben
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. I. kötet. Alapismeretek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1994.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. II. kötet. Mélyépítési beton és vasbeton szerkezetek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1995.
- Balázs Gy.: „A beton károsodásának okai fagy és légköri szennyeződések hatására” című fejezet a „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok” című könyvben (Szerkesztő: Dr. Balázs György és dr. Tóth Ernő), Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1997.
- Balázs Gy.: Barangolásaim a betonkutatás területén. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.
- Balázs Gy.: Dr. György László 80 éves. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 1. szám, p. 30.

- Balázs Gy.: Dr. Palotás László élete és munkássága. Emlékkönyv dr. Palotás László születésének 100. évfordulójára. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2004.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. V. kötet. A kutatás története I. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2004.
- Balázs Gy.: Beton és vasbeton. VI. kötet. A kutatás története II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2005.
- Balázs Gy.: Különleges betonok és betontechnológiák II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2009.
- Balázs Gy.: Különleges betonok és betontechnológiák III. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2010.
- Balázs Gy. – Csányi E.: A levegő szennyezettségének hatása a vasbeton tartósságára. Vasbetonépítés. III. évfolyam. 2001. 3. szám, pp. 89-94.
- Balázs L. Gy.: A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) tevékenysége. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 2. szám, pp. 34-35.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betonkészítés beton és téglahulladék újrahasznosításával. 1. rész: Újrahasznosított adalékanyagok. Vasbetonépítés. IX. évfolyam. 2007. 2. szám, pp. 38-44., 2. rész: Betontervezés és betontulajdonságok. Vasbetonépítés. IX. évfolyam. 2007. 4. szám, pp. 106-116.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betonok fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata és követelmények. 1. rész: Értelmezés. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. 4. szám, pp. 127-135., 2. rész: Vizsgálat. Vasbetonépítés. XI. évfolyam. 2009. 2. szám, pp. 55-65.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Vízáró beton és vizsgálata. Vasbetonépítés, XII. évfolyam. 2010. 2. szám, pp. 47-57.
- Balázs L. Gy. – Kausay T. – Erdélyi A. – Zsigovics I. – Nehme, S. G. – Arany P. – Kopecskó K. – Csányi E.: Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798:2016 környezeti osztályainak megfelelően. Kutatás-fejlesztési tanulmány. Kézirat. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Regisztrációs szám: 37783-003-ÉA/2009. Budapest, 2010. július 31.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:216/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 1. rész: Szabványosítás, a betonszabványok változása 2014 és 2018 között. Vasbetonépítés. 2018. XX. évfolyam. 1. szám, pp. 16-22.
- Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:216/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 2. rész: Betonok szabványos jelölése, betontermék, bedolgozási konzisztencia, betontechnológiai munkaterv. Vasbetonépítés. 2019. XXI. évfolyam. 4. szám, pp. 97-110.
- Balázs L. Gy. – Sajtos I. – Bódi I.: Pier Luigi Nervi. Forma és szerkezet szintézise. Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 4. szám, pp. 2-4.
- Balogh A. – Dukáti F.: Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló mintavételi eljárásai és tervei. Híradástechnika. 24. évfolyam. 1973. 1. szám, pp. 1-8.

- Bargähr, R.: Baustoffe. Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Einführung in das Merkblatt SIA 2018. Fejezet a SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein D 0211 számú dokumentációjában, pp. 45-51. Zürich, 2005.
- Bárdossy K. – Zsoldos B. Z. Bauxitbeton régen és most. TDK-dolgozat. BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Budapest, 2012.
- Bartos, P. J. M.: An appraisal of the Orimet test as a method of on-site assessment of fresh SCC concrete, pp. 121-135. In: Proceeding of the International Workshop on self-compacting concrete. Kochi, Japan. 1998.
- Bartos, P. J. M.: Testing-SCC: Towards new European Standards for fresh SCC. First International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete. SCC'2005 China, pp. 25-44. In: Proceedings PRO 42. RILEM Publications s.a.r.l. Bagneux, France, 2005.
- Basten, M. et al.: Zementrohstoffe in Deutschland. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V., Köln, Verein Deutscher Zementwerke e. V. Düsseldorf 2002.
- Bayer, V.: Multivariate Modellierung operationeller Risiken in Kreditinstituten. Dissertation Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2011.
- Bährner, V.: Report on consistency tests on concrete made by means of the Vebe consistometer. Report No. 1. Joint Research Group on Vibration of Concrete. Svenska Cementforeningen, March 1940.
- Beck, M. – Hofer, M.: Chemischer und Biochemischer Sauerstoffbedarf. VSA (Fachverband für Wasser in der Schweiz) Klärwärterschulung. Glattbrugg, 2005, 2011. <http://vsa.labeaux.ch/>
- Beke B.: Aprításelemélet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1963.
- Bellander, U.: Concrete strength In finished structures. Swedish Cement
- Benedix, R.: Bauchemie. Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten. 4. Auflage. Studium. Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden, 2008.
- Bereczky E. – Reichard E.: A magyar cementipar története. SZIKKTI – CEMŰ – Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1970.
- Bergmeister, K. – Wörner, J.-D. – Fingerloos, F.: Konstruktiver Hochbau, Aktuelle Massivbaunormen. Beton-Kalender 2009 Teil I, pp. 54-56. és 64-65. Jahrgang 98. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2009.
- Bergmeister, K. – Cordes, T. – Lun, H. – Murr, R. – Reichel, E.: Beton unter hoher Temperaturbeanspruchung. Brandschutz und Rettungssysteme in Tunneln. Beton-Kalender 2018. Band 2., pp. 513-556. Jahrgang 107. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2018.
- Bertram, A.: Vorlesungsmanuskript zur Festigkeitslehre I + II. Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Mechanik, Lehrstuhl für Festigkeitslehre. Magdeburg, 2007.
- Beton-Kalender 1991: Schriftleitung J. Eibl, Karlsruhe, Teil II, pp. 263. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1991.

- Biczók I.: Betonkorrózió, betonvédelem. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1956.
- Biczók, I.: Betonkorrosion, Betonschutz. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960.
- Bilgeri, P. – Eickschen, E. – Felsch, K. – Klaus, I. – Vogel, P. – Rendchen, K.: Verwendung von CEM II- und CEM III-Zementen in Fahrbahndeckenbeton. BetonInformationen, 2007. No. 2., pp. 15-31.
- Bischof, S.: Merkblatt Betonerosion in Biologiebecken von ARA. Erläuterungen. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerosion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei: [http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerosion\\_in\\_ara/index.html?lang=de](http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerosion_in_ara/index.html?lang=de)
- Blessing, E.: Ausführung, Instandhaltung und Sanierung mit Beschichtungssystemen. Gewässerforum in Hildesheim, 2008.
- Bloem, D. L.: An investigation into the measurement of concrete strength. Cement, Lime and Gravel, 1965. nov. p. 391.
- Bojtár I. (szerkesztette): A szilárdságtan nagy tudósai. Dolgozatok a világhálón, évszám nélkül
- Bojtár I.: Mechanikai anyagmodellek: képlékeny, illetve időfüggő anyagi viselkedés modellezése. BME, 2010. [http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT\\_MMST1/mechanika\\_msc-hatodik\\_het.pdf](http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT_MMST1/mechanika_msc-hatodik_het.pdf)
- Bollmann, K.: Ettringitbildung in nicht wärmebehandelten Betonen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus-Universität Weimar, 2000.
- Bollmann, K. – Lyhs, P.: Hüttensandhaltiger Zement für Betonfahrbahndecken – CEM II/B-S 42,5 N (st). BetonInformationen. 2005. No. 5, pp. 91-100.
- Bonzel, J.: Zur Gestaltsabhängigkeit der Betondruckfestigkeit. Beton und Stahlbetonbau. 54. 1959. Heft 9/10.
- Bonzel, J.: Über die Spaltzugfestigkeit des Betons. beton. Jg. 14. (1964) Heft 3., pp. 108-114. és Jg. 14. (1964) Nr. 4., pp. 150-157.
- Bonzel, J. – Dahms, J.: Über den Wasseranspruch des Frischbetons. beton. Jg. 28. (1978) Heft 9. pp. 331-336, Heft 10. pp. 362-367., Heft 11. pp. 413-416.
- Bonzel, J. – Siebel, E.: Fließbeton und seine Anwendungsmöglichkeiten. Vortrag auf der Technisch-wissenschaftlichen Zementtagung am 14.9.1973 in München, <https://www.vdz-online.de>
- Borján J.: Roncsolásmentes betonvizsgálatok. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1981.
- Bortkiewicz, L.: Variationsbreite und mittlerer Fehler. Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft. No. 27. pp. 3-33. Berlin, 1922.
- Bosseler, B. – Puhl, R.: Beschichtungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten. IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur. Gelsenkirchen, 2005.

- <http://www.baufachinformation.de/kostenlos.jsp?sid=F4628D6CDFD5501328175E4F1D301F2B&id=2006059017029&link=http%3A%2F%2Fwww.ikt.de%2Fdown.php%3Ff%3D1>
- Böhme, E. P.: Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme und Abnutzbarkeit. Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 10 (5), 1892, pp. 188-229.
- Bölcskei E. – Szalai K.: A bauxitbeton szerkezetek felülvizsgálata. Magyar Építőipar. 1968. XVII évfolyam. 4. szám, pp. 193- 200.
- Bölcskei E. – Szalai K.: Bauxitbeton építmények teherbírási tartaléka I. és II. rész. Magyar Építőipar. 1969. XVIII évfolyam. 9-10. szám, pp. 465-638.
- Bölcskei E. – Dulácska E.: Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- Böröcz I. (szerkesztette): Feszített betonszerkezetek. I.-II. kötet. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1953.
- Braasch, T.: Herabsetzung des Risikos einer Rissbildung abschnittsweise hergestellter Brückenüberbauten aus Beton. Dissertation, Hameln, Juni 2004.
- Braml, Th.: Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Massivbrücken auf der Grundlage der Ergebnisse von Überprüfungen am Bauwerk. Dissertation. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München. München, 2010.
- Branco, A. F. – Brito, J.: Handbook of Concrete Bridge Management. American Society of Civil Engineers. 2004.
- Brandestini, M.: Hammerevolution. TEC 21. 33-34/2010, pp. 27-29.
- Breitenbücher, R.: Spezielle Anforderungen an Beton im Tunnelbau. Beton-Kalender 2014. Band 1. pp. 393-422. Verlag Ernst & Sohn. Berlin 2014.
- Brunauer, S. – Emmett, P. H. – Teller, E.: Absorption of gases in multimolecular layers. Journal of the American Chemical Society. 1938. Vol. 60, pp. 309.
- Buday T.: Betonadalékszerek. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1999.
- Bunke, N. (szerkesztette): Prüfung von Betonempfehlungen und Hinweis als Ergänzung zu DIN 1048. DAfStb, Heft 422, Beuth Verlag GmbH, Berlin-Köln, 1991.
- Burchartz, H.: Mitteilungen der Königlichen Versuchsanstalten in Berlin, 1903. év 3. füzet
- Burucs Z.: Vízvédelem. Kempelen Farkas Hallg. Inf. Központ. 2011. [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_fenntarthato\\_fejlodes/ch07.html#id510283](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch07.html#id510283)
- Caspeepele, R. – Taerwe, L.: Combined production and conformity control of concrete with acceptance cusum control charts. P.H.A.J.M. Van Gelder, D. Proske & J.K. Vrijling (Eds.), Proc. 7th International Probabilistic Workshop, 25-26 November 2008, Delft, The Netherlands, 2009, pp. 73-86.
- Chen, R. L.: Behavior of High-Strength Concrete in Biaxial Compression. Ph Dissertation, University of Texas, Austin, 1984.

- Clifton, J. R.: Predicting the service life of concrete. ACI Material Journal. No. 6. Vol. 90. 1993, pp. 611-617.
- Concrete Society: Concrete core testing for strength. Report No. 11. London, 1976.
- Curbach, M. – Scheerer, S. – Speck, K. – Hampel, T.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 578. Beuth. Berlin, 2011.
- Czernin, W.: Über die Schrumpfung des erhärteten Zements. Zement-Kalk-Gips. Jg. 9. 1956. No. 12.
- Czoboly O.: A keverési idő és a keverési mód hatása a szálak és a szálerősítésű betonok jellemzőire. PhD. értekezés. BME Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Budapest, 2016.
- Czoboly O. – Gál A. – Csókás E.: Miért kell a próbatestekre különösebb hangsúlyt fektetni? Beton szakmai lap. 2018. december. XXVI. évfolyam. VI. szám, pp. 14-15.
- Csonka P.: Bevezetés a vasbetonszerkezetek szilárdságtanába. Fejezet „A vasbeton” (Szerkesztette: Dr. Palotás László, Magyar Építőmesterek Egyesülete, Budapest, 1947.) című könyvben, pp. 3-69.
- Csereháti Z.: Az outlierok meghatározása és kezelése gazdaságstatisztikai felvételekben. Statisztikai Szemle. 82. évfolyam. 2004. 8. szám. pp. 728-746.
- Dahme, U.: Chlorid in karbonatisierendem Beton. Speicher- und Transportmechanismen. Mitteilungen aus dem Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Universität Duisburg – Essen. Heft. 12. Cuvillier Verlag Göttingen. Göttingen, 2006.
- Dahms, J. – Rendchen, K.: Über das Abgleichen der Druckflächen von Würfeln und Zylindern aus Beton. vdz. Betontechnische Berichte. 1975.
- Davidovits, J.: Geopolymer. Man-made rock geosynthesis and the resulting development of very early high strength cement. Journal of Materials Education 16. 1994. pp. 91–139.
- DBV Deutscher Beton-Verein: Beton-Handbuch. Leitsätze für Bauüberwachung und Bauausführung. 3., neubearbeitete Auflage, DBV Deutscher Beton-Verein, Wiesbaden, 1995.
- Dehn, F. – König, A. – Herrmann, A.: Alkalisch-aktivierte Bindemittel und Geopolymer-Bindemittel als Alternative zu Zement. 12. Tagung Betonbauteile – Neue Herausforderungen im Betonbau. Konferenciakiadvány, Leipzig, 2017. pp. 155-169. <https://www.researchgate.net/publication/315118261>
- Dillmann, R.: Instandsetzungsmaßnahmen an Betonbauwerken für abwasserberührte Bauwerke. Krefelder Planertag 31.10.2007. [http://www.guep.de/images/content/1195125348\\_Dillmann\\_Vortrag.pdf](http://www.guep.de/images/content/1195125348_Dillmann_Vortrag.pdf)
- Dodd, E. L.: The greatest and the least variate under general laws of error. Trans. Amer. Math. Soc. 25. 1923. pp. 525-539.
- Dolezsai K. – Pauka I.: Cementgyártás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1964.
- Dombi J.: Vízáró beton. SZIKKTI 29. sz. tudományos közleménye, ÉTK. Budapest, 1969.



- Dombi J.: Acélszál-erősítésű nagyátmérőjű SIOME betoncsövek teherbírása. SZIKKTI 50. sz. tudományos közleménye, SZIKKTI. Budapest, 1977.
- Dombi J.: Építőanyagok szilárdsága és szilárdságvizsgálata. 1. Nyomószilárdság. SZIKKTI 61. sz. tudományos közleménye, SZIKKTI. Budapest, 1979.
- Dornauer, H.: Vergleichende Untersuchungen der Würfeldruckfestigkeit und der Zylinderdruckfestigkeit von Beton. Veröffentlichung in Vorbereitung. 1991. Más forrás szerint: IBR Institut für Bautechnologie GmbH, Ratingen
- Dulácska E.: Az acélszál-erősítésű betonszerkezetek méretezési kérdései. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Szemle. 44. évfolyam. 1994. 7. szám, pp. 263-274.
- Egmond, van, B. – Jacobs, F.: Gewichtete Reife des Betons. TFB Cementbulletin, Jg. 67., 1999., H. 11, pp. 1-7.
- Eichler, W-R.: Microsilica in der Anwendung aus der sicht eines Baustoffchemikers. Microsilica in der modernen Betontechnologie. Konferencia kiadvány, Konstanz, pp. 71 – 78. Elkem GmbH, Allensbach, 1991.
- Eick, H.: Über die Calciumaluminatsulfathydrate. Zement-Kalk-Gips. 1964. Heft 5, pp. 169-171.
- Eimer, D.: Rheologische Festigkeitstheorien und ihre Anwendung auf Beton. Übersetzung aus Rozprawy Inzynierskie, Varsó. Band 4. 1963. Heft 11, pp. 567-588.
- Eötvös L.: A folyadékok felületi feszültségeinek összefüggése a kritikus hőmérséklettel. Matematikai és Természettudományi Értesítő. 3. kötet. Budapest, 1884-1885.
- Erdey B.: A magy. kir. vasútépítészeti igazgatóság által vasúti fahidakra nézve kiadott szabványtervekről. Magyar Mérnök-Egyesület Közlönye. 5. évfolyam. 1871. 2. szám, pp. 57-67.
- Erdey-Grúz T.: A kémia és vívmányai, I. rész. Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest, 1940.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok reológiai tulajdonságai. Feszített beton konferencia, II. Budapest, 1965. október 6-8.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok reológiai vizsgálatának újabb eredményei. Mélyépítéstudományi. Szemle. 1966. 6. szám, pp. 276-281.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok minősítése reológiai szempontból. Mélyépítéstudományi Szemle, 1967. 4-5 szám, pp. 162-168.
- Erdélyi A.: Különböző alakú és nagyságú, öntött és fűrt próbatestek nyomószilárdságának átszámítása. Mélyépítéstudományi Szemle. XIX. évfolyam. 1969. 1. szám, pp. 35-41.
- Erdélyi A.: Feszítőhuzalok relaxációjának extrapolálása 10 ezer órás vizsgálatokból és kohászati tényezők hatása a relaxációra. BME Építőanyagok Tanszék Tudományos Közlemények, 2. szám, (Szerkesztő: Kilián József) 1970, pp. 82-102. KÖZDOK

- Erdélyi A.: Összefüggés a feszítőhuzalok relaxációjának extrapolálhatósága és a gyártástechnológia jellemzők közt. Mélyépítéstudományi Szemle. 1971. 1. szám, pp. 24-31.
- Erdélyi A. – Czeglédi Gy.: A feszítő huzalok betongőzölés okozta relaxációjának várható értékei. Mélyépítéstudományi Szemle. 1973. XXIII. kötet. 7. szám, pp. 316-325.
- Erdélyi A.: A beton gőzérlelése okozta feszítési veszteségek (Relaxáció és lazulás). Mélyépítéstudományi Szemle. XXVIII. 1978. 3. szám, pp. 97-104.
- Erdélyi A.: A relaxációs veszteségek számítási értékei. BME Építőanyagok Tanszék Tud. Közlemények, 34. szám, pp. 128-143. 1982. KÖZDOK
- Erdélyi A.: „Beton és habarcskiegészítő anyagok” című fejezet az „Építőanyag praktikum” című könyvben (szerkesztette: Dr. Balázs György), pp. 181-210., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983
- Erdélyi A.: A feszítőbetétek relaxációjának számítási értékei. Kandidátusi értekezés (megvédve: 1984. december 6.)
- Erdélyi A.: „Légpórusrendszer és betontartósság” című fejezet a „Betonszerkezetek tartóssága” című konferencia kiadványban (szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Balázs L. György), pp. 129-138., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1996
- Erdélyi A. – Zimonyi Gy.: A megszilárdult beton légbuborék-szerkezetének vizsgálata. Fejezet a „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok” c. könyvben (Szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Tóth Ernő), pp. 164-179., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- Erdélyi A. – Csányi E. – Kopecskó K. – Borosnyói A. – Fenyvesi O.: Acélszálas betonok tönkremenetele: Fagyasztás – olvasztás és sózás. 1. rész: Tudományos háttér, módszerek összehasonlítása. Vasbetonépítés. 2007. IX. évfolyam. 2. szám, pp. 45-55.; 2. rész: Állapotromlás, az eredmények értékelése, következtetések. Vasbetonépítés. 2007. IX. évfolyam. 3. szám, pp. 72-83.
- Erdélyi A. – Csányi E. – Kopecskó K. – Borosnyói A. – Fenyvesi O.: „Fagyasztás és sózás hatása acélszálas betonokra” című fejezet a „Betonszerkezetek tartóssága” című konferencia kiadványban (szerkesztette: Dr. Balázs György és dr. Balázs L. György), pp. 85-102., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2008
- Erdélyi A.: Klorid behatolás mérési módszerek. Kézirat. Fejezet a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken készült „Cementek felhasználhatósági köre az MSZ 4798:2016 környezeti osztályainak megfelelően” című innovációs kutatás-fejlesztési tanulmányban. Budapest, 2010.
- Erdélyi A.: Az MSZ 4798 megújítási tárgykörébe tartozó CEN-iratok áttekintése. Kézirat. Megrendelő: Magyar Betonszövetség. Budapest, 2011.
- Erfurt, W.: Erfassung von Gefügeveränderungen in Beton durch Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Einschätzung der Dauerhaftigkeit. Dissertation. F. A.

- Finger-Institut für Baustoffkunde Bauhaus-Universität Weimar. 2002.
- ÉMI: Építésügyi Műszaki Irányelvek. Ismertető. Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság. Szentendre, 2018.
- Fachhochschule Campus Wien: [http://www.fh-campuswien.ac.at/bau@home/bausanie rung/daten/4\\_4.htm](http://www.fh-campuswien.ac.at/bau@home/bausanie rung/daten/4_4.htm), Évszám nélkül
- Fågerlund, G.: Critical degrees of saturation at freezing of porous and brittle materials. Dissertation. Lunds tekniska högskola. Institutionen för byggnadsteknik, 1973. p. 9.
- Farkas Gy. – Huszár Zs. – Kovács T. – Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján. Közúti hidak, épületek. Terc Kft. Budapest, 2006.
- Faurie, M. T. - Rabot, M. R.: A „Ciment Fondu” aluminátcement. Kézirat. SZTE, 1972.
- Faust, Th.: Leichtbeton im Konstruktiven Ingenieurbau. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2003.
- Fáy Gy. – Kiss M.: Örlemények finomságának és homogenitásának meghatározása grafikus eljárással. Energia és Atomtechnika, 14. évfolyam. 1961. 8-9. szám, pp. 360-364.
- Federighi, E. T.: Extended Tables of the Percentage Points of Student's *t*-Distribution. Journal of the American Statistical Association. Vol. 54. 1959. pp. 683-688.
- Fegyverneki S.: Valószínűség-számítás és matematikai statisztika. E-learning tananyag. Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Műszaki Földtudományi alapszak. Digitális-Tankönyvtár. 2011. <https://www.tankonyvtar.hu>
- Felix, M. – Bláha, K.: Matematikai statisztika a vegyiparban. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1964.
- Fenyves H. – Kausay T.: Előregyártott közönséges és feszített vasbeton tartók betonjának rugalmassági modulusa. Építőanyag. XXXIV. évfolyam. 1982. 3. szám, pp. 86-98.
- fib* Bulletin No. 76: Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards: Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides. Fédération internationale du béton (*fib*). Lausanne, 2015. Rövid összefoglalás: Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 3. szám, pp. 70.
- Fingerloos, F. (Hrsg): Historische technische Regelwerke für den Beton, Stahlbeton und Spannbetonbau. Bemessung und Ausführung (1904-2004). Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2009.
- Fingerloos, F. – Hegger, J. – Zilch, K.: Eurocode 2 für Deutschland. DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang. Kommentierte Fassung. Beuth. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2012.
- Firtha F.: Fizika I. (Mechanika, áramlástan, reológia, fénytán) előadási jegyzet Élelmiszermérnök és Biomérnök hallgatóknak. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest, 2011.
- Fischer, A. M.: Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte zur semiprobabilistischen Bemessung von Stahlbetonkonstruktionen im Bestand. Dissertation.

- Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern. 2010.
- Fischer, L.: Bestimmung des 5 %-Quantilis im Zuge der Bauwerksprüfung. Bautechnik. Jg. 72. 1995. Heft 11. pp. 712-722.
- Fischer, L.: Sicherheitskonzept für neue Normen. ENV und DIN-neu. Grundlagen und Hintergrundinformationen. Teil 3. Statistische Auswertung von Stichproben im eindimensionalen Fall. Bautechnik. Jg. 76. 1999. Heft 4, pp. 328-338.
- Fischer, L.: Europäische Baunormen im Test. Charakteristische Werte nach DIN EN 1990, DIN 1926 und DIN EN 13162. Bautechnik. Jg. 83. 2006. Heft 5. pp. 351-364.
- Fisher, R. A. – Tippet, L. H. C.: Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 24. 1928. pp. 180-190.
- Fontana, P.: Einfluss der Mischungszusammensetzung auf die frühen autogenen Verformungen der Bindemittelmatrix von Hochleistungsbetonen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAFStb, Heft 570. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007.
- Forgács L.: A magyar szabványosítás jogharmonizációja. Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat. 137. évfolyam. 2004. 1. szám, pp. 28-32.
- Föppl, A.: Mitteilung aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule München. 1900. Heft 27. und 28.
- Fréchet, M.R. (1927): Sur la loi de probabilité de l'écart maximum; Annales de la Société Polonaise de Mathématique. Cracovie, 1927. 6. pp. 93-116.
- Freiesleben Hansen, P. – Pedersen, E. J.: Maturity Computer for Controlled Curing and Hardening of Concrete. Nordisk Betong, 1, 1977, pp. 19-34.
- Freimann, Th.: Wasserundurchlässige Betonbauwerke, Zement Merkblatt Hochau, Beton, 2006. www.vdz-online.de
- Freytag, B. – Sparowitz, L.: WILD-Brücke – UHPC in der Praxis als Ergebnis der Forschung. Forschung & Entwicklung für Zement und Beton. Kolloquium 2008. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. Kurzfassungen der Beiträge
- Fuller, W. B. – Thompson, S. E.: The Laws of Proportioning Concrete. Proceedings of the American Society of Civil Engineers (ASCE). New York. Vol. 33. March 1907, pp. 222-297. Más forrás szerint: American Society of Civil Engineers Transactions. New York. Vol. 59. December 1907, pp. 67-143.
- Gálos M. (szerk.): Emlékkönyv. Dr. Kertész Pál munkássága a Műegyetemen. Hantken kiadó. Budapest, 2013.
- Gáspár G.: Beszámoló az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szövetségének 1931. évben Zürichben tartott kongresszusáról. B-csoport: Kémiai hatások a cementre és a betonra, cementek

- hidraulikus adalékanyagokkal. *Anyagvizsgálók Közlönye*. 1935. XIII. évfolyam. 1. szám, pp. 53-66.
- Gáspár G.: Káros hatások a betonra. Jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézete. Budapest, 1942.
- Gáspár G.: Vegyi hatások a betonra. Fejezet „A vasbeton” című könyvben, pp. 257-320. Szerkesztette dr. Palotás László. Magyar Építőmesterek Egyesülete. Budapest, 1947.
- Gáspár G. – Palotás L.: Magasnyomáson gőzölt beton. Kézirat. ÉTI jelentések. Budapest, 1952-1953.
- Gáspár G.: Falazó-, vakoló- és burkolóhabarcsok. Fejezet a dr. Palotás László szerkesztette Mérnöki Kézikönyv. 1. kötetében. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1955.
- Gehler, W.: Die Würzelfestigkeit und die Säulenfestigkeit als Grundlage der Betonprüfung und die Sicherheit von Beton und Eisenbetonbauten. *Der Bauingenieur*. 1928. Heft 2-4.
- Geistlich, K. – Ghielmetti, M.: Bauwerkfestigkeit. Untersuchungen auf der Baustelle Kernkraftwerk Leibstadt. *Schweizer Ingenieur und Architekt*. Band 98. 1980. Heft 44, pp. 1083-1089.
- Gerstle, K.H. – Aschl, H. – Bellotti, R. – Bertacchi, P. – Kotsovos, M.D. – Ko, H-Y. – Linse, D. – Newman, J.B. – Rossi, P. – Schickert G. – Taylor, M.A. – Triana, L.A. – Winkler, A. – Zimmerman, R.M.: Strength of concrete under multiaxial stress states. *Douglas Mc. Henry International Symposium on Concrete and Concrete Structures*. Publication Sp 55-5, pp. 103-131. ACI, Detroit, 1978.
- Gessner, H.: Vorschrift zur Untersuchung von Böden auf Zementgefährlichkeit. Diskussionsbericht. Eidgenössischen Materialprüf- und Versuchsanstalt, Nr. 29., Zürich, 1928.
- Gnedenko, B.V.: Sur la distribution limite du terme maximum of d'unesérie Aléatoire. *Annals of Mathematics*, 44, 1943. pp. 423-453.
- Goris, A. – Hegger, J.: *Stahlbetonbau aktuell 2010*. Bauwerk Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- Goris, A.: *Stahlbetonbau-Praxis nach Eurocode 2. Band 1.-2. Bauwerk BBB*, Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2013.
- Goris, A. – Voigt, J.: *Stahlbetonbau-Praxis. Tragwerksplanung im Bestand. Band 3. Bauwerk BBB*, Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Gosset, W. S.: Lásd: Student
- Graf, O.: Die Eigenschaften des Betons. Versuchsergebnisse und Erfahrungen zur Herstellung und Beurteilung des Betons, Springer Verlag OHG, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1950.
- Graf, O. (szerk.): Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe. 2. Auflage. A könyv az *E. Siebel* szerkesztésében megjelent „Handbuch der Werkstoffprüfung” többkötetes mű harmadik kötete. Springer-Verlag. Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1957.
- Gräf, H. – Grube, H.: Einfluss der Zusammensetzung und der Nachbehandlung des Betons auf seine Gasdurchlässigkeit. *beton* 36. 1986. Heft 11, pp. 426-429. és Heft 12, pp. 473-476. Továbbá: vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V.,

- Forschungsinstitut der Zementindustrie: Zement-Taschenbuch. 51. Ausgabe, pp. 558-562. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf, 2008.
- Gróh Gy.: Az elemek és vegyületek beosztása. Fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai” című könyv első részében. (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 24-36. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Große, Ch. U.: Quantitative zerstörungsfreie Prüfung von Baustoffen mittels Schallemissionsanalyse und Ultraschall. Dissertation. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart, 1996.  
[https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/172/1/1996\\_Diss\\_Grosse.pdf](https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/172/1/1996_Diss_Grosse.pdf)
- Grübl, P. – Lemmer, C.: Prüfung und Verarbeitung von SVB. DAfStb-Heft 516:2001, pp. 33-43. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2001.
- Grübl, P. – Rühl, M.: Der Einfluß von Recyclingzuschlägen aus Bauschutt auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften und die Bewertung hinsichtlich der Eignung für Baustellen- und Transportbeton nach DIN 1045. Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau Baustoffe, Bauphysik, Bauchemie. Zwischenbericht für September 1998.
- Grübl, P. – Weigler, H. – Karl, S.: Beton. Arten, Herstellung und Eigenschaften. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2001.
- Gumbel, E. J.: Statistics of Extremes. Columbia University Press. New York, 1958. A könyv reprint utánnymatát a Manufactured in the United States of America Dover Publications Inc. Mineola (USA) 2004-ben adta ki.
- Gyengő T.: Betonkockákon, hasábokon és hengereken végzett összehasonlító szilárdsági kísérletek. Anyagvizsgálók Közölnye. XIV. évfolyam. 1936. 5. szám, November-december, pp. 123-140.
- Gyengő T.: Effect of type of test specimen and gradations of aggregate on compressive strength of concrete. Proc. Amer. Concr. Inst. Bd. 34. S. 272., 1938.
- György L.: Az MSZ 4720 és az MSZ ENV 206 T minősítési módszereinek az összehasonlítása. MÉÁSZ ME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” című műszaki előírás (szerkesztette és írta: Dr. Ujhelyi János), 6. fejezet: „Vizsgálat, minőség-ellenőrzés, minőségtanúsítás” 6.3.4.4.4. szakasza, Budapest, 1995.
- Haag, C. – Gerdes, A. – Wittmann, F. H.: Dauerhaftigkeit eines Stahlbetonbauteils. Ansätze zur ökologischen Bewertung. Tiefbau. 1998. No. 4, pp. 262-264.
- Hahn, M. – Stoyan, D.: Erich Rammler und der BHT-Koks. Fejezet a D. Stoyan (szerk.): Bergakademische Geschichten. Aus der Historie der Bergakademie Freiberg erzählt anlässlich des 250. Jahrestages ihrer Gründung. Freiberg, 2015. című könyvben, pp. 247-262.
- Hajós Gy.: Zielinski Szilárd. Logod Bt., Budapest, 2004.

- Halász I. A különböző méretű és alakú próbatesteken kapott eredmény átszámítása nyomószilárdság esetén. (Megjelent a Szalai Kálmán által szerkesztett, 1982-ben kiadott „A beton minőségellenőrzése” című könyv 8.3.3. fejezeteként, pp. 331-339.)
- Hampel, T.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2006.
- Harter, H. L.: Tables of range and studentized range. The Annals of Mathematical Statistics. Baltimore, USA. VOL. 31. 1960. No. 4, pp. 1122-1147.
- Hartlieb, B. – Hövel, A. – Müller, N.: Normung und Standardisierung. Grundlagen. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 2016.
- Hartung, J. – Elpelt, B. – Klösener, K.-H.: Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. München, 2009.
- Hatos G.: A kjeldahlozás története. Budapest, 1959.  
[http://www.orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.3/1959\\_013\\_hatos\\_geza\\_kjeldahlozas\\_tortenete.pdf](http://www.orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.3/1959_013_hatos_geza_kjeldahlozas_tortenete.pdf)
- Heidelberger Zement AG: Betontechnische Daten. Leimen, 2003. és 2009.
- Henzel, J. – Grube, H.: Festigkeitsuntersuchungen an Bauwerkbeton und zugehörigen Gütewürfeln. Der Bauingenieur. Jg. 41. 1966. Berlin
- Henzel, J. – Spitzner, J. Freitag, W.: Einflüsse auf die Ergebnisse bei Druckfestigkeitsprüfungen an Beton. beton. 1967. Heft 4. Seite 135-138.
- Herrmann, B. C. – Setzer, M. J.: Schall. Universität Duisburg-Essen. Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft. 2012. <http://www.uni-due.de/ibpm/BauPhy/Schall/indexschall.htm>
- Herzog, M.: Kurze Geschichte der Baustatik und Baudynamik in der Praxis. Bauwerk Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- Heusinger, L.: Bauliche Durchbildung, Bauausführung, Qualitätssicherung. Cikk a Bieger, K.-W.: „Stahlbeton und Spannbetontragwerke nach Eurocode 2. Erläuterungen und Anwendungen” című könyv 372-402. oldalán. Springer Verlag. Berlin – Heidelberg – New York, 1993.
- Hídépítők Egyesülete: Hidász ki-kicsoda katalógus:  
<http://www.hidepitok-egyeselete.hu/wp-content/uploads/2012/05/Hidasz-ki-kicsoda-katalogus.pdf>
- Hillger, W.: Verbesserungen und Erweiterungen von Ultraschallprüfverfahren zur Zerstörungsfreien Fehlstellen- und Qualitätskontrolle von Betonbauteilen. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig. Heft 60. 1983. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00063057>
- Hilsdorf, H.: Die Bestimmung der zweiachsigen Festigkeit des Betons. DAfStb-Heft 173. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1965.
- Hilsdorf, H. K.: Beton. Beton-Kalender 1992. Teil I, pp. 1-126. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1992.

- Hosser, D. – Gensel, B.: Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestigkeit nach prEN 206. Schlußbericht DBV 162. Braunschweig, 1995.
- Huggenberger, U.: Ausmass der Betonerrosion in Schweizer ARA. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerrosion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei:  
[http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerrosion\\_in\\_ara/index.html?lang=de](http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerrosion_in_ara/index.html?lang=de)
- Hummel, A.: Die Auswertung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitmodul. Zement, 1930. H. 15, pp. 355-364.
- Hummel, A.: Die Ermittlung der Kornfestigkeit von Ziegelsplitt und anderen Leichtbetonzuschlagstoffen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. 1954. Heft 114.
- Hummel, A.: Das BetonABC. Ein Lehrbuch der Technologie des Schwerbetons und des Leichtbetons. 12. Auflage. Verlag Ernst & Sohn. Berlin 1959.
- Hunkár B.: A természetes vizek, felhasználásuk és tisztításuk. Fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai” című könyv első részében (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula), pp. 222-247. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Hunkeler, F. – Lammar, L. – Frey, S.: Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen. Forschungsauftrag AGB 2008/012 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB). Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Strassen. Wildeggen – Zürich, 2012.
- Hussein, A. – Marzouk, H.: Behavior of High-Strength Concrete under Biaxial Loading. Applied Science Technical Report Series, East Report No. 98003, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada, 1998.
- Hying, K.: Analyse der viskoelastischen Eigenschaften von Poly(tetrafluorethylen) im Bereich des  $\beta$ -Übergangs. Dissertation. Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Aachen, 2003.
- Iken, H.-W. – Lackner, R. R. – Zimmer, U. P. – Wöhl, U. – Breit, W.: Handbuch der Betonprüfung. Anleitungen und Beispiele. 6. Auflage. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2012.
- International System of Unified Standard Codes of Practice for Structures, Vol. II, CEB-FIP Model Code for Concrete Structures, CEB-FIP, 1978.
- Iványi Gy. (szerkesztette): Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton”, DAfStb, Heft 555, Beuth Verlag GmbH, Berlin-Köln, 2006.
- Jakobs, F. – Leemann, A. – Denarié, E. – Teruzzi, T.: Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen. Bundesamt für Strassen (ASTRA), Ittigen, Svájc, 2009. ([www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch))
- Jancsó Á.: A temesvári Bega-hidak krónikája. Magyar Útügyi Társaság – Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. Budapest – Temesvár, 1999.



- Jankó A.: Cement-Beton Zsebkönyv. Duna-Dráva Cement Kft. (Főszerkesztő: Pluzsik Tamás) Vác, 2007
- Jámbor A.: Építésügyi fogalmak. <https://epitesijog.hu/magyarazatok/> 2008.
- Jedelhauser, B.: Verwendung von nichtrostendem Stahl (Edelstahl) im Brücken- und Ingenieurbau. Bautechnik. No. 85. 2008. Heft 7, pp. 472-475.
- Jenkinson, A. F.: The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 81. 1955. pp. 158-171.
- Jenkinson, A. F.: Statistics of extremes. Fejezet a World Meteorological Organization hidrometeorológiai munkabizottsága által készített 98. sz. „Estimation of maximum floods” című műszaki jelentésben (WMO – No. 233. TP. 126). Genf, 1969. pp. 183-227.
- Johnson, N. L. - Kotz, S.: Distributions in Statistics. Continuous Univariate Distributions – 1. Houghton Mifflin, Boston, 1970.
- Juhász J. – Szőke I. – O. Nagy G. – Kovalovszky M.: Magyar Értelmező Kéziszótár. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1972.
- Justine, C. Zum Mineralverhalten von Mineralvlies Experimente, Modellbildung und Berechnung. UNI Kassel, Institut für Mechanik. Bericht 3/2008.
- Kabluchko, Z.: Extremwerttheorie. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Institut für Mathematische Statistik. Münster, 2015.
- Kalt, H. A.: 50 éves a Schmidt betonvizsgáló kalapács. Építőanyag, 52. évfolyam. 2000. 1. szám, pp. 23-24.
- Kanstad, T. – Hammer, T. A. – Bjøntegaard, Ø. – Sellevold, E. J.: Mechanical properties of young concrete: Evaluation of test methods for tensile strength and modulus of elasticity. Determination of model parameters. Nor-IPACS report STF22. Norwegian Inst. of Techn., Trondheim, 1999.
- Kausay T.: Kokkolitos betonadalék. Mélyépítéstudományi Szemle. 15. évfolyam. 1965. 12. szám, pp. 573-576.
- Kausay T.: A szemcsealak hatása a betonszilárdságra. Mélyépítéstudományi Szemle. 16. évfolyam. 1966. 10. szám, pp. 476-482.
- Kausay T.: A betonadalékanyag maximális szemnagyságáról. Építőanyag. XVIII. évfolyam. 1966. 8. szám, pp. 316-320.
- Kausay T.: A szemcsealak statikai szerepe a betonban. Építőanyag. XIX. évfolyam. 1967. 3. szám, pp. 110-115.
- Kausay T.: A szemcsealak minősítéses vizsgálatának mintaelemszáma. Mélyépítéstudományi Szemle, XX. évfolyam. 1970. 8. szám, pp. 373-388.
- Kausay T.: Összefüggés a zúzottkő- és kavicstermékek szemalakja és Los Angeles vizsgálat szerinti aprózódási vesztesége között. Építőanyag, 23. évfolyam, 1971. I. rész: 7. szám, pp. 248-254; II. rész: 8. szám, pp. 288-297.
- Kausay T.: A bauxitbeton felülvizsgálata során talált „Citonit” fődémekről. Építőanyag. 1970. 8. szám, pp. 317-320.

- Kausay T.: Homokos kavicsok és zúzott adalékanyagok szemeloszlásjellemzőinek analitikus megállapítása. Mélyépítéstudományi Szemle, XXV. évfolyam. 1975. 4. szám, pp. 155-164.
- Kausay T. – Szirmai A.: Konzisztenciamérés betonkeverőgépben. Építőanyag. XXXI. évfolyam. 1979. 5. szám, pp. 170-178.
- Kausay T.: Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel. Építőanyag. XXXV. Évfolyam. 1983. 1. rész: 9. szám, pp. 346-358; 2. rész: 10. szám, pp. 376-385.
- Kausay T.: Betonok és acélok korrózióvédelme Epofur bevonatos eljárással. Korróziós figyelő. XXIX. évfolyam. 1989. 6. szám, pp. 168-171.
- Kausay T.: Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása. OTKA T-007382 sz. kutatási téma. SZIKKTI részjelentés. Budapest, 1993.
- Kausay T.: Acélhuzal-szálerősítésű betonok tulajdonságai és teherbírása. I. rész. Építőanyag. 46. évfolyam. 1994. 6. szám, pp. 166-173.
- Kausay T.: A beton és betonacél kölcsönhatásának vizsgálata a tartósság fokozása érdekében. OTKA T-016461 sz. kutatási téma. BETONOLITH K+F Kft. zárójelentés. Budapest, 1998.
- Kausay T.: A szálerősítésű betonok szabványosított vizsgálatai, Szálerősítésű betonok, fib konferenciakiadvány, pp. 97-113., Budapest, 1999. március 4-5. (Szerkesztette: Dr. Balázs L. György)
- Kausay T.: A beton szilárdságát befolyásoló tényezők. Előadás a Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 9. Tudományos Ülésén. Konferenciakiadvány, Nyíregyháza, 2000. és <http://www.betonopus.hu/notesz/nyiregyhazi-eloadasok.pdf>
- Kausay T.: Betonadalékanyagok alkáli reakciója. 2001. Kézirat: <http://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf>
- Kausay T.: Kőanyag-halmazok szemmegoszlási jellemzőinek grafoanalitikus számítása. Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia. Szerkesztette: Dr. Török Ákos. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2003. pp. 159-177.
- Kausay T.: Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon. Vasbetonépítés. VI. évfolyam. 2004. 1. szám, pp. 3-11.
- Kausay T.: Zielinski szilárd mérnök alkotó munkássága a magyar örökség része. Vasbetonépítés. VI. évfolyam. 2004. 3. szám, pp. 66-71.
- Kausay T.: A betonadalékanyagok európai szabályozása. Építési Piac. XXXXI. évfolyam. 2005. 1. rész: 1. szám, pp. 48-53.; 2. rész: 2. szám, pp. 73-76.
- Kausay T.: A beton nyomószilárdságának elfogadása. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 2. szám, pp. 35-44.
- Kausay T.: A friss beton konzisztenciája. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 4. szám, pp. 106-115.

- Kausay T.: Zúzott betonadalékanyagok közetfizikai tulajdonságai a szabályozásban. Mérnökgeológia – Kőzetmechanika 2008. Konferencia kiadvány. Mérnökgeológia-Kőzetmechanika Kiskönyvtár 7. Szerkesztette: Török Ákos – Vásárhelyi Balázs, pp. 259-270.
- Kausay T.: Építési zúzott kőanyag termékek közetfizikai jellemzése. Építőanyag. 60. évfolyam. 2008. 4. szám, pp. 118-123.
- Kausay T.: Zielinski Szilárd vasbetonépítést meghonosító mérnöki alkotó munkássága magyar örökség. Magyar Örökség. Laudációk könyve II. (2001-2005). Magyar Örökség és Európa Egyesület. Budapest, 2009, pp. 398-403.
- Kausay T.: Betonok környezeti osztályai, Beton. XVII. évfolyam. 2009. 7-8. szám, pp. 3-8.
- Kausay T.: OC-görbe, működési jelleggörbe, elfogadási jelleggörbe. Beton. XVIII. évfolyam. 2010. 9. szám, pp. 16-19. Megjegyzés: A folyóiratcikkben a 3. és a 4. ábra rajza felcserélődött.
- Kausay T.: A fiatal beton szilárdulási folyamatának modelljei. Szakirodalmi áttekintés. Vasbetonépítés. XIII. évfolyam. 2011. 1. rész: 2. szám, pp. 49-53.; 2. rész: 3. szám, pp. 72-77.; 3. rész: 4. szám, pp. 122-127.
- Kausay T.: Nyomószilárdsági osztályok értelmezése. Beton. 1. rész: XIX. évfolyam. 2011. 9-10. szám, pp. 3-7.; 2. rész: XX. évfolyam. 2012. 1. szám, pp. 10-12.; 3. rész: XX. évfolyam. 2012. 2. szám, pp. 12-16.
- Kausay T.: Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. Oktatási és továbbképzési kiadvány. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. Budapest, 2013.
- Kausay T. – Simon T. K.: Evaluation of the compressive strength of concrete. 12<sup>th</sup>. CCC Congress „Innovative materials and technologies for concrete structures”. Tokaj, Hungary, 31. August – 1. September 2017.
- Kausay T. – Simon T. K.: Csiszolás hatása a beton próbatestek mérhető nyomószilárdságára. Magyar Építőipar. 2018. 5-6. szám, pp. 163-167.
- Kenyeres Ágnes (főszerkesztő): Magyar Életrajzi Lexikon. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1982.
- Kern, E. – Koch, H.-J.: Anwendung von Fließbeton. Beton- und Stahlbetonbau. Jg. 71 (1976). Heft 12. pp. 285-289.
- Khatib, J. M. – Wild, S.: Sulphat resistance of metakaolin mortar. Cement and Concrete Research. Vol. 28. 1998. No. 1, pp. 83-92.
- Kind, V. V.: O metodah eksperimentalnoj ocenki korrozionnoj sztojkosztyi cementnih rasztvorov i betonov. Cement. Moszkva, 1954. No. 4.
- Kind, V. V.: Korrozija cementov i betona v gidrotehnicseszkih szoorzsenijah. Goszenergoizdat. Moszkva – Leningád, 1955.
- Kjeldahl, J.: Neue Methoden zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. „Zeitschrift für Analytische Chemie. Band 22. Wiesbaden, 1883”
- Koch, A. – Steinegger, H.: Ein Schnellprüfverfahren für Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff. Zement-Kalk-Gips. Nr. 7. S. 317. (1960)

- Koch, K. – Würth, E.: Wasseranspruchs- und Stoffraumrechnung für Beton”, beton. Jg. 21 (1971), Heft 8. pp. 342-347.
- Kopecskó K. – Balázs Gy.: Kloridkötés betonban. 1. rész: A  $C_3A$  és  $C_4AF$  aluminát klinkerek kloridion megkötő képessége. Vasbetonépítés. VIII. évfolyam. 2006. 4. szám, pp. 116-124. 2. rész: A cementkő kloridion megkötő képessége. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. pp. 55-64.
- Korányi I.: Tartók sztatikája. I. kötet. Sztatikailag határozott tartók. 2. füzet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1957.
- Korda J.: Valószínűségelméleti szilárdságtan. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1971.
- Korda J.: A rugalmas-képlékeny anyagok húzó-, illetve nyomószilárdságának minősítése valószínűségelméleti alapon. Mélyépítéstudományi Szemle. 1972. 4. szám,
- Korda J. – Szalai K.: A szerkezeti betonok szilárdsági követelményei és minősítésük. Mélyépítéstudományi Szemle. XXIII. évfolyam. 1973. évfolyam. 3. szám, pp. 117-125.
- Kordts, S. – Breit, W.: Beurteilung der Frischbetoneigenschaften von Selbstverdichtendem Beton. beton. Jg. 53. Heft 11. S. 565–571. 2003.
- Kordts, S. – Breit, W.: Beurteilung der Frischbetoneigenschaften von selbstverdichtendem Beton. Betontechnische Berichte von 1998-2003. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf, pp. 113-123.
- Koris K. – Pécely A.: Előfeszített vasbeton tartó számítása a EUROCODE szerint. Segédlet v2.4 (Nem véglegesített szöveg) Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Hidak és Szerkezetek Tanszéke. Budapest, 2000.
- Kovács I. – Hajdu F.: A fabeton tulajdonságainak és mechanikai jellemzőinek vizsgálata. Vasbetonépítés. XVII. évfolyam. 2015. 4. szám, pp. 5-14.
- Kovács J. (szerkesztette): Cement-Beton Zsebkönyv. Duna-Dráva Cement Kft. Vác, 2007
- Kovács J. – Lengyel G. – Martin B. – Orbán Z. – Tóth L.: A csepeli szennyvíztisztító telep betonjai CEM III/B 32,5 N-S és CEM II/A-V 32,5 R-S szulfátálló cementekkel, Beton, XVI. évfolyam. 2008. 1. szám, pp. 8-11.
- Kovács K.: Nukleáris alkalmazású vasbetonok. Vasbetonépítés. 2019. 2. szám, pp. 26-31.
- König, G. – Soukhov, D. – Jungwirth, F.: Sichere Betonproduktion für Stahlbetontragwerke. Schlußbericht. DBV 199. Braunschweig, 1998.
- König, G. – Viet Tue, N. – Zink, M.: Hochleistungsbeton. Bemessung, Herstellung und Anwendung. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2001.
- Krenkler, K.: Chemie des Bauwesens. Band 1. Anorganische Chemie. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg GmbH, 1980.
- Kriston E. – Sági E. – Tóth G.: Jogi alapismeretek. Ideiglenes jegyzet. Novotni Kiadó. Miskolc, 2016. <http://jogikar.uni-miskolc.hu>
- Kropp, J. – Hilsdorf, H. K.: Performance criteria for concrete durability. State of the art report prepared by RILEM Technical Committee TC 116-PCD. Permeability of concrete as a criterion of its

- durability. RILEM Report 12, E & FN SPON, London, 1995.
- Krüger, M.: Prüfmethode zur Untersuchung der Verarbeitbarkeit von selbstverdichtenden Betonen, Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen. Festschrift zum 60. Geburtstag von H.-W. Reinhardt. (Ed. C. Grosse) Hamburg: Libri, 1999, pp. 177-191.
- Kubinyi F.: A Kassa hegyaljai társulat érdekében. Az 1864-ik évi nov. 16-án tartott ülésben felolvasott jelentés. A Magyarhoni Földtani Társulat munkálatai, 3. kötet (1867), pp. 35-40., [http://epa.oszk.hu/02000/02013/00003/pdf/EPA02013\\_magyarhoni\\_foldtani\\_tarsulat\\_1867\\_035-040.pdf](http://epa.oszk.hu/02000/02013/00003/pdf/EPA02013_magyarhoni_foldtani_tarsulat_1867_035-040.pdf)
- Kupfer, H.: Das Verhalten des Betons unter mehrachsiger Kurzzeitbelastung unter besonderer Berücksichtigung der zweiachsigen Beanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAFStb-Heft 22. Wilhelm Ernst & Sohn. Berlin, 1973
- Kurutzné Kovács M. – Bojtár I.: Szilárdságtan. Előadások vázlata. BME Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék. [http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT\\_MAT04/sziltan\\_oravazlat\\_07.pdf](http://www.epito.bme.hu/me/oktatas/feltoltesek/BMEEOT_MAT04/sziltan_oravazlat_07.pdf), Budapest, 2006.
- Kusterle, W. – Jäger, J. – John, M. – Neumann, Ch. – Röck, R.: Spritzbeton im Tunnelbau. Beton-Kalender 2014. Band 1., pp. 305-390., Jahrgang 103., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2014.
- Kühl, P.: Frost-Tau- und Frost-Tausalzuntersuchungen. Diplomarbeit. Grin Verlag, 2003.
- Lampl H. – Sajó E.: A beton. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1914.
- Lang, E.: Einfluss unterschiedlicher Karbonatphasen auf den Frost-Tausalzwiderstand – Labor- und Praxisverhalten. BetonInformationen. 2003. No. 3., pp. 39-57.
- Lawrence, C. D.: Transport of oxygen through concrete: To be presented at The British Ceramic Society meeting „Chemistry and chemically-related properties of cement”, London, 12-13 April 1984. London, 1984. CCA Paper for publication 382.
- Lehn, J. – Wegmann, H.: Einführung in die Statistik. Teubner Studienbücher Mathematik. B. G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006.
- Lengyel G. – Sármyay A. – Csiki B.: A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep. 1. rész: A projekt általános ismertetése. Beton. XII. évfolyam. 2010. 1. szám, pp. 1-7.
- Lewandowski, R.: Beurteilung von Bauwerkfestigkeiten an Hand von Betongütemwürfeln und -bohrproben. Dissertation. Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. 1970. és Werner-Verlag, Düsseldorf, 1971.
- Lichter T. – Szamosi A. G. – Mészáros Zs.: A Néprajzi Múzeum dongaboltzatának rabicszerkezete. Kő. XIV. évfolyam. 2012. 3. szám, pp. 34-39.
- Lieshoff, C. – Dahnert, I. – Weinberg, S. – Herzig, D. – Turek, B. – Reike, F.: Bestimmung des Kaliumpermanganatverbrauchs. Bielefeld, 2006. AG Gewässerökologie des Maria-Stemme-Berufskollegs

- der Stadt Bielefeld. ([http://www.lutterleben.de/html/kmno4\\_verbrauch.html](http://www.lutterleben.de/html/kmno4_verbrauch.html))
- Loch, M.: Beitrag zur Bestimmung von charakteristischen Werkstofffestigkeiten in Bestandstragwerken aus Stahlbeton. Dissertation. Kaiserslauten, 2014.
- Lohaus, L.: Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken im Wasserbau. 2. Krefelder Planertag am 31. Oktober 2007. Gütegemeinschaft Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken e.V., Krefeld, 2007
- Lohmeyer, G. – Ebeing, K. Weiße Wannen einfach und sicher. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2009.
- Lohmeyer, G. – Ebeling, K. – Bergmann, H.: Stahlbetonbau. Bemessung – Konstruktion – Ausführung. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden, 2010.
- Ludwig, H-M. – Thiel, R.: Hochleistungsfeinkornbetone. Eigenschaften und Anwendungsperspektiven. Betonwerk+Fertigteile-Technik. 2004. 2. szám, pp. 26-27.
- Lukács Gy.: A korszerű színmérés problémái. Mérés és Automatika. XIX.vfolyam. 1971. 12. szám, pp. 434-445.
- Lura, P.: Werkstoffe I. Verformbarkeit (zeitabhängiges Verhalten). EMPA. ETHZ. Frühjahrssemester 2011. [http://www.ifb.ethz.ch/education/bachelor\\_werkstoffe1/2011FS/Vorlesung03\\_VerformbarkeitZeit\\_folien.pdf](http://www.ifb.ethz.ch/education/bachelor_werkstoffe1/2011FS/Vorlesung03_VerformbarkeitZeit_folien.pdf)
- Madaleno, A. C. L.: Erfassung von Verformungs- und Spannungszuständen im jungen Beton infolge Temperatur. Dissertation. Bauhaus-Universität Weimar, 2002.
- Magyar Életrajzi Lexikon. Lásd: Kenyeres Ágnes
- Magyar Közút Nonprofit Zrt.: Az útügyi szabályozásról. [http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/UMSZ\\_2013\\_01\\_15.pdf](http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/UMSZ_2013_01_15.pdf)
- Magyar Tudományos Akadémia: A magyar helyesírás szabályai. Tizenegyedik kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1984.
- Magyar Tudományos Akadémia: A magyar helyesírás szabályai. Tizenkettedik kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2015.
- Makray, I.: A cement. Fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai” című könyv első részében. (Szerkesztette: Dr. Erdely-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula) pp. 369-379. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Mangat P. S. – Molloy B. T.: Factors Influencing Chloride induced Corrosion of Reinforcement in Concrete. Materials and Structures. Vol. 25. 1992, pp. 404-411.
- Mangat, P. S. – Molloy, B. T.: Prediction of long term chloride concentration in concrete. Materials and Structures. Vol. 27. 1994, pp. 338-346.
- Mangat, P. S. – Limbachiya, M. C.: Effect of initial curing on chloride diffusion in concrete repair materials. Cement and Concrete Research. Vol. 29. 1999, pp.1475-1485.
- Mann, O.: Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit von Beton. beton. 2011. No. 1+2, pp. 14-18.
- Martin, G. – Blythe, C. E. – Tongue, H.: Researches on the theory of fine grinding. Part I.: Law Governing the Connection between the Number of Particles and their Diameters in Grinding Crushed Sand. Trans. Ceram. Soc. (England). Vol. 23. 1923-1924. pp. 61-109.
- Massányi T. – Dulácska E.: Statikusok kézikönyve. Magasépítés. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1989.

- Materialprüfungsanstalt (MPA) Berlin-Brandenburg: Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. [http://www.berdingbeton.de/service/kanalbau/prospekte\\_medien\\_data/07\\_Saeurewiderstandsfahiger\\_Beton.pdf](http://www.berdingbeton.de/service/kanalbau/prospekte_medien_data/07_Saeurewiderstandsfahiger_Beton.pdf), 2007.
- Maurer, R. – Heeke, G. – Kiziltan, H. – Kolodziejczyk, A.: Nachrechnung von Betonbrücken zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Bauwerke. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), Brücken- und Ingenieurbau. Heft B 89. Bergisch Gladbach, 2012.
- MAÚT: Útügyi előírások 2007. Műszaki szabályozási tudnivalók. MAÚT. Budapest, 2007.
- MAÚT: Útügyi műszaki előírások. MAÚT. Budapest, 2010. [http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/2010\\_szepember\\_honlap.pdf](http://internet.kozut.hu/SiteCollectionDocuments/2010_szepember_honlap.pdf)
- Márkus J.: Zsírok, olajok, szappanok. Fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai” című könyv második részében (Szerkesztette: Dr. Erdey-Grúz Tibor és dr. Gróh Gyula), pp. 250-260. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940.
- Mehmet, A.: Über einige Grundlagen des modernen Massivbaus. Der Bauingenieur. Jg. 42. 1967, Berlin
- Meiswinkel, R. – Meyer, J. – Schnell, J.: Bautechnik im Kernkraftwerksbau. Beton-Kalender 2011. Band 1, pp. 343-515. Ernst & Sohn Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- Meißner, M.: Biegetragverhalten von Stahlbetonbauteilen mit rezyklierten Zuschlägen. DAfStb-Heft 505. Vertrieb durch Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2000.
- Mélyépítő Vállalat évkönyve: Kiadó: Prieszol József vezérigazgató, Budapest, 1980.
- Michaelis, W.: Der Cement-Bacillus. Tonindustrie-Zeitung. Jg. 16. 1892, pp. 105-106.
- Michelberger P. – Szeidl L. – Várlaki P.: Alkalmazott folyamatstatisztika és idősor-análízis. Typotex Kiadó. Budapest, 2001.
- Mihailich Gy.: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára. Matematikai és Természettudományi Értesítő. 1936, pp. 30.
- Mihailich Gy.: A beton és vasbetonépítés újabb fejlődése. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai. III. kötet. 14. füzet. Budapest, 1942.
- Mihailich Gy. – Palotás L.: Vasbetonépítéstan. A vasbeton szilárdságtana. Tankönyvkiadó. Budapest, 1964.
- Mihailich Gy. – Schwertner A. – Gyengő T.: Vasbetonszerkezetek elmélete és számítása. Németh József Technikai Könyvkiadó Vállalata. Budapest, 1946.
- Mihálik J.: Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens. Zweite Auflage. Theobald Grieben, Berlin, 1860.
- Mises, R.: Über die Variationsbreite einer Beobachtungsreihe. Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft. 22. (máshol: 222.). pp. 3-8. Berlin, 1923.
- Mises, R.: La distribution de la plus grande de  $n$  valeurs. Revue Mathématique de l'Union Interbalcanique. 1936. 1.

- pp. 1-20. (máshol: pp. 141-160.). Reprinted in „Selected Papers of Richard von Mises”. Amer. Math. Soc. 2. 1964. pp. 271-294.
- Mistéth E.: Építőanyagok küszöbszilárdságának valószínűségi sűrűségfüggvénye. Tanulmány. Építástudományi Intézet. Budapest, 1977.
- Mistéth E.: A keresztmetszeti mennyiség valószínűségelméleti alapon való meghatározása. Vasbetonépítés II. évfolyam. 2000. 4. szám, pp. 106-111.
- Mistéth E.: Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.
- Mlinárik L. – Kopecskó K.: Metakaolin – egy új cement kiegészítő anyag. Mérnökgeológia-Kőzetmechanika. 2011. pp. 357-362.
- Mohr, R.: Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Expert Verlag. Renningen, 2008.
- Monostory I.: Valószínűségelmélet és matematikai statisztika. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2002.
- Moro, J. L.: Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail. Band 1. Grundlagen. Springer Verlag. Berlin – Göttingen – Heidelberg, 2009.
- Mörsch, E.: Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart, 1908.
- MSZT: Az építési termékek CE-jelölése lépésről lépésre. Budapest, 2015.
- Murthy, D. N. P. – Xie, M. – Jiang, R.: Weibull Models. Wiley-Interscience. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. Hoboken, New Jersey and Canada, 2004.
- Muttoni, A.: Betonbau. Einführung in die Norm SIA 262. Auszug der Dokumentation D 0182 SIA. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 2003.
- Müller, Ch. – Eickhard, E. – Breiterbücher, R. – Köster, C.: Überprüfung des Zeitbeiwerts für Fahrbahndeckenbetone. Griffig. Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton. pp. 2-7., Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V., Düsseldorf, 1/2013.
- Müller, Ch.: Zement und seine Anwendung. Beton Kalender. 2017. Band 1, pp. 235-293. Verlag Ernst & Sohn. Berlin
- Müller, H. S. – Haist, M.: Selbstverdichtender Leichtbeton. Betonwerk + Fertigerteiltechnik, Heft 12. 2004.
- Müller, H. S. – Reinhardt, H.-W.: Beton. Beton-Kalender. 2009. Band 1. pp. 1-150. Verlag Ernst & Sohn. Berlin
- Müller, H. S. – Wiens, U.: Beton. Beton Kalender. 2016. Band 1, pp. 1-168. Verlag Ernst & Sohn. Berlin
- Nash, R. A.: A Relationship Between Screen Opening and Mesh Size for Standard Sieves. Pharmaceutical Development and Technology. 2:2, pp. 185-186. 1997.
- Navi, Louis: Work of Martin and Co-workers. 2015.  
[https://archive.org/stream/in.ernet.dli.2015.16028/2015.16028.Colloid-Chemistry-Vol-iii\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/in.ernet.dli.2015.16028/2015.16028.Colloid-Chemistry-Vol-iii_djvu.txt)
- Nemes R. – Gyömbér Cs.: Könnnyübeton adalékanyagok összehasonlító vizsgálata. TDK dolgozat. Konzulens: Józsa Zs. BME Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszék, 2001. október)



- Nemesdy E.: Utak és autópályák pályaszerkezete. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971.
- Nendtvich (máshol Nendtwich) G.: A hydraulikus kötőanyagok és a hazai cementek és cementgyárak. Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Nemes R. – Gyömbér Cs.: Könnyűbeton adalékanyagok összehasonlító vizsgálata. TDK dolgozat. Konzulens: Józsa Zs. BME Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszék, 2001. október)
- Neumüller, O.-A. (szerk.): Römppe Vegyészeti Lexikon. 1.-4. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1981-1984.
- Nischer, P.: Verbesserung der Betoneigenschaften durch Optimierung der Betontechnologie. Beton + Fertigteil-Jahrbuch. 44. Ausgabe. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1996, pp. 78-85.
- Nischer, P. – Macht, J.: Weiche Betone mit verschiedenem Mehlkorn. Maßnahmen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Betonwerk und Fertigteil-Technik. Jg. 72. 2006. No. 8, pp. 42-53.
- Nothnagel, R.: Hydratations- und Strukturmodell für Zementstein. Dissertation. Schriftenreihe des Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. Heft 200. Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 2007.
- Novák D. – Novák E.: Slagstar® 42,5 N C<sub>3</sub>A-mentes új speciális cementfajta az agresszív kémiai korrózió ellen. Vasbetonépítés. XI. évfolyam. 2009. 3. szám, pp. 92-96.
- Ország J.: A tárolóban lévő esővíz minősége. Ország József munkáin alapuló tanulmány, 2011.  
<http://www.eautarcie.com/hu/03b.html>
- Owen, D. B.: Handbook of statistical tables. Addison-Wesley Publishing Company. Reading Massachusetts, Palo alto. London, 1962.
- Pade, C. – Jakobsen, U. H. – Elsen, J.: A New Automatic Analysis System for Analyzing the Air Void System in Hardened Concrete. Proceedings of the International Cement Microscopy Association, pp. 204-213., ed. Jany, L. and Nisperos, A. San Diego, 2002.
- Palotás L.: A beton. Fejezet a Möller Károly szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben, pp. 37-78. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1934.
- Palotás L.: A beton. Fejezet a Möller Károly szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben, pp. 160-205. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1938.
- Palotás L.: Minőségi beton. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat. Budapest, 1952.
- Palotás L.: Mérnöki Kézikönyv. 1. kötet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1955.
- Palotás L.: Műszaki értelmező szótár 1. Építőanyagok”, Terra Kiadó, Budapest, 1958.
- Palotás L.: Építőanyagok I. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959.
- Palotás L.: Építőanyagok. II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1961.
- Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. kötet. Általános anyagismeret. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.
- Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 2. kötet. Fa – Kő – Fém – Kötőanyagok. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1979.

- Palotás L. – Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. kötet. Beton – Habarcs – Kerámia – Műanyag. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.
- Palotás L. – Szerémi L.: Keretszámító eljárások. Kézirat (Jegyzet). Tankönyvkiadó. Budapest, 1962.
- Pallas Nagy lexikona Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest, 1897.
- Papadakis, M. – Bresson, J.: Contribution à l'étude du facteur de maturité des liants hydrauliques application à l'industrie du béton manufacturé. Revue des Matériaux, Ciments – Betons, Nr. 678, 3/1973, pp. 18-22.
- Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 1. rész: Betonösszetéti állapotjellemzők. Beton szakmai lap. 2010. október-november. XVIII. évfolyam. 10-11. szám, pp. 3-6.
- Pekár Gy.: Betonkeverék egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása. 5. rész: Konzisztenciát befolyásoló tényezők. Beton szakmai lap. 2011. június. XIX. évfolyam. 6. szám, pp. 3-7.
- Pekár Gy.: Simple basic model for concrete and its application. Part 3. Factors affecting consistency, material balance equations and mix design. Építőanyag. 65. évfolyam. 2013. 4. szám, pp. 118-126.
- Percsich K.: Bevezetés a vízanalitikába. A gyakorlat elméleti háttere környezetmérnök hallgatóknak. SZIE MKK Központi Laboratórium. Gödöllő, 2005.  
<http://mkk.szie.hu/dep/chem/targyl/vizanal/bevez.pdf>
- Petersons, N.: Strength of concrete in finished structures. Kungliga Tekniska Högskolans Handlingar. 1964. Nr. 232.
- Pécsi E.: Biztonsági tényező kérdése. Fejezet „A vasbeton” című könyvben, pp. 209-226. Szerkesztette dr. Palotás László. Magyar Építőmesterek Egyesülete. Budapest, 1947.
- Pfeifer, D.: Einführung in die Extremwertstatistik. (Teubner-Skripten zur mathematischen Stochastik). Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. 1989.
- Pluzsik T. (főszerkesztő): Cement-beton Kisokos. Holcim Hungária Zrt. Budapest, 2008.
- Pogány B.: A nagyszilárdságú beton néhány problémája. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1957.
- Pónyai Gy.: Szabványosítás és terminológia. Magyar Terminológia. 3. évfolyam. 2010. 1. szám, pp. 3-7.
- Popovics S.: A betonadalék szemszerkezetének számszerű jellemzéséről. MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei, 7. kötet. 1952. 1-3. szám, pp. 45-75.
- Popovics S.: Eljárások a betonadalék szemszerkezetének elbírálására. a Mérnöki Továbbképző Intézet jegyzete, Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1953.
- Popovics, S.: Method for developing relationships between mechanical properties of hardened concrete. Journal of the ACI 70. 1973. Nr. 12, pp. 795-798.
- Powers, T. C.: A discussion of cement hydration in relation to the curing of concrete. Proceedings Highway Research Board 27. 1947, pp. 178-188.

- Powers, T. C. – Brownyard, T. L.: Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. Journal of the American Concrete Institute, Proc. 43 (1947); Bulletin 22, Research Laboratories of the Portland Cement Association, Chicago, 1948.
- Powers, T. C.: The non-evaporable water content of hardened Portland-cement paste – its significance for concrete research and its method of determination. ASTM Bulletin 158. 1949, pp. 68-76.
- Powers, T. C. – Helmuth, R. A.: Theory of Volume Changes in Hardened Portland Cement Paste during Freezing, Proc. Highway Research Board 32, pp. 285, 1953.
- Pritz T.: Akusztikai anyagok komplex Young-modulusának mérése. SZIKKTI Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet 81. sz. Tudományos Közleménye. Budapest, 1984.
- Pritz T.: Rezgéscsökkentő anyagok dinamikai tulajdonságai. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1996.
- Proceq SA: Betonprüfhammer N/NR, L/LR und Digi Schmidt ND/LD Rückprallmessungen und Karbonatisierung. Info. Schwerzenbach (Svájc), 2003.
- Proceq SA: SilverSchmidt. Bedienungsanleitung. Betonprüfhammer. Schwerzenbach (Svájc), 2007.
- Proceq SA: SilverSchmidt. Bedienungsanleitung. Schwerzenbach (Svájc), 2011.
- Quervain, de F.: Über die Klassifizierung des Gesteinsmaterials im Strassenbau. Strasse und Verkehr. Jg. 36. 1950. No. 10, pp. 297-301.
- Rackwitz, R. – Müller, K. F. – Maaß, G.: Berichte zur Sicherheitstheorie der Bauwerke. Teil 1: Untersuchungen für ein stochastisches Modell der Betondruckfestigkeit sowie zum Qualitätsangebot von Beton. Laboratorium für den konstruktiven Ingenieurbau, Technische Universität München. Heft. 13. 1976.
- Rammler, E.: Korngrößenprobleme bei der Siebung und Zerkleinerung. Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift. Jahrgang 69. 1933. Nr. 21. pp. 465-471.
- Rammler, E.: Gesetzmässigkeiten in der Kornverteilung zerkleinerter Stoffe. Z. VDI. Beiheft Verfahrenstechnik. 1937. pp. 161-168.
- Raupach, M. – Orlowsky, J.: Erhaltung von Betonbauwerken. Baustoffe und ihre Eigenschaften. Praxis. Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- Raupach, M.: Beurteilung von Feuchte- und Chloridprofilen verschiedener Bauteile. Dauerhafter Beton. Grundlagen, Planung und Ausführung bei Frost- und Frost-Taumittel-Beanspruchung. 6. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung, Universität Karlsruhe, 12. März 2009, pp. 13-20.
- Rechardt, T.: Betonin lujunden toteaminen poransváyttein. V TT jelentés. Rakkennus 81. Helsinki, 1965.
- Reinhardt, H.-W.: Zum Gedenken an Otto Graf, universeller Bauforscher in Stuttgart. Universität Stuttgart. Reden und Aufsätze 71. Herausgegeben im Auftrag des Rektorats der Universität Stuttgart von Ottmar Pertschi, 2006.

- Rendchen, K.: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.
- Rényi A.: Valószínűség-számítás. Tankönyvkiadó. Budapest, 1968.
- Révay M.: A bauxitcement diadala, bukása és feltámadása. Beton. 3. évfolyam. 1995. 9. szám, pp. 4-6.; 10. szám, pp. 3-6.; 11. szám, pp. 3-4.
- Révay M.: Kis magyar cementkémia. Taumazit. Beton. 9. évfolyam. 2001. 6. szám, pp. 6-7.
- Révay M.: Kis magyar cementkémia. (Martin-salak). Beton. 9. évfolyam. 2001. 7-8. szám, pp. 7-9.
- Révay M.: Reakciókinetikai törvényszerűségek alkalmazása a beton tartósságának becslésére. „Az oltott mésztől a betonig”. Építőanyag. 54. évfolyam. 2002. 1. szám, pp. 15-19.
- Révay M.: A taumazit-kérdés Magyarországon. Beton. 13. évfolyam. 2005. 1. szám, pp. 3-6.
- Révay M. – Laczkó L.: A taumazit-szulfátkorrózió (Monográfia és a szakirodalom kritikai elemzése). Építőanyag. 58. évfolyam. 2006. 2. szám, pp. 47-53.
- Révay M.: Különleges cementek. Fejezet a „Cement-beton Kisokos” c. könyvben. Főszerkesztő: Pluzsik Tamás. Holcim Hungária Zrt., 2008.
- Ribitsch, V. Rheologie. UNI Graz, Institut für Chemie. (é.n.) [http://physchem.kfunigraz.ac.at/rc/ribitsch\\_pfragner/Rheologie\\_Vorlesung\\_gesamt1.pdf](http://physchem.kfunigraz.ac.at/rc/ribitsch_pfragner/Rheologie_Vorlesung_gesamt1.pdf)
- Riesz L. (szerkesztő): Cement- és mészgyártási kézikönyv. Építésügyi Tájékoztatói Központ. Budapest, 1989.
- RILEM Report TC43-CND Draft Recommendation for in Situ Concrete Strength Determination by Combined Non- Destructive Methods. 1983.
- RILEM Draft Recommendation, 43-CND. Combined non-destructive testing of concrete. Draft recommendation for in situ concrete strength determination by combined non-destructive methods. Materials and Structures. 1993. 26, pp. 43-49.
- Rinne, H.: Zur Genesis der Weibull-Verteilung. Fejezet a Rinne, H. – Rüger, B. – Strecker, H.: Grundlagen der Statistik und ihre Anwendungen. Festschrift für Kurt Weichselberger. Physica-Verlag. Heidelberg, 1995. könyv 77-86. oldalán.
- Rinne, H.: The Weibull Distribution. A Handbook. CRC Press. Boca Raton (Florida), London, New York, 2008.
- Rosin, P. – Rammler, E. – Sperling, K.: Korngrößenprobleme des Kohlenstaubs und ihre Bedeutung bei der Vermahlung. Bericht C 52 in den Berichtfolgen des Kohlenstaubausschusses Reichskohlenrates. Berlin, 1933.
- Rosin, P. – Rammler, E.: Gesetzmässigkeiten in der Kornzusammensetzung des Zementes. Zement. Band 22. 1933. pp. 427-433.
- Rosin, P. – Rammler, E.: Gesetze des Mahlgutes. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Band 15. 1934. pp. 399-416.
- Rostasy, F. S. – Krauß, M. – Budelmann, H.: Planungswerkzeug zur Kontrolle der frühen Rißbildung in massigen Betonbauteilen. Bautechnik. Band 79. 2002. H. 7. – H. 12.
- Röhling, S.: Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2009.

- Röhling, S. – Eifert, H. – Jablinski, M.: Betonbau. Band 1. Zusammensetzung, Dauerhaftigkeit, Frischbeton, Band 2. Hydratation, Junger beton, Festbeton (szerző: S. Röhling), Band 3. Spezialbetone, Anwendungsgebiete, Sichtbeton. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2012.
- Rudnai Gyula (szerk.): Könnnyübeton. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1961.
- Rüsch, H.: Specimen size and apparent compressive strength. Proc A.C.I. 50. 1954 pp. 803.
- Rüsch, H. – Sell, R. – Rackwitz, R.: Statistische Analyse der Betonfestigkeit. DAfStb-Heft 206. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1969.
- Saul, A. G. A.: Principles underlying the steam curing of concrete at atmospheric pressure. Magazine of Concrete Research, 1951, No. 6., pp. 127-140.
- Scheerer, S.: Hochleistungsleichtbeton unter mehraxialer Druckbeanspruchung. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2009.
- Schenkel, M.: Zum Verbundverhalten von Bewehrung bei kleiner Betondeckung. Dissertation. Institut für Baustatik und Konstruktion Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. 1998.
- Schießl, P.: Hydratationswärme und Festigkeitsentwicklung“, Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Univ.-Prof. Dr. Ing. P. Schießl), München, 2003.  
<http://www.cbm.bv.tum.de/english/images/Lehre/Skripten/BauingenieurwesenMaster/hydratationswaerme%2Bfestigkeitsentwicklung.pdf>
- Schmidt, E. O.: Der Betonprüfhammer. Ein Gerät zur Bestimmung der Qualität des Betons im Bauwerk Schweizerische Bauzeitung. Zürich. Jg. 68. Nr. 28. 1950. Juli, pp. 378-379.
- Schmidt, E. O.: Versuche mit dem neuen Betonprüfhammer zur Qualitätsbestimmung des Betons. Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik 1951. No. 5, pp. 139-143.
- Schmidt, E. O.: Apparatus for testing the surface hardness of construction materials. Filed May 29, 1951. Patent US 2,664,743 Jan. 5. 1954.
- Schmidt, F. W. – Abt, L. – Czechowski, R. – Donzel, M. – Plattner, R.: Ernst und Albert Schmidt, Ingenieure. Pioniere des Brückenbaus. Park Books, Zürich, 2014.
- Schmidt, M. – Fehling, E.: Grundlagen der Betontechnologie von Hoch- und Ultrahochleistungsbeton und Anwendung von UHPC im Brückenbau. Der Tagungsband Seminar der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure in Hessen e.V. am 05.04.2006, pp. 1-11.
- Schmidt, M. – Bunje, K. – Dehn, F. – Droll, K. – Fehling, E. – Greiner, S. – Horvath, J. – Kleen, E. – Müller, Ch. – Reineck, K-H. – Schachinger, I. – Teichmann, Th. – Teutsch, M. – Thiel, R. – Tue, N. V.: Ultrahochfester Beton. Sachstandbericht. Deutscher

- Ausschuss für Stahlbeton DAfStb, Heft 561. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008.
- Schmidt, Th.: Sulfate attack and the role of internal carbonate on the formation on thaumasite. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Pour l'Obtention du Grade de Docteur ès Sciences. 2007.
- Schmied, Ch.: Die Beziehung zwischen der Betonfestigkeit, des Bauwerks und der an unterschiedlichen, getrennt vom Bauwerk hergestellten Prüfkörpern ermittelten Festigkeit (Literaturstudie). Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde oder Fraunhofergesellschaft, Stuttgart, 1976.
- Schnell, J. – Loch, M.: Umrechnung historischer Baustoffkennerte auf charakteristische Werte. Der Prüfenieur. 34. Jg. 2009. April, pp. 50-61.
- Schnell, J. – Loch, M. – Zhang, N.: Umrechnung der Druckfestigkeit von zwischen 1943 und 1972 hergestellten Betonen auf charakterische Werte. Bauingenieur. Band 85. 2010. Dezember, pp. 513-518.
- Schnell, J. – Zilch, K. – Dunkelberg, D. – Weber, M.: Sachstandbericht Bauen im Bestand. Teil I.: Mechanische Kennwerte historischer Betone, Betonstähle und Spannstähle für die Nachrechnung von bestehenden Bauwerken. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAfStb, Heft 616. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2016.
- Scholz, W. – Hiese, W. – Möhring, R.: Baustoffkenntnis. 17. Auflage. Werner Verlag. Köln, 2011. (Az 1. kiadás 1957-ben jelent meg.)
- Schulthess, R.: Grundlagen der ARA. Verfahrenstechnik. A Betonsuisse Bernben, 2010-ben tartott „Betonerossion in Biologiebecken von ARA” konferenciáján elhangzott előadás vetített képei:  
[http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerossion\\_in\\_ara/index.html?lang=de](http://www.betonsuisse.ch/betonsuisse/angebot/betonerossion_in_ara/index.html?lang=de)
- Schulze, K.: Schnellverfahren zur Kornform-beurteilung und Vorschläge zur Definition von Splitt und Edelsplitt. Strasse und Autobahn, 4. Jg. 1953. No. 8, pp. 253-257.
- Schwenk Zement KG: Betontechnische Daten. Ulm, 2006.
- Seim, W.: Bewertung und Verstärkung von Stahlbetontragwerken. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 2007.
- Setzer, M. J.: Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonwaren. Universität GH Essen, Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 1990. Nr. 49.
- Setzer, M. J.: „Die Mikroislinsenpumpe – Eine neue Sicht bei Frostangriff und Frostprüfung”, című fejezet a 14. Ibausil Konferencia kiadványában, 1. kötet., Weimar, 2000.
- Setzer, M. J.: Frostscha-den – Grundlagen und Prüfung. Beton und Stahlbeton. 97. kötet. 2002, pp. 350-359.
- Setzer, M. J.: CIF Test – Testmethode zur Bestimmung des Frostwiderstands von Beton (CIF) – RILEM Recommendation TC 117-FDC: CIF-Test: Capillary suction, internal damage and freeze thaw test – Referenze method and alternative methods A and B. Materials and Structures. Vol. 37. 2004, pp. 743-753.

- Siebel, E. – Kerkhoff, B.: Einfluß von Recyclingzuschlägen aus Altbeton auf die Eigenschaften insbesondere die Dauerhaftigkeit des Betons. Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf. Zwischenbericht für das 1. Halbjahr 1998.
- Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete. Gondolat kiadó. Budapest, 1978.
- Sipos L.: A fényre-szabott méter atyja. Mérnök Újság 2000. augusztus-szeptemberi száma
- Sipos M.: 125 éve kötelező a méterrendszer alkalmazása. Mérnök Újság 2001. decemberi száma
- SNBPE: Evolution de l'annexe nationale de la norme béton NF EN 206-1/CN. Commentaires. Párizs, 2012.  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFYQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.snbpe.org%2Ftpl%2Fdownload.php%3Fid%3D1269&ei=gFsBUoX4DKGv4ATBmICIBA&usg=AFQjCN GN9UdXFR1LXXwvGEf5mFY8xmaKqQ&sig2=3tpaz43 IOkEDvtMbYs71dA>
- Soltész I.: Az építési termékekre vonatkozó új uniós rendelet. Építőanyag 64. évfolyam. 2012. 1–2. szám, pp. 40.
- Soósné B. I.: Mi is az a geopolimer és mire lehet használni? Beton szakmai lap. 2018. április. XXVI. évfolyam. 4. szám, pp. 12-15.
- Spaethe, G.: Die Sicherheit tragender Betonkonstruktionen. Springer Verlag. Wien, 1992.
- Spanka, G. – Grube, H. – Thielen, G.: Wirkungsmechanismen verflüssigender Betonzusatzmittel. beton. 1995. 1. rész: Heft 11, pp. 802-808. 2. rész: Heft 12, pp. 876-881.
- Spindel, M.: Zeichnerische Darstellung des Zusammensetzung von Beton und Betonzuschlagstoffen im Vierstoffparallelogram. Beton und Eisen. Berlin, 1931. H. 1-2, pp. 18-21., 32-37.
- Splittgerber, F.: Identifizierung der Zementart in Zementsteinen und die Übertragbarkeit auf Mörtel und Betone. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur. Weimar, 2012.
- Spránitz F.: Magas- és mélyépítési termékek újszerű gyártástechnológiái. Beton szakmai lap. 2008. február. XVI. évfolyam. 2. szám, pp. 14-16.
- Springenschmid, R.: Betontechnologie für die Praxis. Bauwerk Verlag GmbH. Berlin, 2007.
- Stange, K. – Henning, H.-J.: Graf/Henning/Stange – Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York, 1966.
- Stark, J. – Möser, B. – Eckart, A.: Neue Ansätze zur Zementhydratation. ZKG International Zement, Kalk, Gips. Vol. 54. 2001. Teil 1. No. 1, pp. 52-60. és Teil 2. No. 2, pp. 114-119.
- Stark, J. – Möser, B. – Bellmann, F.: Ein neues Modell der Zementhydratation. Proceedings „15. Internationale Baustofftagung ibausil“. Weimar, September 2003. S. 1/0015-1/0031.
- Stark, J. – Wicht, B.: Zement und Kalk. Der Baustoff als Werkstoff. Birkhäuser Verlag. Basel, 2000

- Stark, J. – Wicht, B.: Aus der Geschichte des Zements. Wilhelm Michaelis' Patent zur Herstellung von Erzzement vor 100 Jahren. Thesis, Wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar. 2001. Heft 5-6, pp. 6-12.
- Stern, O.: Vorschlag für eine Norm: Kornpotenz, Feinheitmodulloser Haufwerke. Sparwirtschaft. Wien, 1932. H. 4. p. 125.
- Stein, D. – Brauer, A.: Widerstand von Beton und Stahlbetonrohren für kommunale Entwässerungssysteme gegen chemische Angriffe. Bochum, 2005. Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn. [http://www.fbsrohre.de/rohrwerkstoffauswahl/expertisen\\_pdf/Korrosionsbestaendigkeit.pdf](http://www.fbsrohre.de/rohrwerkstoffauswahl/expertisen_pdf/Korrosionsbestaendigkeit.pdf)
- Student (W. S. Gosset): The Probable Error of a Mean. Biometrika. 1908. Vol. 6, pp. 1-25.
- Student (W. S. Gosset): Probable Error of a Correlation Coefficient. Biometrika. 1908. Vol. 6, pp. 302-310.
- Szabó I.: Acélhajbeton. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- Szabó J.: Az európai és a nemzetközi szabványosítás folyamatai. Anyagvizsgálók Lapja. 2006. 1. szám, pp. 1-3.
- Szakács Gy. – Poles J.: Szabványügyi ismeretek. Minőségügyi és minőségirányítási ismeretek. Építési műszaki ellenőri szakképzés. Belügyminisztérium Építésügyi Főosztálya. Terc Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Budapest, 2011.
- Szalai K.: A betonszilárdság minősítése. Építési kutatás-fejlesztés. ÉTI. 1974 évfolyam. 1-2. szám, pp. 31-41.
- Szalai K. (szerkesztő): A beton minőségellenőrzése. A Magyar Szabványügyi Hivatal szabványosítási szakkönyvtárának 26. számú kötete. Szabványkiadó, Budapest, 1982.
- Szalai K. (szerkesztő): Eurocode 2: Betonanyagú tartószerkezetek tervezése. 1. rész: Általános előírások és épületekre vonatkozó előírások. Oktatási segédlet. BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke. Budapest, 1997.
- Szalai K.: A szerkezeti anyag parciális tényezőjének összetevői. BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke tudományos közleményei. Budapest, 2002. pp. 155-160.
- Szalai K.: A beton parciális tényezőinek összetevői Beton szakmai lap. 2002. április.X. évfolyam. 4. szám, pp. 11-13.
- Szalai K.: Beton (vasbeton és feszített vasbeton) szerkezeti elemek vizsgálata Eurocode (ENV) szerint. Jegyzet. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. Budapest, 2005.
- Szalai K. – Huszár Zs. – Kovács T.: „Közúti betonhidak tervezése az Eurocode alapján” és „Közúti hidakat terhelő erők és hatások az Eurocode alapján” c. tanulmány. Kézirat. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. Budapest, 2005.
- Széchenyi I.: Gróf Széchenyi István minden írása. CD. Logod Bt. 2001.
- Szegő J.: Jogszabályi feltételek a betontermékek forgalomba hozatalához. Beton. XVII. évfolyam. 2009. 4. szám, pp. 3-7.
- Székely Á.: Cementkötés CO<sub>2</sub> atmoszférában (Szabványos cementhabarcsoknak széndioxiddal való kezelése). Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 15. sz. jelentése.



- É. M. Dokumentációs és Nyomtatványellátó Vállalat. Budapest, 1955.
- Székely Á.: Az építőanyagok hőenergiaszükségletéből levonható következtetések. Magyar Építőipar. 6. évfolyam. 1957. 5-6. szám, pp. 233-236.
- Székely Á.: A beton újfajta kötőanyagainak ismertetése és felhasználása. Mérnöki Továbbképző Intézet. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1959, 1960, 1961.
- Székely Á.: Habosított kohósalak közép- és nagyblokkok készítésére. Magyar Építőipar. 8. évfolyam. 1959. 8. szám, pp. 405-408.
- Székely Á.: Hőszigetelő perlitbeton és habarcs. Magyar Építőipar. 9. évfolyam. 1960. 4. szám, pp. 159-160.
- Székely Á.: Cementhabarcs és beton széndioxidos kezelése. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1961.
- Székely Á.: Korszerű és olcsó építőanyagok a mezőgazdasági építészetben. Magyar Építőipar. 11. évfolyam. 1962. 8. szám, pp. 363-365.
- Székely Á.: Hőszigetelő könnyűbetonok. Mérnöki Továbbképző Intézet. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest, 1962.
- Szilágyi K. – Borosnyói A.: A Schmidt-kalapács 50 éve: Múlt, jelen, jövő. Vasbetonépítés. X. évfolyam. 2008. 1. rész: Módszerek és szakirodalmi összefoglalás. 1. szám, pp. 10-17. 2. rész: Az európai szabványosítás és annak hazai jelentősége. 2. szám, pp. 48-54., 3. rész: Tudományos megfontolások és kitekintés. 3. szám, pp. 73-82.
- Szilágyi K.: Rebound surface hardness and related mechanical properties of concrete (Beton visszapattanási keménységének és anyagjellemzőinek kapcsolata). PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest, 2013.
- Szilágyi M. (szerkesztő): Fizikai kislexikon. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1977.
- Szinnyei J.: Magyar írók élete és munkái. I-XIV. kötet. Hornyánszky. Budapest, 1891–1914. (<http://mek.oszk.hu/03600/03630/index.phtml>)
- SZTE-ÉTE konferencia kiadvány: A magyar perlit 40 éve. 1998.
- Taerwe, L.: A General Basis for the Selection of Compliance Criteria. IABSE Periodica. Proceedings P-102/86, pp. 113-127. ETH-Hönggerberg, Zürich 3/1986 August.
- Takada, K. – Pelova, G. I. – Walraven, J. C.: Self-Compacting concrete produced by Japanese Method with Dutch materials. The Congress of European Ready Mixed Concrete Organization ERMCO98, Lisbon, 23-26 June 1998, pp. 1-10.
- Talabér J. (szerkesztő): Cementipari Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1966.
- Talabér J.: Az aluminátcement-betonok tartóssága. Akadémiai doktori értekezés. MTA. Budapest, 1991.
- Talabér J.: Az aluminátcementek mai szemmel. Építőanyag. 1996. 48. évfolyam. 4. szám, pp. 107-113.
- Tassi G. – Lenkei P.: Ötven éve alakult meg a *fib* két elődje, a FIP és a CEB. Vasbetonépítés. V. évfolyam. 2003. 4.szám, pp. 94-97.

- Tänzer, R. – Stephan, D.: Portlandzementfreie Bindemittel – auch in der Baustoffindustrie werden Alternative gesucht. Bauen und Chemie. No. 18. 2011. [http://archiv.aktuelle-wochenschau.de/druck/2011/wochenschau18\\_2011.pdf](http://archiv.aktuelle-wochenschau.de/druck/2011/wochenschau18_2011.pdf)
- Tegelaar, R.: Steuerung der Wärmebehandlung auf Basis der Betonreife. BFT Betonwerk + Fertigteil-Technik, Jg. 68., 2002., H. 4, pp. 30-37.
- Természettudományi Kislexikon Felelős szerkesztő: Somogyi Béláné. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1976.
- Thaulow, S.: Field testing of concrete. Norske Cementforening, Oslo. 1952. Also, Resume in ACI Journal, Proceedings, Vol. 50. No. 7. Mar. 1954, pp. 10-11, 24-26.
- Theilen, U.: Wasser- und Abwasseranalytik. Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Bauwesen, Fachhochschule Giessen – Friedberg, 2012. <http://websites.thm.de/fachbereich/b/mambo/images/stories/File/professoren/theilen/Analytik-Umdruck.pdf>
- Thiele, C. – Weber, M.: Untersuchungen zur Korrelation von Druck- und Zugfestigkeit in alten, niederfesten Betonen als Grundlage für die Bestimmung der Tragfähigkeit von z. B. Befestigungsmitteln. Abschlussbericht, Technische Universität Kaiserslautern. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart, 2016.
- Thienel, K.-Ch.: Werkstoffe des Bauwesens. Festbeton. Universität der Bundeswehr München. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Frühjahrstrimester 2008. <http://www.unibw.de/bauv3/lehre/skripten/festbeton2008.pdf>
- Thienel, K.-Ch.: Selbstverdichtender Beton. Universität der Bundeswehr München. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Frühjahrstrimester 2018. <https://www.unibw.de/werkstoffe/lehre/masterstudium/skripte-anorganischebindemittel/selbstverdichtender-beton.pdf/download>
- Tippett, L. H. C.: On the Extreme Individuals and the Range of Samples Taken from a Normal Population. Biometrika 17. 1925. pp. 364-387.
- Tóth E. (szerk.): Hidak Vas megyében. Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. Budapest, 2015.
- Tóth L.: A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete alapításának 100. éves évfordulója. A Miskolci Egyetem Bay Zoltán Intézetében, 1997. október 6-án rendezett emlékülésen elhazott előadás. [http://www.mae2012.hu/wp-content/uploads/2012/11/Magyar\\_Anyagvizgalok\\_Egyesulete\\_100.pdf](http://www.mae2012.hu/wp-content/uploads/2012/11/Magyar_Anyagvizgalok_Egyesulete_100.pdf)
- Trüb, U. A.: Der Zementstein. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 31. 1963. No. 14, pp. 1-8.

- Trüb, U. A.: Über die Beurteilung der Bohrkernfestigkeit. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 46. 1978. No. 8, pp. 1-8.
- Trüb, U. A.: Zur Frage der Bauwerksfestigkeit von Beton. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 48. 1980. No. 8, pp. 1-4.
- Trüb, U. A.: Einsatz des Betonprüfhammers für die Qualitätskontrolle. Cementbulletin. Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie (TFB). Wildeg, Svájc. Jg. 53. 1985. No. 16, pp. 1-4.
- Tuckermann, R.: Fluide Grenzflächen. 2006. [http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC5-Grenzf/Fluide\\_Grenzflaechen.pdf](http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC5-Grenzf/Fluide_Grenzflaechen.pdf)
- Tue, N. V.: Statistische Auswertung der Betonqualität. Folgerungen für die Bauwerkssicherheit. Kongressunterlagen der 51. BetonTage. Neu-Ulm, 2007.
- Ujhelyi J.: A beton és vasbeton készítés új műszaki irányelvei (ÉSZKMI 19-77). Magyar Építőipar 1977. 8. szám, pp. 480-485.
- Ujhelyi J.: A betonok szilárdsági szórásának és a szilárdság valószínű eloszlásának a vizsgálata. Építéstudományi Intézet kutatási jelentése. Budapest, 1978. (<http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/13-ujhelyi-1978-szoraszorasz.pdf>)
- Ujhelyi J.: A beton levegőtartalmának hatása. Magyar Építőipar. 1980. 8. szám, pp. 469-481. <http://www.betonopus.hu/notesz/ujhelyi/24-ujhelyi-1980-levegotartalom.pdf>
- Ujhelyi J.: Beton-ismeretek. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 2005.
- Ujhelyi J. (szerkesztő): Betonlexikon. Építésügyi Tájékoztató Központ Kft. Budapest, 2006.
- Ujhelyi J.: Búcsúzunk dr. Buday Tibor építészmérnöktől. Beton.XVII. évfolyam. 2009. 2. szám, pp. 15.
- Varga Á.: Betonfelületek permeabilitásvizsgálata. Építőanyag. 2004. 4. szám, pp. 164-168.
- Varga K.: A magyar minőségügy helyzete az „EU-harmonizáció” nemzetközi összehasonlításában. Szakdolgozat. Budapesti Gazdasági Főiskola. Budapest, 2007. [www.elib.kkf.hu/edip/D\\_13943.pdf](http://www.elib.kkf.hu/edip/D_13943.pdf)
- Vass S.: Az „új megközelítés” megújulása. MM 2008. 5. szám, pp. 251.
- vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Forschungsinstitut der Zementindustrie: Zement-Taschenbuch. 51. Ausgabe. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf, 2008.
- Vendl A.: Geológia. I. kötet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1953.
- Vereniging Nederlandse Cementindustrie: Gewogen rijpheid. Betoniek, 6/20, 1984.
- Vermeersch, T.: Semi-automatische bepaling van de ontkistingssterkte toegepast op het productieproces van Prefadim Belgium NV. Diplomamunka. Katholieke Hogeschool Brugge – Oostende, 2005.

- Vincze E.: Műszaki matematika. V. kötet. Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó. Budapest, 1972.
- Vincze I. (szerkesztő): Statisztikai minőség-ellenőrzés. Az ipari minőségellenőrzés matematikai statisztikai módszerei. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1958.
- Vincze I.: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968.
- Vree, de, R. T. – Tegelaar, R. A.: Gewichtete Reife des Betons. beton, Jg. 48., 1998. H. 11, pp. 674-678.
- Wald, A. – Wolfowitz, J.: Tolerance limits for a normal distribution. Annals of Mathematical Statistics. 17. 1946. pp. 208-215.
- Walz, K.: Beziehung zwischen Wasserzementwert, Normfestigkeit des Zements (DIN 1164, Juni 1970) und Betondruckfestigkeit. beton., Jg. 20., 1970. Heft 11., pp. 499-503.
- Weber, P.: Pigmente zur Betoneinfärbung. BFT International, Betonwerk + Fertigteil-Technik. 2006. No. 7, pp., illetve Gestalten mit farbigem Sichtbeton, Planung und Herstellung. Sonderdruck aus der Zeitschrift Beton. 2007. Jahrgang 57. No. 5.
- Weibull, E. H. W.: A Statistical Theory of the Strength of Material. Ingeniars Vetenskaps Akademiens Handligar. No. 151. Royal Swedish Institute for Engineering Research. Stockholm, 1939./a.
- Weibull, E. H. W.: The Phenomenon of Rupture in Solids. Ingeniars Vetenskaps Akademiens Handligar. No. 153. Royal Swedish Institute for Engineering Research. Stockholm, 1939./b.
- Weibull, E. H. W.: A Statistical Distribution Function of Wide Application. Journal of Applied Mechanics. 18. 1951. p. 293-297.
- Weibull, E. H. W.: A Statistical Distribution Function of Wide Application. Journal of Applied Mechanics. 19. 1952. p. 233-234.
- Weibull, E. H. W.: References on Weibull Distribution, FTLA Report. Forsvarets Teletekniska Laboratorium. Stockholm, 1977.
- Weigler, H. – Karl, S.: Junger Beton, Beanspruchung – Festigkeit – Verformung. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1974. Heft 6, pp. 392-401., és Heft 7, pp. 481-484.
- Weigler, H. – Siemers, H. – Spitzner, J.: Zur nachträglichen Bestimmung der Betondruckfestigkeit. Betonstein-Zeitung. 1966. Heft 3. Seite 150-158.
- Weiss (Weisz) Gy.: A betonozás technológiája. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1952.
- Weiss (Weisz) Gy.: Építőipari laboratóriumi mérés-technika és műszerismeret. I.-III. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.
- Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile. Band 1. Grundlagen. Auflage 3. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1996.
- Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile. Band 2. Beton, Mauerwerk. Auflage 3. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1993.
- Wierig, H. J.: Die Warmbehandlung von Beton. Zement-Taschenbuch. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1970/71., pp. 203-236.

- Wierig, H.-J. – Restorff, B.: Einfluß verschiedener Betonverflüssiger. Tanulmány a „Konsistenz und Ansteifen des Frischbetons (2)” című kiadványban. Schriftenreihe des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie, 6. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1990.
- Windisch A.: Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapismeretek. Szalai Kálmán „A beton minőségellenőrzése” című könyvének 3. fejezete. Szabványkiadó, Budapest, 1982.
- Windisch A.: A beton minőségének ellenőrzése. Balázs György „Építőanyag praktikum” című könyvének 4.6.2. fejezete. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.
- Winkler, H.: Über mechanische Eigenschaften von normalfestem und hochfestem Beton unter besonderer Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls. Forschungsbericht 288. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung. Berlin, 2010.
- Winkler J. (I.-né): Gépgyártás – szabványok, CE jelölés. „Együtt az Európai Unióban” című magyar-szlovák vállalkozó konferenciáján, Nyitrán, 2005. november 10-én elhangzott előadás. [www.nkik.hu/download.php?id=278](http://www.nkik.hu/download.php?id=278)
- Wittmann, F. H.: Werkstoffwissenschaften und Bausanierung. Teil 3. Expert Verlag. Ehningen bei Böblingen, 1993.
- Wollbold, F.: Über ein bildgebendes Ultraschallecho. Verfahren für die Zerstörungsfreie Prüfung von Betonbauteilen. Dissertation. Fakultät Bauwesen der Universität Dortmund. 1998.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/46902093.pdf>
- Wöhl, U.: Bewertung der Bauwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 13791. beton. Jg. 59. 2009. Nr. 4, pp. 130-137.
- Zabell, S. L.: On Student’s 1908 Article „The Probable Error of a Mean”. Journal of the American Statistical Association. March 2008. Vol. 103. No. 481, pp. 1-7.
- Zagorác M. – Szabó B.: BIM-Kézikönyv. 1. kötet. Bevezetés az épületinformációs modellezésbe. Lechner Nonprofit Kft.. Budapest, 2018.
- Zäschke, W.: Konformitätskriterien für die Druckfestigkeit von Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik. 60. Jg. 1994. Heft 9, pp. 94-100. Bauverlag GmbH, Wiesbaden.
- Zein, M. T.: Studie über das Bruchverhalten des Betons unter Zug- und Druckbeanspruchungen. EMPA Bericht 200. Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe. Dübendorf, Svájc, 1974.
- Zement-Merkblatt B 10: Schwerbeton/Strahlenschutzbeton. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2002.
- Zement-Merkblatt B 13: Leichtbeton. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2014.
- Zement-Merkblatt B 20: Zusammensetzung von Normalbeton. Mischungsberechnung. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln, 2017.

- Zement-Taschenbuch: vdz. Verein Deutscher Zementwerke e.V. 51. Ausgabe. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2002 és 2008.
- Zener, C.: Elasticity and Anelasticity of Metals. Chicago University Press, Chicago, 1948.
- Zilch, K. – Cyllok, M.: Zur Regelung der Betondeckung in EN 1992-1-1. BFT International Betonwerk + Fertigteile-Technik, 2004. Jg. 70. Heft 8, pp. 10-17.
- Zielinski Sz.: A román- és portlandcementek szilárdulása pépben, habarcsban és betonban. Az Anyagvizsgálók Nemzetközi Egyesületének koppenhágai kongresszusán elhangzott előadás. Pátria Kiadó. Budapest, 1909.
- Zilch, K. – Diederichs, C. J. – Katzenbach, R.: Handbuch für Bauingenieure. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 2001.
- Zilch, K. – Roos, F.: Betonkennwerte für die Bemessung und das Verbundverhalten von Beton mit rezykliertem Zuschlag. DAfStb-Heft 507. Vertrieb durch Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2000.
- Zilch, K. – Schießl, A.: Partical aspects. Fejezet a fib (CEB-FIP) Bulletin 3: Structural Concrete. Textbook on Behaviour, Design and Performance. (Updated knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990) Vol. 3. Fédération Internationale du Béton (fib) kiadványban. Lausanne, 1999. pp. 237-269.
- Zingg, Th.: Beitrag zur Schotteranalyse. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen. Band 15. 1935, pp. 39-140.
- Zsigovics I.: Öntömörödő beton, a betontechnológia legújabb forradalma. 1. Fogalmak és vizsgálati módok. Vasbetonépítés, V. évfolyam. 1. szám, 2003, pp. 17-24.