2007

Cement - Beton Zsebkönyv

DUNA-DRÁVA CEMENT

A **Duna-Dráva Cement Kft.** örömmel nyújtja át Önnek ezt a kiadványt, és őszintén reméli, hogy ezzel is segítséget tud Önnek nyújtani abban, hogy megtalálja a beton felhasználás újabb és újabb, az Ön igényeit is egyre jobban kielégítő alkalmazási lehetőségeit.

DUNA-DRÁVA CEMENT KFT.

2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198
Telefon: +36 27 511-600
Fax: +36 27 511-760
E-mail: ddc-vac@duna-drava.hu
Honlap: www.duna-drava.hu

A kiadvány megrendelhető:
a **Duna-Dráva Cement Kft.** weboldalán letölthető megrendelőlap kitöltésével. /www.duna-drava.hu/

A cement	1
Betonadalékanyagok	2
A betontechnológia vegyi anyagai	3
Beton kiegészítő anyagok	4
Keverővíz	5
A beton	6
A betonkészítés technológiája	7
Különleges tulajdonságú betonok	8
A beton megfelelőségének az ellenőrzése	9
Irodalomjegyzék	10

DUNA-DRÁVA CEMENT

Kiadó: **DUNA-DRÁVA CEMENT KFT.**
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2., Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198
Telefon: +36 27 511-600, Fax: +36 27 511-760
E-mail: ddc-vac@duna-drava.hu, Honlap: www.duna-drava.hu

Írta: Dr. Buday Tibor, Dr. Erdélyi Attila, Dr. Jankó András, Dr. Kausay Tibor, Dr. Kovács Károly
Dr. Ujhelyi János, Gável Viktória, Valtinyi Dániel

Szerkesztette: **Kovács József**, Duna-Dráva Cement Kft.

A TBG Hungária-Beton Kft. és a Dako Pumpa Kft. bemutatását írta és szerkesztette:
Kandó György, TBG Hungária-Beton Kft.

TBG HUNGÁRIA-BETON BEFEKTETŐ, GYÁRTÓ ÉS FORGALMAZÓ KFT.
Székhely: 1107 Budapest, Basa u. 22.
Telefon: +36 1 434-5600, Fax: +36 1 434-5640
E-mail: tbgbeton@tbgbeton.hu, Honlap: www.tbgbeton.hu

DAKO PUMPA - BETONIPARI SZOLGÁLTATÓ KFT.
2040 Budaörs, Nádas utca 1.
Telefon/fax: +36 23 428-723, +36 23 428-724, +36 1 204-5309, +36 1 371-1087
E-mail: dako-pumpa@dakopumpa.axelero.net

BETON TECHNOLÓGIA CENTRUM KFT.
Budapesti Iroda és Laboratórium
1107 Budapest, Basa utca 22.
Telefon: +36 1 434-5660, Fax: +36 1 434-5665
E-mail: info@btclabor.hu, Honlap: www.btclabor.hu

DUNAI KAVICSÜZEMEK KFT. - KÖZPONTI IRODA
2120 Dunakeszi, P.f.: 76. Székesdűlő
Telefon: +36 27 341-117, Fax: +36 27 342-007
E-mail: dunaikavics@dunaikavics.hu, Honlap: www.dunaikavics.hu

CEMKUT KFT. - CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KFT.
1034 Budapest, Bécsi út 122-124.
Telefon: +36 1 388-3793, +36 1 388-4199, +36 1 368-8433, Fax: +36 1 368-2005
E-mail: cemkut@mcsz.hu, Honlap: www.cemkut.hu

A Sika Hungária Kft. Beton Üzletág bemutatását írta és szerkesztette:
Asztalos István, Sika Hungária Kft.

SIKA HUNGÁRIA KFT.
Székhely: 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.

BETON ÜZLETÁG
Telephely: 2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf. 198.
Telefon: +36 27 316-723, Fax: +36 27 314-736, Mobil: +36 20 943-3620
E-mail (saját): asztalos.istvan@hu.sika.com, E-mail (céges): stabiment@hu.sika.com
Honlap: www.stabiment.hu

Tervezés és nyomdai előkészítés:
ARCUS.HU KFT.
Telefon/fax: +36 27 300-764
E-mail: arcus@dunaweb.hu

Nyomdai munkák:
MULTISZOLG BT.

2. bővített kiadás

ISBN-10: 963-06-1493-6
ISBN-13: 978-963-06-1493-1

1. A cement (Dr. Jankó András) 57

1.1. Cementek vizsgálata az MSZ EN 196 szabvány szerint 57
1.2. Cementféleségek az MSZ EN 197 szabvány szerint 58
1.3. Cementek összetétele és jelölése 61
1.4. Mechanikai követelmények 61
1.4.1. Szabványos szilárdság 61
1.4.2. Kezdőszilárdság 64
1.5. Fizikai követelmények 64
1.5.1. A kötési idő kezdete 64
1.5.2. Térfogat-állandóság 64
1.6. Kémiai követelmények 65
1.7. Tartóssági követelmények 66
1.8. Szabványos megnevezés 66
1.9. Egyéb jellemző (nem szabványos) cementtulajdonság 67
1.9.1. Cementek színjelölése 67
1.9.2. Sűrűség és halmazsűrűség 67
1.9.3. Őrlésfinomság 67
1.9.4. Hidratációs hő 68
1.9.5. Cementhőmérséklet 68
1.9.6. Zsugorodás 69
1.10. Különleges tulajdonságú cementek 69
1.10.1. Kis hőfejlesztésű cement, jele: KH 69
1.10.2. Nagy szulfát állóságú cementek, jele: S 69
1.10.3. Kis alkália tartalmú cementek, jele: KA 69
1.11. A tárolás hatása 70
1.12. A cement egészségügyi vonatkozásai 70
1.13. A Duna-Dráva Cementipari Kft. (DDC Kft.) termékválasztéka 71
1.13.1. A beremendi gyár termékeinek alkalmazási területei 71
1.13.2. A váci gyár termékeinek alkalmazási területei 73

2. Betonadalékanyagok (Dr. Kausay Tibor) 76

2.1. Betonadalékanyagok az új szabványokban 76
2.2. Testsűrűség és halmazsűrűség 79
2.3. Szemnagyság és szemmegoszlás 79
2.3.1. Betonadalékanyag frakciók (termékek) szemnagysága 79
2.3.2. Betonadalékanyag keverékek szemmegoszlása 79
2.4. A betonadalékanyag vízigénye 88
2.5. A 4 mm feletti zúzottkő és könnyű adalékanyag szemek szemalakja 88
2.6. Zúzottkövek kőzetfizikai csoportja 88

2.7. Betonadalékanyag fagy- és olvasztósó-állósága 89
2.8. Homok agyag-iszap tartalma 92
2.9. Betonra káros szennyező anyagok 92
2.9.1. Vízoldható kloridion-tartalom 92
2.9.2. Vízoldható szulfátion-tartalom 92
2.9.3. Szerves szennyeződések 93
2.10. Betonadalékanyag bontott építési törmelékből 93

3. A betontechnológia vegyi anyagai (Gável Viktória Valtinyi Dániel) 95

3.1. Betonadalékszerek 95
3.1.1. Fogalommeghatározások 95
3.1.2. Alkalmazási feltételek 95
3.1.3. Hatások csoportosítása 96
3.1.4. Betonadalékszerek használati szabályai 101
3.2. A betontechnológia vegyi segédanyagai 102
3.2.1. Zsaluzat- ill. sablonleválasztó anyagok 102
3.2.2. Betonfelület kötésgátló anyagok 102
3.2.3. Betonfelület utókezelő, párazáró bevonatok 103
3.2.4. Felületimpregnáló anyagok 103

4. Beton kiegészítő anyagok (Dr. Kovács Károly) 104

4.1. Mészkőliszt, kőlisztek 104
4.2. Az I. típusba sorolhatók a pigmentek is. 105
4.3. Szénpernyék 106
4.4. Kovasavliszt (szilikapor, mikroszilika) 107
4.5. Trasz 108
4.6. Kohósalakok 108

5. Keverővíz (Dr. Erdélyi Attila) 109

5.1. Általános szempontok 109
5.2. Előzetes vizsgálatok, követelmények 109
5.3. Vegyi tulajdonságok, követelmények 109
5.4. Maradékvíz / mosóvíz / újrahasznosított víz 110
5.4.1. Tiltás 110
5.4.2. Alkalmazási szabályok 110
5.4.3. Lebegő szemcsék korlátozása 111

6. A beton (Dr. Ujhelyi János) 113

6.1. Szabványos, tervezett és előírt összetételű beton 113
6.2. Kitéti osztályok 114
6.3. Szilárdsági osztályok 120

6.4. Konzisztencia osztályok 123
6.5. A betonkeverék vízigénye 126
6.6. Víz/cement tényező és szilárdság 130
6.7. Keverési arány és betonösszetétel 131
6.8. Testsűrűség és levegőtartalom 133
6.9. Betonösszetételi követelmények a kitéti osztálytól függően 134
6.10. A beton követelményeinek a kiírása 137
6.11. Szabványos betonkeverékek 138
6.12. A DDC cementekkel készített, adott nyomószilárdságú betonok összetételének a meghatározása 139
6.13. A konzisztencia kiválasztása – a betonszükséglet meghatározása 140

7. A betonkészítés technológiája 142

7.1. Keverés, szállítás, bedolgozás és utókezelés (Dr. Buday Tibor) 142
7.1.1. Keverés 142
7.1.2. Szállítás 142
7.1.3. Bedolgozás 144
7.1.3.1. A bedolgozást megelőző teendők 144
7.1.3.2. Elhelyezés 145
7.1.3.3. Tömörítés 145
7.1.3.4. Munkahézag 147
7.1.3.5. Utókezelés 148
7.1.3.6. Kizsaluzás 150
7.2. Betontechnológiai utasítás (Dr. Buday Tibor) 151
7.3. A transzportbeton átadásának-átvételének feltételei (Dr. Buday Tibor) 151
7.4. Betonfedés (Dr. Kausay Tibor) 156

8. Különleges tulajdonságú betonok 158

8.1. Rostbeton – szálerősítésű beton (Dr. Erdélyi Attila) 158
8.1.1. Áttekintés – általános tulajdonságok 158
8.1.2. Alkalmazási területek 160
8.1.3. Néhány technológiai kérdés 162
8.2. Fagyálló betonok (Dr. Erdélyi Attila) 166
8.2.1. Általános szempontok 166
8.2.2. A fagyálló betonok cementjei 168
8.2.3. A fagyálló beton adalékszerei 169
8.2.4. A fagyállóság vizsgálatának ajánlható módszerei 170
8.2.4.1. Az MSZ 4798-1, 5.5.2., „B” módszere 171
8.2.4.2. Az ÖNORM B 3303:2002 módszerei 171
8.3. Vízzáró betonok (Dr. Buday Tibor) 173

8.4. Kopásálló betonok (Dr. Kausay Tibor) 174
8.5. Agresszív hatásnak ellenálló betonok (Dr. Ujhelyi János) 177
8.6. Alkáli-kovasav és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok (Dr. Kausay Tibor) 183
8.7. Sugárvédő betonok (Dr. Buday Tibor) 184
8.8. Hő- és tűzálló betonok (Dr. Ujhelyi János) 188
8.9. Könnyűbetonok (Dr. Józsa Zsuzsanna) 191
8.9.1. Könnyűbetonok fajtái 191
8.9.2. Könnyű adalékanyagok 193
8.9.3. A könnyűbeton jelölése és jellemzői 195
8.10. Esztétikus megjelenésű (látszó) betonok (Dr. Ujhelyi János) 198
8.11. Kis zsugorodású és csekély kúszású betonok (Dr. Erdélyi Attila) 204
8.11.1. Általános szempontok 204
8.11.2. A zsugorodás fajtái. Kérdésföltevés. 205
8.11.3. A betonnak laboratóriumban mérhető zsugorodását befolyásoló tényezők 206
8.11.4. Teendők 209
8.11.5. Csekély kúszású betonok 209
8.12. Gyorsan vagy lassan szilárduló betonok (Dr. Erdélyi Attila) 212
8.12.1. Alapelvek 212
8.12.2. Hagyományos gyorsbetonok (nem „kész szárazkeverékek”) 214
8.12.3. Gyorsbetonok adalékszerei 215
8.12.4. Száraz(kész) habarcsok és betonok 215
8.12.5. Lassan szilárduló betonok 216
8.13. Betonozás víz alatt (Dr. Buday Tibor) 219
8.14. Öntött, egyszemcsés beton (Dr. Ujhelyi János) 221
8.15. Öntömörödő (ÖT) betonok (Dr. Erdélyi Attila) 222
8.15.1. Fogalmak, jellemzők 222
8.15.2. Kiegészítők (lásd még a 4. fejezetet is) 223
8.15.3. ÖTB-összetétel 224
8.16. Betonozás hideg időben (Dr. Ujhelyi János) 226
8.17. Betonozás meleg időben (Dr. Ujhelyi János) 230
8.18. Bontott építési törmelék adalékanyagú beton (Dr. Kausay Tibor) 234
8.19. Nagyszilárdságú és nagy teljesítőképességű betonok (NSZB, NTB) (Dr. Erdélyi Attila) 235
8.19.1. Fogalmak 235
8.19.2. Kötőanyagok, adalékanyagok, hőfejlesztés 235
8.19.3. A szilárd NSZ beton műszaki tulajdonságai 238
8.19.4. Megválaszolandó kérdések 240

8.19.5. Az osztrák NT (nagy teljesítőképességű HL=hochleistungs) – betonra vonatkozó irányelvek („MERKBLATT" 1999., kiegészítés a DIN 1045/0788-hoz B65 és B115 közt, továbbá a DAfStb. „Richtlinie", 1995. alkalmazása Ausztriában.) 241
8.19.6. Kiegészítő előírások nagyszilárdságú betonokhoz MSZ 4798:2004 H ajánlott mell. és „Betontechnische Daten" (DIN 1045–2:2001.07.) 242
8.20. Polimerrel módosított betonok (PCC=Polymer Cement Concrete) (Dr. Kovács Károly) 242

9. A beton megfelelőségének az ellenőrzése (Dr. Szegő József) 245

9.1. Általános előírások 245
9.1.1. Matematikai statisztikai elvek 246
9.2. A megfelelőség ellenőrzése és a megfelelőségi feltételek 248
9.2.1. Mintavétel 248
9.2.2. A szilárdság megfelelőség értékelése 249
9.2.3. A szilárdságtól eltérő más tulajdonságok megfelelőségi feltételei 254
9.3. Gyártásközi ellenőrzés 254
9.3.1. Gyártásközi ellenőrzési rendszerek 255
9.3.2. Vizsgálat 255
9.3.3. Kezdeti vizsgálat 257
9.3.3.1. A kezdeti vizsgálatok gyakorisága 257
9.3.3.2. Vizsgálati feltételek 258
9.3.3.3. Mintavétel 258
9.3.3.4. A kezdeti vizsgálatok elfogadásának feltételei 258
9.3.4. A beton előállítása 258
9.3.5. A beton keverése 259
9.3.6. Gyártásközi ellenőrzési eljárások 259
9.4. A megfelelőség értékelése 261
9.4.1. A gyártásközi ellenőrzés tanúsítása 261
9.4.2. A kivitelezésre vonatkozó feltételek 265
9.4.3. Átadás-átvétel során végzett nyomószilárdság azonosító vizsgálata 268
9.4.3.1. Mintavételi és vizsgálati terv 268
9.4.3.2. Azonossági feltételek a nyomószilárdságra és a testsűrűségre 268
9.5. Akkreditált laboratóriumok 269
9.5.1. A mérési eredmények megbízhatósága 270
9.5.2. Laboratóriumi jártassági vizsgálatok 272

Irodalomjegyzék 275

A **Duna-Dráva Cement Kft.** cementgyártó és cementértékesítő tevékenységével, minőségi alapanyagaival, valamint magas színvonalú szolgáltatásaival – és azok folyamatos fejlesztésével – meghatározó tényezője a hazai építőanyag-piacnak.

A **Duna-Dráva Cement Kft.** a HeidelbergCement Group és a Schwenk Zement KG német vállalatok tulajdonában van.

Tevékenységünk során a fenntartható fejlődés elvét alkalmazva a természetes források felhasználásának, valamint a termelés és a termékek folyamatos optimalizálására törekszünk. A környezetvédelem számunkra nemcsak megkülönböztetett jelentőséggel bír, hanem gazdaságossági szempontból is ésszerű, iránymutató.

Társaságunk biztos és támogató hátteret nyújt munkatársainak, akik szakértelmükkel, tudásukkal, elkötelezettségükkel eredményességünk legfontosabb alapját jelentik. Fontos, hogy a szervezet kiegyensúlyozott erőt sugározzon, és céljaiban átgondolt legyen, mert így tudunk csak felelősséggel cselekedni az üzletfeleinkkel és környezetünkkel szemben Az ügyfélkapcsolatok nagyra becsülése társaságunk életében jelentős szerepet tölt be, hiszen az ügyfeleink sikere a mi sikerünk is, amiért mindennap meg kell dolgoznunk. A helyi társadalommal való kapcsolatunkat az együttműködési készség, a nyitottság és az őszinte párbeszéd jellemzi. A **Duna-Dráva Cement Kft.** számos olyan programban vesz részt – mint kiemelt támogató –, amelynek célja a fiatalok látókörének szélesítése, a környezettudatos gondolkodás elmélyítése, a természetvédelem, mint közös feladat felvállalása.

A **Duna-Dráva Cement Kft.** számára fontos a cementgyártás mellett a transzportbeton, és a nyersanyagellátást biztosító kavicsüzletág is. A kavics és a cement a betonnak, a beton az épített környezetnek állandó alkotó eleme. **Most – hála a gyártási folyamatban alkalmazott újítások sorozatának – a betonnak egy kiegészítő előnyét is felismerték: ez pedig a szemet megragadó és tetszetős alkalmazás, mind a belső-, mind a külső építészet területén.**

A **Duna-Dráva Cement Kft.** – mint Magyarország vezető cementgyártója – lelkes és büszke támogatója ennek az építészeti irányzatnak, hiszen a cement a beton egyik fő összetevője. A Társaság betongyártásban érdekelt leányvállalatai révén – **TBG Hungária-Beton Kft.** és a **Dunai Kavicsüzemek Kft.** – felöleli a betongyártás teljes vertikumát.

VÁCI GYÁR

Vác Magyarország egyik legszebb tájegységének, a Dunakanyarnak egyik legértékesebb gyöngyszeme. A csaknem ezer éves püspöki székhely már földrajzi adottságaiban is sokszínűséget mutat, hiszen ez a hely folyó, síkság és hegység találkozása. Közel van az ország fővárosához, azonban attól független életet él, központi szerepet tölt be a térségben.

Az ideérkezők olyan várost ismerhetnek meg, ahol ötvöződik a múlt, a hagyományok tisztelete, valamint a jelen, a dinamikus gazdasági fejlődés. Ez a sokszínű barokk város ad otthont a **Duna-Dráva Cement Kft.** Váci Gyárának

Itt, a Duna mellett, nem messze a fővárostól, 1963-ban úgynevezett zöldmezős beruházásként épült fel a Váci Gyár elődje, a DCM. A Naszály-hegy triászkori mészköve szolgáltatja a jó minőségű alapanyagot a cementgyártáshoz. A nyolcvanas évekre műszaki-technikai szempontból elavult a gyár, szükségessé vált a létesítmény korszerűsítése. Később lebontották a Lepol-kemencéket és a hozzájuk tartozó három kéményt, melyek Vác Város címerét is díszítették.

A kémények lebontása szimbolikus jelentőségű esemény volt: egy korszak lezárását és egy új korszak kezdetét jelképezték a gyár történetében.

A kilencvenes évek elején lezajlott privatizáció további fejlődést eredményezett: mára a Váci Gyár Európa egyik legkorszerűbb cementgyára.

BEREMENDI GYÁR

A cementipar megtelepedése a baranyai térségben Schamburg Lippe német herceg nevéhez fűződik, aki az 1907. évi ipartörvényhez kapcsolódva (ez az iparosítás nagyfokú támogatását helyezte kilátásba) cementgyár létesítését határozta el. Mind a földtani kutatásokat, mind a gyár szerelését német szakemberek végezték. A tervezés (valószínűleg típustervek alapján) és az építés együttesen nem tett ki két évet. Az építési, szerelési munkálatokat 1910 februárjában kezdték el, és még az év novemberében kiszállították az első vagon cementet.

A nyersanyag kutatások szerint a gyár mellett lévő mészkőbányákban található Magyarország legtisztább mészköve és a részben fedőrétegként rendelkezésre álló agyag minősége is kedvező cement gyártására. Ennek ellenére a gyártás kezdeti időszakában a cement minősége erősen ingadozott, így csak 1924-ben tudtak áttérni a nagy szilárdságú portlandcement gyártására.

A 60-as évek végén, a részletes nyersanyagkutatások ismeretében, a kormány új cementgyár létesítését határozta el a határ menti Beremend község mellett, amelynél a beruházó a SZIKKTI volt. A gyár 1972-ben kezdte meg termelését és már ebben az évben mintegy 160 ezer tonna cementet termelt.

A gyár építése korszakváltást jelentett a magyar cementiparban. Berendezései és technológiája megfelelt a nemzetközi színvonalnak.

Minőségi változást jelentett a fajlagos energiaigény csökkenése, mivel száraz eljárásra tértek át, valamint egy nagyságrenddel megnőtt a berendezések teljesítménye is. Az azóta eltelt évtizedek további – mondhatni állandó – fejlődést, fejlesztést jelentettek a beremendi gyár életében. Az 1989-es részleges, majd későbbi teljes privatizáció során a gyár a nemzetközi viszonylatban is vezető cementgyártók, a HeidelbergCement AG és a SCHWENK Zement KG tulajdonává vált. A külföldi tulajdonosok filozófiájának köszönhetően a modernizáció és a magas színvonalú termékgyártás került előtérbe.

Az állandó beruházásoknak köszönhetően a gyár ma állja a versenyt bármely európai cementgyárral, mind a termelést, mind a környezetvédelmi előírások betartását illetően. Kiemelkedő környezetvédelmi tevékenységéért a BCM (Beremendi Cementgyár) már 1995-ben elnyerte az „Ipar a környezetért" díjat.

1997 óta a **Duna-Dráva Cement Kft.** Beremendi Gyáraként működik.

HEIDELBERGCEMENT GROUP

A cégcsoport története az 1873. évre nyúlik vissza. Ekkor vásárolta meg Johann Philipp Schifferdecker a bergheimi malmot Heidelberg közelében, hogy azt átépítve, egy évvel később már cementgyárként kezdje meg működését. Már 1889-ben részvénytársasággá alakult a cég. Sajnos, egy tűz következtében a cementgyár elpusztult, így egy új gyár megépítése vált szükségessé. 1896-ban Leimenben kezdte meg a cementgyártást az újonnan épített gyár, melynek éves kapacitása 80.000 tonna volt.

Az 1900-as évek eleje a vállalat növekedését, újabb leányvállalatok létesítését és további fejlődést hozott. 1936-ban érték el először az 1 millió tonnás cementgyártási kapacitást, ekkor már több cementgyár együttes termeléseként.

A második világháború okozta károk újjáépítését követően, az 50-es évek elején gipsz- és vakolatgyártással, majd a 60-as évek kezdetén készbeton-gyártással bővítették a vállalat tevékenységi körét.

A cégcsoport történetében különös jelentőséggel bír az 1977-es év, amikor megszerezték az USA-ban a több gyárból álló Lehigh Portland Cement Company-t. Egy évvel később, 1978-ban változott a cég neve Heidelberger Zement Részvénytársasággá.

HeidelbergCement ma 50 országban képviselteti magát, Európán többek között Kínában, Ukrajnában és Indonéziában is. Világszerte 42.000 munkavállalónak biztosítja a megélhetést. Hatvanöt millió tonnás éves termelési kapacitásával a világ legnagyobb cementgyártói közé sorolandó.

SCHWENK ZEMENT KG

A SCHWENK Zement KG mára Németország egyik legjelentősebb építőanyag-ipari nagyvállalata. A cementipari cég múltja több mint 150 évre nyúlik vissza: Eduard Schwenk ugyanis 1847-ben, a söflingeni egykori malom épületében kezdte meg a cementgyártást. Tíz évvel később már két újabb kemence működött Allmendingenben és Gerhausenban.

Az alapító halálát követően, felesége, Maria Schwenk továbbfejlesztette a vállalatot, majd fiuk, Carl Schwenk vette át a vállalatvezetést. 1876-ban már az első betontermékek is elkészültek a cég ulmi gyárában, ezzel egyidejűleg a minőségi termékek előállításának alapfeltételét biztosító labor is létrejött. Carl Schwenk és fia, dr. Carl Schwenk nevéhez fűződik a vállalat rohamos fejlődése. Új gyárak épültek, a Schwenk vállalat németország-szerte ismert cementgyártó és betontermékeket előállító céggé nőtte ki magát.

Dr. Carl Schwenk 1978-ban, 95 éves korában bekövetkezett halála után dr. Eberhard Schleicher irányítása alatt a 80-as évek elejétől rohamos fejlődésnek indult a társaság. Új gyárak épültek, új technológiák kerültek alkalmazásra, így a cég tevékenysége és szolgáltatási köre is egyre bővült.

A kiváló minőségű cementen kívül különleges építőanyagok széles választékát kínálják mindenféle modern alkalmazási területen, beleértve az alagútépítést és a kiemelkedő szinten specializálódott magasépítést. A modern technológia segítségével gyártott termékek között megtalálhatók a cementek, kötőanyagok, habarcsok és betonok.

A DUNA-DRÁVA CEMENT KFT.
BEREMENDI GYÁR

ALAPELV-NYILATKOZATA

- A gazdasági növekedésre építünk, hogy segítsünk egy jobb világ felépítésében.
- A globális silver eléréséhez helyi felelősségvállalásunkkal járulunk hozzá.
- Tevékenységünkben munkatársaink tudására és tapasztalatára támaszkodunk, mert azok segítségével juthatunk előbbre.
- Fejlődésünket a bevételek szilárd megalapozottságára építjük.
- Partnereink elégedettségére törekszünk, mivel sikerük a mi ügyünk is.
- Kivalló termékeink és nyitottságunk a jó hírünk alapja.
- Környezetbarát tevékenységünk megfelel a fenntartható fejlődés elvének.
- Az szabadon legjobb technikát alkalmazzuk, az is korszerűsítésre ösztönözünk.
- Céljaink elérésének feltétele az adott szabályok nem versenyeztető és tisztességes munkavégzés, a jó munkahelyi közösség.

Elkötelezettek vagyunk a minőség-, környezet- és a munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszer folyamatos fejlesztése és a követelményeknek való megfelelés iránt.

Beremend, 2004. július 16.

Kamma Lajos
igazgató

DUNA-DRÁVA CEMENT

DUNA-DRÁVA CEMENT

ALAPELV-NYILATKOZAT

DUNA-DRÁVA CEMENT KFT. VÁCI GYÁR

A gazdasági növekedésre építünk, hogy segítsünk egy jobb világ felépítésében.

A globális siker eléréséhez helyi felelősségvállalásunkkal járulunk hozzá.

Tevékenységünkben munkatársaink tudására és tapasztalatára támaszkodunk, mert ezek segítségével juthatunk előbbre.

Fejlődésünket a bevételek szilárd megalapozottságára építjük.

Partnereink elégedettségére törekszünk, mivel sikerük a mi sikerünk is.

Kiváló termékeink és nyitottságunk a jó hírünk alapja.

Környezetvédelmi tevékenységünk megfelel a fenntartható fejlődés elvének.

Az elérhető legjobb technikát alkalmazzuk, ez is meghatározója sikerünknek.

Céljaink elérésének feltétele az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés, a jó testi-lelki közérzet.

Elkötelezettek vagyunk a minőség-, környezet- és a munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszer folyamatos fejlesztése és a követelményeknek való megfelelés iránt.

Vác, 2004. június 16.

Sárosi Bálint
gyárigazgató

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye
a TÜV CERT eljárás alapján igazolja, hogy a

DUNA-DRÁVA CEMENT Kft.
Beremendi Gyár
H-7827 Beremend
Hrsz:064/2
Magyarország

portlandcement, és klinker termelése és értékesítése

tevékenységi területen környezetközpontú irányítási rendszert vezetett be és működtet.

A **0041-40121/20** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az

ISO 14001:2004

számú szabvány követelményeinek.
Ez a tanúsítvány **2008-12-31-ig** érvényes.
A tanúsítás nyilvántartási száma **75 110 0033**
Az első tanúsítás dátuma: 2002. december

Budapest, 2006-01-25.

NAT
TANÚSÍTÓ
NAT-4-0051/2004

TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye
a TÜV CERT eljárás alapján igazolja, hogy a

Duna-Dráva Cement Kft. Václ gyára
H-2600 Vác
Kőhídpart-dülő 2.
Magyarország

klinker és portlandcement gyártása és értékesítése

tevékenységi területen környezetközpontú irányítási rendszert vezetett be és működtet.

A **0041-40121/37** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az

ISO 14001:2004

számú szabvány követelményeinek.
Ez a tanúsítvány **2008-12-30-ig** érvényes.
A tanúsítás nyilvántartási száma **75 110 0034**
Az első tanúsítás dátuma: 2002.december

Budapest, 2006-02-03

NAT
TANÚSÍTÓ
NAT-4-0057/2004

TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye
a TÜV CERT eljárás alapján igazolja, hogy a
DUNA-DRÁVA CEMENT Kft.
Beremendi Gyár
H-7827 Beremend
Hrsz:064/2
Magyarország

portlandcement, és klinker termelése és értékesítése

tevékenységi területen minőségirányítási rendszert vezetett be és alkalmaz.
A **0041-40121/19** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az
ISO 9001:2000
számú szabvány követelményeinek.
Ez a tanúsítvány **2008-11-30-ig** érvényes.
A tanúsítás nyilvántartási száma **75 100 8204**
Az első tanúsítás dátuma: 1996. november

Budapest, 2005-12-21

MAT
TANÚSÍTÓ
NAT-4-0054/2004

Szabó Éva
TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye
a TÜV CERT eljárás alapján igazolja, hogy a

Duna-Dráva Cement Kft. Váci gyára
H-2600 Vác
Kőhídpart dűlő 2.
Magyarország

klinker és portlandcement gyártása és értékesítése

tevékenységi területen minőségirányítási rendszert vezetett be és alkalmaz.

A **0269-D-310/2005** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az

ISO 9001:2000

számú szabvány követelményeinek.

Ez a tanúsítvány **2008-08-30-ig** érvényes.

A tanúsítás nyilvántartási száma **75 100 9062**

Az első tanúsítás dátuma: 1996. augusztus

Budapest, 2008-08-31

TANÚSÍTÓ
MAT-4-0804/2004

TÜV Rheinland InterCert Kft.
rendszertanúsítóhelye

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
tanúsítóhelye
az AMS eljárás alapján igazolja, hogy a

DUNA-DRÁVA CEMENT Kft. Beremendi Gyára
H-7827 Beremend
HRSZ 064/1
Magyarország

portlandcement és klinker termelése és értékesítése

tevékenységi területen egészség- és munkavédelmi rendszert vezetett be és működtet.

Az **1005-L-400/2004** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az

OHSAS 18001:1999

számú szabvány követelményeinek.

Ez a tanúsítvány **2007-12-19-ig** érvényes.

A tanúsítás nyilvántartási száma **75 126 0022**

Budapest, 2004-12-20

TÜV Rheinland InterCert Kft.
tanúsítóhelye

TÜV

TANÚSÍTVÁNY

A TÜV Rheinland InterCert Kft.
tanúsítóhelye
az AMS eljárás alapján igazolja, hogy a

DUNA-DRÁVA CEMENT Kft. Váci Gyára
H-2600 Vác
Kőhidpark dűlő 2.
Magyarország

klinker és portlandcement gyártása és értékesítése

tevékenységi területen egészség- és munkavédelmi rendszert vezetett be és működtet.

A **0714-L-400/2004** számú szerződés alapján végrehajtott audit során bizonyítást nyert, hogy a rendszer megfelel az

OHSAS 18001:1999

számú szabvány követelményeinek.

Ez a tanúsítvány **2007-12-19-ig** érvényes.

A tanúsítás nyilvántartási száma: **75 126 0021**

Budapest, 2004-12-20.

TÜV Rheinland InterCert Kft.
tanúsítóhelye

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1435

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnegi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

MEGFELELŐSÉGI BIZONYÍTVÁNY

C-10/2005

Az Építési Termek Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 5/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart déli 2., 2601 Vác, Pf.: 198

gyártó

Duna–Dráva Cement Kft. Beremendi Gyár
7527 Beremend, Hrsz.: 064/2, Pf.: 20

üzemben gyártott

Portlandcement EN 197-1–CEM I 52,5 N megnövekedett szilárdulás

(kiegészítő tulajdonság: szulfátdúsozódás okozta hosszváltozás ≤ 0,4 mm/m)

építési termék

üzemi gyártásellenőrzést dokumentált és szabályozott módon megbízottunk vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.

Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnegi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – végezte a termék első típusvizsgálatát, az üzemi és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesítő az üzemi gyártásellenőrzés folyamatának felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szabványszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva igazoljuk, hogy a termék **megfelel az MSZ 4737-1:2002 szabvány 4.4. pontja szerint szulfátálló besorolásra előírt, szulfátdúsozódás okozta hosszváltozás követelményeinek.**

Ez a bizonyítvány – a vonatkozó szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Budapest, 2005. 06. 14.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási és Ellenőrzési Iroda vezetője

A GYSI által 343/2001 számú tanúsítványban kijelölt termék szerint KBA-IV-3-2005.06.14.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–9-C-18/2002 (C-17-21/2002)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Drava Cement Kft.
7827 Beremend, Pf.: 20

gyártó a

Duna–Drava Cement Kft. Beremendi Gyár
7827 Beremend, Pf.: 20

üzemében gyártott

Portlandcement EN 197-1–CEM I 42,5 N megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagi út 37.) – mint megbízott notifikáló szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szükségszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 09. 13.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A CM által 045/2001 számon nyilvántartásba vett notifikáló szervezet

KRA-IV-1/2004/08/02

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–11-C-21/2002 (C-17-21/2002)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2001. (I. 25.) BM-GKM-KeVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
7827 Berenend, Pf.: 20

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Berenendi Gyár
7827 Berenend, Pf.: 20

üzemében gyártott

Kompozit-portlandcement EN 197-1–CEM II/A-M (V-L) 42,5 N

megnevezésű **építési termék**

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagi út 37.) – mint meghízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szúrópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének**, az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó hatályban lévő harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 09. 13.

.....
Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM által 843/2001 számon bejelentett tanúsító szervezet

KBA-JV-1-2004.09.02

NB-CPD 89/106 EGK
Sz. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–10-C-20/2002 (C-17-21/2002)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2001. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
7827 Beremend, Pf.: 20

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Beremendi Gyár
7827 Beremend, Pf.: 20

üzemében gyártott

Kompozit-portlandcement EN 197-1–CEM II/B-M (V-L) 32,5 N

megnevezésű **építési termék**

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső akreditált laborja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzemi és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szúrópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel** az **EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó bevezetett harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány felhatalmazza a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletben leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 09. 13.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A CM által 04/2001 számon nyilvántartásba vett tanúsító szervezet

KHA-IV-1-2004.RO.02.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagy út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbatky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–12-(C-6/2004)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
7827 Beremend, Pf.: 20

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Beremendi Gyár
7827 Beremend, Pf.: 20

üzemében gyártott

Kompozit-portlandcement EN 197-1–CEM II/B-M (V-L) 32,5 R

megnevezésű **építési termék**

üzemi gyártásellenőrzést dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagy út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szárszpéthalmi vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó hatályban lévő harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány felhatalmazza a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 09. 13.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A ÜM által 943/2001 számon nyilvántartásba vett Építési Termékek szervezet

KHA-IV-1-2004.09.03.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diószegi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–1-C-12/2002 (C-12-16/2002)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának rendjére szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Vági Gyára
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

üzemében gyártott

Portlandcement EN 197-1–CEM I 52,5 N megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzési dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diószegi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szúrópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó honosított harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 08. 16.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM által 043/2001 számon tanúsítványszóra kijelölt bírálószervezet

KBIA-IV-1-2004.08.02

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KFT.
(ÉMI Kft.)
1113 Budapest, Diósnagi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–2-C-13/2002

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek minőségi követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2000. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Vácz Gyára
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

üzemében gyártott

Portlandcement EN 197-1–CEM I 42,5 N megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kft. (1113 Budapest, Diósnagi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzemi és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szúrópróbaszerű vizsgálatát.

A termékre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4 mellékletében leírt módon elhelyezze.

Kiadás: 2.
Budapest, 2005. 01. 03.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kft. Tanúsítási Iroda vezetője

A GM által 013/2001 számon kirendelt notifikált tanúsító szervezet

KHIA-IV-1-2004.08.02.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KFT.
(ÉMI Kft.)
1113 Budapest, Diószegi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–22-(C-11/2005)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 5/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Váci Gyára
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

üzemében gyártott

Kompozit-portlandcement EN 197-1–CEM II/B-M (V-L) 32,5 N

megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzési dokumentáció és szabályszerű módon megállapított vizsgálati kör alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kft. (1113 Budapest, Diószegi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szerepeltetésére vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfeleltetéssel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó hosszú hatályú harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4 mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2005. 08. 02.

PH

Pintér László
az ÉMI Kft. Tanúsítási és Ellenőrzési Iroda vezetője

A GM által 04/3/2001 számon tevékenységére kijelölt tanúsító szervezet

KBIA-IN-1-2005(ii.o)

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KFT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósozsgi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: thanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–3-C-14/2002 (C-12-16/2002)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Váci Gyára
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.

üzemében gyártott

Kohósalak-portlandcement EN 197-1–CEM II/A-S 42,5 N megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzést dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósozsgi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzemi és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint eljárt az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szárópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 08. 16.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM által 043/2001 számon tanúsítási jogkörrel rendelkező szervezet

KBA-IV-1-2004.08.02.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbunky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–5-(C-19/2004)

Az Építési Termek Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhidport dűlő 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Vácz Gyára
2600 Vác, Kőhidport dűlő 2.

üzemében gyártott

Kohósalak-portlandcement EN 197-1–CEM II/B-S 32,5 R megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzést dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végez, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szárópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 08. 16.

P.H.

Perér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM által 043/2001 számon nyilvántartásba vett tanúsító szervezet KB18-IV-1:2004.08.02.

NB-CPD 89/106 EGK
Nr. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diószegi út 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: tbunky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–6-(C-206/2003)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályairól szóló 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

gyártó a

Duna–Dráva Cement Kft. Vácí Gyára
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

üzemében gyártott

Kohósalakcement EN 197-1–CEM III/A 32,5 N megnevezésű

építési termék

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapították továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diószegi út 37.) – mint megbízott tanúsító szervezet – elvégezte a termék első típusvizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alap vizsgálatát, valamint teljesíti az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szúrópróbaszerű vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel** az **EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének,** az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó hatályos harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4. mellékletében leírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 08. 16.

P.H.

Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM által 845/2001 számon termékazonosítóval kijelölt tanúsító szervezet

KBIA-IV-1-2004.08.02.

NB-CPD 89/106 EGK
Sz. 1415

ÉPÍTÉSÜGYI MINŐSÉGELLENŐRZŐ INNOVÁCIÓS KHT.
(ÉMI Kht.)
1113 Budapest, Diósnagy u. 37.
Telefon: +36 (1) 372-6144, Fax: +36 (1) 372-6128
E-mail: ihanky@emi.hu

EK–MEGFELELŐSÉGI TANÚSÍTVÁNY

1415–CPD–13-(C-54/2004)

Az Építési Termék Direktíva – Európai Közösségek Tanácsa 89/106/EGK Irányelve (1988. december 21.) 14. cikk (1) (b) cikkelye, valamint az azt módosító 93/68/EGK Irányelv (1993. július 22.) 4. cikk – és az 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről 41. §, valamint az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőség igazolásának, valamint forgalomba hozatalának az felhasználásának részletes szabályairól szóló 1/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM-együttes rendelet alapján megállapítottuk, hogy a

Duna–Dráva Cement Kft.
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

gyártja a

Duna–Dráva Cement Kft. Vácz Gyára
2600 Vác, Kőhídpart déli 2.

üzemben gyártott

Kohósalakcement EN 197-1–CEM III/B 32,5 N megjelölésű
(kiegészítő megjelölés: szulfátálló cement, kiegészítő szerszám: Nt)
építési termék

üzemi gyártásellenőrzését dokumentált és szabályozott módon meghatározott vizsgálati terv alapján végzi, és az üzemben vett mintákat külső ellenőrzésre bocsátja az EN 197-1:2000 és az EN 197-2:2000 szabványban meghatározott gyakorisággal.
Megállapítottuk továbbá, hogy az ÉMI Kht. (1113 Budapest, Diósnagy út 37.) – mint az ellenőrzést végző szervezet – elvégezte a termék első típus vizsgálatát, az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, valamint kifejtette az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését és jóváhagyását, illetve az üzemben vett minták szerződéses vizsgálatát.

A fentiekre alapozva tanúsítjuk, hogy **a termék megfelel** az **EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletének**, az EN 197-2:2000 szabvány szerinti megfelelőséggel az EN 197-1:2000 szabvány ZA mellékletében megadott módon.

Ez a tanúsítvány – a vonatkozó harmonizált szabvány és a termék műszaki jellemzőinek, illetve gyártási körülményeinek változatlansága esetén – visszavonásig érvényes.

Ez a tanúsítvány feljogosítja a gyártót, hogy a CE megjelölést az EN 197-1 szabvány ZA.4 mellékletében előírt módon elhelyezze.

Budapest, 2004. 10. 15.

P.H.

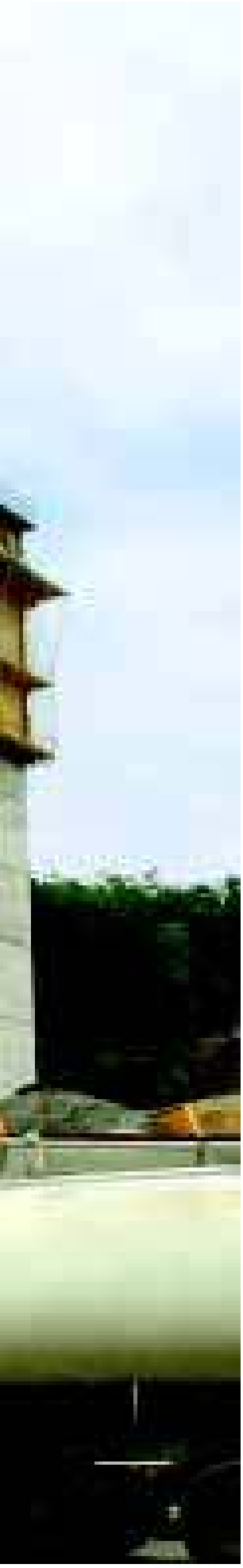
Pintér László
az ÉMI Kht. Tanúsítási Iroda
vezetője

A GM rendelet 1/2003. szakasz szerinti kijelölő szervezet

KHA-31-1-2004.08.02.

RÉTSÁG
VÁC
PILISMARÓT
GYŐR
SOPRON
ESZTERGOM
POMÁZ
BUDAPEST
TATABÁNYA
SÁRVÁR
SZOMBATHELY
ÓBUDA
SZÉKESFEHÉRVÁR
VESZPRÉM
SIÓFOK
DUNAÚJVÁROS
KŐRÖSHEGY
BALATONSZÁRSZÓ
BALATONBOGLÁR
DUNAVECSE
PAKS
NAPOSVÁR
SZEKSZÁRD
PÉCS
MOHÁCS
BEREMEND
Duna-Dráva Cement Kft.
TBG Betongyárak

ALSÓRSOLCA
EGER
TISZAFÜRED
TISZAÚJVÁROS
KISVÁRDA
HAJDÚBÖSZÖRMÉNY
JÁSZBERÉNY
DEBRECEN
HAJDÚSZOBOSZLÓ
CEGLÉD
BERETTYÓÚJFALU
KECSKEMÉT
SZENTES
SZEGED
Dako Pumpa Betonszivattyú
BTC Betonlaboratóriumok
Dunai Kavicsüzemek, Kavicsbányák



TBG Hungária-Beton Kft.

Ahhoz, hogy a minőségi cementekből valóban a tervezettnek megfelelő beton készüljön jól felkészült betongyárak is kellenek. A betontechnológia és a betonnal szemben támasztott igények folyamatosan fejlődnek, az elvárások egyre nagyobbak. A fejlődés nem áll és a minőségi betongyártás elterjedéséhez így nagymértékben hozzájárult a gyártók igényessége, a megrendelői és ellenőrzői kör nagyobb elvárásai. Ebben a munkában élenjártak a TBG csoport betongyárai is.

Most röviden beszéljünk róluk.

A TBG betongyárak 1992-ben kezdték magyarországi működésüket. Azóta a cégcsoport folyamatosan fejlődik. Az első években még kevés keverőnk működött, de az évenkénti újabb és újabb üzemindítások eredményeként keverőink szinte az ország minden részében megtalálhatók. Ezek felügyeletét a **Duna-Dráva Cement Kft.**-hez tartozó **TBG Hungária-Beton Kft.** holding jelleggel látja el és Társaságaink egy részét helyi vállalkozókkal közösen üzemeltetjük Betongyáraink modern számítógépes vezérléssel működnek és minden olyan követelménynek megfelelnek, mely egy jó minősítésű betonüzemben elvárás. Annak érdekében, hogy az egyre magasabb műszaki és minőségi követelményeinknek megfeleljünk vezérlési rendszereinket folyamatosan egységesítjük és korszerűsítjük. Legújabb vezérléseink, például a köröshegyi már az első 2 m^3 betont is 1 % pontosságon belül keveri. Részben ez a keverőnk szolgája ki a Kőröshegyi völgyhíd építési munkáit ahol a felszerkezet betonminősége C 45/55.

A keverékek készítésénél többnyire a cégcsoporthoz tartozó **Dunai Kavicsüzemek Kft.**, bányáiból származó, jó minőségű, mosott, osztályozott homok és kavics, valamint magas minőségi követelményeknek megfelelő, a **Duna-Dráva Cement Kft.** által előállított, magyar cementeket használunk. Az igényekhez alkalmazkodva sokféle adalékszer alkalmazására van lehetőség és az előzetesen elvégzett próbakeverések alapján mindig a célnak legjobban megfelelő adalékszerek kerülnek a betonba. Minden keverőnél szigorú minőségellenőrző rendszer biztosítja a kiadott betonok egyenletesen jó minőségét, amely a jól felszerelt, akkreditált betonlaboratóriumainkban rendszeresen ellenőrzésre kerül.

Társaságaink jelentős része ISO 9001 valamint KTI. minősítéssel is rendelkezik. A minősített betonreceptjeink között találunk nagyszilárdságú, vízzáró, fagyálló, agresszív vegyi hatásoknak ellenálló vagy szűrő betonok, könnyűbetonok készítésére szolgáló recepteket is. Az MSZ EN 206-1 2002, MSZ 4798-1 szabvány előírásainak megfelelő betonreceptjeink is minősítve vannak. A telepeinkről csak a rendelésnek megfelelő mennyiségű és minőségű beton kerülhet kiszállításra. A nagyobb keverőinkben a korszerű téliesítésnek (meleg adalékanyaggal és vízzel történő keverés) köszönhetően a téli munkavégzés sem okoz gondot.

Társaságaink több saját tulajdonú mixerkocsival és betonszivattyúval rendelkeznek. Ezen kívül számos, megfelelő felkészültségű, rendszeresen a részükre dolgozó alvállalkozó is a segíti a munkánkat. Jelenleg már 41 betongyárunk dolgozik az országban, legújabb keverőink Pomázon és Mohácson állnak munkába. Meglévő üzemeinket is folyamatosan korszerűsítjük. Az elmúlt évek során egyre nagyobb szerepet vállaltunk a különböző vidéki és fővárosi építkezések beton ellátásában. Kiemelt munkáink közé tartozik az M7 autópálya Zamárdi – Balatonszárszó – Ordacsehi közötti szakaszának és ezen belül a Köröshegyi völgyhídnak, az M8 autópálya Dunaújvárosi hídjának és csatlakozó autópálya részeinek, az M35 autópálya Debrecent elkerülő szakaszának valamint a 35-ös út szélesítésének transzportbeton ellátása. Ezen kívül szállítunk még az M0 autópálya most épülő részéhez, az M6 autópálya dunaújvárosi részére, az M 35-ös autópálya egyes hídjaihoz. Büszkén mondjuk, hogy szállítottunk és jelenleg is szállítunk betont a keverőink térségében épülő szinte minden nagyobb munkához, többek között a Szekszárdi Szent László Duna hídhoz, a Kaposvárt elkerülő út műtárgyaihoz, a Budapest Aréna alapozási, a Szegedi Könyvtár és Kongresszusi Központ, a TVK Olefin gyár építési munkáihoz. A keverőink által előállított transzportbeton mennyisége évről évre nő. Míg az első időkben évente csak pár tízezer m^3 betont állítottunk elő, addig a 2001. évben már közel 800 000 m^3-t, 2002-ben 880 000 m^3-t, 2003-ban több mint 1 000 000 m^3-t és 2004-ben is megközelítettük ezt a számot, 2005-ben pedig ismét meghaladjuk. Ezzel a mennyiséggel az ország vezető transzportbetongyártó társaságai közé tartozunk.

Megrendelőink, partnereink és az építési szakma valamennyi résztvevője számára évente Betontechnológiai tanfolyamot szervezünk, melyeken rendszeresen visszatérő „hallgatóink" vannak. Kollégáink a fib, az ITA-AITES, és a Magyar Betonszövetség – melynek több Társaságunk is tagja – keretein belül aktívan részt vesznek a szakmai munkában.

TBG Hungária-Beton Kft.

TBG Hungária-Beton Befektető, Gyártó és Forgalmazó Kft.
Székhely: 1107 Budapest X. Basa utca 22.
Telefon: +36 1 434-5600, Fax: +36 1 434-5640
E-mail: tbgbeton@tbgbeton.hu, Honlap: www.tbgbeton.hu

DAKO PUMPA KFT.

Nem elég a betont megkeverni és a munkahelyre kiszállítani. Ahhoz, hogy betonunk a beépítés helyére is eljusson az esetek nagy részében betonszivattyúra is szükség van. A TBG Társaságoknál a betonszivattyúzási munkák jelentős részét a **DAKO PUMPA KFT.** végzi amely 2001-ben alakult a **TBG Hungária-Beton Kft.** és a Dako Kft. közreműködésével. A Társaság kimondottan betonszivattyúzási feladatok elvégzésére jött létre. A kezdeti 12 db-os pumpa állomány mára 19 db-ra bővült és a fejlesztés folyamatosan tart. A régebbi szivattyúk selejtezése mellett minden évben újabb szivattyúk kerülnek a Társaság tulajdonába. A szivattyúink választéka olyan amely lehetővé teszi a legkülönbözőbb speciális feladatok elvégzését is.

Teljesítményük alapján a szivattyúk 45 m^3/h-tól 160 m^3/h-ig képesek pumpálni, a gémhosszúságuk 23 m-től 46 m-ig terjed. A budapesti diszpécser szolgálat éjjel – nappal folyamatosan partnereink rendelkezésére áll. Ezen kívül több városba – Kecskemét Szombathely, Debrecen Kaposvár – állandóra telepített betonszivattyúink is vannak.
Referenciáink között olyan építkezések szerepelnek mint a Lágymányosi Duna híd, a Millenniumi földalatti felújítása, Westend City, Metró rekonstrukció vagy jelenleg a Kőröshegyi völgyhíd. A célunk egy, főleg a TBG üzemekre épülő, olyan magyarországi betonszivattyús hálózat létrehozása, amely képes a megrendelői igények lehető legjobb kielégítésére.

DAKO PUMPA - Betonipari Szolgáltató Kft.
2040 Budaörs, Nádas utca 1.
Telefon/fax: +36 23 428-723, +36 23 428-724,
+36 1 204-53-09, +36 1 371-10-87
E-mail: dako-pumpa@dakopumpa.axelero.net

Öt akkreditált laboratóriummal állunk ügyfeleink szolgálatára.

Beton Technológia Centrum Kft.

BTC

BETON

Technológia Centrum

Budapest
Basa utca 22.
Tel: (30) 201 51 53
Fax: (1) 43 45 665

Kőröshegy
Bálványosi elágazás
Tel: (30) 300 10 52
Fax: (84) 540 263

Debrecen
Vértesi út 1.
Tel: (30) 306 04 45
Fax: (52) 531 709

Dunaújváros
Lokomotív u. 2.
Tel: (30) 946 70 34
Fax: (25) 522 770

Dunakeszi
Székesdűlő
Tel: (30) 515 28 02
Fax: (27) 342 007

Tevékenységünk:

• helyszíni mintavétel (frissbeton és fúrt magminta max. 150 mm átmérőig) • nyomószilárdság- és vízzáróság vizsgálat • adalékanyag szemmegoszlás, agyag/iszap-tartalom vizsgálat • betontervezés • betontechnológiai szaktanácsadás • műanyag próbakocka sablon és egyéb laboreszközök forgalmazása

Megfelelünk az
MSZ EN ISO 9001:2000, MSZ EN ISO 14001:2004, MSZ EN ISO/IEC 17025:2005
követelményeinek.

BTC

www.btclabor.hu

A **Dunai Kavicsüzemek Kft.** 1992. július 1-én kezdte meg gazdálkodási tevékenységét. 1993-ban Vácott a Derecske dülőn és Szigetszentmiklóson ingatlan került megvásárlásra, majd Szigetszentmiklóson 1994-ben beindult a termelés és osztályozó üzem is épült. 1994. január 1-től a TBG Vác beolvadt a Dunakeszi Kavicsüzemek Kft-be, így egy újabb tevékenységi körrel bővültünk: transzportbeton előállítással és szállítással. Pilismaróton 1995. november 15-től folyami kavicskitermelés indult el serlegkanalas kotróval. Az uszályon elszállított kavics a Duna partján elhelyezkedő kirakóhelyeken kerül értékesítésre – pl. Esztergomi, Váci és Dunakeszi kirakóinkból. A Vácott működő bánya és kirakó 1998. december 15-től bejegyzett fióktelep.Dunakeszin 1997. szeptember 1-én a BAU-MÁTRIX Építőipari Kivitelező és Kereskedelmi Kft-től megvásároltunk egy területet, ahol kavicsosztályozással és értékeléssel foglalkozunk. A Dunáról érkező anyagot egy szállítószalag-rendszer segítségével lehet a telepre kirakni. Alsózsolcán 1998-ban telket vásároltunk, majd a következő évben egy új osztályozó és mosó üzemet építettünk, mely 2000 májusától üzemel. A 2006-os évben felépítettük a Tiszatarjáni üzemet, ahol leginkább finom (homokos) anyagok kerülnek értékesítésre.

A **Dunai Kavicsüzemek Kft.**-be 1999. január 25-i időponttal beolvadt a TBG Ócsa Kft. és 2000 februárjában kivált a váci betonüzem, amely azóta TBG Vác néven önálló üzemként működik.

1993-tól a társaság külkereskedelmi tevékenységet folytat, jelenleg a Dunakeszi és Váci Kirakóból, illetve Alsózsolcai Bányából exportálunk készterméket.

A **Dunai Kavicsüzemek Kft.** 1998 októberétől központi irodaházzal rendelkezik Dunakeszin.

A minőség öröme jövőnk kulcsa!

A cég profilja a kavics kitermelés, feldolgozás és értékesítés. Társaságunk 100%-os magyar tulajdonban van. 97,72%-ban a **TBG Hungária-Beton Kft.**, illetve 2,28%-ban a **Duna-Dráva Cement Kft.** leányvállalata vagyunk. Saját tulajdonú bányákkal, épületekkel, teljes körűen felszerelt irodakonténerekkel, gépkocsiparkkal rendelkezik. Szintén saját tulajdonú kitermelő-, és rakodógépeink, valamint kavics-osztályozó-mosó és törő – ócsai üzemeinkben számítógép vezérlésű – berendezéseink vannak.

Jelenleg 9 saját tulajdonú kavicsbányánk üzemel Észak-Magyarország területén. Kiváló minőségű, mosott, osztályozott kaviccsal és homokkal szolgáljuk ki ügyfeleinket

Az anyagkiadáshoz hitelesített hídmérlegeket, számlázó programmal összekapcsolt számítógépes mérlegeket használunk. Az anyagok kitermelése és feldolgozása modern berendezésekkel, környezetbarát technológiával történik. Jól képzett személyi állományunk gondoskodik a minőségi termék előállításáról, mely 2003-ban meghaladta az 50 főt.

A minőség számunkra nagyon fontos, ezért a **Dunai Kavicsüzemek Kft.** az ISO 9001:2000 nemzetközi szabvány szerinti minőségirányítási rendszert építette ki, melyet egy tőlünk független, akkreditált cég tanúsított. A tanúsítványt 2002-ben kaptuk meg.

Ez a vállalat irányításának szerves részét képezi. Alkalmazásának célja, hogy termékeink előállatását szervezett körülmények között, tervszerűen és folyamatosan ellenőrzött módon, a mindenkori vevői igényekre alapozva, fejlesztve és gazdaságosan végezzük.

Dunai Kavicsüzemek Kft. - Központi Iroda

2120 Dunakeszi, Pf.: 76 Székesdűlő
Telefon: +36 27 341-117, Fax: +36 27 342-007
E-mail: dunaikavics@dunaikavics.hu, Honlap: www.dunaikavics.hu

CEMKUT

CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTŐ
KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

Cím: 1034 Budapest, Bécsi út 122-124.
Levélcím: 1300 Budapest, Pf. 230
Tel: +36 1 388 3793, 388 4199, 368 8433
Fax: +36 1 368 2005

E-mail: cemkut@mcsz.hu
Honlap: www.cemkut.hu

A Nemzeti -Akkreditáló Testület (NAT) által NAT-1-1249/2004 számon akkreditált, a 4/1999. (II.24.) GM rendelet alapján 077/2004 számon kijelölt, az Európai Gazdasági Térségre 1414 azonosító számon Brüsszelben bejegyzett vizsgálólaboratórium.

CEMKUT

CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTŐ
KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

A CEMKUT Cementipari Kutató-Fejlesztő Kft-t 1991-ben a Cementipari társaságok, a CEMŰ és a SZIKKTI alapították a SZIKKTI Cementkutató Osztályra alapozva. 1994-ben a CEMKUT Kft. Egyesült a SZIKKTI Energetika Osztályból 1990-ben szerveződött Technocem Kft-vel. 1995-ben csatlakozott a CEMKUT Kft-hez a SZIKKTI analitikai részlege, majd 2001-ben a Betonolith Kft. Az így létrejött szervezet képessé vált a cement, beton, mész és egyéb építőanyagokkal kapcsolatos vizsgálatok, kutatási-fejlesztési, szakértési feladatok elvégzésére.

A Társaság a jogelődök több évtizedes tudományos és kutató munkájára, tapasztalataira alapozva végzi munkáját, jól felkészült, tapasztalt szakemberekkel dolgozik. Független, pártatlan szervezet, mentes mindenféle kereskedelmi, pénzügyi és egyéb nyomástól.

A CEMKUT Kft. munkatársainak szakmai felkészültségét, tapasztalatát mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy az utóbbi években a hazai és külföldi folyóiratokban, szaklapokban (International Journal of Mineral Processing; ZKG; Cement & Concrete Composites; Cementipar; BETON; Építőanyag stb.) több mint 50 cikket jegyeztek szerzőként és az előadások száma meghaladta a 150-et (Weimar; Montreal; Budapest; Bécs; Heidelberg; St. Louise stb.)

A Nemzeti -Akkreditáló Testület által NAT-1-1249/2004 számon akkreditált, a 4/1999. (II.24.) GM rendelet alapján 077/2004 számon kijelölt, az Európai Gazdasági Térségre 1414 azonosító számon Brüsszelben bejegyzett vizsgálólaboratórium.

CEMKUT

CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

Tevékenységi körünk:

- cement, cementipari nyersanyagok, cementkiegészítő anyagok, mész és mésztermékek, gipsz és gipsz kötőanyagok fizikai és kémiai vizsgálata

- habarcsok, friss és megszilárdult betonok, vasalatlan betonelemek vizsgálata az európai szabványok szerint

- cementek európai szabványok szerinti tanúsító, ellenőrző vizsgálata

- betonkiegészítő anyagok és adalékanyagok alkalmassági vizsgálata

- munkahelyi levegő, környezeti levegő, technológiai légszennyező források, munkahelyek, üzemek helyszíni vizsgálata

A Nemzeti -Akkreditáló Testület által NAT-1-1249/2004 számon akkreditált, a 4/1999. (II.24.) GM rendelet alapján 077/2004 számon kijelölt, az Európai Gazdasági Térségre 1414 azonosító számon Brüsszelben bejegyzett vizsgálólaboratórium.

CEMKUT

CEMENTIPARI KUTATÓ-FEJLESZTŐ
KORLÁTOLT FELELŐSSÉGŰ TÁRSASÁG

Fagyasztás, fagyhámlás vizsgálat a legkorszerűbb eszközökkel

Erős szakmai háttérrel támogatott, kiválóan felszerelt analitikai laboratórium

Német minőséggel párosított magyar szaktudás

A Nemzeti -Akkreditáló Testület által NAT-1-1249/2004 számon akkreditált, a 4/1999. (II.24.) GM rendelet alapján 077/2004 számon kijelölt, az Európai Gazdasági Térségre 1414 azonosító számon Brüsszelben bejegyzett vizsgálólaboratórium.

Concrete - Beton

STABIMENT®

A bizonyítottan jobb és tartósabb beton

A Sika Hungária Kft. Beton Üzletága a betont és habarcsot előállító üzemeknek, az ezt beépítő vállalkozóknak és a mindezt megálmodó tervezőknek nyújt segítséget, biztosít anyagokat és kínál szolgáltatásokat.

Működésünk szerencsés találkozás eredménye, mert tevékenységünk sikeresen ötvözi a magyar szakértelmet a magas minőséggel.

Gyártóink tekintélyes fejlesztő szakembergárdával rendelkeznek, akik ma már a magyar piac igényeit is komolyan figyelembe veszik.

Üzletágunk – amely a váci cementgyárban található – ezekkel a kiváló és ellenőrzött minőségű termékekkel és alapanyagokkal kíván hozzájárulni a hazai épített környezet szebbé és tartósabbá tételéhez.

Sika Hungária Kft.
Székhely: H – 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.
Telefon: +36 1-371 2020 Fax: +36 1-371 2022
info@hu.sika.com / www.sika.hu

Beton Üzletág
Telephely: H – 2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198. Fax: +36 27-314 736
Telefonok: +36 27-316 723, -314 665, -314 676
stabiment@hu.sika.com / www.stabiment.hu

Sika®

Concrete - Beton

STABIMENT

Beton- és habarcsadalékszerek

Képlékenyítők
Bedolgozást segítő anyagok térkőgyártáshoz (plasztifikátorok)
Folyósító adalékszerek
Tömítő (vízzáróság-fokozó) adalékszerek
Kötéskésleltető adalékszerek
Légbuborékképzők
Habképzők könnyűbetonokhoz
Szilárdulásgyorsítók
Fagyásgátló adalékszerek
Stabilizáló (keverékösszetartó) adalékszerek
Adalékszerek víz alatti betonozáshoz
Kombinált habarcsadalékszerek (transzporthabarcsokhoz)
Injektálást (besajtolást) segítő adalékszerek
Esztrich adalékszerek

Sika Hungária Kft.
Székhely: H – 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.
Telefon: +36 1-371 2020 Fax: +36 1-371 2022
info@hu.sika.com / www.sika.hu

Beton Üzletág
Telephely: H – 2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198. Fax: +36 27-314 736
Telefonok: +36 27-316 723, -314 665, -314 676
stabiment@hu.sika.com / www.stabiment.hu

Concrete - Beton

STABIMENT®

Építési, betonkészítési segédanyagok

Formaleválasztók (zsaluolajok)
Utókezelőszerek (párazárók)
Impregnálószerek
Szilikaporok és szuszpenziók
Tapadóhidak és tapadóemulziók
Építési ragasztóanyagok
Tisztító- és ápolószerek

Sika Hungária Kft.
Székhely: H – 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.
Telefon: +36 1-371 2020 Fax: +36 1-371 2022
info@hu.sika.com / www.sika.hu

Beton Üzletág
Telephely: H – 2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198. Fax: +36 27-314 736
Telefonok: +36 27-316 723, -314 665, -314 676
stabiment@hu.sika.com / www.stabiment.hu

Concrete - Beton

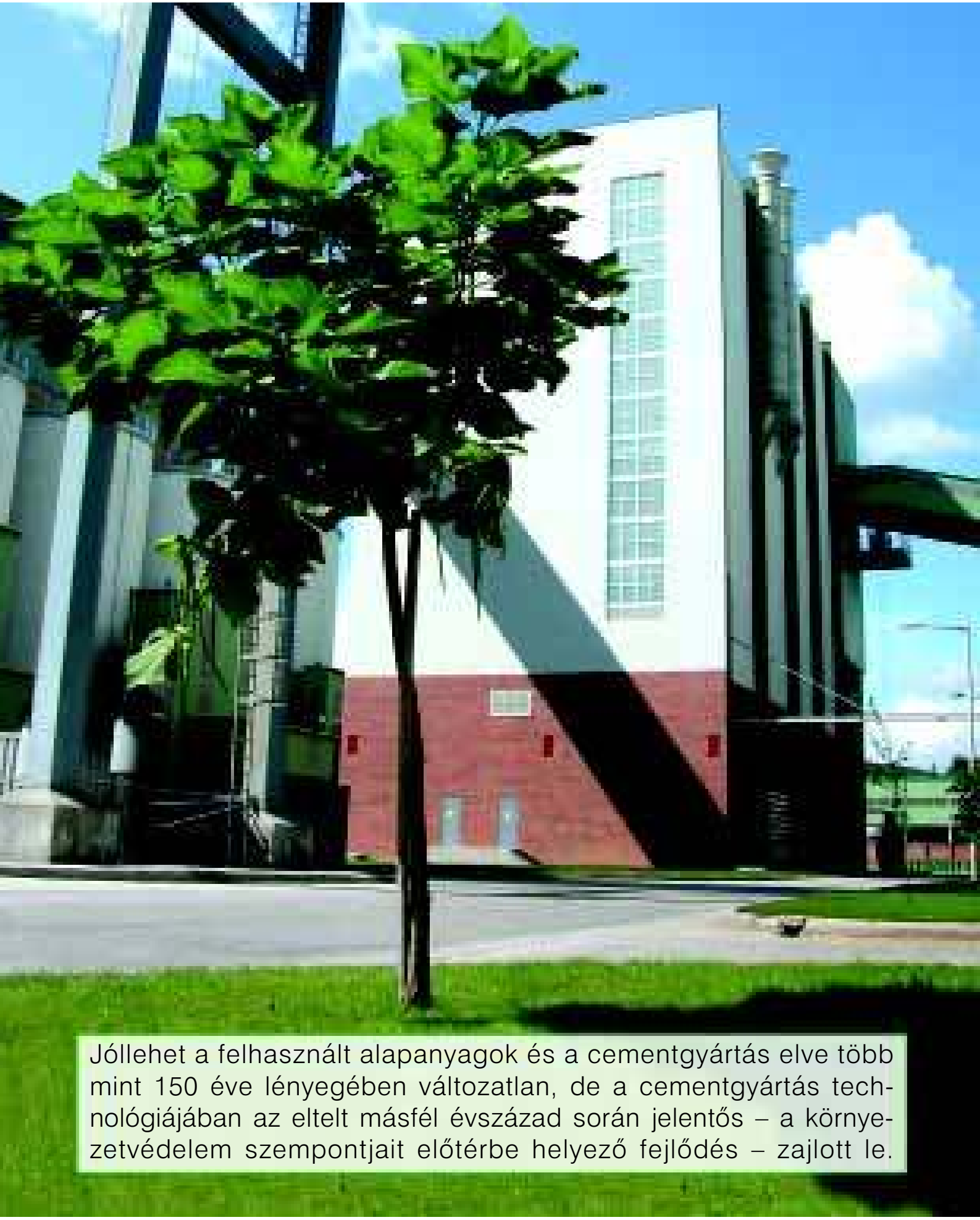
STABIMENT

Betonjavító anyagok, padlórendszerek

Akna- és útjavító habarcsok, ragasztók
Kiöntőhabarcsok, -betonok
Betonjavító anyagok, rendszerek
Lőttbeton technológiához való anyagok, berendezések
Injektáláshoz való anyagok, berendezések
Ipari padlórendszerek
Berendezések és tartozékok

Sika Hungária Kft.
Székhely: H – 1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.
Telefon: +36 1-371 2020 Fax: +36 1-371 2022
info@hu.sika.com / www.sika.hu

Beton Üzletág
Telephely: H – 2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Postacím: H-2601 Vác, Pf.: 198. Fax: +36 27-314 736
Telefonok: +36 27-316 723, -314 665, -314 676
stabiment@hu.sika.com / www.stabiment.hu



Jóllehet a felhasznált alapanyagok és a cementgyártás elve több mint 150 éve lényegében változatlan, de a cementgyártás technológiájában az eltelt másfél évszázad során jelentős – a környezetvédelem szempontjait előtérbe helyező fejlődés – zajlott le.

1. A CEMENT (Dr. Jankó András)

A portlandcement színe az angliai Portland tengerparti köveinek színéhez hasonlít, szilárdsága pedig olyan jó volt, mint a tengerparti kőé, amelyet Anglia szerte építőkőként használtak a XIX. században. Innen kapta a nevét.

A cement színe a gyártáshoz felhasznált nyersanyagoktól, a gyártási technológiától és az őrlési finomságtól függ. A finomabbra őrölt cementek általában világosabbak, mint a durvábbra őrölt cementek. A portlandcementek színe sötét szürkétől zöldes szürkéig terjedhet. A cement színéből a cement tulajdonságaira visszakövetkeztetni nem lehet!

1.1. Cementek vizsgálata az MSZ EN 196 szabvány szerint

A cementek fizikai, kémiai, térfogat-állandósági, hidraulikus (szilárdság) stb. tulajdonságainak vizsgálatát az MSZ EN 196 szabvány szerint kell elvégezni, és a vizsgálati eredményeknek az MSZ EN 197 termékszabványban előírt követelményeket ki kell elégíteniük.

Az MSZ EN 196 vizsgálati szabványsorozat a következő részekből áll:

MSZ EN 196-1: 2005 Cementvizsgálati módszerek.
1. rész: A szilárdságmeghatározása

MSZ EN 196-2: 2005 Cementvizsgálati módszerek.
2. rész: A cement kémiaielemzése

MSZ EN 196-3: 2005 Cementvizsgálati módszerek.
3. rész: A kötési idő és a térfogat-állandóság meghatározása

MSZ ENV 196-4: 1995 Cementvizsgálati módszerek.
4. rész: Az alkotórészek mennyiségi meghatározása

MSZ EN 196-5: 1996 Cementvizsgálati módszerek.
5. rész: A puccoláncementek puccolánosságának vizsgálata

MSZ EN 196-6: 1992 Cementvizsgálati módszerek.
6. rész: Az őrlési finomság meghatározása

MSZ EN 196-7: 1991 Cementvizsgálati módszerek.
7. rész: A cement mintavételi és minta-kiválasztási eljárása

MSZ EN 196-21: 1993 Cementvizsgálati módszerek.
21. rész: A cement klorid-, szén-dioxid- és alkáliatartalmának meghatározása

1.2. Cementféleségek az MSZ EN 197 szabvány szerint

Cement hidraulikus kötőanyag, ami azt jelenti, hogy finomra megőrölt szervetlen anyag, ami vízzel keverve cementpépet ad, amely - mind levegőn, mind víz alatt - hidraulikusan megköt és szilárdul, és szilárdulás után víz alatt szilárd és térfogatálló marad.

Vannak olyan cementek is, amelyek megszilárdulása lényegében más vegyületeken alapul, mint például kalcium-aluminát az aluminát-cementben.

Fogalmak

Portlandcementklinker (K)

A portlandcementklinkert pontosan meghatározott nyersanyagkeverék zsugorításával állítják elő, melynek oxidos formában megadott elemei CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, valamint egyéb kis mennyiségben előforduló alkotók. A nyerskeveréket finomra meg kell őrölni, bensőségesen szükséges megkeverni, hogy egynemű legyen.

A portlandcementklinker hidraulikus anyag, amelynek a tömeg szerinti kétharmad része kalcium-szilikátból ($3CaO{\cdot}SiO_2$ és $2CaO{\cdot}SiO_2$) kell hogy álljon. A maradék rész pedig alumínium- és vastartalmú klinkerfázisokból és egyéb vegyületekből áll. A CaO/SiO_2 tömegarány legalább 2,0 és a magnézium-oxid (MgO)-tartalom legfeljebb 5 tömegszázalék legyen.

Szemcsézett kohósalak vagy kohóhomok (granulált nagyolvasztói salak) (S)

A szemcsézett kohósalak megfelelő összetételű salakolvadék - ami a vasérc kohósításakor képződik - gyors lehűtésekor keletkezik. A kohósalak kétharmad részének üvegesen kell megdermednie. Megfelelő gerjesztéssel hidraulikus tulajdonságokat mutat.

A kalcium-oxid (CaO), a magnézium-oxid (MgO) és a szilícium-dioxid (SiO_2) összesített mennyisége a kohósalak tömegének legalább kétharmad része és a $(CaO+MgO)/SiO_2$ arány pedig 1,0-nél nagyobb legyen.

Puccolános anyagok

A puccolánok kovasavtartalmú vagy alumínium-szilikát-tartalmú – vagy az előbbiek kombinációját tartalmazó – természetes kőzetek.

A puccolános anyagok önmagukban vízzel keverve nem kötőképesek, de finomra őrölve és víz jelenlétében, szokásos környezeti hőmér-

sékleten az oldott kalcium-hidroxiddal ($Ca(OH)_2$) reagálnak és szilárd kalcium-szilikátok és kalcium-aluminátok képződnek. Ezek a vegyületek hasonlóak azokhoz, amelyek a hidraulikus anyagok szilárdulásakor képződnek.

A puccolánok főként aktív (reakcióképes) szilícium-dioxidot (SiO_2) és alumínium-oxidot (Al_2O_3) tartalmaznak. A fennmaradó részt vas-oxid (Fe_2O_3) és egyéb vegyületek alkotják.

Az aktív kalcium-oxid mennyisége a szilárdulás szempontjából elhanyagolható. Az aktív szilícium-dioxid-tartalom legalább 25,0 tömegszázalék legyen (l. MSZ EN 196 szabvány).

Természetes puccolánok (P)
A természetes puccolánok általában vulkánikus eredetű kőzetek vagy megfelelő kémiai-ásványi összetételű üledékes kőzetek

Természetes kalcinált puccolánok (Q)
A természetes kalcinált puccolánok termikusan aktivált vulkáni eredetű kőzetek, agyagok, palák vagy üledékes kőzetek.

Pernye
A pernyét a szénportüzelésű kazánokból távozó füstgáz elektrosztatikus vagy mechanikus portalanításával nyerik.

Savas jellegű pernye (V)
A savas jellegű pernye (másképpen kovasavban dús vagy savanyú pernye) finomszemcsés por, amely főleg golyó alakú, puccolános tulajdonságokkal rendelkező részecskékből áll. A savanyú pernye lényegében reakcióképes kovasavból (SiO_2) és alumínium-oxidból (Al_2O_3) áll. A maradék vas(III)-oxidból (Fe_2O_3) és más egyéb vegyületekből tevődik össze.

Bázikus jellegű pernye (W)
A bázikus jellegű pernye (másképpen mészben dús pernye) hidraulikus és/vagy puccolános tulajdonságokat felmutató finom por. A mészben dús pernye lényegében reakcióképes kalcium-oxidból (CaO), reakcióképes szilícium-oxidból (SiO_2) és alumínium-oxidból (Al_2O_3) áll. A maradék vas(III)-oxidból (Fe_2O_3) és más egyéb vegyületekből tevődik össze.

Égetett pala (T)
Az égetett palát, különösképpen az égetett olajpalát különleges kemencében 800 °C hőmérsékleten állítják elő. A természetes kiindulási

anyagok összetétele és a gyártási eljárás alapján az égetett pala klinkerfázisokat, mindenek előtt dikalcium-szilikátot ($2CaO \cdot SiO_2$) és monokalcium-aluminátot ($CaO \cdot Al_2O_3$), valamint kevés szabad kalcium-oxidon (CaO_{szabad}) és kalcium-szulfáton ($CaSO_4$) túl puccolánosan reagáló oxidokból nagyobb mennyiségeket tartalmaz, különösképpen szilícium-dioxidból (SiO_2). Ennek megfelelően az égetett pala finomra megőrölt állapotban kiváló hidraulikus tulajdonságokkal, mint a portlandcement és egyúttal puccolános aktivitással is kitűnik.

Mészkő (L, LL)

A mészkőnek a következő követelményeket kell teljesítenie:

A kalcium-oxid (CaO)-tartalomból számított kalcium-karbonát ($CaCO_3$)-tartalom legalább 75 $^m/_m$% legyen.

Az összes szervesszén-tartalom (**TOC**) a MSZ EN 13639: 2003 szabvány szerint meghatározva feleljen meg az alábbi feltételek egyikének:

L: legfeljebb 0,20 $^m/_m$%

LL: legfeljebb 0,5 $^m/_m$%

Szilikapor (D)

A szilikapor nagy tisztaságú kvarc szénnel való redukciójakor képződik elektromos ívkemencében szilícium- és ferro-szilícium ötvözetek előállításánál, és nagyon finom gömb alakú részecskékből áll, amelyek legalább 85 $^m/_m$% amorf szilícium-dioxidot (SiO_2) tartalmaznak.

Mellékalkotók

A mellékalkotók különlegesen válogatott szervetlen természetes ásványi anyagok, szervetlen ásványi anyagok, a klinkergyártásnál keletkező szervetlen anyagok vagy a korábban említett alkotók, amennyiben nem főalkotók a cementben. Mennyiségük a cementben legfeljebb 5 tömegszázalék lehet.

Kalcium-szulfát

A szulfát egy olyan adalékanyag, amelyet a cement más alkotóihoz szükséges adni a cement kötésszabályozása céljából.

A kalcium-szulfát lehet gipszkő (kalcium-szulfát-dihidrát – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), félhidrát ($CaSO_4 \cdot {}^1/_2H_2O$), anhidrit (vízmentes kalcium-szulfát – $CaSO_4$) vagy ezek keveréke.

A gipszkő és az anhidrit természetes anyagok. A kalcium-szulfát bizonyos ipari melléktermékként is rendelkezésre áll.

Adalékok

Az adalékok olyan anyagok, amelyeket az előbbi szakaszokban nem szerepelnek, és azért adagolják a cementhez, hogy javítsák a gyártási eljárást vagy a cement tulajdonságait.

Az adalékok összes mennyisége legfeljebb a cement 1,0 tömegszázalék lehet (kivéve a színezőanyagokat). A szerves adalékok mennyisége száraz állapotban legfeljebb a cement 0,5 tömegszázaléka lehet.

Ezeknek az adalékok nem segíthetik elő a vasbetétek korrózióját, vagy nem ronthatják a cement, illetve az ilyen cementtel készült beton vagy habarcs tulajdonságait.

Ha a cement az EN 934 szabványsorozatnak megfelelő adalékszert tartalmaz, amelyeket betonhoz, habarcshoz vagy injektált habarcshoz adnak, akkor az adalékszer szabványos megnevezését fel kell tüntetni a cement csomagolásán vagy a szállítási dokumentáción.

1.3. Cementek összetétele és jelölése

Az MSZ EN 197-1: 2000 jelű szabványnak megfelelő általános felhasználású cementek öt fő cementfajtába csoporthatósítók, amelyek az alábbiak:

- CEM I – Portlandcement
- CEM II – Összetett portlandcement
- CEM III – Kohósalakcement
- CEM IV – Puccoláncement
- CEM V – Kompozitcement

Az MSZ EN 197-1 számú szabványnak megfelelő általános felhasználású cementek 27 terméket tartalmazó csoportját és elnevezéseit az *1.1. táblázat* tartalmazza.

1.4. Mechanikai követelmények

1.4.1. Szabványos szilárdság

A cement szabványos szilárdsága az MSZ EN 196-1 számú szabvány szerint meghatározott 28 napos nyomószilárdság, amely feleljen meg a *1.2. táblázatban* közölt követelményeknek.

A cementek szabványos szilárdságát 0,5 víz/cement tényezőjű szabványos habarcson kell ellenőrizni. A mért szabványos szilárdság ezért csak ~ 0,5 víz/cement tényezőjű betonok várható szilárdságára ad tájékoztatást.

Fő cement-fajták	A 27 termék jelölése (az általános felhasználású cementek fajtái)		A mennyiségek tömeg					
			Fő alkotórésze					
			Klinker K	Granulált kohósalak S	Szilikapor D[b]	Puccolán Természetes P	Puccolán Kalcinált Q	Pe Savanyú V
CEM I	Portlandcement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-
CEM II	Kohósalak-portland-cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-
	Szilikapor-portland-cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-
	Puccolán-portland-cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-
	Pernye-portlandcement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-
	Égetettpala-portland-cement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-
	Mészkő-portland-cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-
	Kompozit-portland-cement[c]	CEM II/A-M	80-94	<----------6-20				
		CEM II/B-M	65-79	<----------21-3				
CEM III	Kohósalakcement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-
CEM IV	Puccolántcement[c]	CEM IV/A	65-89	-	<----------11-35----------			
		CEM IV/B	45-64	-	<----------36-55----------			
CEM V	Kompozitcement[c]	CEM V/A	40-64	18-30	-	<------18-30------>		
		CEM V/B	20-39	31-50	-	<------31-50------>		

[a] A táblázat értékei a fő- és mellékalkotórészek összegét tartalmazzák.
[b] A szilikapor aránya legfeljebb 10% lehet.
[c] A kompozit-portlandcement CEM II/A-M-ben és CEM II/B-M-ben, a puccol CEM IV/B-ben valamint a kompozitcement CEM V/A-ban és CEMV/B-ben meg klinker mellett található főalkotórészek fajtáját.

A cementeknek három szabványos szilárdsági osztálya van: a 32,5; a 42,5 és az 52,5 osztály (28 napos nyomó szilárság MPa egységben).

1.4.2. Kezdőszilárdság

A cementek kezdőszilárdsága az MSZ EN 196-1 számú szabvány szerint meghatározott 2 vagy 7 napos nyomószilárdság, amely feleljen meg a 2. táblázatban közölt követelményeknek. A kezdőszilárdság alapján a szabványos szilárdsági osztályon belül további kettő alosztályt különböztetünk meg, egy normál, jele N és egy nagy kezdőszilárdságú osztályt, jele R *(l. 1.2. táblázat)*.

1

1.5. Fizikai követelmények

1.5.1. A kötési idő kezdete

A cementek kötése tulajdonképpen a szilárdulás első lépcsőfoka. A feldolgozáshoz elegendő időnek kell rendelkezésre állni, ezért a kötési idő kezdete feleljen meg a *1.2. táblázatban* közölt követelményeknek.

1.2. táblázat

Szilárdsági osztály	Nyomószilárdság, MPa				Kötési idő kezdete	Térfogat-állandóság (tágulás)
	Kezdőszilárdság		Szabványos szilárdság		perc	mm
	2 napos	7 napos	28 napos			
32,5 N	—	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	—				
42,5 N	≥ 10,0	—	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	—				
52,5 N	≥ 20,0	—	≥ 52,5	—	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	—				

Mechanikai és fizikai követelmények

1.5.2. Térfogat-állandóság

Az MSZ EN 196-3 szerint meghatározott tágulás feleljen meg a *1.2. táblázatban* ismertetett követelménynek.

1.6. Kémiai követelmények

Az *1.3. táblázat* 3. és 4. oszlopában megadott fajtájú és szilárdsági osztályú cementek, a 2. oszlopban jelzett szabványok szerint vizsgálva, feleljenek meg az 5. oszlopban közölt követelményeknek. ***Néhány európai ország követelményt ír elő a vízoldható hat vegyértékű króm-(Cr^{6+}-) tartalomra.***

A 2003/53/EC Direktíva (Irányelv) a cementek vízoldható hat vegyértékű króm-(Cr^{6+}) tartalmát 2 ppm-ben korlátozza. Ez az Irányelv 2005. január 17.-től hatályos.

Azokat a cementeket, amelyek vízoldható króm (Cr^{6+}) tartalma 2 ppm érték alatt van, krómátban szegény cementként jelölik. A ppm a koncentráció mértékét jelenti, azaz 1 ppm = 10^{-6} kg/kg.

1

1.3. táblázat

1	2	3	4	5
Tulajdonság	***Vizsgálati módszer***	***Cementfajta***	***Szilárdsági osztály***	***Követelmények[a]***
Izzítási veszteség	MSZ EN 196-2	CEM I CEM III	Valamennyi	≤ 5,0%
Oldhatatlan maradék	MSZ EN 196-2[b]	CEM I CEM III	Valamennyi	≤ 5,0%
Szulfát-tartalom (SO_3-ként)	MSZ EN 196-2	CEM I CEM II[c] CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5%
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0%
		CEM III[d]	Valamennyi	
Klorid-tartalom	MSZ EN 196-21	Valamennyi	Valamennyi	≤ 0,10%[e]
Puccolánosság	MSZ EN 196-5	CEM IV	Valamennyi	Feleljen meg a vizsgálati módszerek

[a] A követelmények a kész cement tömegszázalékban vannak megadva.
[b] Az oldhatatlan maradék meghatározása savban és nátrium-karbonátban.
[c] A CEM II/B-T cementfajta szulfát-tartalma valamennyi szilárdsági osztályban legfeljebb 4,5% lehet.
[d] A CEM III/C cementfajta szulfát-tartalma legfeljebb 4,5% lehet.
[e] A CEM III/C cementfajta esetben megengedett a 0,10%-nál nagyobb klorid-tartalom, abban az esetben a kerülgés klorid-tartalmat fel kell tüntetni a cement csomagolásán és/vagy a szállítási jegyen.
[f] Előfeszített beton készítéséhez a cement szigorúbb követelményértéke szerint is gyártható. Ebben az esetben a 0,10%-ot helyettesíteni kell a kisebb értékkel, azt fel kell tüntetni a szállítási jegyen.

Kémiai követelmények

1.7. Tartóssági követelmények

Több alkalmazási területen – különösen mostoha környezeti körülmények között – az alkalmazandó cement kiválasztása befolyásolja a beton, a habarcs és az injektált habarcs tartósságát, így például a fagyállóságot, a vasbetétnek a korrózióval szembeni kémiai ellenálló képességét, illetve a vasbetét védelmét.

Az EN 197-1 szabványnak megfelelő cementfajta kiválasztásakor betartandók az alkalmazás helyszínén érvényes, a betonra vagy a habarcsra vonatkozó szabványok és/vagy az építési előírások.

1.8. Szabványos megnevezés

A CEM cementek megnevezésének tartalmaznia kell legalább a cementfajta 1. táblázat szerinti rövidített jelölését és a szilárdsági osztályra utaló 32,5, 42,5 vagy 52,5 számokat. A kezdőszilárdság osztályának jelöléséhez pedig N és R betűjelet kell hozzáfűzni (a szám után szóköz kihagyással).

Alább közlünk néhány példát a szabványos megnevezésre.

Nevezzünk el egy nagy kezdőszilárdságú, 42,5 szilárdsági osztályú portlandcementet szabványos jelöléssel:

Portlandcement – MSZ EN 197-1 – CEM I 42,5 R

Nevezzünk meg egy szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 6-20 tömegszázalék közötti, legfeljebb 0,20 tömegszázalék TOC (teljes szervesanyag tartalom)-tartalmú mészkövet (L) tartalmazó mészkő-portlandcementet szabványos megnevezéssel:

Mészkő-portlandcement – MSZ EN 197-1 – CEM II/A-L 32,5 N

Vegyünk egy nagy kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú és összesen 6-20 tömegszázalék granulált kohósalakot (S), savanyú jellegű pernyét (V) és mészkövet (L) tartalmazó kompozitcementet, amelynek szabványos jelölése a következő:

Kompozit-portlandcement –
MSZ EN 197-1 – CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R

Legyen egy szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú cementünk, ami 18-30 tömegszázalék közötti granulált kohósalakot (S) és

18-30 tömegszázalék közötti savanyú jellegű pernyét (V) tartalmaz. Szabványos megnevezése a következő:

Kompozitcement – MSZ EN 197-1 – CEM V/A-(S-V) 32,5 N

1.9. Egyéb jellemző (nem szabványos) cementtulajdonság

1.9.1. Cementek színjelölése

A papírzsákba töltött cementeknek a DDC Kft. által alkalmazott feliratozási színeiről az *1.4. táblázat* ad tájékoztatást.

1.4. táblázat

Portlandcement termék	*Feliratozás színe*
CEM I 52,5 N	Piros
CEM I 42,5 N CEM II 42,5 N	Piros
CEM II, III 32,5 N	Sötétkék, fekete
CEM II 32,5 R	Zöld
CEM V 32,5 N	Narancssárga

A zsákolt cementek feliratozási színei

1.9.2. Sűrűség és halmazsűrűség

A cementek sűrűségéről és halmazsűrűségéről az *1.5. táblázat* ad tájékoztatást.

1.5. táblázat

Cementfajta	*Sűrűség [kg/dm³]*	*Halmazsűrűség [kg/dm³]*	
Portlandcement	3,1	*Lazán ömlesztett*	*Bedögött*
Kohósalak-portland-cement	3,05	0,9...1,2	1,6...1,9
Kohósalakcement	3,0		
Puccolán-portland-cement	2,9		

A cementek sűrűsége és halmazsűrűsége

1.9.3. Őrlésfinomság

Az MSZ EN 197-1: 2000 szabvány a cement őrlésfinomságára nem ír elő követelményeket.

Az MSZ EN 196-6 szabvány (Az őrlésfinomság meghatározása) előszavában nyomatékosan arra utal, hogy a szitálás elsősorban a cementgyártás szabályozására és ellenőrzésére alkalmas. Ennek ellenére a betontechnológust érdekli az őrlésfinomság, mert ebből tájékozódhat a várható szilárdulás sebességéről, a végszilárdságról stb.

A fajlagos felület meghatározása a cementtöltet lég-áteresztőképességének mérésével (például a Blaine-féle eljárás) elsősorban a cementőrlés egyenletességének ellenőrzését szolgálja a cementgyárakban. Az előbbi módszer a cement felhasználási tulajdonságainak értékelésére csak korlátozottan alkalmas.

1.9.4. Hidratációs hő

Cement vízzel elegyítve hidratálódik, miközben jelentős hőmennyiség szabadul fel. A hőfelszabadulás sebessége igen jelentős alkalmazástechnikai mutatószám a cement alkalmasságának értékeléséhez. Tájékoztató értékek a hőfejlesztés sebességéről az *1.6. táblázatban* láthatók.

1.6. táblázat

Szilárdsági osztály	Szilárdulás és hőfejlesztés	Hidratációs hő 18-21 °C között különböző korokban (nap) [J/g]			
		1	3	7	28
32,5	lassú	60…175	125…250	150…300	200…375
32,5 R 42,5	normál	125…200	200…335	275…375	300…425
42,5 R 52,5 52,5 R	gyors	200…275	300…350	325…375	375…425

Cementek hőfejlesztése különböző korosztályokban

1.9.5. Cementhőmérséklet

Nagy cementhőmérséklet a szilárdulásra nem fejt ki káros hatást. 10 °C cementhőmérséklet-emelkedés a frissbetonban kb. 1 °C hőmérséklet-növekedést okoz.

1.9.6. Zsugorodás

A zsugorodás vizsgálatát az MSZ EN 197-1 szabvány nem írja elő, mert a szabványos habarcson mért zsugorodás a beton zsugorodásának megítélésére nem felel meg.

Ezt a gyakorlatot folytatja a német DIN 1164 szabvány is 1958 óta.

Érdemes a helyszínen mind szilárdság vizsgálatra, mind zsugorodás (vagy duzzadás) meghatározására próbakeveréket készíteni. A nyomószilárdsági próbatest (kocka) mérete 20x20x20 cm, a zsugorodásvizsgálati hasáb mérete pedig 10x10x50 cm vagy 12x12x50 cm. A zsugorodásvizsgálati mérőkészülék vízszintes elrendezésű, ellentétben a cementzsugorodást mérő készülékkel, amely függőleges elrendezésű.

1.10. Különleges tulajdonságú cementek

1.10.1. Kis hőfejlesztésű cement, jele: KH

Kis hidratációs hőt fejlesztő cement a hidratáció első 7 napjában legfeljebb 270 J hőt fejleszthet grammonként.

1.10.2. Nagy szulfát állóságú cementek, jele: S

Nagy szulfát állóságú cementek lehetnek:

a) portlandcementek (CEM I) legfeljebb 3 $^{m}/_{m}$ % C_3A és legfeljebb 5 $^{m}/_{m}$ % Al_2O_3 tartalommal,
b) kohósalakcementek (CEM III/B).

A trikalcium-aluminát (C_3A) tartalom a kémiai összetételből számítandó a következő képlettel (az adatok $^{m}/_{m}$ % -ban értendők):

$$C_3A = 2{,}65 \cdot Al_2O_3 - 1{,}69 \cdot Fe_2O_3$$

1.10.3. Kis alkália tartalmú cementek, jele: KA

Egyes beton-adalékanyagok alkáliaérzékenysége miatt – ami a beton tönkremeneteléhez vezethet – csak kis alkália (K_2O, Na_2O) tartalmú cementek alkalmazhatók. A beton-adalékanyagok alkáliaérzékenységét felhasználás előtt az alkália-oldható kovasav tartalom meghatározásával lehet megbecsülni.

A cementek megengedhető alkália tartalma Na_2O–ekvivalensben kifejezve az *1.7. táblázatban* látható.

A Na_2O–ekvivalens a kémiai összetételből számítandó a következő képlettel (az adatok $^m/_m$ % -ban értendők):

$$Na_2O\text{–ekvivalens} = Na_2O + 0{,}658 \cdot K_2O$$

1.7. táblázat

Cementfajta	Összes alkália tartalom $^m/_m$ % Na_2O-ekvivalensben	Kohósalak tartalom $^m/_m$ %
CEM I CEM II	≤ 0,60	—
Kohósalak-cement: CEM III/A CEM III/B	≤ 1,10 ≤ 2,00	≥ 50 ≥ 65

Cementek megengedhető alkália tartalma

1.11. A tárolás hatása

Cementek – természetüknél fogva – nedvességre érzékenyek. Mivel a nedvesség teljes kizárása gyakorlatilag lehetetlen, így az 52,5 és 52,5 R szilárdsági osztályú cementek legfeljebb egy hónapig, a többi szilárdsági osztályokba tartozó cementek pedig legfeljebb két hónapig tárolhatók.

A zsákolt cementek száraz terekben való tárolásakor szilárdságban veszteséggel kell számolni:

– 10...20% szilárdságcsökkenés várható 3 hónap tárolás után és
– 20…30% szilárdságcsökkenés lehet 6 hónap tárolás után.

A nagyobb szilárdságcsökkenés a finomabbra őrölt cementekre érvényes. Száraz tárolásnál a cement nem fagyérzékeny.

1.12. A cement egészségügyi vonatkozásai

Keveréskor a készítési vízzel reagáló cementek, amelyek portlandcement-klinkert tartalmaznak, erősen alkálikus kémhatásúak. A cementpép vagy frissbeton szemmel és bőrrel való érintkezéskor izgató hatást vált ki. Továbbá bőrrel való érintkezés érzékenységet is kiválthat.

A cementek vízoldható krómát (CrO_4^{2-} anion) tartalmát erősen korlátozzák, mivel erős irritáló hatása van, és huzamosabb érintkezés vele bőrekcémát okozhat. A cementek vízoldható krómát tartalmát a cementgyártáshoz felhasznált nyersanyagok megválasztásával, illetve a kész-

cementhez hozzáadott ártalmatlan redukálószerrel (pl. vas (II)-szulfát-hidrátok) lehet csökkenteni a kívánt mértékre.

A veszélyes anyagok rendtartása értelmében a cementeket ezért „irritáló” anyagoknak szükséges minősíteni, és az „X_i” veszélyes szimbólummal kell megjelölni.

A cement előkészítésekor a szemmel vagy bőrrel közvetlen kontaktust feltétlenül el kell kerülni. Egyéni elővigyázatossági rendszabályokat, mint például védőkesztyű felhúzását vagy adott esetben védőszemüveg viselését elengedhetetlenül meg kell követelni.

1.13. A Duna-Dráva Cementipari Kft. (DDC Kft.) termékválasztéka

A DDC Kft cementválasztéka az *1.8. táblázatban* látható

1.8. táblázat

Termékfélék	
Beremendi Gyár	Vác Gyár
CEM I 52,5 N	CEM I 52,5 N
CEM I 42,5 N	CEM I 42,5 N
CEM II/A-M (V-L) 42,5 N	CEM II/A-S 42,5 N
CEM II/B-M (V-L) 32,5 R	CEM II/B-S 32,5 R
CEM III/B-M (V-L) 32,5 N	CEM III/B-M (V-L) 32,5 N
	CEM III/A 32,5 N
	CEM III/B 32,5 N-S
	CEM VI/A (S-V) 32,5 N

A DDC Kft. cementtermékei

1.13.1. A beremendi gyár termékeinek alkalmazási területei

Portlandcement CEM I 52,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM I 52,5 N portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, nagy felületű, jelentős hőfejlesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága miatt előnyösen alkalmazható az előregyártásban, esetenként megtakarítható a gőzölési energia egy része és gyorsítható a sablonforduló. Téli betonozásnál a kritikus szilárdság gyorsabb elérése következtében kisebb a téliesítés költsége.

Előnyösen alkalmazható *C25/30 - C50/60* szilárdsági jelű beton, vasbeton, utófeszített betonszerkezetek, valamint nagy igénybevételnek kitett ipari padlóburkolatok készítésénél, továbbá hideg időjárásban kültéri

betonozási munkáknál. Alkalmas XF1 – XF3 környezeti osztályú fagyálló beton, és XK1(H) – XK4(H) környezeti osztályú kopásálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton szerkezetek kivitelezésére.

Portlandcement CEM I 42,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM I 42,5 N portlandcement kedvező kezdőszilárdsága, jelentős végszilárdsága és kedvező kémiai-ásványi összetétele következtében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonkészítésének legelterjedtebb kötőanyaga. Téli betonozásnál a kritikus szilárdság gyorsabb elérése következtében csökkenthető a téliesítés költsége.

Előnyösen alkalmazható *C25/30 - C50/60* szilárdsági jelű beton, vasbeton, utófeszített beton szerkezetek, ipari padlók, nagy igénybevételének kitett térburkolatok készítésénél. Alkalmas XF1 – XF3 környezeti osztályú fagyálló beton, és XK1(H) – XK4(H) környezeti osztályú kopásálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton szerkezetek kivitelezésére.

Kompozit-portlandcement CEM II/A-M (V-L) 42,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM II/A-M (V-L) 42,5 N kompozit portlandcement mészkő és erőműi pernye kiegészítő anyagot tartalmaz (legfeljebb 20 tömeg%-ig). A pernye a cement kedvező utószilárdulását, a mészkő a jobb szemcseméreteloszlását biztosítja. Kedvező a kezdőszilárdsága, jelentős a végszilárdsága.

Előnyösen alkalmazható *C12/15 - C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Alkalmas megfelelő minőségű vízzáró beton, sugárvédő beton szerkezetek kivitelezéséhez, víz alatti betonozáshoz, téli időszakban transzportbeton készítéséhez.

Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (V-L) 32,5 R /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM II/B-M (V-L) 32,5 R kompozit-portlandcement mészkő és erőműi pernye hozzáadásával készül (legfeljebb 35 tömeg%-ig). Kedvező kezdőszilárdsága, szokványos végszilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében széleskörűen felhasználható cement.

Előnyösen alkalmazható *C8/10 - C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton és utófeszített betonszerkezetek, továbbá nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek készítéséhez. Alkalmas transzportbeton, megfelelő minőségű vízzáró beton, sugárvédő beton, legfeljebb XF1 környezeti osztályú fagyálló beton készítéséhez, gőzöléssel szilárdított betonelemek előregyártásához.

Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (V-L) 32,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM II/B-M (V-L) 32,5 R kompozit-portlandcement mészkő és erőműi pernye hozzáadásával készül /legfeljebb 35 $^{m}/_{m}$%-ig/.

Szokványos szilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében előnyösen alkalmazható transzportbeton gyártásához. Alkalmas *C8/10 – C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, legfeljebb XF1 környezeti osztályú fagyálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton, sugárvédő beton készítéséhez, továbbá nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek kivitelezéséhez.

1.13.2. A váci gyár termékeinek alkalmazási területei

Portlandcement CEM I 52,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM I 52,5 N portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, nagy felületű, jelentős hőfejlesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága miatt előnyösen alkalmazható az előregyártásban, esetenként megtakarítható a gőzölési energia egy része és gyorsítható a sablonforduló. Téli betonozásnál a kritikus szilárdság gyorsabb elérése következtében kisebb a téliesítés költsége.

Előnyösen alkalmazható *C25/30 - C50/60* szilárdsági jelű beton, vasbeton, utófeszített betonszerkezetek, valamint nagy igénybevételnek kitett ipari padlóburkolatok készítésénél, továbbá hideg időjárásban kültéri betonozási munkáknál. Alkalmas XF1 – XF3 környezeti osztályú fagyálló beton, és XK1(H) – XK4(H) környezeti osztályú kopásálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton szerkezetek kivitelezésére.

Portlandcement CEM I 42,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM I 42,5 N portlandcement kedvező kezdőszilárdsága, jelentős végszilárdsága és kedvező kémiai-ásványi összetétele következtében a vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonkészítésének legelterjedtebb kötőanyaga. Téli betonozásnál a kritikus szilárdság gyorsabb elérése következtében csökkenthető a téliesítés költsége.

Előnyösen alkalmazható *C25/30 - C50/60* szilárdsági jelű beton, vasbeton, utófeszített beton szerkezetek, ipari padlók, nagy igénybevételének kitett térburkolatok készítésénél. Alkalmas XF1 – XF3 környezeti osztályú fagyálló beton, és XK1(H) – XK4(H) környezeti osztályú kopásálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton szerkezetek kivitelezésére.

Kohósalak-portlandcement CEM II/A-S 42,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM II/A-S 42,5 N kohósalak-portlandcement kedvező kezdőszilárdságú, jelentős utószilárdulású, mérsékelt hőfejlesztésű cement. A benne lévő kohósalak-tartalom következtében a cement zsugorodási és repedési hajlama, valamint szilárdulás közbeni hőfejlődése csökken, ami a jó minőségű beton előállítását jelentősen segíti.

Előnyösen alkalmazható *C25/30 - C50/60* szilárdsági jelű beton, vasbeton és utófeszített beton szerkezetek, transzportbeton, hőérlelt beton, vasbeton elemek készítéséhez. Alkalmas legfeljebb XF3 környezeti osztályú fagyálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton, sugárvédő beton és nagytömegű betonszerkezetek kivitelezésére.

Kohósalak-portlandcement CEM II/B-S 32,5 R /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM II/B-S 32,5 R kohósalak-portlandcement kedvező kezdőszilárdságú, szokványos végszilárdságú, mérsékelt hőfejlesztésű cement. A granulált kohósalak-tartalomnak, valamint a mérsékelt hőfejlesztésnek köszönhetően a cement zsugorodási és repedési hajlama csekély, ami megfelelő biztonságot nyújt a jó minőségű beton előállításához, színe világos.

Előnyösen alkalmazható *C12/15 - C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, transzportbeton, hőérlelt beton és vasbeton elemek készítéséhez. Javasolható legfeljebb XF1 környezeti osztályú fagyálló beton, sugárvédő beton, megfelelő minőségű vízzáró betonok készítéséhez.

Kohósalakcement CEM III/A 32,5 N /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM III/A 32,5 N kohósalakcement mérsékelt kezdőszilárdságú, jelentős végszilárdságú (ennek következtében utókezelési igénye hosszabb), kis hőfejlesztésű cement. A granulált kohósalak-tartalomnak köszönhetően a cement szulfátállósága jelentős, zsugorodási és repedési hajlama csekély, ami megfelelő biztonságot nyújt a jó minőségű beton előállításához, színe világos.

Előnyösen alkalmazható *C8/10 - C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, transzportbeton, hőérlelt beton és vasbeton elemek készítéséhez. Javasolható mérsékelt agresszív szulfáthatásnak kitett betonozásnál (talajvíz: legfeljebb 3000 mg/liter, talaj: legfeljebb 5000 mg/liter SO_4^{2-} ion tartalom), nagytömegű beton és vasbeton szerkezetek, vízépítési betonok készítéséhez.

Szulfátálló kohósalakcement CEM III/B 32,5 N-S /MSZ EN 197-1: 2000/

A CEM III/B 32,5 N-S szulfátálló kohósalakcement kis kezdőszilárdságú, nagy végszilárdságú (ennek következtében utókezelési igénye hosszabb), kis hőfejlesztésű cement. A nagy kohósalak tartalomnak köszönhetően a cement szulfátállósága jelentős, zsugorodási és repedési hajlama csekély, ami megfelelő biztonságot nyújt a jó minőségű beton előállításához, színe világos.

Előnyösen alkalmazható *C8/10 - C35/45* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, vasbeton elemek készítéséhez. Javasolható mérsékelt agresszív szulfáthatásnak kitett betonozásnál (talajvíz: legfeljebb 6000 mg/liter, talaj: legfeljebb 8000 mg/liter SO_4^{2-} ion tartalom), nagytömegű beton és vasbeton szerkezetek, vízépítési betonok készítéséhez.

Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (V-L) 32,5 N /MSZ EN 197-1:2000/

A CEM II/B-M (V-L) 32,5 N kompozit-portlandcement 11% mészkő és 22% erőművi pernye hozzáadásával készül. Szokványos szilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében előnyösen alkalmazható transzportbeton gyártásához.

Alkalmas *C8/10 - C40/50* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, legfeljebb XF1 környezeti osztályú fagyálló beton, megfelelő minőségű vízzáró beton, sugárvédő beton készítéséhez, továbbá nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek kivitelezéséhez.

Kompozitcement CEM V/A (S-V) 32,5 N /MSZ EN 197-1:2000/

A CEM V/A (S-V) 32,5 N kompozitcement 28% granulált kohósalak és 20% erőművi pernye hozzáadásával készül. Mérsékelt kezdőszilárdság, jelentős utószilárdulás jellemzi. Magas kiegészítő anyag tartalma, alacsony hőfejlesztése következtében repedési hajlama csekély. Jól pumpálható, alkalmas transzportbeton gyártásához, színe sötétebb a kohósalak tartalmú cementek színétől.

Előnyösen alkalmazható *C8/10 - C35/45* szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, vízépítési betonok készítéséhez, sugárvédő beton, továbbá nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek kivitelezéséhez. Kedvező szulfátállósági tulajdonságokkal rendelkezik, ezért javasolható mérsékelten agresszív környezetben /talajvíz: legfeljebb 3000 mg/l, talaj: legfeljebb 5000 mg/l SO_4-ion tartalom/. Az utókezelésre javasolt minimális időtartam 7 nap.

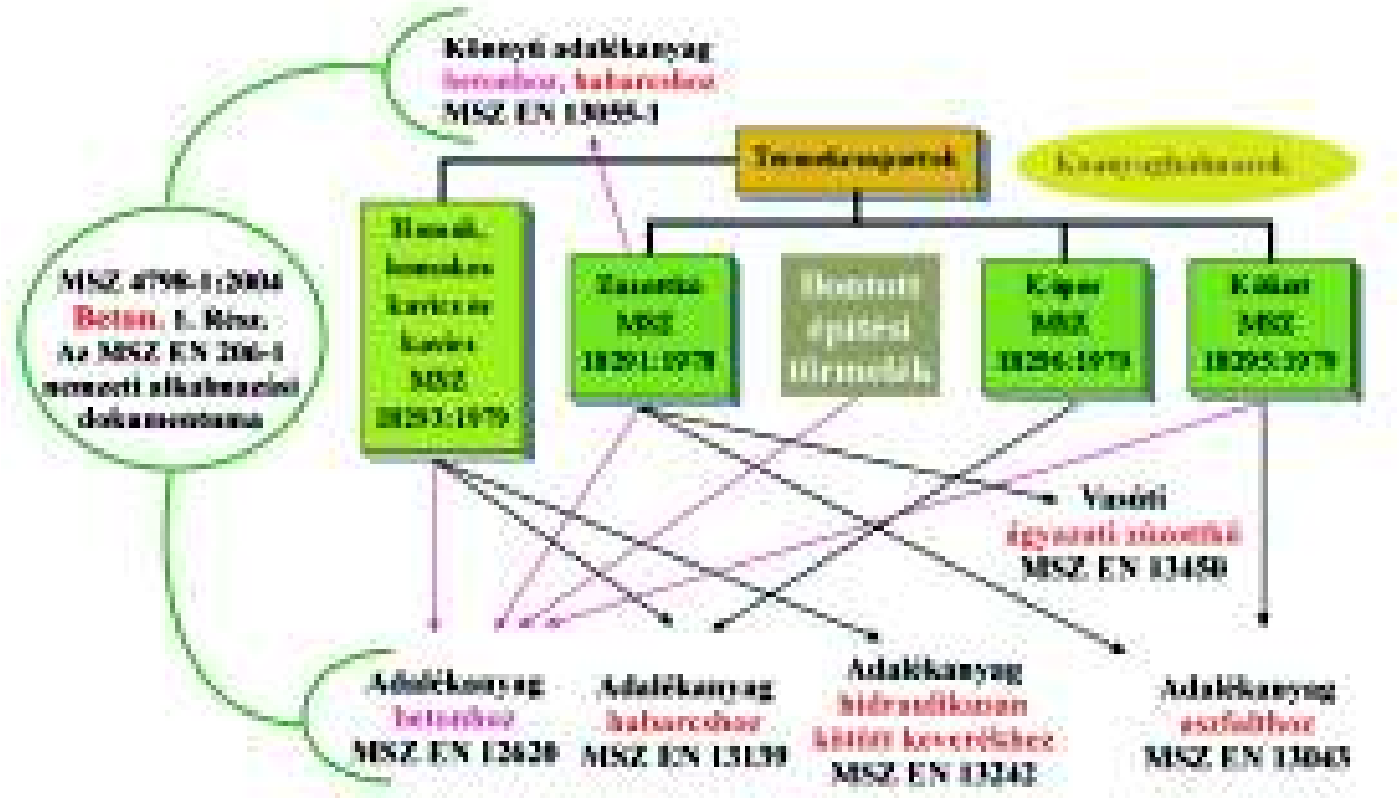
2. BETONADALÉKANYAGOK (Dr. Kausay Tibor)

2.1. Betonadalékanyagok az új szabványokban

Az építési célú kőanyaghalmazok – beleértve a betonadalékanyagokat is – tulajdonságainak és megfelelőségének szabályozására az MSZT/MB 113. „Ásványi kő adalékanyagok” nemzeti szabványosító műszaki bizottság 1998-tól folyamatosan honosította az európai kőanyaghalmaz vizsgálati és termék szabványokat. Ezt követően a Magyar Szabványügyi Testület az 1992. előtt kiadott, az európai szabványok tárgykörébe eső nemzeti szabványokat fokozatosan visszavonta. Vannak olyan érvényüket vesztett 1992. előtti nemzeti kőanyaghalmaz szabványok, amelyek alkalmazását a jövőben sem lehet nélkülözni, ezek irodalmi ajánlásként épülnek be a napjainkban kialakuló új szabályozási rendszerbe.

A homok, homokos kavics, kavics, zúzottkő, kőpor, kőliszt tárgyú nemzeti termék szabványok helyébe lépő hat új európai kőanyaghalmaz termék szabvány közül az MSZ EN 12620:2003 és az MSZ EN 13055-1:2003 foglalkozik a betonadalékanyagokkal, amelyek hazai alkalmazását az MSZ 4798:1:2004 betonszabvány értelmezi *(2.1.1. ábra).*

2.1.1. ábra



Kőanyaghalmazok termékcsoportjai

Mind a hat új, európai kőanyaghalmaz termékszabvány, így a betonadalékanyag szabványok is harmonizált szabványok. E szabványoknak megfelelő adalékanyagok az építési termékek „új megközelítésű” európai irányelvében szereplő „lényeges” követelményeket (az élet, egészség, vagyon, környezet védelme) is teljesítik.

A betonadalékanyagok természetes vagy mesterséges eredetű, esetleg építési törmelékből előállított kőanyaghalmazok, amelyek adott műszaki feltételek mellett cementtel (1. fejezet) és vízzel (5. fejezet), esetleg adalékszerrel (3. fejezet) és/vagy kiegészítőanyaggal (4. fejezet) összekeverve MSZ 4798-1:2004 szerinti (legalább C8/10 vagy LC8/9 nyomószilárdsági osztályú) betonok (6. fejezet) készítésére alkalmasak.

A betonadalékanyagok az útépítés különleges előírásai alapján használhatók az ÚT 2-3.201:2000 szerinti (C20/25 – C30/37 nyomószilárdsági osztályú) beton pályaburkolatok, az ÚT 2-3.204:1993 szerinti (C4/5 – C12/15 nyomószilárdsági osztályú) útépítési beton burkolatalapok, az ÚT 2-3.207:2003 szerinti hidraulikus kötőanyagú útpályaszerkezeti alaprétegek készítésére is.

Természetes betonadalékanyag a homok, kavics, homokos kavics, zúzottkő, vulkáni tufa, vasérc, *mesterséges adalékanyag* a duzzasztott agyagkavics, kohóhabsalak, granulált kohósalak, duzzasztott üvegkavics, *építési törmelékből előállított adalékanyag* a betontörmelék, téglatörmelék, vegyes törmelék stb.

A betonadalékanyagok tulajdonságait az új európai szabványok geometriai, fizikai, kémiai, tartóssági csoportokba sorolva írják le. A *2.1.1. táblázat* azokat a legfontosabb tulajdonságokat és vizsgálati módszereket foglalja össze, amelyeknek a kőanyaghalmazok betonadalékanyagként alkalmazásában – nemzeti sajátságainkat is figyelembe véve – általában termékminősítő vagy betontechnológiai szerepe van.

Megjegyzés: Az európai betonadalékanyag és könnyű adalékanyag szabvány a kőlisztek tulajdonságait is tárgyalja, de e könyv tematikája szerint azokkal a 4. fejezet foglalkozik.

Tulajdonság	Vizsgálati szabvány	Homok	Kavics	Zúzottkő	Könnyű kőanyag-halmaz
		Homokos kavics			
Testsűrűség	MSZ EN 1097-6			XX	XX
Halmazsűrűség	MSZ EN 1097-3				XX
Vízfelvétel	MSZ EN 1097-6	X		X	X
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1 MSZ 4798-1 MSZ 18288-1	XX	XX	XX	X
Szemalak, ha $d \geq 4$ mm	MSZ EN 933-3 MSZ EN 933-4			XX	XX
Szemalak, ha $D \leq 4$ mm	MSZ 18288-1 7. fejezet	X		X	X
Los Angeles-aprózódás	MSZ EN 1097-2 MSZ 18287-1			XX	
Mikro-Deval aprózódás	MSZ EN 1097-1 MSZ 18287-6			XX	
Magnézium-szulfátos aprózódás	MSZ EN 1367-2 MSZ 18289-3			XX	
Halmaz-szilárdság	MSZ EN 13055-1 A melléklet				X
Fagyállóság	MSZ EN 13055-1 C melléklet				X
Agyag-iszap tartalom	MSZ 18288-2	XX			
Vízoldható kloridion-tartalom	MSZ EN 1744-1 7. fejezet	XX	XX		
Vízoldható szulfátion-tartalom	MSZ EN 1744-1 10. fejezet	XX	XX		
Szerves szennyeződés	MSZ EN 1744-1 15.1. szakasz	X	X	X	X
Pirit szennyeződés	MSZ EN 1744-1 14.1. szakasz	Y	Y	Y	
Alkáli szilikát reakció érzékenység	MSZ 4798-1 MSZ EN 12620 MSZ EN 13055-1 MSZ CR 1901	Y	Y		
Alkáli dolomit reakció érzékenység	MSZ 4798-1 MSZ EN 13055-1			Y	
Jelmagyarázat:	d = névleges legkisebb szemnagyság D = névleges legnagyobb szemnagyság **XX** = szemösszetételi vizsgálat, amelyre szükség van **X** = alkalmanként elvégzendő vizsgálat, amelyre szükség van **Y** = gyártó szerint elvégzendő vizsgálat				

A betonadalékanyagok tulajdonságai és vizsgálata

2.2. Testsűrűség és halmazsűrűség

A betonadalékanyag kiszárított állapotban meghatározott testsűrűsége illetve halmazsűrűsége alapján a *2.2.1. táblázat* szerint nehéz (sugárvédő), közönséges (normál) vagy könnyű adalékanyag.

2.2.1. táblázat

Könnyű adalékanyag		Közönséges (normál) adalékanyag	Nehéz (sugárvédő) adalékanyag
ha laza állapotban a halmazsűrűsége, kg/m³	ha a testsűrűsége, kg/m³		
≤ 1200	≤ 2000	2001 – 3000	> 3000

A betonadalékanyagok kiszárított állapotban meghatározott testsűrűsége illetve halmazsűrűsége

2.3. Szemnagyság és szemmegoszlás

2.3.1. Betonadalékanyag frakciók (termékek) szemnagysága

A betonadalékanyag frakciók osztályozott, a homok, kavics, homokos kavics esetén rendszerint mosott és osztályozott, zúzottkő esetén általában tört és osztályozott termékek, amelyek szemnagyságát az MSZ EN 12620:2003 szabvány szerint a névleges legkisebb (*d*) és a névleges legnagyobb (*D*) szemnagysággal, valamint a *D* ellenőrző szitákon áthullott megkövetelt legkisebb, és a *d* ellenőrző szitán áthullott megengedett legnagyobb tömeg%-kal jelölik. Például a „4/8 kavics G_C80/15” jel olyan 4-8 mm névleges szemnagyságú osztályozott kavics frakciót jelent, amelynek a *D* ellenőrző szitán áthullott megkövetelt legkisebb mennyisége 80 tömeg%, és a *d* ellenőrző szitán áthullott megengedett legnagyobb mennyisége 15 tömeg% (*2.3.1. táblázat*).

2.3.2. Betonadalékanyag keverékek szemmegoszlása

A betonadalékanyag keveréket általában osztályozott frakciók megfelelő arányú összekeverésével kell előállítani.

Megjegyzés: *Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint osztályozatlan adalékanyagot csak ≤C12/15 illetve ≤LC12/13 nyomószilárdsági osztályú beton készítéséhez lehet felhasználni.*

A betonadalékanyag keverék szemmegoszlását a szemmegoszlási görbével, a legnagyobb szemnagysággal, a finomsági modulussal, és ha szükséges, akkor az $U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$ egyenlőtlenségi együtthatóval kell jellemezni.

Megjegyzés (MSZ 4798-1:2004):

- A **szemmegoszlási görbe** a vizsgálószitákon átesett összes anyag tömeg%-ban, eltérő testsűrűségű adalékanyagok esetén térfogat%-ban kifejezett mennyiségének ábrázolása a szemnagyság logaritmusának függvényében. A szemmegoszlási görbe folyamatos vagy lépcsős lehet.
- A **lépcsős szemmegoszlás** egy-lépcsős. A hiányzó szemeknél finomabb szemek mennyisége a keveréknek 30-40 tömegszázalékát, illetve a hiányzó szemeknél durvább szemek mennyisége a keveréknek 60-70 tömegszázalékát tegye ki.
- A betonadalékanyag keverék **legnagyobb szemnagyságát** a 8, 12, 16, 20, 24, 32, 48, 63 mm nyílású sziták közül annak a legkisebb nyílású szitának a névleges méretével kell jellemezni, amelyik szemmegoszlása a határgörbék feltételének megfelel. Jele D_{max} vagy D.
  A legnagyobb szemnagyság nem lehet nagyobb, mint a szerkezetrész legkisebb méretének egyharmada, vagy a névleges betonfedés kétharmada, vagy az acélbetétek egymástól való legkisebb távolságának (a legkisebb szabad nyílásnak) kétharmada.
- A **finomsági modulus** a betonadalékanyag szemmegoszlásának jellemzője, amelyet a 0,063 mm nyílású szitával kezdve a „duplázódó" szitákon fennmaradt összes anyag tömegarányának (tömeg%/100), eltérő testsűrűségű adalékanyagok esetén térfogatarányának (térfogat%/100) összegeként kell kiszámítani. Jele: m.
- A betonadalékanyag szemmegoszlásának **egyenlőtlenségi együtthatója** a szemmegoszlási görbe 70 tömeg%-os (térfogat%-os) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{70}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömeg%-os (térfogat%-os) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{10}) hányadosa. Jele: $U_{70/10}$ (MSZ 4798-1:2004).

Betonadalékanyag frakciók (termékek) szemnagysága (MSZ 4798-1:2004 NAD 5.1. táblázat szerint)

A szemmegoszlási görbét a határgörbékkel kell összevetni. Az adalékanyag szemmegoszlása I. osztályú, ha a finomsági modulusa az „A” határgörbe finomsági modulusánál nem nagyobb és a „B” határgörbe finomsági modulusánál nagyobb. Az adalékanyag szemmegoszlása II. osztályú, ha a finomsági modulusa az „B” határgörbe finomsági modu-

lusánál nem nagyobb és a „C” határgörbe finomsági modulusánál nagyobb. A határgörbék finomsági modulusa a *2.3.4. táblázatban*, egyenlőtlenségi együtthatója a *2.3.5. táblázatban* található.

2.3.4. táblázat

Legnagyobb szemnagyság, mm	Szemmegoszlási határgörbe jele		
	A	B	C
	Finomsági modulus		
8	5,70	4,90	4,30
12	6,15	5,30	4,65
16	6,60	5,60	4,80
20	6,85	5,75	4,95
24	7,10	6,00	5,10
32	7,55	6,35	5,40
48	7,85	6,65	5,55
63	8,20	7,00	5,80

A betonadalékanyag keverékek szemmegoszlási határgörbéinek finomsági modulusa (MSZ 4798-1:2004 NAD M1.– M8. ábrák szerint)

2.3.5. táblázat

Legnagyobb szemnagyság, mm	Szemmegoszlási határgörbe jele		
	A	B	C
	Egyenlőtlenségi együttható		
8	11	18	16
12	11	22	20
16	14	22	28
20	14	27	27
24	14	32	28
32	15	38	40
48	16	46	41
63	20	59	49

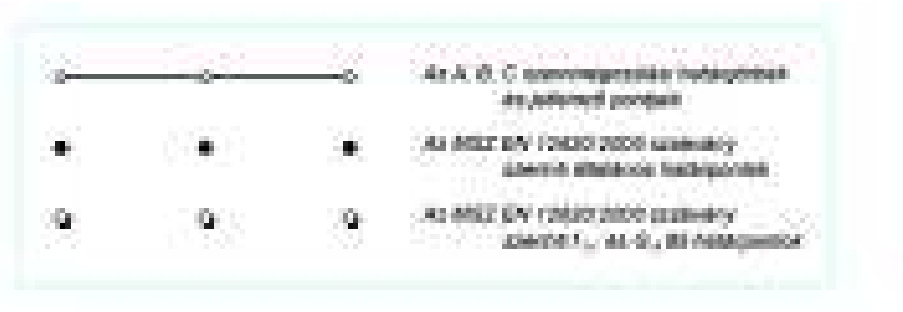
A betonadalékanyag keverékek szemmegoszlási határgörbéinek egyenlőtlenségi együtthatója (MSZ 4798-1:2004 NAD M1. táblázat szerint)

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány figyelembe veszi, hogy az MSZ EN 12620:2003 szabvány szerint a közönséges és a nehéz adalékanyag keverék szemmegoszlása akkor megfelelő, ha a legkisebb és a legna-

gyobb szemek mennyiségén kívül a közbenső $D_{max}/6{,}25 - D_{max}/11{,}2$ mm közötti nyílású és a $D_{max}/2$ mm nyílású ellenőrző szitákon átesett összes anyag mennyisége is szitánként megfelel az előírt határértékeknek. Az MSZ EN 12620:2003 szerinti határpontok a határgörbéknél kevésbé szigorúak, ha a szemmegoszlási görbe a határgörbéknek megfelel, akkor a határpontok szerinti követelmény általában külön vizsgálat nélkül is teljesítettnek tekinthető.

A szemmegoszlási határgörbék és az MSZ EN 12620:2003 szerinti határpontok a *2.3.2. – 2.3.9. ábrán* találhatók.

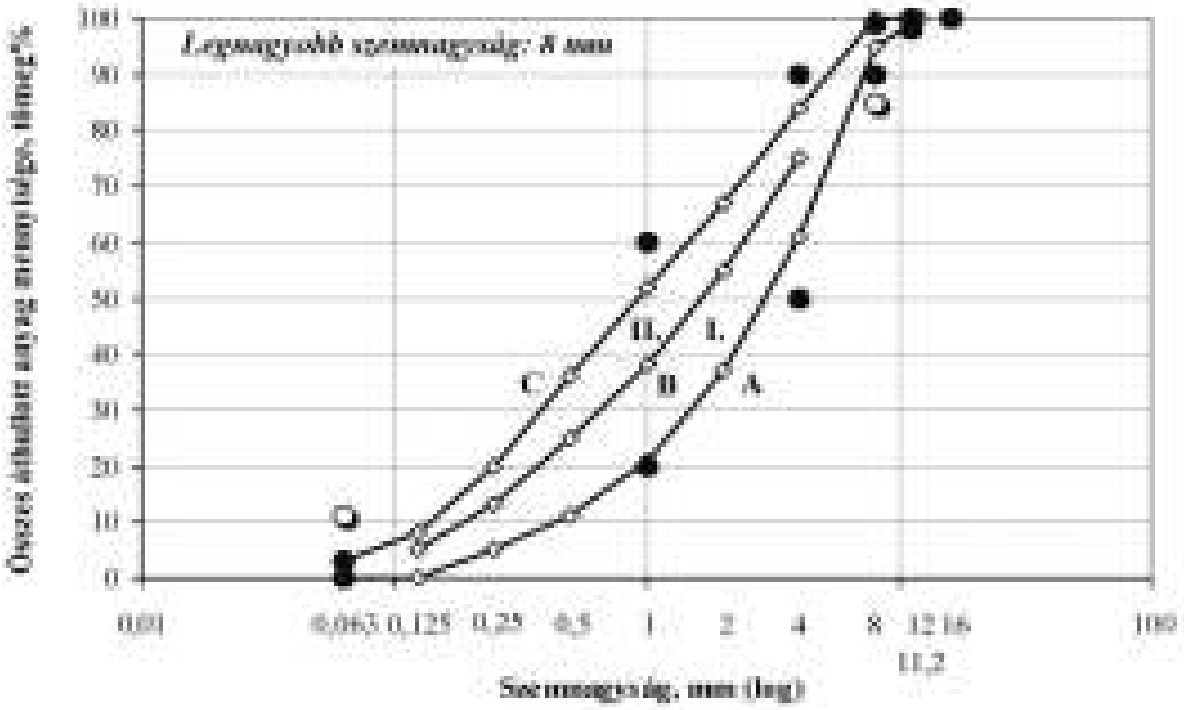
Jelmagyarázat a *2.3.2 – 2.3.9. ábrához*:



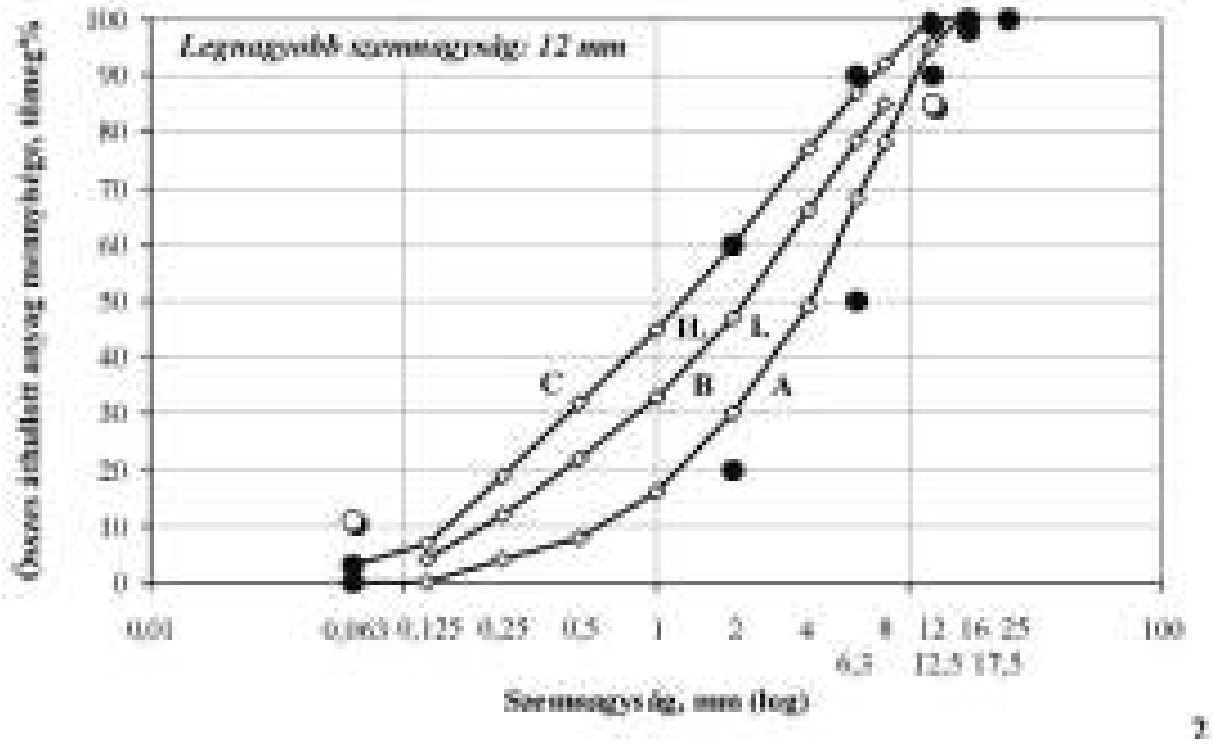
Az f_{11} és G_A85 jelű határpontokat csak indokolt esetben alkalmazzuk.

A betonadalékanyag keverékek szemmegoszlás szerinti jellemzése a szemmegoszlási görbe megadása mellett a következő jelölési módozatok valamelyikével történhet:

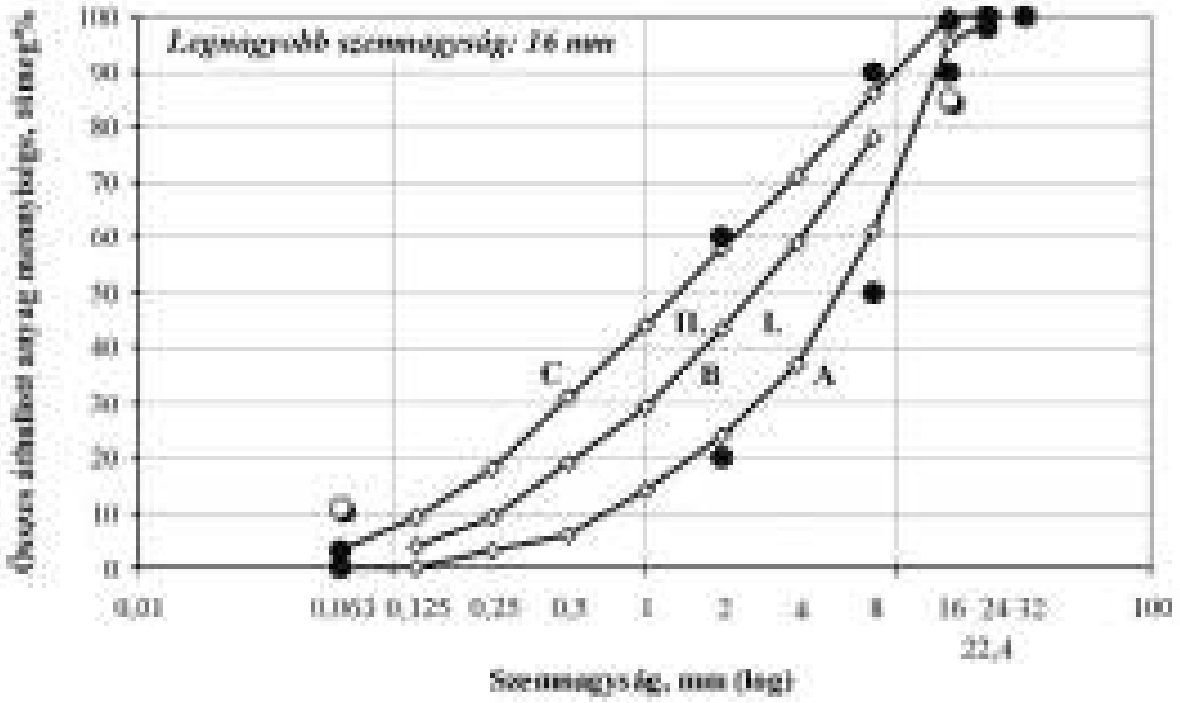
- a legnagyobb szemnagysággal és utalással az „A”, „B” illetve „C” határgörbére, vagy a közöttük lévő I. illetve II. területre, pl. így: D_{max} = 16 (AB) vagy D_{max} = 16 (I.), vagy AB16;
- a legnagyobb szemnagysággal és utalással a finomsági modulusra, pl. így: D_{max} = 16 (m = 5,6 - 6,6);
- a legnagyobb szemnagysággal és utalással az egyenlőtlenségi együtthatóra, pl. így: D_{max} = 16 ($U_{70/10}$ = 14 - 22).



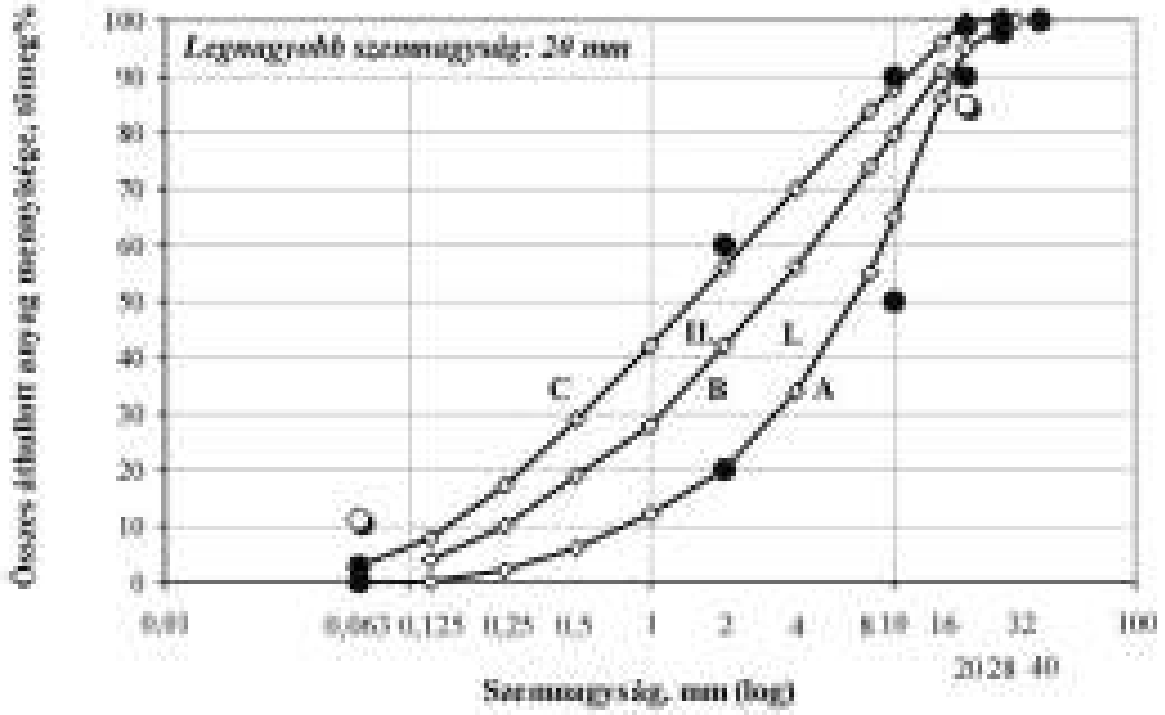
2.3.2. ábra: A 8 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



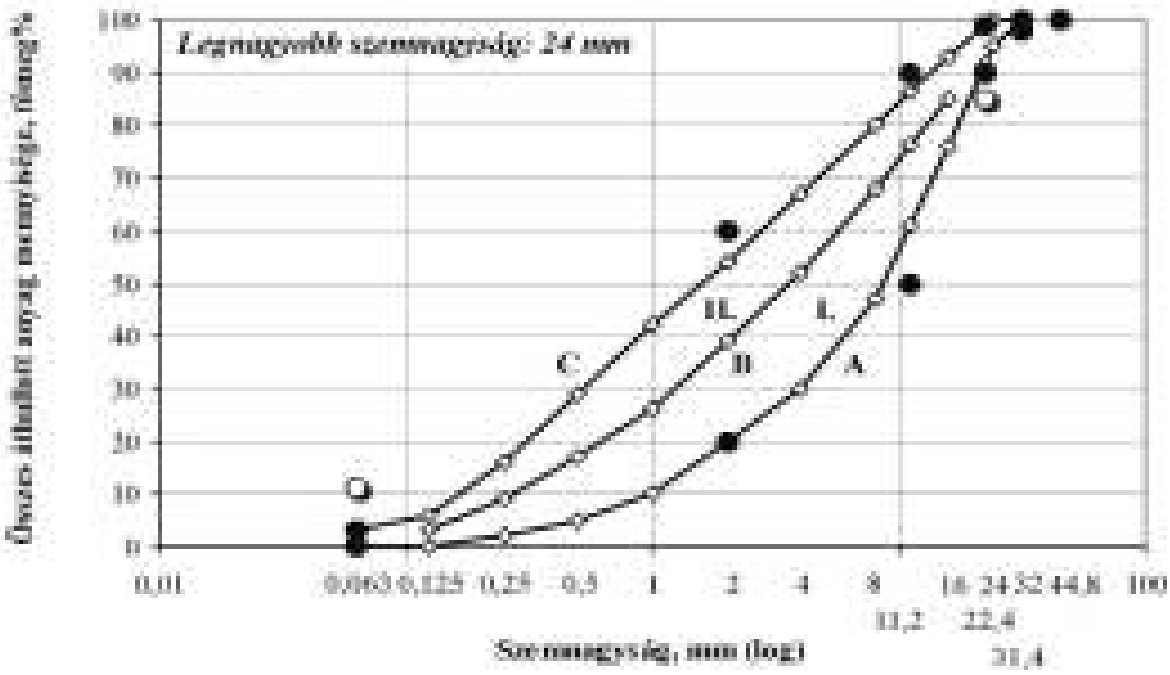
2.3.3. ábra: A 12 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



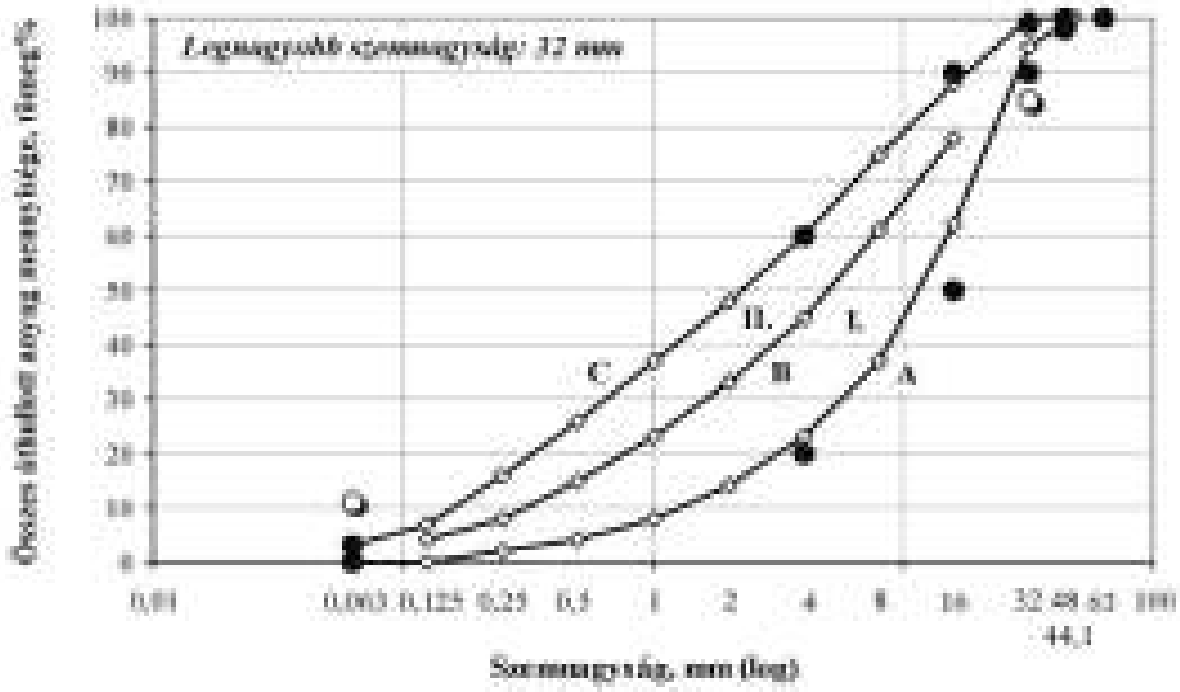
2.3.4. ábra: A 16 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



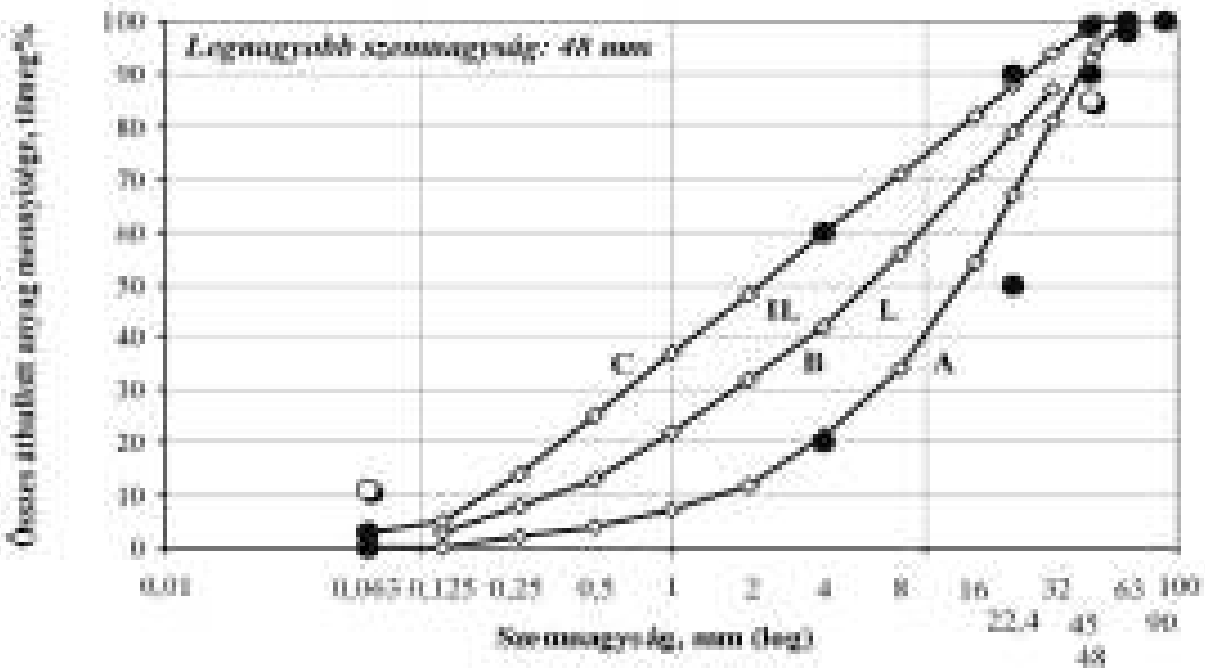
2.3.5. ábra: A 20 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



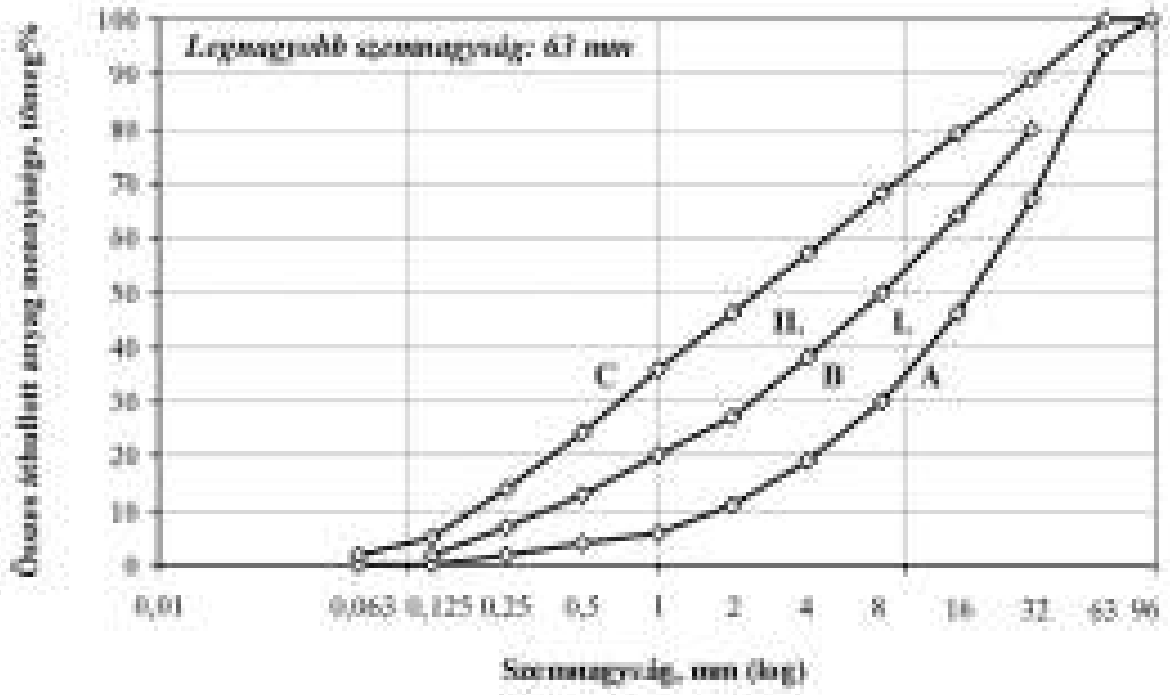
2.3.6. ábra: A 24 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



2.3.7. ábra: A 32 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



2.3.8. ábra: A 48 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján



2.3.9. ábra: A 63 mm legnagyobb szemnagyságú betonadalékanyag keverék szemmegoszlási határgörbéi és határpontjai az MSZ 4798-1:2004 alapján

2.4. A betonadalékanyag vízigénye

A betonadalékanyag vízigénye a szemmegoszlás, az agyag-iszap tartalom, és az előállítandó beton konzisztenciájának függvénye. A vízigény meghatározására MÉASZ ME-04-19:1995 műszaki előírás 3.2.1.2.2. szakasza vizsgálati módszert és számítási képleket közöl.

2.5. A 4 mm feletti zúzottkő és könnyű adalékanyag szemek szemalakja

A $d > 4$ mm szemnagyságú zúzottkő és könnyű adalékanyag szemek MSZ EN 933-4:2000 szerint – a hosszúság és vastagság tengelyaránya alapján – meghatározott szemalaktényezője a következő legyen:

- C8/10 – C12/16 beton nyomószilárdsági osztályokban legfeljebb SI_{55} (a lemezes szemek mennyisége legfeljebb 55 tömegszázalék);
- C16/20 – C20/25 beton nyomószilárdsági osztályokban legfeljebb SI_{40} (a lemezes szemek mennyisége legfeljebb 40 tömegszázalék);
- C25/30 – C50/60 beton nyomószilárdsági osztályokban legfeljebb SI_{20} (a lemezes szemek mennyisége legfeljebb 20 tömegszázalék);
- nagyszilárdságú betonok (nyomószilárdsági jele ≥ C55/67) esetén legfeljebb SI_{15} (a lemezes szemek mennyisége legfeljebb 15 tömegszázalék).

2.6. Zúzottkövek kőzetfizikai csoportja

A betonadalékanyagként alkalmazott zúzottkő nyersanyagot vagy zúzottkő terméket az „önszilárdság” és az időállóság jellemzésére a Los Angeles aprózódás, a mikro-Deval aprózódás és a magnézium-szulfátos kristályosítási aprózódás vizsgálat eredménye alapján a *2.6.1. táblázat* szerint kőzetfizikai csoportba kell sorolni. A zúzottkő vagy zúzottkő termék akkor sorolható be valamely kőzetfizikai csoportba, ha az ugyanazon szemnagyságú laboratóriumi mintából (frakcióból) előállított vizsgálati anyag a kőzetfizikai csoport minden követelményét egyidejűleg kielégítette.

Az európai szabványok a 10-14 mm szemnagysághatárú Los Angeles, mikro-Deval, szulfátos kristályosítási vizsgálati minták *referencia-vizsgálatát* írják elő, de megengedik bizonyos *alternatív-vizsgálati* szemnagysághatárok alkalmazását is. Ha a referencia-vizsgálati minták nem állnak rendelkezésre, vagy magát a tényleges szemnagyságú terméket célszerű vizsgálni, akkor Magyarországon megegyezés szerint

szabad a Los Angeles, a mikro-Deval, a szulfátos kristályosítási vizsgálatot alternatív-vizsgálatként, a vonatkozó nemzeti szabvány (MSZ 18287-1:1990, MSZ 18287-6:1984, MSZ 18289-3:1985) szerint, az abban szabályozott vizsgálati anyagon elvégezni (MSZ 4798-1:2004).

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

A zúzottkövek kőzetfizikai csoportját, jelét és alkalmazhatóságát beton készítés céljára a *2.6. táblázat* tartalmazza.

2.7. Betonadalékanyag fagy- és olvasztósó-állósága

2

Magyarországon a homok, kavics, homokos kavics általában fagyálló kőanyaghalmaz, ezért a fagy- és olvasztó-állóságát nem szokás megvizsgálni. A zúzottkövek fagy- és olvasztó-állóságát a magnézium-szulfátos kristályosítással kapott aprózódás, illetve az annak figyelembevételével meghatározott kőzetfizikai csoport fejezi ki (lásd a 2.6. szakaszt).

Ha szükséges, el lehet végezni az MSZ EN 1367-1:2000 szabvány szerinti fagyasztási vizsgálatot. Az eljárás során a légköri nyomáson vízzel telített kőanyaghalmazt 10 ismétléssel kell meghatározott ideig (-17,5±2,5) °C hőmérsékleten fagyasztani, és utána (+20±3) °C hőmérsékletű vízben olvasztani. A vizsgált kőanyaghalmaz legkisebb szemnagysága felének megfelelő szitán áteső veszteség ne legyen 1,0 tömeg%-nál több (F_1 fagyállósági osztály). Ennek az eljárásnak az eredményét – tapasztalatok hiányában – nem lehet mértékadónak tekinteni.

Indokolt esetben a kőanyaghalmazon elvégezhető az MSZ EN 1367-1:2000 szabvány B melléklete szerinti olvasztósó-oldatos vizsgálat is, ennek eredményére azonban – kellő tapasztalat hiányában – követelmény nem áll rendelkezésre.

2.6.1. táblázat

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálati minta szemnagysága mm	Kőzetfizikai csoportok **referencia-vizsgálatok** esetén (jele felső indexben „r")						
		Kf-0^{40r}	Kf-A^{40r}	Kf-B^{40r}	Kf-C^{40r}		Kf-D^{40r}	
					Kf-C1^{40r}	Kf-C2^{40r}	Kf-D1^{40r}	Kf-D2^{40r}
Los Angeles aprózódás, M% MSZ EN 1097-2	10-14	LA_{15} ≤ 15	15 < LA_{20} ≤ 20	20 < LA_{25} ≤ 25	25 < LA_{30} ≤ 30	30 < LA_{35} ≤ 35	35 < LA_{40} ≤ 40	40 < LA_{45} ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, M% MSZ EN 1097-1	10-14	$M_{DE}10$ ≤ 10	10 < $M_{DE}15$ ≤ 15	15 < $M_{DE}20$ ≤ 20	20 < $M_{DE}25$ ≤ 25	20 < $M_{DE}25$ ≤ 25	25 < $M_{DE}30$ ≤ 30	25 < $M_{DE}30$ ≤ 30
Kristályosítási veszteség $MgSO_4$ oldatban, M% MSZ EN 1367-2	10-14	MS_5 ≤ 5	5 < MS_{10} ≤ 10	10 < MS_{15} ≤ 15	15 < MS_{18} ≤ 18	18 < MS_{21} ≤ 21	21 < MS_{25} ≤ 25	25 < MS_{30} ≤ 30
A zúzottkőbeton [a] legnagyobb nyomószilárdsági osztálya, amelynek készítéséhez ezt a zúzottkövet fel szabad használni	Nincs korlátozva	C50/60	C25/30	C20/25	C16/20	C12/15	C8/10	

A zúzottkő betonadalékanyagok kőzetfizikai csoportja
(MSZ 4798-1:2004 NAD 5.2. táblázat szerint)

(A 2.6.1. táblázat folytatódik)

(A 2.6.1. táblázat folytatása)

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálható szemnagyság tartománya[b] mm	Közetfizikai csoportok alternatív-vizsgálatok esetén (jele felső indexben „a")						
		Kf-0[d,D,a]	Kf-A[d,D,a]	Kf-B[d,D,a]	Kf-C[d,D,a]		Kf-D[d,D,a]	
					Kf-C1[d,D,a]	Kf-C2[d,D,a]	Kf-D1[d,D,a]	Kf-D2[d,D,a]
Los Angeles aprózódás, M% MSZ 18287-1	3-80	$a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 20	20 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 30	30 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 35	35 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 40	40 < $a_{LA0}^{d_1-d_2}$ ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, M% MSZ 18287-6	3-20	$a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 10	10 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 20	20 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	20 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 30	25 < $a_{MDV0}^{d_1-d_2}$ ≤ 30
Kristályosítási vesztesség $MgSO_4$ oldatban, M% MSZ 18289-3	2-80	$a_{MgS}^{d_1-d_2}$ ≤ 5	5 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 10	10 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 15	15 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 18	18 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 21	21 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 25	25 < $a_{MgS0}^{d_1-d_2}$ ≤ 30
A zúzottkőbeton[a] legnagyobb nyomószilárdsági osztálya, amelynek készítéséhez azt a zúzottkövet fel szabad használni	Nincs korlátozva	C50/60	C25/30	C20/25	C16/20	C12/15	C8/10	

[a] A zúzottkőbeton olyan beton, amelynek 4 mm, vagy 8 mm, vagy 12 mm feletti része zúzottkő. A 4 mm alatti rész mindenképpen homok (és esetleg hozzáadagolt finomszemű kiegészítő anyag) legyen.
[b] A vizsgálható szemnagyság tartománya, amely a vizsgálati minták szemnagyságát öleli fel.

2.8. Homok agyag-iszap tartalma

A teljes homokos kavics adalékanyag keveréknek a 4 mm alatti tartományára vonatkoztatott, térfogatos ülepítő vizsgálattal meghatározott agyag-iszaptartalma (0,02 mm-nél kisebb szemek mennyisége) tájékoztató jelleggel,

– feszített vasbeton esetén legfeljebb 3 térfogat% (jele 0-3,0 térfogat% között: *P*);
– vasbeton esetén legfeljebb 6 térfogat% (jele 3,1-6,0 térfogat% között: *Q*);
– beton esetén legfeljebb 10 térfogat% (jele 6,1-10,0 térfogat% között: *R*) legyen.

Ez az ajánlás a teljes adalékanyagról a 4 mm alatti szemek tartományába bemosott 0,02 mm alatti szemek térfogatszázalékára vonatkozik.

2.9. Betonra káros szennyező anyagok

2.9.1. Vízoldható kloridion-tartalom

A betonadalékanyag felületéről vízzel leoldható kloridion-tartalmat 16 mm alatti, illetve 16 mm alá tört szemeken kell az MSZ EN 1744-1:2001 szabvány 7. fejezete szerint meghatározni.

Az MSZ EN 12620:2002 szerint a vasbetonszerkezetek gyártásához használt betonadalékanyag – beleértve a kiegészítő anyagként alkalmazott kőlisztet is – vízoldható kloridion-tartalma ≤0,01 tömeg% kell legyen.

A betonacélt nem tartalmazó beton termékek adalékanyagának megengedett vízoldható kloridion-tartalmára vonatkozó előírások a fentinél enyhébbek, a feszített vasbeton termékek adalékanyagáé a fentinél szigorúbbak lehetnek.

Megjegyzés: A beton megengedett vízoldható kloridion-tartalmát a cementtartalom tömeg%-ában kifejezve az MSZ 4798-1:2004 szabvány 10. táblázata tartalmazza. Az ismert összetélű betonnak a cementtartalom tömeg%-ában kifejezett tényleges kloridion-tartalmát a betonalkotóanyagok súlyozott kloridion-tartalmának összegeként kell kiszámítani.

2.9.2. Vízoldható szulfátion-tartalom

A betonadalékanyag felületéről vízzel leoldható szulfátion-tartalmat 16 mm alatti, illetve 16 mm alá tört szemeken kell az MSZ EN 1744-1:2001 szabvány 10. fejezete szerint meghatározni.

Hazai tapasztalatok szerint az adalékanyag beton készítésére alkalmas, ha a vízoldható szulfátion-tartalma SO_4-ben kifejezve ≤0,2 tömeg%, és vasbeton készítésére alkalmas, ha ≤0,1 tömeg% .

2.9.3. Szerves szennyeződések

A durva szennyeződéseket szemrevételezéssel, a humusztartalmat az MSZ EN 1744-1:2001 szabvány 15.1. szakasza szerinti nátronlúgos (NaOH) módszerrel kell meghatározni.

Az adalékanyag durva szerves szennyeződéseket nem tartalmazhat. Ha a nátronlúgos oldat nem, vagy kissé színeződik el (lesz sötétebb), akkor az adalékanyagnak nincs számottevő humusztartalma, ha az elszíneződés jelentős, akkor az adalékanyagot beton készítésére nem szabad felhasználni.

2.10. Betonadalékanyag bontott építési törmelékből

Az újrahasznosított bontott építési törmelék betonadalékanyag az MSZ EN 12620:2003, MSZ EN 13055-1:2003, MSZ 4798-1:2004 szabványoknak ugyan tárgya, de ezek a szabványok a bontásból származó betonadalékanyagra külön műszaki feltételeket nem tartalmaznak. A bontott beton és tégla törmelék betonadalékanyagkénti alkalmazására a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának vonatkozó beton- és vasbetonépítési irányelve ad ajánlást.

A pályalemezekből *visszanyert betont* az ÚT 2-3.210:2000 útügyi műszaki előírás szerint lehet új beton adalékanyagaként alkalmazni. A bontott *beton törmelék* ÚT 2-3.207:2003 útügyi műszaki előírás szerinti CB 2 szilárdsági osztályú (lényegében C4/5 nyomószilárdsági osztályú) cementstabilizáció készítésére is felhasználható az ÚT 2-3.207:2003 útügyi műszaki előírás szerint.

A bontott építési törmeléket kellőképpen fel kell dolgozni ahhoz, hogy adalékanyagként beton készítésére alkalmas legyen. Az építőanyagnemenként elkülönített bontott anyagot több fokozatban megfelelő szemnagyságúra kell törni, közben az idegen anyagoktól – és ha tartalmaz, a betonacéltól – meg kell tisztítani, majd frakciókra kell osztályozni. A 4 mm alatti bontott építési törmelék betonadalékanyagként kevéssé alkalmas, ezért az adalékanyag keverékben nagy részét homokkal szokás pótolni.

Testsűrűsége alapján a beton törmelék általában közönséges adalékanyagnak, a tégla és többnyire a vegyes törmelék is könnyű adalék-

anyagnak minősül, és eszerint kell megfeleljen a betonadalékanyagokra vonatkozó MSZ EN 12620:2003, vagy a könnyű adalékanyagokra vonatkozó MSZ EN 13055-1:2003 szabvány előírásainak, valamint az MSZ 4798-1:2004 betonszabványban foglaltaknak.

Összetétele alapján a beton és a tégla törmelék – betontervezés szempontjából is fontos – csoportosítása a *2.10.1. táblázat* szerinti.

2.10.1. táblázat

Bontott építési törmelék adalékanyagok csoport beosztása az építőanyagok szerinti összetétel alapján	*Beton szemek*	*Tégla szemek*	*Huberes szemek*
	aránya a bontott törmelék 4 mm szemnagyság feletti tartományában, tömeg%		
Beton törmelék	85 – 100	0 - 13	0 - 2
Beton-tégla vegyes törmelék	50 - 85	13 - 43	2 - 7
Tégla-beton vegyes törmelék	15 - 50	43 - 73	7 – 12
Tégla törmelék	0 - 15	73 - 86	12 - 14
feltéve, hogy	$b_1 - b_2$	$t_1 - t_2$	$h_1 - h_2$
akkor	$b_1 + t_2 + h_2 = 100$	$b_2 + t_1 + h_1 = 100$	$h_1 = t_1/6$
Például beton-tégla vegyes törmelék esetén:			
ha $b_2 = 85$, $t_1 = 13$, $h_1 = 2$		akkor $b_2 + t_1 + h_1 = 100$	

A bontott építési törmelék
adalékanyag csoport beosztása összetétel alapján
(fib MT irányelv szerint)

A beton törmelék tulajdonságai (szilárdság, szemalak, vízfelvétel stb.) jellegükben hasonlítanak a zúzottkő tulajdonságaihoz, ezért a beton törmelék adalékanyag termékminősítő vizsgálatainak kiválasztása és a vizsgálati eredmények értékelése is a zúzottkövekének megfelelően történjék. A tégla és az esetek többségében a vegyes törmelék megfelelőségét beton készítés céljára a könnyű adalékanyagokra jellemző tulajdonságok alapján kell megítélni. Külön figyelemmel kell lenni a bontott beton, és különösen a bontott tégla törmelék adalékanyag jelentős vízfelvételére.

A bontott építési törmelék adalékanyagú betonok tulajdonságaival a 8.18. szakasz foglalkozik.

3. A BETONTECHNOLÓGIA VEGYI ANYAGAI
(Gável Viktória, Valtinyi Dániel)

3.1. Betonadalékszerek

3.1.1. Fogalommeghatározások

Betonadalékszer: olyan folyékony vagy porformájú vegyi anyag, amelyet a cement tömegére számított legfeljebb 5% mennyiségben a keverés közben adagolnak a frissbetonba annak érdekében, hogy a friss vagy/és szilárd beton tulajdonságait céltudatosan megváltoztassák. Ezt az adalékszerek fizikai vagy/és kémiai hatás révén valósítják meg.

Főhatás: az a kedvező hatás, melynek céljából az adalékszert elsősorban adagolják.

Mellékhatás: az adalékszer főhatásán kívüli, a beton egyéb tulajdonságait megváltoztató hatása, mely az alkalmazási területtől függően lehet kedvező vagy kedvezőtlen.

Az adalékszerek hatása függ: az adagolt mennyiségtől, a cement kémiai-ásványi összetételétől és őrlési finomságától, az adalékanyag fajtájától és szemszerkezetétől, a betonkeverék víztartalmától, a keverés módjától és időtartamától, a beton és a környezet hőmérsékletétől stb.

3.1.2. Alkalmazási feltételek

Az MSZ EN 206-1:2002 szerinti beton és vasbeton készítéséhez csak olyan adalékszereket szabad alkalmazni, amelyek teljesítik az MSZ EN 934-2:2002 szabvány követelményeit. A betonadalékszerek a 93/68/EKG irányelvvel módosított 89/106/EKG építési termék irányelvvel harmonizált 3/2003(I. 25) BM-GKM-KvVM együttes rendelet hatálya alá eső termékek, vagyis megfelelőségük a fenti beazonosított harmonizált szabvány, ill. európai műszaki engedély alapján jogos CE megfelelőségi jelöléssel, vagy építőipari műszaki engedély /ÉME/ kiadásával igazolható. A betonadalékszereknek a szabványban előírt általános követelmények, valamint kiegészítő követelmények teljesítésének igazolásán belül kiemelt jellemzője a betonacél korróziójára veszélyes, vízoldható kloridiontartalom, és kőzúzalék adalékanyag használata esetén az alkáliduzzadást okozó alkálifém-tartalom.

Az alkalmazni kívánt betonadalékszernek rendelkeznie kell a 44/2000 (XII. 27.) EüM. Rendeletben előírt Biztonsági Adatlappal.

3.1.3. Hatások csoportosítása

A harmonizált MSZ EN 934-2:2002 szabvány a CE megfelelőségi jelöléssel tanúsítható betonadalékszer termékeket 11 hatáscsoportba sorolja. A hazai forgalomban levő igen nagyszámú betonadalékszer termék ismertetése terjedelmi okok miatt nem lehetséges, ezért hatáscsoportonként csak néhány (elsősorban a megfelelőség igazolással rendelkezők) a hazai betonépítési gyakorlatban bevált termék kerül megnevezésre a teljesség igénye nélkül.

Képlékenyítő adalékszerek

Lehetővé teszik egy adott frissbeton keverék víztartalmának csökkentését a konzisztencia romlása nélkül; vagy növelik a frissbeton terülési/roskadási mértékét többletvíz adagolás nélkül; vagy egyidejűleg mindkét hatást kiváltják. Elsősorban kissé képlékeny konzisztenciájú tömegbetonok készítésére és betontermékek bedolgozhatóságának javítására alkalmasak.

Avers: Ravenit BV 33 (ÉME);

Degussa: Pozzolith 90 (ÉME, CE);

Kemikál: Plasztol NAC (ÉME);

Mapei: Mapemix N 60 (CE), Mapeplast N 10 (ÉME, CE), Mapeplast N 30 (CE);

MC: Centramnet N4 (CE), Centramnet N9 (CE), Centrament N7 (CE);

Murexin: BV (ÉME);

Sika-Stabiment: Plastiment BV-40 (CE), Stabiment BV 1 M (CE), Stabiment BV 3 M (CE), Stabiment BV 8 (CE), Stabiment BV 1 Na (CE), Sika Paver C-100 Eco (CE), Sika Paver HC-210 (CE), Sika Paver AE-310 (CE).

Folyósító adalékszerek

Lehetővé teszik egy adott frissbeton keverék víztartalmának jelentős csökkentését a konzisztencia romlása nélkül; vagy jelentősen növelik a frissbeton terülési/roskadási mértékét többletvíz adagolás nélkül; vagy egyidejűleg mindkét hatást kiváltják. Elsősorban szivattyúzható, folyós és önthető konzisztenciájú betonok, nagy kezdőszilárdságú, nagyszilárdságú és tartós betonok készítésére alkalmasak.

Avers: Ravenit FM 100 (ÉME);

Degussa: Melment L 10/20 (ÉME), Melment L 10/40 (ÉME), Melment L 4004 (ÉME), Rheobuild 888 (ÉME, CE), Rheobuild 1000 (ÉME, CE), Glenium 21 (ÉME), Glenium 51 (ÉME), Glenium 353 (ÉME), Glenium ACE 30 (ÉME, CE);

Mapei: Dynamon Floor 1 (CE), Dynamon SP 1 (CE), Dynamon SP 2 (CE), Dynamon SP 3 (CE), Dynamon SP 4 (CE), Dynamon SX (CE), Dynamon SX 08 (CE), Dynamon SX 18 (CE), Mapefluid IF 328 (CE), Mapefluid M 308 (CE), Mapefluid M 318 (CE), Viscofluid SCC (CE), Mapefluid N 100 (ÉME), Mapefluid N 200 (ÉME, CE), Mapefluid PZ 500 (CE);

MC: Muraplast FK 43 (CE), Muraplast FK 62.30 (CE), Muraplast FK 63.17 (CE), Muraplast FK 63.30, Muraplast FK 68.17 (CE), Muraplast FK 77, Muraplast FK 88 (CE), Muraplast FK 802.1 (CE), Muraplast FK 841.1 (CE);

Sika-Stabiment: Sika ViscoCrete-5 Neu (CE), Sika ViscoCrete-3035 (CE), Sika ViscoCrete-5800 Multimix (CE), Sika ViscoCrete-1020 X (CE), Sika ViscoCrete-1040 (CE), Sika ViscoCrete 20 GOLD (CE), Stabiment FM 6 (CE), Stabiment FM 93 (CE), Stabiment FM 95 (CE).

Stabilizáló adalékszerek

Csökkentik a frissbeton szétosztályozódási hajlamát, megakadályozzák a keverővíz vagy cementpép kivérzését. Alkalmazhatók a finomszemcsehiányos betonkeverékek szivattyúzhatóságának javítására, lövellt betonokhoz a visszahullás csökkentésére, víz alatti betonozáskhoz a cementszemcsék kimosódásának csökkentésére.

Degussa: Glenium Stream;

Mapei: Rescon T;

MC: Centrament Stabi 510 (CE), Centrament Stabi 525 (CE);

Sika-Stabiment: Stabiment ST 3 (CE).

Légbuborékképző adalékszerek

A frissbeton keverése közben kis méretű, egyenletes eloszlású és meghatározott mennyiségű légbuborékot hoznak létre, amelyek többsége szilárdulás után is megmarad a betonban. Alkalmazásának elsődleges célja fagy- és olvasztósóálló betonszerkezetek készítése. Mellékhatásként javítja a konzisztenciát, de általános szabály, hogy 1% bevitt légbuborék ~ 4% szilárdságcsökkenést okoz.

Degussa: Micro-Air 107-5 (ÉME, CE);

Mapei: Mapeplast PT 1 (CE), Mapeplast PT 2 (CE);

MC: Centrament Air 202 (CE), Centrament Air 205 (CE);

Murexin: LP (ÉME);

Sika-Stabiment: Sika-Aer (CE), Stabiment LPS A-94 (CE), Stabiment MHK (ÉME).

Kötésgyorsító adalékszerek

Előbbre hozzák a frissbeton keverék képlékenyből szilárd állapotba átmenetének kezdetét. Betonok gyorsjavításához, vízszivárgások szigeteléséhez, szerelvények rögzítéséhez, lövellt betonok készítéséhez használható.

MC: Fluresit-Schnell (BE);

Sika-Stabiment: Sika-2, Sigunit-L 52 AF.

Szilárdulásgyorsító adalékszerek

Gyorsítják a korai szilárdulási folyamatot, kötésgyorsítással, vagy a nélkül. Előregyártásban és helyszíni betonozásnál a korai szilárdság növelésére, a zsaluzatban tartás lerövidítésére használható. Kedvezőtlen mellékhatásuk lehet a 28 napos és későbbi szilárdság némi mérséklődése.

Sika-Stabiment: Sika Rapid-1, Sika Rapid-2, Stabiment BE 3 (ÉME), Stabiment BE 5 (CE).

Kötéskésleltető adalékszerek

Lassítják a cementhidratáció folyamatát, a frissbeton keverék képlékenyből szilárd állapotba átmenetének kezdetét kitolják. Elsősorban transzportbetonokhoz, magas hőmérsékleten történő betonozásnál, nagytömegű monolit betonszerkezetek készítéséhez, munkaszüneti hézagok áthidalásánál alkalmazható. Kedvező mellékhatásuk lehet a 28 napos és későbbi szilárdság némi javulása.

Degussa: Pozzolith 20 R (ÉME, CE);

Mapei: Mapetard (CE), Mapetard D (CE), Mapetard SD 2000 (CE);

MC: Centrament Retard 310 (CE), Centrament Retard 350 (CE);

Murexin: VZ (ÉME);

Sika-Stabiment: Sika Retarder (CE), Stabiment VZ 2 (CE).

Tömítő adalékszerek

Csökkentik a megszilárdult beton kapilláris vízfelszívását. Definíció szerint a hidrofóbizáló szerek tartoznak ebbe a csoportba, de a gyakorlatban esetenként ide sorolják a pórusokat ténylegesen eltömítő, nagy finomságú puccolános vagy duzzadóképes poranyagokat is. Betonok vízzáróságának fokozására és környezeti hatásoknak ellenálló betonok készítésére alkalmasak.

Mapei: Idrocrete DM (CE);

Sika-Stabiment: Sikalite, Stabiment DM 2 (CE).

Kötéskésleltető mellékhatású képlékenyítő adalékszerek

Elsődleges vízigény csökkentő/képlékenyítő főhatásuk mellett másodlagos kötéskésleltető hatást is kifejtenek. Elsősorban transzportbetonok konzisztenciájának javítására, ill. víz-cement tényezőjének csökkentésére használatosak.

Mapei: Mapeplast R 14 (CE);

MC: Centrament Retard 310 (CE);

Sika-Stabiment: Sikament 10-HRB (CE), Sikament 340 (CE), Stabiment BV T 99 (CE).

Kötéskésleltető mellékhatású folyósító adalékszerek

Elsődleges erős vízigény csökkentő/folyósító főhatásuk mellett másodlagos kötéskésleltető hatást is kifejtenek. Az előző csoporthoz hasonlóan szintén elsősorban transzportbetonok adalékszerei.

Mapei: Dynamon SR 1 (CE), Dynamon SR 2 (CE), Dynamon SR 3 (CE), Dynamon SX 14 (CE), Dynamon SX T1 (CE), Dynamon SX T2 (CE), Dynamon SX T3 (CE), Mapefluid N 100 (CE), Mapefluid PZ 504 (CE), Mapefluid R 94 (CE), Mapefluid R 104 (CE), Mapefluid R 105, Mapefluid R 114 (CE), Mapemix R 64 (CE);

Sika-Stabiment: Sika ViscoCrete 5-800 Multimix (CE).

Kötésgyorsító mellékhatású képlékenyítő adalékszerek

Elsődleges vízigény csökkentő/képlékenyítő főhatásuk mellett másodlagos kötésgyorsító hatást is kifejtenek. Elsősorban az előregyártásban használható a betonkeverék konzisztenciájának javítására, ill. víz-cement tényezőjének csökkentésére.

Sika-Stabiment: Sikament-240 (CE).

A felsorolt hatáscsoportokba tartozó adalékszerek mellett Magyarországon forgalomban vannak ún. injektálást segítő adalékszerek is, melyekre az MSZ EN 934-4:2001 harmonizált Európa Szabvány vonatkozik.

Injektálást segítő adalékszerek

Az utófeszített acélkábel csatornák kiinjektálására használt keverékeket képlékenyítő, szétosztályozódását csökkentő, zsugorodását csökkentő vagy enyhén duzzasztó hatású termékek.

Mapei: Expanfluid;

MC: MC-Einpresshilfe (EH);

Sika-Stabiment: Intraplast A, Intracrete, Stabiment EH 1 (CE).

Ezen kívül korábban érvényes, de ma már visszavont nemzeti, műszaki specifikációk követelményei alapján, ÉME kiadási kötelezettséggel az alábbi hatáscsoportokba tartozó adalékszer termékek fordulhatnak elő.

Lövellt betonkeverék kötésgyorsító szerek

Lövellt betonkeverékek szétosztályozódását és visszahullási veszteségét csökkentő, kötését gyorsító adalékszerek, melyek száraz és/vagy nedves szórási eljáráshoz alkalmazhatók.

Mapei: Mapequick AF 100;

MC: Fluresit-Schnell (BE);

Sika-Stabiment: Sigunit 49 AF, Sigunit L 52 AF, Sigunit L 53 AF, Sigunit L 55 AF, Stabiment BE 22.

Krómátcsökkentő adalékszerek

A bőrfelületek allergiás megbetegedését okozó, vízoldható krómátvegyületek megkötésére alkalmas cementkötésű beton- és habarcskeverékben.

MC: Centrament FE II (CR);

Sika-Stabiment: Stabiment Kromatex, Stabiment Kromatex FL.

Mosóvíz újrafelhasználását segítő szerek

A keverőgépek és mixerek lemosása után maradó mosóvíz cementtartalmának kötését késleltető szerek, az új keverék zavartalan kötésének biztosítása érdekében.

Sika-Stabiment: Stabiment Schaum-Ex.

Habképző adalékszerek

Habosító berendezés használatával nagy mennyiségű, egyenletesen eloszló légpórust képeznek pórusbeton, habbeton, habcement előállítására.

Mapei: Mapeplast LA;

MC: Centripor SK;

Sika-Stabiment: Stabiment SB 1, Stabiment SB 2.

Korrózió ellen védő adalékszerek

A cementkő kémiai korróziója, a betonacél elektrokémiai korróziója, és biológiai korrózió elleni védelemre bekevert szerek. A betonacél elektrokémiai korróziója ellen védő szerek különlegesen korrózióveszélyes helyeken használandók, ha nincs lehetőség a másodlagos korrózióvédelem létrehozására.

Sika-Stabiment: Stabiment PV 1.

Fagyásgátló adalékszerek

Csökkentik a keverővíz molekuláris fagyáspontját, javítják a frissbeton hőháztartását hideg időben végzett betonozáskor, általában -10 °C léghőmérsékletig használhatók, megfelelő védelem mellett. Kloridmentes vagy kloridtartalmú szerek, melynek a betonacél korróziója szempontjából van jelentősége.

Avers: Cito-Frost (ÉME);

Degussa: ÉK Frost (ÉME);

Kemikál: Kalcidur 85 (ÉME);

Mapei: Antigelo (CE), Antigelo S (CE), Fagyásgátló H;

MC: Centrament Frost (CE);

Sika-Stabiment: Sika Frostschutz, Stabiment FS 1 (CE), Stabiment Ö 1 (CE).

A teljes termékválasztékot a CEMKUT Kft. által kiadott évente aktualizált „Betonadalékszer katalógus” tartalmazza.

3.1.4. Betonadalékszerek használati szabályai

A termékek jelölését és címkézését, valamint megfelelőség ellenőrzési rendjét az MSZ EN 934-2:2002 szabvány írja elő. Az általános követelményeket, valamint a kiegészítő követelmények vizsgálati módszereit az MSZ EN 480 szabványsorozat tartalmazza, melyből 1988. óta 10 lap lépett hatályba. Az adalékszeres betontechnológia alkalmazási irányelveit felhasználási területenként a MÉASZME-04.19:1995 „Beton és vasbeton készítése” c. Műszaki Előírás tárgyalja. Irányadó alkalmazástechnikai szakirodalomként ajánlott Dr. Buday T.: Betonadalékszerek (ÉTK. Budapest 1999.) c. könyve.

A gyakorlati felhasználás szempontjából néhány kiemelten fontos szabály:

- A termékek csomagolási címkéjén fel kell tüntetni a 44/2000. (XII.27.) EüM rendelet szerinti veszélyszimbólumot és -jelet, az anyag veszélyeire/kockázataira utaló „R”-mondatokat, és a biztonságos használatra utaló „S”-mondatokat;

– A címkén egyértelműen meg kell határozni a Termék tárolhatósági időtartalmát, és a biztonságos tárolás klímafeltételeit;
– Meg kell adni az adalékszer esetleges „érzékenységét”, ill. alkalmassági vizsgálatokkal meg kell határozni, hogy az adott adalékszer mely cementekkel fér össze;
– Meg kell adni a gyártó ajánlása szerinti adagolási módszert és mennyiséget; az adagolást a mindenkori alkalmazási körülményekhez és alapanyagokhoz igazítva próbakeverések alapján kell pontosítani;
– Egyazon keverékben két vagy több adalékszer használata esetén a gyártónak vagy forgalmazónak nyilatkoznia kell a szerek összeférhetőségéről, és az adagolás sorrendjéről,
– Elő kell írni a megmaradó termék és az azzal szennyezett csomagolóanyag hulladékhelyezési vagy -kezelési módját.

3.2. A betontechnológia vegyi segédanyagai

3.2.1. Zsaluzat- ill. sablonleválasztó anyagok

Az építéshelyi zsaluzatok ill. előregyártó sablonok felületére felhordott, folyékony vegyi készítmények, amelyek megakadályozzák a bedolgozott beton beapadását, és biztosítják kizsaluzáskor a felületek könnyű, sérülésmentes leválasztását. A leválasztó anyagok hatása lehet kizárólag fizikai tapadáscsökkentés a felhordott film hidrofób tulajdonsága alapján, és lehet kémiai kötésgátló hatással kombinált, amikor a felhordott film hatóanyaga a betonfelület néhány tized mm mélységébe szívódva megakadályozza a cementpép kötését és szilárdulását a kizsaluzás időpontjáig.

Degussa: Betonex 300, Rheofinish 218, Rheofinish 284 (ÉME), Rheofinish 285 (ÉME);

Mapei: DMA 1000, DMA 2000, DMA 3000;

Sika-Stabiment: Sika Separol/N, Stabiment TR 1 (ÉME).

3.2.2. Betonfelület kötésgátló anyagok

Az építéshelyi zsaluzatok, ill. az előregyártó sablonok felületére folyadék formában felhordott, vagy a felületekre a hatóanyaggal impregnált hordozópapír terítésével eljuttatott készítmények, amelyek a bedolgozott beton kizsaluzási szilárdságának eléréséig az érintkező betonfelület néhány mm mélységében megakadályozzák a cementpép kötését és szilárdulását, így kizsaluzás után ez a cementpép erős vízsugárral ki-

mosható az adalékanyag szemcsék közül. Alkalmazási cél az ún. mosottbeton felületek előállítása.

Sika-Stabiment: Rugasol.

3.2.3. Betonfelület utókezelő, párazáró bevonatok

Frissen bedolgozott, mattnedvesre száradt betonfelületekre folyadék formában felhordott, fizikai száradással vagy vegyi reakció révén párazáró filmet képező készítmények, amelyek a hagyományos nedves utókezdést vagy fóliatakarást helyettesítve megóvják a betont a felületminőséget károsító, túlzottan gyors kiszáradástól. A filmképző kötőanyagok egy része klíma- és kopásálló, tartósan megmaradó, tapadásrontó, sőt esetenként csúszásveszélyes bevonatot ad; más részül azonban időjárási hatások (csapadék, napsugárzás, szél) és a közlekedés koptató hatása alatt néhány hét alatt kémiailag bomlik ill. mechanikusan lehordható.

Degussa: Masterkure 206, Masterkure 207 (ÉME), Masterkure 320, Masterkure 320 W;

Mapei: Mapecure E, Mapecure S, Mapecure SRA, Elastocolor Primer;

Sika-Stabiment: Antisol, Antisol-E, Sikafloor ProSeal, Stabiment NB 100 (ÉME), Stabiment NB 22 (ÉME).

3.2.4. Felületimpregnáló anyagok

Az újonnan készített szilárd betonszerkezetek felületére megelőző jelleggel; vagy régi, megtisztított és javított betonfelületekre utólagos védelemként folyadék formában felhordott, vagy pasztaként bedörzsölt vegyi készítmények, amelyek a betonfelületet és a felületközeli pórusokat hidrofóbizálják, azaz víztaszítóvá/ vízlepergetővé teszik. Az impregnálás növeli a szerkezet időjárás-állóságát, csökkenti kapilláris vízfelvételét, fékezi a karbonátosodást okozó CO_2 diffúziót, de nem rontja a páraáteresztő-képességet, mivel film nem képződik. Előnyös az impregnálás látszóbeton felületeken, mert nem változtatja meg a felület színét, fényességét és struktúráját.

Degussa: PCI-Silconal W, Waterseal, Aquaseal Block Paving Seal, Conipox 601;

Mapei: Antipluviol, Antipluviol S, Mapefloor Finish 50, Rescon Concrete Sealer;

Sika-Stabiment: Sikagard-700 S, Sikagard-703 W, Stabiment IBS.

4. BETON KIEGÉSZÍTŐ ANYAGOK (Dr. Kovács Károly)

A beton kiegészítő anyagok finom szemcsézetű, szilárd rendszerek. Azokat az anyagféleségeket sorolhatjuk ide, amelyek a beton tulajdonságait javítják, illetve speciális tulajdonságokat lehet velük kialakítani.

Az MSZ EN 4798:2004 szabvány szerint két típusba soroljuk a kiegészítő anyagokat

I. típus Közelítőleg inaktív anyagok, pl. a töltőanyagok (lásd MSZ EN 12620:2003 és MSZ EN 13055-1:2003), vagy a pigmentek (MSZ EN 12878:2000)

II. típus Olyan anyagok, amelyek puccolános, vagy latens hidraulikus tulajdonságokkal rendelkeznek. Ilyenek a traszok, a pernyék (MSZ EN 450:1998), vagy a szilikaporok (pr. EN:1998)

Megjegyezzük, hogy e megkülönböztetett két csoporton túlmenően, vagy az I. típushoz besorolva célszerű lenne a szerves, elsősorban polimer alapanyagú termékeket is figyelembe venni. (Pl. viaszok, kormok, szénpor, grafit, műanyag porok, cellulóz, fehérje őrlemények stb.) Ezek olyan termékek, amelyek nem sorolhatók be a betonadalékszerek csoportjába.

4.1. Mészkőliszt, kőlisztek

Leggyakrabban az I. típusú anyagok közül a mészkőlisztet alkalmazzák.

A mészkőliszt javítja a betonok bedolgozhatóságát szivattyúzhatóságát. Általában akkor alkalmazzák, ha a rendelkezésre álló adalékanyagban kevés a finom szemcse. Jó arányban adagolva cement takarítható meg, nőhet a beton vízzárósága. Alkalmazásával a megfelelő összetartólépességet nem cemnttel, hanem mészkőliszttel hozzuk létre.

Újabban az öntömörödő beton alkalmazásánál szinte nélkülözhetetlen, mert a finom mészkőliszt teszi lehetővé, hogy a habarcs részben a durvább adalékszemcsék ülepedés nélkül ússzanak, emellett a bekevert levegő a folyás közben eltávozzék.

A liszt finomság tágabb értelemben 0,1 mm szemnagyság alatti halmazt jelent (szabvány szerint 0,063 mm alatti)

Csak stabilis tulajdonságú, kémiailag tiszta un. kemény mészkő alkalmazható beton kiegészítő anyagként. Lágy, fiatalkori mészkőképződményeknek a mikroszerkezete is sérülékeny, ezért alkalmazása nem megengedhető (forrásvízi mészkövek, durva mészkövek.)

Nem ajánlatos jelentős magnéziumtartalmú dolomitokat sem alkalmazni.

A magnézium-karbonát a kalcium-karbonátnál is érzékenyebb lúgos behatásokra, az alkáliionokra. A mészkőliszt alkalmazásával nőhet a beton sózásérzékenysége, ezért betonba keverni csak erre minősített mészkőlisztet szabad, s a betonkeveréket is meg kell vizsgálni sózásállóságra.

Egyéb kőliszt fajtáknál is vizsgálni kell a reakciókészséget a cement kötőanyaggal és az alkalmazási környezet hatásaival.

Előnyösek azok a kőzetek, amelyek őrléskor tompa élekkel, szögekkel és gömbszimmetrikus alakban törnek. Lemezes, hegyes, szilánkos törésűek általában megnövelik a cementigényt. Elsősorban a kvarclisztet alkalmazzák. Fontos az alkalmazott lisztek tisztasága, mert a nagy fajlagos felületük és a bennük lévő szennyeződések miatt reaktívak. (Pl. földpát tartalom, alkáli duzzadásos reakciók, szulfátok stb.)

A nagy fajlagos felületű lisztek átmenetet képeznek a II. típusba. (Pl. Reaktív Porbetonok=RPC)

4.2. Az I. típusba sorolhatók a pigmentek is.

A beton színezésére, vagy egyéb effektusok elérésére használják. (Ilyen effektusok pl. a fényreflexió, vagy a látható fény hullámhosszától eltérő fényviszonyok közötti láthatóság, pl. éjszaka, vagy hőmérséklet kijelzés infra tartományban.)

A pigmentek szemcsenagyságai a cementével mérhetők össze, így a betonkeverék telítettségét növelik.

Csak a betonipar céljaira kifejlesztett, bevizsgált pigmenteket szabad alkalmazni. A vizsgálatnak ki kell terjednie a cement kötőanyag által okozott hatásokra és az alkalmazási környezet hosszútávú hatásaira is.

Legáltalánosabban az un. oxid pigmenteket alkalmazzák. Ezek elsősorban a vasnak különböző oxidjait, vagy ezek keverékeit, ill. a krómnak és ritkán más fémoxidoknak a keverékeit tartalmazó porok. (Újabban a króm hatvegyértékű vegyületeit allergén tulajdonsága miatt tiltják). Fontos alaptulajdonságuk a lúgállóság.

Ritkán más, szerves pigmenteket is alkalmaznak. Megjegyzendő, hogy ezeknek az előző csoportban szereplő oxidoktól eltérően rossz a fényállóságuk, tehát külső térben nem javasolható az alkalmazásuk. A pigmentekkel való színezés esetén is érvényesek a szubsztraktív színkeverés szabályai, azaz a keletkező új szín a cement és a finom adalékanyag színeivel együtt sötétebb lesz, feketetartalma nő. Ezért célszerű az egyszerre több színű pigment összekeverését mellőzni.

A pigmentek alkalmazásánál figyelembe kell venni a megszilárdulás utáni száraz állapotot. Ekkor ugyanis a betontest világosabb lesz, de mész-

fátyol lepi be a felületet, ami a pigment színét részben maszkolja. A pigmentek szilárdsága nem mérhető a cementéhez. Ezért az adagolt pigment mennyiség a szilárdságot rontja. Egyes pigmentek hasadó-csúsztató felületet képeznek a terhelésnél, ezért ezek a szilárdságot erőteljesen rontják.

A cementtartalom 5%-ánál nagyobb mennyiségben nem ajánlott egy pigment alkalmazása sem.

4.3. Szénpernyék

Az egyéb jellegű anyagok alkalmazásánál a legszélesebb körű vizsgálatot kell elvégezni a várható hatások megállapítására.

A II. típusú kiegészítő anyagok között a betontechnológiában legnagyobb mennyiségben a pernyéket alkalmazzák.

A pernye a porszéntüzelésű kazánokban keletkező szilárd égéstermék (szálló hamu). Kis szemcseméretüknél fogva (0,04–0,045 mm) nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, ezért megfelelő közegben reaktívak. Az un. savanyú típusú pernyék reaktívak, ha meszes, vagy cementes (a cement portlanditja a lényeges) közegbe kerülnek. Semleges környezetben nem reagálnak. Ezért kötőerejük, hidratációjuk rejtett, v. lappangó (latens).

A savanyú pernyék reakcióképes kovasavat és aluminátokat tartalmaznak.

A savanyúságot a modulusukkal fejezhetjük ki.

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}<1$$

A pernyék tulajdonsága a szén fajtájától, geológiai korától, az égetési technológiától függ. Mennél fiatalabb széntelepről származik, annál nagyobb a szulfáttartalma. A kőszenek adják a legjobb minőségű pernyét, a lignitek pernyéi kevésbé használhatóak a betontechnológiában, a barnaszeneké mérsékelten.

A pernyék jelentős mennyiségű szerves szenet is tartalmazhatnak, ezért azt korlátozzák (max. 5% izzítási veszteség). Korlátozzák a szulfát (3%), a klorid (0,1%) és alkáli (4%) tartalmát is. A pernyék testsűrűsége 1–1,1 kg/dm^3, sűrűsége 2,2–2,6 kg/dm^3.

A pernyék kedvezően befolyásolják a betonkeverék szivattyúzhatóságát, lőttbetonnál a keverék visszahullását csökkentik.

Kedvező összetételben érzékelhető utószilárdulást is eredményez. Növelik a betonkeverék szulfát ellenállását.

A pernyék radioaktivitása az elégetett szénéhez képest a hamutartalmuk arányában nő meg, mivel a radiokatív részecskék zöme a pernyében marad. Fiatalabb szeneknek általában ennek ellenére kisebb az aktivitásuk (nagyobb a hamutartalmuk), de az aktivitás abszolút értékben elsősorban a telephely adottságaitól függ, ezért ezt vizsgálni kell.

4.4. Kovasavliszt (szilikapor, mikroszilika)

A II. típus fontos anyaga a szilikapor.

A ferroszilicium nevű ötvözőanyagból keletkezik az acélgyártás folyamán úgy, hogy az a folyékony acélötvözetből kipárolog, majd kondenzálódik golyó, vagy pelyhes alakú termékként. Nagyon finom, kisméretű részecskékből áll. A keletkezett szilicium-dioxid amorf és óriási a fajlagos felülete 18–25 m^2/g. A szuszpendált termékeké (slurry) ennél is jelentősen nagyobb.

Előállíthatják különböző reakciókkal folyadékfázisban is (precipitált szilika pehely), de ezt inkább festékek, műgyanták modifikálására használják. Por, vagy vizes szuszpenziós alakban fogalmazzák.

Jó hatású a betonok szilárdságának növelésénél (HPC=nagy teljesítményű betonok). A cementszemcsénél nagyságrenddel kisebb mérete miatt a beton szilárdulásakor kialakult kapillárisokban megtapadva utóhidratációs hatású, azaz a cement meszével aktiválódik és szilikáthidrát kristály formájában benövi a kapillárist, tömít. Ezáltal nő a szilárdság, nő a vízzáróság, nő a korrózióállóság, a jégtelenítő sólé nem hatol mélyre. Növeli az adalékanyag szemek felületének és a cementkőváznak a tapadását, javítja az együttdolgozást, csökkenti a határfelületek porozitását. Nagyon jól megnöveli a lőttbeton tapadását, így csökken a visszahullás. Alkalmazásánál folyósító betonadalékszereket kell adagolni, hogy a vízcement tényező ne növekedjék.

Max. kb. 10%/cement mennyiségben adagolható.

A II. típusú anyagok egy részét beszámíthatjuk kötőanyagként, s így figyelembe szabad venni a víz-kötőanyag tényezőben. A beszámíthatóság mértékét egy *k* tényezővel fejezzük ki. A DIN 1045 szerint a *k* értéke pernyénél 0,4, a szilikapornál 1. Más kiegészítő anyagokra ez az érték nincs meghatározva.

A számításba vehető mennyiség a keveréknél

pernyénél max.p=0,33c, szilikapornál max.sz=0,11c, együtt használva max.p+sz=0,33c+0,11c

A cementtartalom azonban XC1, XC2 és XC3 osztálynál min 240 kg/m^3 az XF2 és XF4 kivételével a többi osztályban 270 kg/m^3
Az MSZ 4798:2004 szerint a *k* értéke a cementfajtától is függ.
Az MSZ EN 197-1 szerinti CEM I. 32,5 minőségű cementnél $k=0{,}2$ a CEM I. 42,5-nél $k=0{,}4$ pernye esetén
Szilikapornál CEM I. cementtel $k=2$, de az XC és XF kitéti osztályoknál 1.

4.5. Trasz

A savanyú hidraulitok közé tartoznak a traszok (puccolánok). A traszliszt az eruptív kőzetek hidrátvíz tartalmú tufáinak őrleménye.

Szemnagysága 0,1 mm alatti, fajlagos felülete >5000 cm^2/g. Korlátozzák a szennyeződését, így klorid <0,1 szulfát <1% lehet. Sűrűségük 2,4–2,6; testsűrűségük 0,7–1,0 kg/dm^3.

A traszok minősége lelőhelyfüggő, így nem jellemezhető sem a kovasav, sem a hidrátvíz tartalommal. Minőségi jellemzőül csak az un. mészkapacitása szolgál. Ez a felvett mészmennyiséget mutatja ki.

A trasz hasonlóan a pernyéhez és a szilikaporhoz utószilárdulást okoz a betontestben. Ezáltal a szükséges cementtartalom csökkentéséhez vezet, ami igen jelentős a tömegbetonok előállításánál.

A traszok alkalmazhatóságáról kísérletekkel kell meggyőződni az adott kötőanyag és környezeti szituációban.

4.6. Kohósalakok

Néhány esetben szemcsepótlásként kohósalakokat (nyersvas gyártás) is alkalmaznak, amelyek szintén latens hidraulikus hatásúak, ha a szerkezetük üveges állapotú. Ezt a kohósalak gyors lehűtésével érik el. Tulajdonságai hasonlóak az előző anyagokéhoz. Ez a „granulált kohósalak”, amelyet azonban meg kell őrölni, ha kiegészítő anyagként alkalmazzuk.

A beadagolt vasérc és salakképző anyag függvényében változik összetételük, mely a hidraulikus aktivitásukat is befolyásolja. Aktivitásuk másik befolyásoló tényezője a fajlagos felületük. Nem tévesztendő össze az acélgyártási salakokkal, amiknek általában jóval nagyobb a betonkötésre, ill. kötés stabilitásra veszélyes anyagtartalmuk.

A kohó- és acélgyártási salakoknak a cementkötésre legveszélyesebb komponense az üveges állapotú MgO, ill. a szulfáttartalom, melyek duzzadással tönkreteszik a betontestet.

5. KEVERŐVÍZ (Dr. Erdélyi Attila)

5.1. Általános szempontok

A betonhoz (habarcshoz) használtható *keverővíz* követelményeit, a vizsgálat módját és gyakoriságát az MSZ EN 1008:2002 szabvány tartalmazza. Az *ivóvizet* nem kell megvizsgáltatni, mert önmagában alkalmas. A *mosóvíznek* (betontechnológiai maradék víz, használt – visszanyert víz, *újrahasznosított víz* –, ilyen pl. a szilárd beton fúrásából, vágásából vagy vízsugaras kezeléséből megmaradó víz is) előírt követelményeket kell teljesítenie.

A *talajvizet, a természetes felszíni* és *ipari vizeket* meg kell vizsgáltatni. *Tengervizet,* vegyes folyami és tengerparti torkolati vizeket általában nem használnak, de a betonba jutó összes kloridtartalom ellenőrzése után ezek is használhatók, – *kivéve* feszített betonba. *Szennyvizet* használni tilos.

A fenti szabvány nem említi a hazánkban gyakori *iható (ivó) artézi és gyógyvizeket:* ezeket szakintézettel vizsgáltatni és véleményeztetni kell. (Nemcsak a betonra, hanem az *acélra is* veszélyes pl. a kénhidrogén –H_2S– amely az acélban hidrogénridegedést okoz).

5.2. Előzetes vizsgálatok, követelmények

Az *olaj-* és *zsír*tartalom csak nyomokban fordulhat elő. A *tisztítószerek* (detergensek) okozta habzásnak 2 perc alatt el kell tűnnie. A keverővíz *színe* legfeljebb enyhén sárgás vagy tisztább legyen. A *lebegő leülepíthető szemcsék* mennyisége ≤4ml legyen egy 100 ml-es mintában, – *de a mosóvízre* más szabályok vonatkoznak. A *víz szaga* mosóvíz esetén cement, ill. pernye, ill. *enyhén* kénhidrogén jellegű lehet. Megengedett *savassága* pH≥4. A *humusz és huminsavak* a NaOH 3%-os oldatával kimutatva legfeljebb enyhén sárgásbarna lehet, – vagy világosabb. A savak *kötés- és/vagy szilárdságcsökkentő hatását* egy desztillált vagy ioncserélt vízzel készített kötési és szilárdsági *etalonpróbához képest* kell kimutatni. A kérdéses vízmintával a pép *kötéskezdete* ≥1óra, kötésvége ≤12óra legyen és ezek az etalonétól ≤25%-kal térhetnek el. A 7 napos próbatestek *nyomószilárdsága* legalább az etalon 90%-át érje el.

5.3. Vegyi tulajdonságok, követelmények

A keverővíz *kloridtartalma* feszítettbeton és kábelinjektáló habarcs esetén ≤500 mg/l; vasbeton készítésekor ≤1000 mg/l és fémet nem tartalmazó

beton estén ≤4500 mg/l. (Érdemes lehet a betonba kerülő összes kloridtartalmat az MSZ 4798-1:2004-5.2.7. pontja szerint is kiszámítani.)

A *kéntartalom* SO_4^{2-} -ban kifejezve ≤2000 mg/l legyen.

Az *alkália tartalom* Na_2O egyenértékben ($Na_2O_{ekv} \cong Na_2O + {}^2/_3K_2O$)≤1500 mg/l legyen, **ha** alkáliszilikát reakcióra (ASR) *érzékeny* adalékanyagot használnak. (Lásd még *CEN Report CR 1901:* „Regional specifications for the avoidance of damaging alkali silica reactions in concrete".)

Az *egyéb káros vegyi szennyezések* és megengedett határértékük *1 liter keverővízben,* mg-ban az alábbi: *cukor* 100, *foszfát* (P_2O_5-ben) 100, *nitrátok* (NO_3^--ban) 500, *ólom* (Pb^{2+}-ban) 100 és végül *cink* (Zn^{2+}-ban) 100 mg/l.

A kloridokat, szulfátokat és alkáliákat az *MSZ EN 196-21* szerint, a nitrátokat az *ISO 7890-1* szerint, a többi vegyi szennyezőt az *idehaza érvényes,* ill. megállapodás szerinti szabvány(ok) szerint, a kötésidőt az MSZ EN 196-3 szerint kell kimutatni.

5.4. Maradékvíz / mosóvíz / újrahasznosított víz

5.4.1. Tiltás

Ilyen vizet légbuborékképzős betonba, továbbá *nagyszilárdságú (NSZ) betonba vagy könnyűbetonba (≥C55/67 ill. ≥LC55/60 betonosztály)* felhasználni tilos!

5

5.4.2. Alkalmazási szabályok

Betontechnische Daten **2003.**
Richtlinie Restwasser, Restbeton u. Restmörtel, DAfStb., **1995. aug.**; Zugabe-wasser für Beton, **1996** [DBV]

Mosóvizet csak az az üzem használhat fel, amelyben ezt a *saját betonjuk* gyártásából *saját eszközeik* (keverőgép, mixerkocsi, szivattyú stb.) mosásából nyerték, – tehát a kiinduló anyagokat ismerik.

Ha mosóvizet keverővízként alkalmaznak, akkor minden alkalmassági vizsgálatot ezzel a mosóvízzel készített betonon kell elvégezni. *Üzemszerűen* gondoskodni kell arról, hogy a lebegő finom szemcsék a mosóvízben *egyenletesen oszoljanak* el, – vagy – pedig ezeket ülepítőmedencében külön le kell választani. A lebegő szilárd szemcsék mennyiségét a sűrűségmérésből kell megállapítani és a keverővízhez adott mosóvíz részmennyiség alapján *ki kell számítani* a betonba így bekerülő finomszem tartalmat: ezt a betonösszetételben is *figyelembe kell venni!*

A mosóvíz sűrűségét naponta **legalább** *egyszer* meg kell mérni, mégpedig a várható legsűrűbb zagy („diszperzió”) felhasználásának időpontjában. Célszerűbb a mosóvíz sűrűségének *folyamatos mérése* az üzemidő alatt. A mosóvíz egyébként mindenben feleljen meg a keverővízre vonatkozó előírásoknak. Ha a mosóvíz nem mindenben elégíti ki a keverővízre vonatkozó (fentebb tárgyalt) követelményeket, akkor keverővízként való használatát (a bekeverhető mosóvíz-tömeget) korlátozni kell.

5.4.3. Lebegő szemcsék korlátozása

A *mosóvíz* (betontechnológiai maradékvíz) jellegzetessége a d<0,25 mm méretű cementiszap vagy betonpor (vágáskor) szemcsék. Az MSZ EN 1008:2002 kötelező „A” melléklete szerint a mosóvízzel együtt a betonba kerülő szilárd alkotók (finomszemcsék) mennyisége *≤1,0 tömeg%-a lehet a teljes adalékanyag-tömegnek* – függetlenül attól, hogy a mosóvíz egyébként teljesíti a keverővízre vonatkozó követelményeket. Ezeket 2,1 g/ml száraz szemcsesűrűséggel (~fajsúllyal) veszik figyelembe. Ezzel számolva a mosóvíz (híg zagy) sűrűsége (kg/l) alapján – **ha** a *mosóvíz* nem felel meg mindenben a *keverővíz* előírásainak – csak az *5.4.1. táblázat* szerinti mértékben adagolható.

5.4.1. táblázat

Adagolt mosóvíz kg/m³	Szilárd részek száraz tömege, kg/m³ *) ha a mosóvíz sűrűsége, kg/l													
	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15
20	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
40	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10
60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
80	3	4	6	7	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20
100	4	6	7	9	11	12	14	16	17	19	20	22	23	25
120	4	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30
140	5	8	10	13	15	17	20	22	24	26	29	31	33	35
160	6	9	12	15	17	20	23	25	28	30	33	35		
180	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34				

Szilárdrész tartalom a mosóvíz sűrűsége és adagolása szerint kg/m³

Megjegyzés: **) 2,1 kg/l közepes sűrűség esetén*

Példa: a=1800 kg/m^3 adalékanyag tartalmú, c=350 kg/m^3 cementtartalmú betont akarunk készíteni; v/c=0,52. Mosóvizet akarunk használni. Ennek sűrűsége (fokolóval, areométerrel mérve) 1,07 kg/l. Az. 5.1. táblázat szerint a szükséges v=0,52·350≈180 kg/m^3 keverő(mosó)vízben ≈22 kg lisztfinom (≤0,25 mm) szemcse van. Ez több, mint a teljes adalékanyag 1 m%-a. (1800/100=18 kg/m^3), tehát ezt a betont *nem szabad csak mosóvízzel készíteni:* $^2/_3$ rész mosóvíz (120 kg/m^3 és $^1/_3$ rész csapvíz keveréke, tehát 15 kg/m^3 belőle származó finom szemcse) már megfelel.

A különböző sűrűségű (finomszemtartalmú) mosóvízben a szilárd részek mennyisége (kg/l), illetve a tényleges „tiszta" víztartalom (liter/liter) az *5.4.2. táblázat* szerinti, ha a szemcsék testsűrűsége – mint általában – 2,1 *kg/l.*

5.4.2. tábázat

A mosóvíz sűrűsége, kg/l	*A szilárd részek tömege, kg/l*	*A tiszta víztartalom, l/l*	Ha a finomszemek ρ_f kg/l sűrűségét (testsűrűség, szemcsesűrűség) külön megmérik, akkor a mosóvíz sűrűségéből (ρ_m, kg/l) a szilárd alkotók tömege (M_f, kg/l) az alábbi képlettel számítható: $M_f = \left(\frac{1-\rho_m}{1-\rho_f}\right)\cdot\rho_f$ [kg/l] Ha $\rho_m \leq 1{,}01$, akkor a finomszemtartalmat nem kell számításba venni
1,02	0,038	0,982	
1,03	0,057	0,973	
1,04	0,076	0,964	
1,05	0,095	0,955	
1,06	0,115	0,945	
1,07	0,134	0,936	
1,08	0,153	0,927	
1,09	0,172	0,918	
1,10	0,191	0,909	
1,11	0,210	0,900	
1,12	0,229	0,891	
1,13	0,248	0,882	
1,14	0,267	0,873	
1,15	0,286	0,864	

A mosóvízben lévő szilárd alkotók

6. A BETON (Dr. Ujhelyi János)

6.1. Szabványos, tervezett és előírt összetételű beton

A beton összetételének kielégítő voltáért az a személy vagy szervezet felelős, aki vagy amely azt meghatározta.

A **szabványos betonok** összetételét szabványok (vagy azt helyettesítő ajánlások) tartalmazzák. Ezeknek a betonoknak a szilárdsági jele legfeljebb *C 16/20* lehet, ezért általában nem alkalmazhatók vasbetonokhoz, legfeljebb kis páraterhelésű lakóépületekben (lásd a 6.2. fejezetet). A *Magyar Szabványügyi Testület*, mivel ezeknek a betonkeverékeknek a kidolgozásához szükséges vizsgálatokra nem kapott megbízást, nem adott ki szabványt. Ez a Zsebkönyv viszont ajánlásokat tartalmaz a *C 8/10 – C 16/20* szilárdsági jelű betonok összetételére, amelyeket *„szabványos betonoknak”* szabad tekinteni.

Az **tervezett betonok** követelményeit a betonszerkezet tervezője adja meg, a követel-ményeket kielégítő beton összetételének a megtervezéséért és elkészítéséért a betonkeverék készítője (a *gyártó*) felelős. A tervezőnek meg kell adnia mind a *kitéti osztályokat* (lásd a 6.2. fejezetet), mind a *szilárdsági osztályokat* (lásd a 6.3. fejezetet). A betonkeverék konzisztenciájára javaslatot tehet, de a végleges konzisztencia-osztályt (lásd a 6.4. fejezetet) a szerkezetépítés technológiájától és a megfelelőnek ítélt konzisztencia vizsgáló módszertől függően a kivitelező és a gyártó közösen határozzák meg. Ha a gyártó az előírt követelményeket hiányosnak találja (például nincs minden szükséges kitéti osztály felsorolva), akkor köteles kezdeményeznie az előírás kiegészítését.

Az **előírt összetételű betonok** összetételét vagy a tervező, vagy a kivitelező beton-technológusa határozza meg, aki felelős az összetétel megfelelő voltáért. A gyártó feladata a rendelt összetétel teljes körű kielégítése, vagyis az előírt cementfajtával (cement jele és gyártási helye), adalékanyaggal (származási hely és fajta, legnagyobb szemnagyság, finomsági modulus, agyag-iszap tartalom, egyenlőtlenségi együttható), adalékszerrel és kiegészítő anyaggal kell elkészítenie a betonkeveréket, a megadott cementtartalom és víz/cement tényező betartásával.

A fentiek alapján a betonösszetétel megfelelőségéért a felelősség az alábbiak szerint oszlik meg:

a tervezett beton összetételéért a betonkeverék gyártója,

az előírt összetételű beton összetételéért a tervező vagy a felhasználó betontechnológusa a felelős.

6.2. Kitéti osztályok

A betonszerkezetek tervezésnek és készítésének az alapját korábban a szükséges 28 napos nyomószilárdság kiszámítása képezte. A szerkezeteket érő mechanikai igénybevételeket (terheléseket) kellett meghatározni és ezeket a terheket biztonsággal elviselő betonszilárdságot kellett előírni, azaz a beton, vasbeton és feszített beton szerkezeteket kizárólag *erőtanilag* terveztük. A statikus tervező felvette az esetleges és állandó terheket, kiszámította az ezekből származó feszültségeket, meghatározta a beton- és acélkeresztmetszeteket, valamint azt a beton-nyomószilárdságot, amely a *mechanikai igénybevételek* felvételére biztonsággal szükséges volt. A tervekre ennek alapján írta ki a beton szilárdsági jelét.

Ez a tervezési gyakorlat azonban elsősorban a *környezeti határoktól védett betonszer-kezetek esetén* nyújthat elfogadható használati élettartamot. Ha ugyanis a beton vagy vasbeton szerkezet szabadban van, vagy olyan építményen belül, ahol a környező levegő páratartalma >35%, akkor a tönkremenetelt előidéző tényezők – fontossági sorrendben – a következők:

a) **Kedvezőtlen hatású külső reakciók** a cementpép vagy az adalékanyag alkotói és a környezetből származó anyagok között: klorid, széndioxid, szulfát, savas eső, kipufogó gázok, atmosszferiliák, tengervíz stb. Ezek hatására a beton és az acél korrodál, a struktúra tönkremegy (duzzad, mállik, lepattogzik, repedezik, fellazul stb.).

b) **Kedvezőtlen hatású belső reakciók** a cementpép és az adalékanyag között: alkáli-kovasav vagy alkáli-karbonát reakciók, határfelületi porozitás növekedés. Eredménye: duzzadás, szétesés, pépesedés, repedezés, növekvő áteresztés stb.

c) **A betont érő kedvezőtlen fizikai hatások:** tartós fagyás, a fagyás-olvadási ciklusok ismétlődése, gyors hőmérsékletváltozások, váltakozó nedvesedés-száradás, koptatás, kavitáció. Következménye: duzzadás, repedezés, morzsolódás, lepattogzás, homokosodás stb.

d) **A betont érő mechanikai hatások,** amelyek a környezettől védett helyen is előidézhetnek tönkremenetelt: nyomás, húzás, hajlítás, nyírás, csavarás, ütés stb. Következményei: repedezés, anyagfáradás, túlzott alakváltozás stb.

A beton tartósságát, használati élettartamát főleg a fenti a)-c) pontokban felsorolt igénybevételekkel szembeni ellenállás határozza meg. Az *MSZ EN 206-1* ezeket az igénybevételeket *kitéti osztályok* szerint csoportosítja. A *6.2.1.-6.2.9. táblázatok* tartalmazzák a kitéti osztályok legfontosabb jellemzőit. Azokat a várható környezeti hatásokat, amelyek alapján a kitéti osztályokat ki kell jelölni, az építtetőnek kell meghatároznia és írásba foglalnia. Ugyancsak az építtető dönti el a szükséges használati élettartamot, de ha ezt nem írta elő, akkor 50 év használati élettartamra kell a beton összetételét megtervezni.

6.2.1. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
X0	Vasalás vagy beágyazott fém nélküli beton esetén; valamennyi környezeti körülmény, kivéve azokat, ahol fagyás/olvadás, kloridoldat, koptatás, víznyomás, vagy kémiai korrózió fordul elő	Vasalás nélküli, időjárásnak ki nem tett alap, kitöltő és kiegyenlítő beton
	Vasbeton vagy beágyazott fémet tartalmazó beton esetén: nagyon száraz	Legfeljebb 35 % relatív páratartalmú épületben lévő beton

X0 kitéti osztály = nincs korróziós kockázat

Hangsúlyozni kell, hogy a *6.2.1. táblázat* szerinti kitéti osztályt elsősorban acélbetétet vagy más beágyazott fémet **nem tartalmazó** beton esetén szabad számításba venni, ha a beton a külső környezet **valamennyi** hatásától védve van. Ha az épületen belüli vasbeton szerkezet megfelelően meg van védve a levegő okozta karbonátosodás ellen (pl. vakolattal, tapétával szigeteléssel) vagy a szabadban lévő szerkezethez rozsdamentes acélbetétet használnak, akkor indokolt esetben az X0 kitéti osztályt figyelembe szabad venni. Ilyen körülményeket szabad feltételezni mindenek előtt 1-2 szintes lakóépületben vagy a nem nedves technológiával dolgozó kisebb üzemekben.

6.2.2. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Ahol a vasbétet vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton ki van téve levegőnek és nedvességnek, ott a környezeti hatásokat a következők szerint kell osztályozni. MEGJEGYZÉS: A nedvességviszonyok az acélbetétekre vagy más beágyazott fémekre takaró betonfedésre vonatkoznak, de sok esetben fel lehet tételezni, hogy a betonfedésben lévő körülmények a környezetet tükrözik. Ezekben az esetekben helyénvaló lehet a környezet osztályozása. Nem ez az eset akkor, amikor a beton és a környezet közötti elválasztó réteg van.		
XC1	Száraz vagy tartósan nedves	Csekély relatív páratartalmú épületben, vagy állandóan víz alatt lévő beton
XC2	Nedves, ritkán száraz	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek. Sok alap
XC3	Mérsékelt nedvesség	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben lévő beton. Külső védett, szabadban lévő beton
XC4	Váltakozva nedves és száraz	Vízzel kitett betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba

XC kitéti osztály = karbonátosodás okozta korrózió

6.2.3. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton kloridtartalma vízzel érintkezik, beleértve a jégolvasztó sózást, akkor az igénybevételt a következők szerint kell osztályozni. MEGJEGYZÉS: A nedvességviszonyokat illetően lásd a 6.2.2. táblázatot is.		
XD1	Mérsékelt nedvesség	A levegőből származó kloridnak kitett beton
XD2	Nedves, ritkán száraz	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó ipari vizeknek kitett beton
XD3	Váltakozva nedves és száraz	Kloridot tartalmazó permetnek kitett hídelemek. Járdák és út-burkolatok. Autóparkolók födémei.
MEGJEGYZÉS: A fagyás(olvadási ciklusoknak és a jégolvasztó sónak egyidejűleg kitett betonokat az XD3 kitéti osztály helyett az XF4 kitéti osztályba kell sorolni.		

XD kitéti osztály = a nem tengervízből származó klorid által okozott korrózió

6.2.4. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton tengervízből származó kloridnak vagy tengervízből származó sót tartalmazó sót tartalmazó levegőnek van kitéve, akkor a kitételt a következők szerint kell osztályozni:		
XS1	Sós levegőnek kitéve, de nincs közvetlen érintkezés a tengervízzel	Tengerparton vagy annak közelében lévő szerkezetek
XS2	Állandóan tengervízbe merülve	Tengervízben épült szerkezetek
XS3	Árapállyal, felcsapódással vagy permettel érintkező zónák	Tengervízben vagy tengerparton épült szerkezetek részei

XS kitéti osztály = tengervízből származó klorid okozta korrózió

6.2.5. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Amikor a beton a fagyás/olvadási ciklusok által okozott jelentős igénybevételeknek van kitéve nedves állapotban, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XF1	Mérsékelt vízelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges felületek esőnek és fagynak kitéve
XF2	Mérsékelt vízelítettség jégolvasztó anyaggal	Útpálya szerkezetek függőleges betonfelületei, amelyek ki vannak téve fagynak és a jégolvasztó anyag levegő által szállított permetének
XF3	Nagymértékű vízelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Esőnek és fagynak kitett vízszintes betonfelületek
XF4	Nagymértékű vízelítettség jégolvasztó anyaggal	Útburkolatok és híd pályalemezek jégolvasztó anyagnak kitéve. Jégoldó anyagok közvetlen permetének és fagynak kitett betonfelületek. Fagynak kitett tengeri szerkezetek a felcsapódási zónában

XF kitéti osztály = fagyás/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül

6.2.6. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Amikor a beton csúszó, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevételeknek, ütésnek vagy vízáramlás által mozgatott gördülő hordalék koptató hatásának van kitéve, akkor az igénybevételeket a következők szerint osztályozzák:		
XK1	Könnyű, szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom. Futó abroncsú kerekek koptató igénybevétele.	Könnyű adalékanyagok, termények sík tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok. Járdák, lépcsők, garázspadozatok, kerékpárutak.
XK2	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás nehéz terhek alatt	Betonút. Darva, nehéz szemcsés anyagok tárolói. Gördülő hordalékkal érintkező betonfelületek.
XK3	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt	Repülőtéri kifutópályák, felszállópályák, nehézipari szerelőcsarnokok, konténer-átrakó állomás
XK4	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi portosság és porment(es)ség igénye esetén.	Nehéz teherautók és targonca forgalomnak kitett csarnokok, raktárak kemény felületű, porment(es) ipari padlóburkolata.

XK kitéti osztály = koptatás okozta korrózió

6.2.7. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztály előfordulására*
Amikor a beton ki van téve víznyomás hatásának, akkor az igénybevételeket a következők szerint kell osztályozni:		
XV1	Kis üzemi víznyomásnak kitett, ≥ 300 mm vastag beton	Pincefalak és pincepadozatok, áteresz, csatornák, aknák, fedkapcs.
XV2	Kis üzemi víznyomásnak kitett, ≤ 300 mm vastag beton vagy nagy üzemi víznyomásnak kitett ≥ 300 mm vastag beton	Vízépítési szerkezetek, burkolatok, medencék, fűtési távvezetékek közszolgálati, kis hajlású vasbeton födémek
XV3	Nagy üzemi víznyomásnak kitett, ≤ 300 mm vastag beton	Folyadéktároló tartályok, bármely agresszív hatásnak kitett szerkezet

XV kitéti osztály = víznyomás okozta igénybevétel

6.2.8. táblázat

Az osztály jele	*A környezet leírása*	*Tájékoztató példák a kitéti osztályok előfordulására*
Amikor a beton ki van téve a természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziójának, ahogyan azt a 6.2.9. táblázat részletezi, akkor az igénybevételt a következők szerint kell osztályozni. A tengervíz osztályozása a földrajzi helyzettől függ, ezért a betonok felhasználási helyén érvényes osztályozást alkalmazzák.		
XA1	Enyhén agresszív kémiai környezet a 6.2.9. táblázat szerint	
XA2	Mérsékelten agresszív kémiai környezet a 6.2.9. táblázat szerint	
XA3	Nagymértékben agresszív kémiai környezet a 6.2.9. táblázat szerint	

XA kitéti osztály = kémiai korrózió

6.2.9. táblázat

A következőkben osztályozott agresszív kémiai igénybevételek 5 °C és 25 °C közötti hőmérsékletű természetes talajokra, talajvizekre vonatkoznak, amikor a nyugalmi körülményeket megközelítő, elegendően lassú a vízáramlás.

Minden egyes kémiai jellemzőre a legveszélyesebb érték határozza meg az osztályt.

Ha két vagy több agresszív jellemző ugyanahhoz az osztályhoz vezet, akkor a környezeti hatást a következő magasabb osztályba kell sorolni, hacsak az adott esetre vonatkozó egyedi vizsgálat nem bizonyítja ezt szükségtelennek.

Kémiai jellemző	*Referencia vizsgálati módszer*	*XA1*	*XA2*	*XA3*
Talajvíz				
SO_4^{2-}, mg/l	EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 3000	> 3000 és ≤ 6000
PH	ISO 4316	≤ 6,5 és ≥ 5,5	< 5,5 és ≥ 4,5	< 4,5 és ≥ 4,0
agresszív CO_2, mg/l	prEN 13577:1999	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítési
NH_4^+, mg/l	ISO 7150-1 vagy ISO 7150-2	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Mg^{2+}, mg/l	ISO 7980	≥ 300 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 3000	> 3000 telítési
Talaj				
SO_4^{2-}, mg/kg[a] összes	EN 196-2[b]	≥ 2000 és ≤ 3000[c]	> 3000[c] és ≤ 12000	> 12000 és ≤ 24000
savasság, ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	a gyakorlatban nem fordul elő	

[a] A 10^{-5} m/s áteresztő képesség alatti agyagtalajokat alacsonyabb osztályba szabad sorolni

[b] A vizsgálati módszer az SO_4^{2-} sósavval való kivonását írja elő, alternatívaként vízzel való kivonás is használható, ha a beton alkalmazásának a helyén van erre tapasztalat

[c] A 3000 mg/kg határértéket 2000 mg/kg értékre kell csökkenteni, ha fennáll a szulfátionok felhalmozódásának a kockázata a betonban a száradás és a nedvesedés ciklikus változása vagy a kapillaris felszívódás hatásának

Kitéti osztályok a természetes talaj és talajvíz kémiai korróziójától függően

6

A kivitelező a kijelölt építési területen végzett vizsgálatok (pl. talajfeltárás) alapján ellentmondással élhet a kijelölt kitéti osztály vagy osztályok tekintetében és ekkor tárgyalást kell kezdeményeznie. A végleges kitéti osztályt, amelyhez a betonkeverék összetételét a Zsebkönyv 6.9. fejezete szerint illeszteni kell, az ezen a tárgyaláson felvett, az építtető, a tervező, a kivitelező és a betongyártó által aláírt jegyzőkönyv szerint kell értelmezni.

6.3. Szilárdsági osztályok

Az *MSZ EN 206-1* és az *MSZ 4798* szerint a közönséges és a nehézbetonok előírt nyomószilárdsága a *6.3.1. táblázatnak*, a könnyűbetonoké *a 6.3.2. táblázatnak* felel meg. Az osztályozás alapja a 28 napos nyomószilárdságnak 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengereken, illetve 150 cm élhosszúságú kockákon mért, az 5% alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző értéke. Ezek szabvány szerinti jelölése rendre $f_{ck,cyl}$, illetve $f_{ck,cube}$.

6.3.1. táblázat

Nyomószilárdsági osztály	A legkisebb jellemző hengerszilárdság, $f_{ck,cyl}$, N/mm²	A legkisebb jellemző kockaszilárdság [1], $f_{ck,cube}$, N/mm²	A legkisebb jellemző kockaszilárdság [2], $f_{ck,cube}$, N/mm²
C6/8 [3]	6	8	9
C8/10	8	10	11
C10/12 [3]	10	12	13
C12/15	12	15	16
C16/20	16	20	22
C20/25	20	25	27
C25/30	25	30	33
C30/37	30	37	40
C35/45	35	45	49
C40/50	40	50	54
C45/55	45	55	60
C50/60	50	60	65
C55/67	55	67	73
C60/75 [4]	60	75	82
C70/85 [4]	70	85	92
C80/95 [4]	80	95	103
C90/105 [4]	90	105	114
C100/115 [4]	100	115	125

[1] a próbatestek utókezelése az MSZ EN 12390-2 szerint (tárolás víz alatt)
[2] a próbatestek utókezelése az MSZ 4715 szerint (vegyes tárolás)
[3] csak Magyarországon használt betonszilárdsági osztály
[4] nagyszilárdságú beton, amelynek megfelelőségét szigorúbb, egyedileg meghatározott szabályok szerint kell igazolni

Nyomszilárdsági osztályok közönséges és nehézbetonokra

Az elkészített próbatesteket az MSZ EN 12390-2 szabvány szerint kizsaluzástól a szilárdság vizsgálatáig víz alatt kell tárolni és közvetlenül a vízből való kivétel és a nyomandó felületek letörlése után – tehát vízzel telített állapotban – kell megvizsgálni. A korábbi MSZ 4715 szabvány szerint viszont a próbatesteket 7 napig kell víz alatt, majd törésig szoba-levegőn tárolni (ún. vegyes tárolás). A vizsgálatkor ezért a próbatestek légszáraz állapotúak. A gyakorlatban a víz alatti tárolást csak akkor lehetne szabatosan megoldani, ha a próbatesteket vízzel telt tartályba helyeznék és tartállyal együtt szállítanák a vizsgáló laboratóriumba. Ez azonban nem oldható meg, ezért a vegyes tárolást Magyarországon (és Európa sok más országában) továbbra is szabad alkalmazni.

A vegyesen tárolt próbatestek jellemző szilárdságának az előírt értéke (jelölése: $f_{ck,cube}^{H}$) eltér a víz alatt tárolt próbakockákétól. A táblázat utolsó oszlopa ezeket az értékeket tartalmazza. Az átszámításra általánosan elfogadták az

$$f_{ck,cube} / f_{ck,cube}^{H} = 0{,}92 \text{ (C50/60 nyomószilárdsági osztályig)}$$

$$f_{ck,cube} / f_{ck,cube}^{H} = 0{,}95 \text{ (C55/67 nyomószilárdsági osztály felett)}$$

arányszámot. A henger alakú próbatestek esetén ez az arányszám olyan közel van az egységhez, hogy a vegyesen tárolt próbatestek jellemző nyomószilárdsága ugyanaz, mint a víz alatt tárolt próbatesteké. Ez a megállapítás érvényes a könnyűbetonokra is (lásd a *6.11.1. táblázatot*). A táblázatokhoz három megjegyzést hozzá kell fűzni.

6.3.2. táblázat

1	2	3
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
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88
a) szabad használni más értéket, ha azok az a táblázatban megadott referencia hengerszilárdságok [illegible] megállapítottak		

Nyomószilárdsági osztályok könnyűbetonokra

az oszlopok tartalma: ***1:*** *nyomószilárdsági osztály,* ***2:*** *a jellemző hengerszilárdság előírt értéke,* $f_{ck,cyl}$ *N/mm²,* ***3:*** *a jellemző kockaszilárdság*[a)] *előírt értéke,* $f_{ck,cube}$ *N/mm²*

Az *első megjegyzés* az, hogy henger alakú próbatestek készítésére és vizsgálatára a magyar vállalatok és laboratóriumok nincsenek felkészülve, ezért a hengerszilárdságot nem vizsgáljuk.

A *második megjegyzés* az, hogy a víz alatti tárolás és a vegyes tárolás után vizsgált kocka próbatestekre megadott 0,92 arányszám elsősorban CEM I jelű portlandcementekre érvényes. Az ezzel a cementtel készített betonok 7 nap utáni utószilárdulása ugyanis nem számottevő, ezért a 7-28 nap közötti víz alatti tárolásnak nincs lényeges hatása az utószilárdulásra. Ezzel szemben a CEM II, III, IV és V jelű cementekkel készített betonok szilárdulása lassabb, ezért a víz alatti tárolás javíthatja a 7 nap utáni szilárdulást, következésképpen az arányszám közelíthet az egységhez. Ezért kényesebb szerkezetek betonjának az ellenőrzésekor indokolt lehet vizsgálatokkal kimutatni a víz alatti és a vegyes tárolás után mért szilárdságok tényleges arányát és a minősítéshez az igazolt jellemző szilárdsági értéket felhasználni.

A *harmadik megjegyzés* az, hogy az, hogy az MSZ 15022/1-85 (Építmények teher-hordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek) szabvány azt a betonkeveréket fogadja el szabványos minőségűnek, amelynek a nyomószilárdsági szórása a variációs tényezővel kifejezve $v=15\%$ (azaz a szórás az átlagos nyomószilárdság 15%-a). Ezért például *C8/10* szilárdsági jelű beton esetén, 150 mm élhosszúságú kockán vizsgálva megelégszik $f_{ck,cube} \cong 13\ N/mm^2$ átlagos nyomószilárdság elérésével {mert $13 - 1{,}645 \times (13 \times 0{,}15) = 10$}, de *C50/60* szilárdsági jelű beton esetén $f_{ck,cube} \cong 80\ N/mm^2$ szükséges {mert $80 - 1{,}645 \times (80 \times 0{,}15) = 60\ N/mm^2$}.

Meg kell azt is jegyezni, hogy a korábbi *MSZ* szabvány az alulmaradási valószínűségre 5%-ot ír elő és az átvétel valószínűségére 50%-ot, ezért a szórás szorzótényezője **1,645**. Ezzel szemben az *MSZ EN 206-1* változatlan alulmaradási valószínűség mellett az átvételre 70%-ot feltételez, ezért a szórás szorzótényezője a minősítéskor **1,46**.

A változatlan variációs tényező, tehát a $v=15\%$ felvétele azonban alapvetően hibás. Ez könnyen belátható, ha arra gondolunk, hogy minél nagyobb szilárdságú betont kell készíteni, annál jobban kell ügyelni az alapanyagok egyenletességére, a keverési arány, mindenek előtt a víz/cement tényező változatlanságára, a keverés és a szállítás színvonalára stb. A jobban ellenőrzött, gondosabb, szakszerűbb munkavégzés eredménye pedig az egyenletesebb minőség, a viszonylag kisebb szilárdsági szórás. A gyakorlathoz sokkal közelebb áll a *CEB-CIB-FIP-RILEM*

munkabizottság ajánlása [1974], amely szerint átlagos munkahelyre célszerű $s = 5\ N/mm^2$ szórást felvenni, függetlenül a beton nyomószilárdsági jelétől és ezért általában azt várja el, hogy a beton keverési arányát az előírt jellemző kockaszilárdságot ***8 N/mm²***-rel meghaladó átlagos nyomószilárdságra tervezzük. Az előírt szabványos betonokra ugyanakkor $s = 8\ N/mm^2$ szórást javasol felvenni, ezért a szükséges szilárdságtöbblet ***12 N/mm²***.

6.4. Konzisztencia osztályok

Az *MSZ EN 206-1* a konzisztencia vizsgálatára négyféle módszert ír elő. Ezek a következők.

Az *MSZ EN 12350-2* szerinti roskadás (osztályozását lásd a *6.4.1. táblázatban*). A betont üreges, csonkakúp alakú fémformába kell bedolgozni. A forma alsó, belső átmérője 200±2 mm, felső belső átmérője 100±2 és magassága 300±2. Anyaga olyan lemez, amelyet a cement-pép nem korrodál. A formába töltött betonkeveréket ∅16 mm, 600 mm hosszú, legömbölyített végű fémrúddal kell tömöríteni 3 rétegben, rétegenként 25 szúrással, majd a felületet le kell simítani. A forma leemelése után meg kell mérni a betonkúp h_s *(mm)* magasságát. Az *S* roskadás: $S = 300 - h_s$.

6.4.1. táblázat

Osztály	Roskadás (mm)	Tájékoztató megnevezés
S1	10–40	kevés képlékeny
S2	50–90	képlékeny
S3	100–150	
S4	160–210	folyós
S5	>220	(erősen), önfolyó (önterülő beton)

Roskadási osztályok

Az *MSZ EN 102350-3* szabvány szerinti Vebe-idő (osztályozását lásd a *6.4.2. táblázatban*). A vizsgáló edény 240±5 mm belső átmérőjű és 200 mm magas, vibrátorasztalra rögzített fémtartály. A betonkeveréket ennek közepébe helyezett csonkakúp alakú fémformába kell betölteni és csömöszölni (lásd a roskadás vizsgálatát), majd lesimítani. A forma leemelése után a tartályra szerelt átlátszó műanyag tárcsát kell nagyon óvatosan a beton felületére ráengedni, majd a vibrátort be kell kapcsolni.

Meg kell mérni azt az időt, mely ahhoz szükséges, hogy a tárcsa alsó felületét a betonból kicsapódó cementpép teljesen bevonja. Ez az idő a beton péptartó képességével jellemzett konzisztenciájának a mérőszáma.

6.4.2. táblázat

Osztály	Vebe idő (s)	Tájékoztató megnevezés
V0	≥ 31	nagyon szárnyas, alig folyós
V1	30-21	folyós
V2	20-11	kissé képlékeny
V3	10-6	képlékeny
V4	5-3	

Vebe osztályok

Az *MSZ EN 12350-4* szabvány szerinti tömöríthetőség (osztályozását lásd a *6.4.3. táblázatban*). A vizsgáló tartály 200±2 mm × 200±2 mm keresztmetszetű, 400±2 mm magasságú fémdoboz. A betonkeveréket óvatosan, tömörödés nélkül kell becsúsztatni a dobozba és a doboz fölé púposodott betont óvatosan, ugyan-csak tömörítés nélkül kell eltávolítani. Ezután tömörítsük a betont – veszteség nélkül – mind-addig, amíg már nem észlelhető további térfogatcsökkenés. Mérjük meg a doboz felső éle és a betonfelület közötti átlagos *s (mm)* távolságot. A tömörítés mérőszáma: $c = 400 : (400 - s)$.

6.4.3. táblázat

Osztály	Tömöríthetőség mértéke	Tájékoztató megnevezés
C0	≥ 1,46	folyós
C1	1,45-1,26	kissé képlékeny
C2	1,25-1,11	képlékeny
C3	1,10-1,04	

Tömörödési osztályok

Az *MSZ EN 12350-5* szabvány szerinti terülés (osztályozását lásd a *6.4.4. táblázatban*). A vizsgálathoz *ejtőasztalra* van szükség; ez 2 mm vastag acéllemezzel burkolt, 16 kg tömegű, 70×70 cm^2 területű lap, amely csuklóval kapcsolódik az alsó kerethez. A lemez közepére alul 200±1 mm, felül 130±1 mm belső átmérőjű, 200±1 mm magasságú

csonkakúpot helyezünk és abba töltjük be a betonkeveréket, amelyet 4×4 cm^2 keresztmetszetű farúddal, két egyenlő rétegben tömörítünk. A felesleget acél-vonalzóval lehúzzuk, 10 percet várunk, majd a kúpot a betonról óvatosan leemeljük.

A lemezt felfelé 4 cm magasságra lehet felemelni, a további emelést ütköző gátolja. A lemezt 15 s idő alatt 15-ször kell ütközésig felemelni, majd leejteni. E műveletsorozat hatására a beton lepénnyé terül, amelynek átlagos átmérője a terülés mértéke. Ha a terülés a 340-620 mm tartományon kívülre esik, akkor a konzisztencia terüléssel nem mérhető, hanem más eszközt kell felhasználni.

6.4.4. táblázat

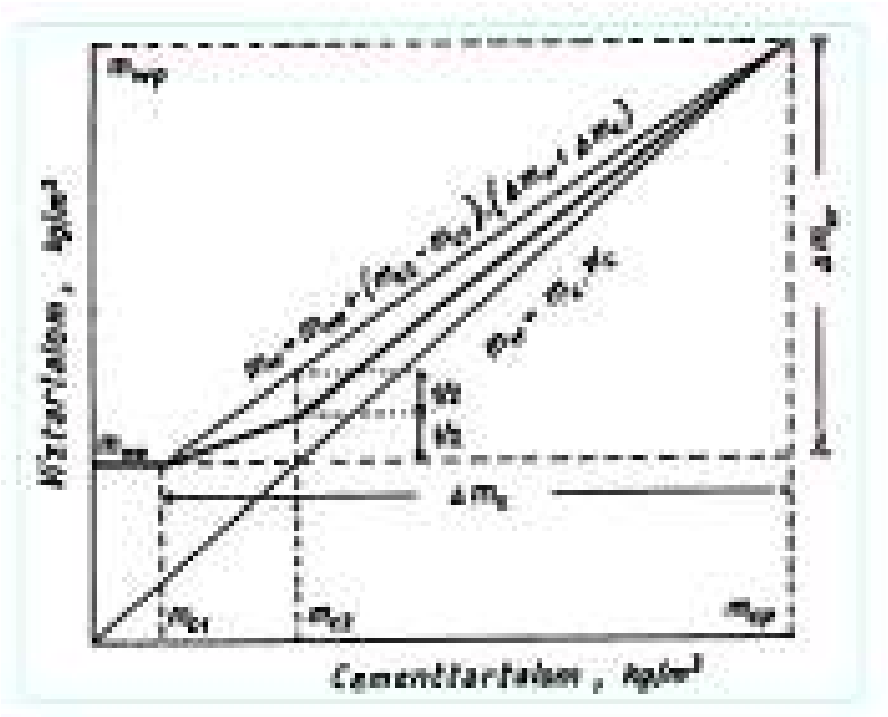
Osztály	Terülési osztály (mm)	Tájékoztató megnevezés
F1	≤ 340	Rázóaszfalt
F2	350-410	Igen képlékeny
F3	420-480	képlékeny
F4	490-550	
F5	560-620	folyós
F6	≥ 630	önthető, öntési szabályozó betonok

Terülési osztályok

A konzisztencia vizsgáló eszközben a beton készítőjének és felhasználójának meg kell állapodnia s az átadás-átvétel során csak ezt az eszközt szabad alkalmazni. A különböző mérőszámokat nem szabad egymással összehasonlítani. A fenti táblázatokban megadott tájékoztató megnevezést csak a szerkezettervező használhatja (pl. a költségbecslés érdekében), de a beton megrendelésekor már csak a megállapodás szerinti konzisztencia mérőszámot szabad megadni.

6.5. A betonkeverék vízigénye

Adott konzisztenciájú betonkeverék vízigényét a felhasznált adalékanyag és a cement vízigénye, illetve a cement és az adalékanyag tömegaránya határozza meg. Az adagolandó vízmennyiség változásáról a cement-tartalom függvényében a *6.5.1. ábra* tájékoztat.



6.5.1. ábra: Adott konzisztenciájú betonkeverék vízadagolásának a változása a cementtartalomtól függően

Az ábra szerint, ha a betonkeverék cement-tartalma $\leq m_{c1}$, akkor a vízadagolás mértéke állandó (m_{vo}) és csak az adalékanyag vízigényétől függ. Ha a cementtartalom $m_{c1} \leq m_c \leq m_{c2}$, akkor a vízadagolást csak mérsékelten kell növelni (érvényesülni kezd a cement adalékanyagnál nagyobb vízigénye), ha pedig $m_c > m_{c2}$, akkor a vízadagolást erőteljesen kell növelni (a vízigényt elsősorban a cement határozza meg).

A számítási képletek a *Vebe-idővel (k_v)* kifejezett konzisztenciák esetén (lásd a *6.14. táblázatot*) a következők:

a cement vízigénye:

$$w_c = [0{,}3 + 0{,}0003 \times (S - 100)] \times e^{-0{,}33 \times (0{,}1 \times k_v)^{0{,}3}} \qquad (6.5.1)$$

az adalékanyag vízigénye:

$$w_a = A \times e^{-(B \times m)} \qquad (6.5.2)$$

ahol:

$$A = 0{,}3 \times e^{[-0{,}22 \times (0{,}1 \times k_v)^{0{,}35}]} \quad \text{és} \quad B = 0{,}17 \times e^{[0{,}13 \times (0{,}1 \times k_v)^{0{,}32}]}$$

A szükséges vízadagolást elsősorban a próbakeverék összetételének a tájékoztató meghatározásához számítjuk ki. A betonkeverékek vízigényét a gyakorlatban várható változások miatt (pl. az adalékanyag szemmegoszlásának minimális változásai) nem lehet szabatosan megállapítani, hanem csak tájékoztató jelleggel, ezért a próbakeveréshez elegendő a konzisztencia tájékoztató megnevezésének (lásd a *6.4.1.-6.4.4. táblázatokat*) a figyelembe vétele. A cementek és a homokos kavicsok vízigényét a Vebe-idővel jellemzett konzisztenciákra a *6.5.1. és a 6.5.2. táblázatok* foglalják össze.

6.5.1. táblázat

Konzisztencia	250	275	300	325	350	375	400	425	450
	S (m^2/kg) fajlagos felületű cement								
V0	20,9	21,4	21,8	22,3	22,7	23,2	23,7	24,1	24,6
V1	22,3	22,8	23,3	23,8	24,3	24,8	25,3	25,7	26,2
V2	23,8	24,3	24,8	25,3	25,8	26,4	26,9	27,4	27,9
V3	25,7	26,2	26,8	27,3	27,9	28,4	29,0	29,6	36,1
V4	27,4	28,0	28,6	29,2	29,8	30,4	31,0	31,6	32,2

A cementek w_c (tömeg %) vízigénye az S (m^2/kg) fajlagos felülettől és a Vebe-idővel jellemzett konzisztenciától függően

6.5.2. táblázat

Konzisztencia	A homokos kavics finomsági modulusa														
	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75	6	6,25	6,5	6,75	7	7,25	7,5
V0	9,1	8,7	8,2	7,8	7,4	7,1	6,7	6,3	6,0	5,7	5,4	5,1	4,9	4,6	4,4
V1	9,9	9,4	8,9	8,5	8,1	7,7	7,3	6,9	6,6	6,3	5,9	5,7	5,4	5,1	4,9
V2	10,6	10,1	9,6	9,1	8,7	8,3	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,2	5,9	5,6	5,3
V3	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,1	8,6	8,2	7,9	7,5	7,	6,8	6,5	6,2	5,9
V4	12,4	11,8	11,3	10,7	10,3	9,8	9,4	8,9	8,5	8,1	7,8	7,4	7,1	6,7	6,4

A homokos kavicsok w_a (tömeg %) vízigénye az m finomsági modulustól és a Vebe-idővel jellemzett konzisztenciától függően

Az 1 m³ térfogatú cement-víz keverék, illetve az adalékanyag-víz keverékek víztartalma a vízigény és az anyagtömeg szorzata. Az adott konzisztenciájú, 1 m³ térfogatú cementpép cementtartalma:

$$m_c = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + w_c} \qquad (6.5.3)$$

ahol:

ρ_c = a cement sűrűsége, g/cm³ (átlagosan $\rho_c \sim 3{,}1\ g/cm^3$ felvehető).

Az adott konzisztenciájú, 1 m³ térfogatú adalékanyag-víz keverék adalékanyag tartalma:

$$m_{ao} = (1000 - V_{po}) \times \rho_a \qquad (6.5.4)$$

ahol:

ρ_a = az adalékanyag sűrűsége (átlagosan $\rho_a \sim 2{,}64\ g/cm^3$ felvehető),
V_{po} = az adott szemmegoszlású adalékanyag adott konzisztenciához tartozó pépigénye, liter/m³.

Az adalékanyag pépigényét a Vebe-idővel jellemzett $k_v = 40\ s$ konzisztencia esetén az alábbi kifejezésből lehet kiszámítani:

$$V_{po,40} = \left(340 + 50 \times \lg\frac{m}{4}\right) - 38 \times e^{\frac{2}{U-0{,}5}} \times \left(m - 1{,}54 \times e^{\frac{1}{U-0{,}5}}\right) \qquad (6.5.5)$$

ahol m = a finomsági modulus,
U = az egyenlőtlenségi együttható

Más konzisztenciájú keverék pépigényét az alábbi kifejezésből számítjuk:

$$V_{po,50} = V_{po,40} + 45 \times e^{-0{,}1 \times k_v} \qquad (6.5.6)$$

ahol k_v = a konzisztencia Vebe-idővel kifejezve.

A *6.5.2. táblázatban* megadott homokos kavics vízigények akkor érvényesek, ha az agyag-iszap tartalom $f \leq 3$ *térfogat* %. Ha $f > 3$%, akkor a vízigény (tömeg %-ban): $w_a + w_{af}$, ahol

$$w_{af} = \frac{(f-3) \times e^{\sqrt{0{,}1 \times k_v}}}{1{,}4} \qquad (6.5.7)$$

A próbakeveréskor figyelembe vehető cementpép, illetve adalékanyag-víz keverék alapösszetételeit a *6.5.3. és 6.5.4. táblázatok* foglalják össze a konzisztencia tájékoztató meg-nevezésétől függően. A homokos kavics a MÉASZ ME 04.9:1995 határgörbéinek megfelelő folyamatos szemmegoszlású, agyag-iszap tartalma *f ≤ 3 térfogat %.*

6.5.3. táblázat

Konzisztencia	Összetétel	A cement fajlagos felülete, S, m^2/kg					
		275	300	325	350	375	400
AFN	m_{cp}, kg/m^3	1865	1850	1835	1820	1805	1790
	m_{vp}, kg/m^3	400	405	410	415	420	425
FN	m_{cp}, kg/m^3	1805	1780	1760	1745	1730	1720
	m_{vp}, kg/m^3	420	425	430	435	440	445
KK	m_{cp}, kg/m^3	1770	1755	1740	1720	1705	1690
	m_{vp}, kg/m^3	430	435	440	445	450	455
K	m_{cp}, kg/m^3	1690	1675	1655	1640	1625	1610
	m_{vp}, kg/m^3	455	460	465	470	475	480
F	m_{cp}, kg/m^3	1610	1595	1575	1560	1545	1530
	m_{vp}, kg/m^3	480	485	490	495	500	505

Különböző konzisztenciájú, ρ_c = 3,1 g/cm³ sűrűségű cementtel készített pépek összetétele a cement fajlagos felületétől függően

Megjegyzés: a konzisztencia rövidített tájékoztató megnevezéseinek az értelmezése a következő: *AFN* = alig földnedves; *FN* = földnedves; *KK* = kissé képlékeny; *K* = képlékeny; *F* = folyós

6.5.4. táblázat

Konzisztencia	Összetétel	D = 8 mm			D = 16 mm			D = 32 mm		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
AFN	m_{cp}, kg/m^3	2035	2015	1990	2135	2090	2030	2220	2160	2085
	m_{vp}, kg/m^3	125	155	170	105	140	155	95	125	145
FN	m_{cp}, kg/m^3	2050	2010	1965	2130	2085	2020	2215	2155	2080
	m_{vp}, kg/m^3	140	180	175	120	145	165	105	130	140
KK	m_{cp}, kg/m^3	2030	1990	1945	2110	2060	2005	2195	2135	2055
	m_{vp}, kg/m^3	155	180	195	135	160	180	115	145	165
K	m_{cp}, kg/m^3	1985	1945	1900	2065	2015	1955	2150	2090	2010
	m_{vp}, kg/m^3	170	195	215	150	180	200	130	160	185
F	m_{cp}, kg/m^3	1945	1910	1865	2030	1980	1920	2115	2050	1975
	m_{vp}, kg/m^3	190	215	235	165	195	220	145	180	205

Különböző konzisztenciájú adalékanyag-víz keverékek összetétele a legnagyobb szemnagyságtól és a finomsági modulustól függően, folyamatos szemmegoszlás esetén

Megjegyzés: lásd a *6.5.3. táblázathoz* fűzött megjegyzést

6.6. Víz/cement tényező és szilárdság

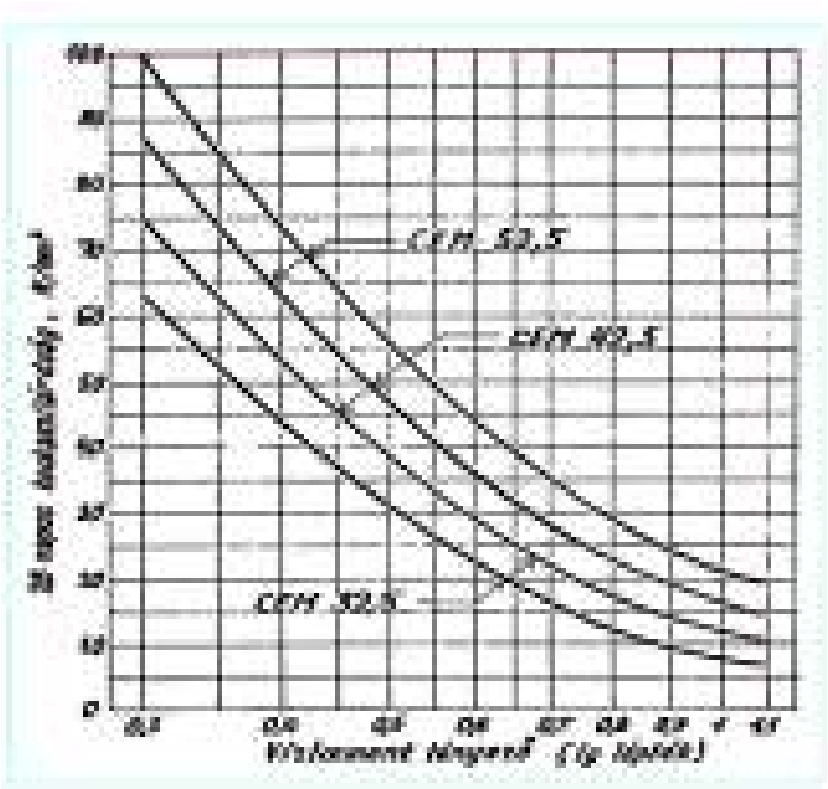
A betonkészítés leginkább megbízható és leginkább gazdaságos módszereit az adott üzem gyártásközi vizsgálatainak a rendszeres feldolgozása teszi lehetővé, mert valamennyi lehetséges változó hatása csak az adott üzemben tárható fel kellő pontossággal. A szakirodalom betonösszetételi javaslatait ezért úgy kell tekinteni, mint segítséget a próbakeverés elvégzéséhez. A kényesebb szerkezetek betonjához megfelelő alapanyagokat, betonösszetételeket és felhasználásának a módját a próbakeverés adatai alapján szabad véglegesíteni. A próbakeveréshez általában elfogadhatónak lehet tekinteni a víz/cement tényező és a nyomószilárdság összefüggését, amelyet a hazai cementekre – a CEMKUT vizsgálatai alapján – a *6.6.1. ábrán* lehet látni. Az összefüggésekre a következő képletek illeszkednek:

„d” görbe: $f_c = 470 \times e^{-(3.2 \times x^{0.4})}$ (6.6.1)

„c” görbe: $f_c = 405 \times e^{-(3.3 \times x^{0.40})}$ (6.6.2)

„b” görbe: $f_c = 375 \times e^{-(3.52 \times x^{0.40})}$ (6.6.3)

„a” görbe: $f_c = 355 \times e^{-(3.93 \times x^{0.40})}$ (6.6.4)



6.6.1. ábra: Tájékoztató összefüggés a betonok víz/cement tényezője és 28 napos nyomószilárdsága között (csak a próbakeverés összetételének a kiválasztásához alkalmazható)

Az összefüggések tájékoztató jellegét az is kihangsúlyozza, hogy egy-egy cementfajtához területek tartoznak és ezek a területek a különböző cementek esetén akár átfedésben is lehetnek. Ez azt jelenti, hogy egyes esetekben a CEM 32,5 szilárdsági jelű cementtel is készíthető – változatlan összetétel mellett – olyan szilárdságú betonkeverék, mint CEM 42,5 szilárdsági jelű cementtel. Ezt azonban csak a próbakeverésből készített próbatestek vizsgálati eredményeinek a birtokában lehet pontosítani.

Azt is hangsúlyozni kell, hogy adott víz/cement tényező mellett az ábrán a leggyakrabban elért nyomószilárdsági-intervallum látható (általában ± 4 N/mm^2). Konkrét esetben megtörténhet, hogy a beton tényleges nyomószilárdsága ezen az intervallumon kívülre kerül. Az eltérések okát a különböző cementgyárak eltérő nyersanyag készletében, a cementek eltérő ásványi összetételében, őrlésfinomságában, vízérzékenységében stb. kell keresni. Az ingadozások hatását az egyenlíti ki, hogy a nyomószilárdság szórását az MSZ EN 206-1:2002 szabvány $s = 5$ *N/mm*^{2} értékűre feltételezi. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy elfogadja a ténylegesen elért szilárdságnak az átlagos nyomószilárdsághoz képest mért ± 8 N/mm^2 értékű ingadozását. Ebből következik, hogy olyan víz/cement tényezőt kell választani, amellyel az alábbi átlagos nyomószilárdság érhető el:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \ N/mm^2 \qquad (6.6.5)$$

ahol: f_{ck} = a *6.3.1. és 6.3.2. táblázatokban* előírt jellemző nyomószilárdság (küszöbszilárdság).

6.7. Keverési arány és betonösszetétel

A ***keverési arány*** az egységnyi tömegrész cementhez keverendő víz, adalékanyag és kiegészítő anyag tömegrészeit adja meg. Például:

1 : 0,5 : 5,0 : 0,2

keverési arány azt jelenti, hogy

1 tömegrész cementhez
0,5 tömegrész vizet,
5,0 tömegrész adalékanyagot és
0,2 tömegrész kiegészítő anyagot

kell hozzáadni. Az adalékszert – kis mennyisége miatt – általában a cement tömeg %-ában fejezzük ki, tehát például 0,2 tömeg % légbuborék képző adalékszer előírása azt jelenti, hogy egységnyi cementtömeghez 0,002 tömegrészt kell adagolni (tehát elenyésző mennyiséget).

A ***betonösszetétel*** az adott térfogatú (általában 1 m^3) betonban lévő alkotóanyagok mennyiségét adja meg kg-ban. A betonösszetételt mindig a bedolgozott friss betonra kell értelmezni, tömeg vagy térfogat szerint. Adott keverési arány mellett a beton összetétele attól függ, hogy miképpen sikerült a tömörítés, mekkora lett a beton készítési testsűrűsége. Az *1:0,5:5:0,2* keverési arányú beton összetétele *tömeg szerint*, különböző készítési testsűrűségek mellett, a következő:

készítési testsűrűség, kg/m³	*2000*	*2100*	*2200*	*2300*	*2379*
cementtartalom, kg/m³	*299*	*313*	*328*	*343*	*355*
víztartalom, kg/m³	*149*	*157*	*164*	*172*	*178*
adalékanyag tartalom, kg/m³	*1492*	*1567*	*1642*	*1716*	*1775*
kiegészítő anyag tartalom, kg/m³	*60*	*63*	*66*	*69*	*71*

A *térfogat szerinti* összetételt az alkotóanyagok sűrűségének az ismeretében lehet kiszámítani: a kg tömegeket el kell osztani a g/cm³-ben kifejezett sűrűségekkel. Ha a példa szerinti esetben a cement, a víz, az adalékanyag és a kiegészítő anyag sűrűsége rendre a következő:

cement	$\rho_c = 3{,}1$ g/cm³
víz	$\rho_v = 1{,}0$ g/cm³
adalékanyag (homokos kavics)	$\rho_a = 2{,}64$ g/cm³
kiegészítő anyag (mészkőliszt)	$\rho_k = 2{,}0$ g/cm³

akkor a különböző testsűrűségű, azaz a különböző eredményességgel betömörített betonok térfogat szerinti összetétele a következő:

készítési testsűrűség, kg/m³	*2000*	*2100*	*2200*	*2300*	*2379*
cementtartalom, liter/m³	*96*	*101*	*106*	*111*	*115*
víztartalom, liter/m³	*149*	*157*	*164*	*172*	*178*
adalékanyag tartalom, liter/m³	*565*	*594*	*622*	*650*	*673*
kiegészítő anyag tartalom, liter/m³	*30*	*31*	*33*	*34*	*35*
tömör térfogat, liter/m³	*840*	*883*	*925*	*967*	*1000*
friss beton levegőtartalom, liter/m³	*160*	*117*	*75*	*33*	*0*

A tömeg szerinti keverési arányból a térfogat szerinti keverési arány a tömegrészeknek a sűrűséggel való osztásával számítható. Az előbbi példa szerinti tömeg szerinti keverési arányú beton térfogat szerinti keverési aránya tehát a következő:

(1/3,1) : (0,5/1) : (5/2,64) : (0,.2/2) azaz *0,32258 : 0,5 : 1,89394 : 0,1*

Képezzük a térfogatrészek összegét, tehát *0,32258 + 0,5 + 1,89394 + 0,1 = 2,81652* értéket. Ha ezzel az összeggel elosztjuk az egységnyi

térfogatot, azaz *1 m³ = 1000 litert*, és a hányadossal megszorozzuk a térfogatrészeket, akkor megkapjuk literben az alkotó anyagok tömör térfogatát.
A példában:

(1000 / 2,81652) = 355,04807

tehát:

a cementtérfogat	*355,04807 × 0,3258*	*= 114,5*	*liter/m³*
a víztérfogat	*355,04807 × 0,5*	*= 177,5*	*liter/m³*
az adalékanyag térfogat	*355,04807 × 1,89394*	*= 672,5*	*liter/m³*
a kiegészítő anyag térfogat	*355,04807 × 0,1*	*= 35,5*	*liter/m³*
összesen		*= 1000*	*liter/m³*

Az alkotóanyagok térfogatát megszorozva a sűrűséggel megkapjuk annak a betonnak a tömeg szerinti összetételét, amelyben nincs tömörítési hiány miatti levegőtartalom.

6.8. Testsűrűség és levegőtartalom

A 6.6. fejezetben a *6.6.1. ábrán* megadott víz/cement tényező és nyomószilárdság közötti összefüggések azokra a betonokra érvényesek, amelyeknek levegőtartalma bedolgozott, friss állapotukban legfeljebb 2,0 térfogat % (20 liter/m³). Ennek a betonnak a testsűrűségét a 6.7. fejezetben ismertetett módon lehet kiszámítani a térfogat szerinti keverési arányból. Amennyiben a friss, tömör beton testsűrűsége ennél kisebb, levegőtartalma 20 liter/m³-nél nagyobb, akkor a várható 28 napos nyomószilárdság nem éri el a víz/cement tényező alapján becsült értéket. A tömörítési hiány okozta szilárdságcsökkenés az alábbi összefüggésből számítható:

$$f_c = f_{co} \times e^{-\left[0,0335 \times (0,1 \times V_l)\right]^{1,5}} \qquad (6.8.1)$$

ahol f_{co} = a beton nyomószilárdsága teljesen tömör beton esetén ($V_l = 0$), N/mm²,
V_l = a tömörítési hiány miatti levegőtartalom, liter/m³,
f_c = a hiányosan tömörített beton nyomószilárdsága, N/mm².

A *6.8.1. táblázatban* látható néhány szabványos szilárdsági jelű beton {lásd a *6.3.1. táblázatot* és a (6.6.5) képletet} nyomószilárdságának a változása a tömörítési hiány okozta levegőtartalomtól függően.

6.8.1. táblázat

V_l liter/m^3	A beton MSZ EN 206-1 szerinti szilárdsági jele						
	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0	33	38	45	53	58	61	68
5	33	38	44	52	57	60	67
10	32	37	44	51	56	59	66
15	31	36	42	50	55	58	64
20	30	35	34	49	53	56	62
30	29	33	39	46	50	53	59
40	27	31	36	43	47	49	55
50	25	29	34	40	44	46	51

A 6.3.1. táblázatban megadott néhány szabványos beton 15 cm-es kockán mért nyomószilárdságának a változása a tömörítési hiány miatti V_l levegőtartalom hatására

A nyomószilárdság ellenőrzésére készített próbatestek testsűrűsége és a beton keverési aránya ismeretében kiszámítható a 6.7. fejezet alapján a próbatestek levegőtartalma a hiányos tömörítés miatt. Abban az esetben, ha $V_l \geq 30$ *liter/m*^{3}, akkor kétséges lehet a minősítés megalapozottsága (a nagyobb tömegű szerkezetbe a betont általában hatásosabban lehet betömöríteni, mint a kis térfogatú kockába).

6.9. Betonösszetételi követelmények a kitéti osztálytól függően

6

A *6.2.1.-6.2.9. táblázatokban* részletezett kitéti osztályok esetén az MSZ EN 206-1:2002 szabvány a készíthető betonkeverékek összetételére nemcsak az előírható legkisebb szilárdsági jelet szabályozza, hanem a bedolgozott friss beton megengedett legkisebb testsűrűségét és cementtartalmát, valamint megengedett legnagyobb víz/cement tényezőjét is. Ezeket az adatokat CEM 32,5 szilárdsági jelű portlandcement felhasználása esetén a *6.9.1. – 6.9.3. táblázatok* tartalmazzák. Amennyiben más cementfajtákat használnak fel, akkor a víz/cement tényező nem lehet nagyobb a táblázatban megadottaknál, de változhat a cementtartalom (általában nem szabad csökkenteni, csak növelni) és változhat a beton szilárdsági jele (pl. a 6.6.1. ábra szerint $x = 0,5$ víz/cement tényező mellett 32,5 jelű cementtel 31-38 N/mm^2, 42,5 jelű cementtel pedig 38-47 N/mm^2 átlagos 28 napos kockaszilárdság érhető el, azaz

előző esetben átlagosan C 25/30, utóbbi esetben átlagosan C 30/37 szilárdsági jelű beton készíthető). Ebből következően a *6.9.1.–6.9.3. táblázatokban* megadott szilárdsági jeleket tájékoztató értékeknek kell tekinteni és a kiírható szilárdsági jelet – próbakeverés után – egyedileg kell meghatározni.

6.9.1. táblázat

Megnevezés		Kitéti osztályok										
		Nincs korrózió	Karbonátosodás okozta korrózió				Klorid okozta korrózió					
							tengervíz			nem tengervízből származó klorid		
Kitéti osztály jele		X0	XC	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Legnagyobb víz/cement tényező		-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
Legkisebb szilárdsági osztály		C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Legkisebb cementtartalom, kg/m³		-	260	280	300	300	300	320	340	300	300	320
Friss beton	legkisebb testsűrűsége, kg/m³	-	2330	2330	2360	2370	2370	2370	2370	2340	2340	2370
Szilárd		-	2200	2200	2250	2260	2260	2270	2280	2230	2230	2280

Ajánlott határértékek az X0, XC, XS és XD kitéti osztályokban felhasználható betonok összetételére és tulajdonságaira

6

6.9.2. táblázat

Megnevezés		Kitéti osztályok									
		Fagyás-olvadás okozta korrózió							Agresszív kémiai hatás[2]		
Kitéti osztály jele		XF1	XF2		XF3		XF4		XA1	XA2	XA3
Legnagyobb víz/cement tényező		0,55	0,55		0,50		0,45		0,55	0,50	0,45
Legkisebb szilárdsági osztály		C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Legkisebb cementtartalom, kg/m³		300	300		320		340		300	320	380
Legkisebb légbetörő szerek tartalma, térf.%		-	4,0	-*	4,0	-*	4,0	-*	-	-	-
Friss	beton legkisebb sűrűsége, kg/m³	2340	2270	2340	2290	2350	2290	2370	2340	2350	2350
Szilárd		2230	2160	2230	2180	2240	2200	2260	2230	2240	2250
Egyéb követelmények		A prEN 12620:2000 szerinti, kielégítő fagyás-olvadás állóságú adalékanyag							-		

[1] Ha a betonban az XF22, XF3 és XF4 kitéti osztályok esetén nincs mesterséges légbuborék, akkor a beton teljesítményét megfelelő módszerrel meg kell vizsgálni olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott környezeti osztály esetén a fagyás-olvadás állóságot bebizonyították.

[2] Ha az SO_4^{2-} hatása eredményez XA2 és XA3 kitéti osztályt, akkor lényeges a szulfátálló cement alkalmazása. Ahol a cementet a szulfátállóság tekintetében osztályozzák, ott mérsékelt vagy jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA2 kitéti osztályban (és az XA1 kitéti osztályban, ha ez indokolt) és jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA3 kitéti osztályban.
Magyarországon az XA2 kitéti osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jelű mérsékelten szulfátálló portlandcementet vagy mérsékelten szulfátálló cementet, míg az XA3 kitéti osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti S jelű szulfátálló portlandcementet vagy szulfátálló kohósalakcementet kell alkalmazni.

Ajánlott határértékek az XF és az XA kitéti osztályokban felhasználható betonok összetételére és tulajdonságaira

6.9.3. táblázat

Megnevezés		Kitéti osztályok						
		Korrózió okozta korrózió				Igénybevétel viszonyaira hatóra		
A kitéti osztály jele		XK1	XK2	XK3	XK4	XV1	XV2	XV3
Legnagyobb víz/cement tényező		0,55	0,45	0,40	0,35	0,60	0,55	0,50
Legkisebb szilárdsági osztály		C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C25/30	C30/37	C30/37
Legkisebb cementtartalom, kg/m³		290	310	340	370	300	300	300
Friss	beton legkisebb sűrűsége, kg/m³	2350	2380	2390	2400	2320	2340	2360
Szilárd		2250	2280	2300	2330	2190	2230	2260

Ajánlott határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira az XK és az XV kitéti osztályok esetén

6.10. A beton követelményeinek a kiírása

A beton követelményeinek a kiírása attól függ, hogy a gyártótól *előírt szabványos*, *előírt összetételű* vagy *tervezett betonkeveréket* rendel-e a felhasználó (lásd a 6.1. fejezetet). A kiírás szabályait az MSZ EN 206-1:2002 11. fejezet tartalmazza. Meg kell jegyezni, hogy erre a szabványra mindenkor hivatkozni kell, függetlenül a rendelt betonkeverék jellegétől.

Ha a megrendelt beton *előírt szabványos beton* (lásd a 6.11. fejezetet), akkor a felhasználónak meg kell adnia a szilárdsági jelet (ez C 8/10 és C16/20 között változhat), valamint az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságát. A beton összetételét a 6.11. fejezet alapján szabad megválasztani. Tekintettel arra, hogy ez a betonfajta nem tartalmazhat acélbetétet vagy más beágyazott fémet, továbbá nincs kitéve semmilyen környezeti hatásnak, ezért további követelmények az előírt szabványos betonnal szemben nem támaszthatók.

Ha a megrendelt beton *előírt összetételű beton,* akkor a megrendelőnek meg kell adnia

- a felhasználandó cement jelét és gyártási helyét;
- a felhasználandó adalékanyag fajtáját (esetleg származási helyét), legnagyobb szemnagyságát, szemmegoszlását (ábrában vagy finomsági modulussal és egyenlőtlenségi együtthatóval), szennyezettségének megengedett mértékét stb.;
- a felhasználandó kiegészítő anyag(ok) és adalékszer(ek) fajtáját, márkajelét;
- a beton keverési arányát tömeg szerint;
- szállított beton esetén a szállítás megengedett leghosszabb időtartamát.

Tekintettel arra, hogy a gyártó *kizárólag* a megrendelt összetétel kielégítéséért felelős, ezért nem szükséges számára megadni egyéb követelményeket (pl. konzisztencia vagy szilárdsági jel).

Ha a megrendelt beton *tervezett beton,* akkor a megrendelőnek az MSZ EN 206-1:2002 szerint következő követelményeket kell megadnia:

- a nyomószilárdsági osztályt (lásd a *6.3.1. vagy a 6.3.2. táblázatot*);
- a kitéti osztályt (lásd a *6.2.1. – 6.2.9. táblázatokat*),
- a legnagyobb kloridtartalmat,
- az adalékanyag legnagyobb névleges szemnagyságát,

- a betonkeverék konzisztenciájának tájékoztató megnevezését,
- a betonozás körülményeit (pl. hideg időjárás, gőzérlelés stb.),
- a szükséges eltarthatósági időt.

A beton készítőjének a Szerződés illetve a Megrendelés szerinti keveréket kell szállítania és nem a minden igényt kielégítőt.

6.11. Szabványos betonkeverékek

Szabványosnak tekintjük az alárendeltebb szerkezetekhez felhasznált, legfeljebb *C16*/20 szilárdsági jelű, kissé képlékeny – képlékeny konzisztenciájú, vibrálással tömöríthető betonkeverékeket. Ezekre a betonkeverékekre a 6.3. fejezet szerint $s = 8\ N/mm^2$ szilárdsági szórást kell számításba venni, ezért a várható átlagos nyomószilárdság $12\ N/mm^2$ értékkel legyen nagyobb, mint a jellemző nyomószilárdság (lásd *6.3.1. táblázatot*). A víz/cement tényező és a nyomószilárdság összefüggését a CEMKUT Kft rendszeresen vizsgálja. E vizsgálatok eredményei alapján – az átlagos értékeket alapul véve – a szabványos betonok összetételének a számításkor a CEM 32,5 és a CEM 42,5 jelű cementekkel készített, az MSZ 4798:2004 szerinti szabványos betonkeverékek tömeg szerinti keverési arányait a *6.11.1. táblázat* alapján szabad felvenni.

6.11.1. táblázat

Alkotó anyagok	A beton szilárdsági jele			
	C8/10	C10/12	C12/15	C16/20
CEM 32,5 szilárdsági jelű cementek felhasználásakor				
Víz v	0,75	0,72	0,68	0,65
Adalékanyag a	8,5	8,0	7,5	7,0
CEM 42,5 szilárdsági jelű cementek felhasználásakor				
Víz v	0,85	0,80	0,75	0,70
Adalékanyag a	9,5	9,0	8,5	8,0

Szabványos betonok tömeg szerinti keverési arányai
1 tömegrész cementre számítva

A *6.11.1. táblázatban* megadott keverési arányok akkor érvényesek, ha
- a felhasznált homokos kavics szemmegoszlása a MÉASZ ME-04.19:1995 szerinti határgörbék közé esik és agyag-iszap tartalma legfeljebb 6 térfogat %;

- az adagolt víz tömegarányai – száraz adalékanyagra számítva – legfeljebb 0,05 értékkel nagyobbak, mint a táblázatban megadott értékek (a vízadagolást az adalékanyag nedvességtartalmát figyelembe véve kell kiszámítani);
- a betont vibrálással tömörítik és a friss, bedolgozott betont legalább 7 napon át utókezelik;
- a bedolgozott friss beton levegőtartalma a tömörítési hiány miatt legfeljebb 3 térfogat %;
- Ezeknek a feltételeknek a betartása esetén a 6.11.1. táblázat szerinti keverési arányú szabványos betonok kielégítik a szilárdsági jel által meghatározott követelményeket.

6.12. A DDC cementekkel készített, adott nyomószilárdságú betonok összetételének a meghatározása

A *CEMKUT Kft.* több éves, rendszeresen megismételt vizsgálati eredményei alapján a DDC cementekkel készített betonkeverékek összetételét meghatározó víz/cement tényező és nyomószilárdság összefüggéseket általános esetekben a következő képletekből lehet kiszámítani:

CEM I 52,5 jelű cementek: $f_{cm} = 135 \times exp\ (-2{,}2 \times x^{1,2})$
CEM I 42,5 és CEM II 42,5 jelű cementek: $f_{cm} = 125 \times exp\ (-2{,}2 \times x^{1,2})$
CEM II/A 32,5 jelű cementek: $f_{cm} = 220 \times exp\ (-3 \times x^{0,8})$
CEM II/B 32,5 jelű cementek: $f_{cm} = 210 \times exp\ (-3 \times x^{0,75})$
CEM III és CEM V jelű cementek: $f_{cm} = 200 \times exp\ (-3 \times x^{0,7})$

A fenti képletekkel a 7 napig vízben, majd 21 napig szobalevegőn tárolt próbakockák 28 napos várható nyomószilárdságát lehet kiszámítani. Azt a víz/cement tényezőt kell a betonösszetétel számításához alapul venni, amelyre fennáll a következő egyenlőség:

$$f_{cm} = f_{ck,\ cube} + 8\ N/mm^2$$

ahol $f_{ck,\ cube}$ a *6.3.1. táblázat* szerinti jellemző nyomószilárdság.

A kiszámított betonösszetétellel kell a próbakeveréshez a betont elkészíteni. Amennyiben a próbakeverékből készített kockák 28 napos tényleges nyomószilárdsága a számított nyomószilárdságtól legfeljebb $\pm 4\ N/mm^2$-rel tér el, akkor a felvett betonösszetételt véglegesnek lehet tekinteni. Amennyiben az eltérés ennél nagyobb, a víz/cement tényezőt értelemszerűen kell módosítani és ennek megfelelő betonösszetétellel

kell ismét próbakeverést végezni. Tájékoztatásként: az *x* víz/cement tényező módosítása 0,05 értékkel $x \leq 0,5$ mellett 6-8 N/mm^2-rel, $x \geq 0,5$ mellett 2-6 N/mm^2-rel változtathatja meg a várható nyomószilárdságot (lásd a *6.6.1. ábrát*).

Speciális követelmények esetén a megfelelő alapanyagok kiválasztása és a szükséges betonösszetétel meghatározása érdekében célszerű megkeresni a CEMKUT Kft. Betontechnológiai Tanácsadó Szolgálatát.

6.13. A konzisztencia kiválasztása – a betonszükséglet meghatározása

A betonszerkezet készítőjét elsősorban a bedolgozhatóság érdekli: milyen konzisztenciájú betonkeveréket képes legfeljebb 2 térfogat % levegőtartalmú friss, bedolgozott betonná tömöríteni úgy, hogy az hiánytalanul kitöltse a zsaluzatot és maradéktalanul vegye körbe az acélbetéteket. Ehhez mérlegelnie kell

- a bedolgozandó beton rétegének a vastagságát;
- a szerkezet keresztmetszeti méreteit;
- az acélbetétek távolságát és a betonfedés mértékét;
- a rendelkezésre álló tömörítő eszközöket;
- a beton keverése és bedolgozása között eltelő időt;
- a beton szállításának a módját és eszközét a keverés helyétől a bedolgozás helyéig.

Vasalatlan, vízszintes szerkezeteket vagy előregyártott vasalatlan betonelemeket (pl. födémbéléstest) *földnedves* konzisztenciájú keverékből lehet elkészíteni; a tömörítés módszere döngölés, préselés, vibropréselés. Újabb eljárás az ún. *öntömörödő beton* készítése (lásd a 7.15. fejezetet), amelyből a levegőt adalékszerekkel távolítják el.

Vasalt szerkezetek betonjának a konzisztenciája általában *kissé képlékeny* vagy *képlékeny*, amely vibrálással tömöríthető (merülő vagy zsalurázó vibrátor). Ha ennek a betonfajtának a kötését adalékszerrel késleltetjük, akkor utóvibrálás válhat lehetővé, amely a beton tömörségét (és ezzel együtt szilárdságát) lényegesen javíthatja.

A megfelelően bedolgozható betonnak egyidejűleg a következő tulajdonságokat kell felmutatnia:

- a betonnak jól megkevert, homogén anyaggá kell válni ésszerű keverési idő alatt;

- szétosztályozódás vagy vérzés nem fordul elő a betonkeverék szállításakor;
- az elhelyezés alkalmával ugyancsak nincs szétosztályozódás vagy vérzés (vagy csak minimális mértékű);
- a betont könnyen és egyenletesen lehet tömöríteni teljes tömegében a rendelkezésre álló eszközzel, miközben megőrzi homogenitását;
- a bedolgozott betonban nem képződnek kavicsfészkek vagy repedések.

A fentiekből következik, hogy a *bedolgozhatóság* a friss beton összetett tulajdonságaiból tevődik össze, ezért a *konzisztencia* vizsgálata ennek csak egyik – bár lényeges – jellemzőjét mutatja meg: a beton tömöríthetőségét. Ezt a betonszükséglet meghatározásához is ismerni kell, mert a betonkészítéshez felhasznált adalékanyag térfogata és a belőle készült beton térfogata nem egyenlő, hanem ennél rendesen kisebb, de sokszor nagyobb is lehet. A nem frakciókra bontott adalékanyag és a kész beton térfogatának a viszonya adja az úgynevezett *bedöngölési tényezőt (α)*, amely a homokos kavics szemszerkezetétől, nedvességtartalmától, a cement mennyiségétől, a beton konzisztenciájától és bedolgozási módjától függően jelentősen változik. Például vasbeton szerkezetek képlékeny betonja esetén, légszáraz adalékanyagra 0,98-1,1 között, nedves adalékanyagra 1,1-1,25 között is változhat, földnedves beton esetén természetesen nagyobb. A bedöngölési tényező tehát:

$$\alpha = V_{Ha} : V_b \qquad (6.12.1)$$

ahol: V_{Ha} = az adott nedvességtartalmú adalékanyag halmaztérfogata,
V_b = a bedolgozott beton térfogata.

Az adalékanyag-szükséglet térfogatban való meghatározásához a bedöngölési tényezőt kell ismerni, míg a betonszükségletet a keverési arányból (lásd 6.7. fejezetet) számítható tömeg, illetve térfogat adatokból lehet megállapítani.

7. A BETONKÉSZÍTÉS TECHNOLÓGIÁJA

7.1. Keverés, szállítás, bedolgozás és utókezelés (Dr. Buday Tibor)

7.1.1. Keverés

A beton alkotóanyagait addig kell összekeverni, amíg eloszlásuk a keverékben egyenletes nem lesz. A keverést csak az írásban kiadott *keverési utasítás* birtokában szabad elkezdeni. A keverési utasításnak tartalmaznia kell az alkotóanyagok fajtáját, adagolandó mennyiségét, az adagolás sorrendjét, a betonkeverék konzisztencia-osztálya megnevezését és a keverés időtartamát.

A cementet, az adalékanyagokat és a por alakú kiegészítő anyagokat *tömeg szerint* kell, a keverővizet, a könnyű adalékanyagokat, az adalékszereket és a folyékony kiegészítő anyagokat *tömeg és térfogat szerint egyaránt* szabad adagolni. Az adagolási tűréseket az MSZ 4798-1 tartalmazza.

Ha az *adalékanyag nedvességet tartalmaz,* akkor ezzel a vízmennyiséggel az adalékanyag mennyiségét növelni, a keverővizet csökkenteni kell.

Az adalékszereket általában a *fő keverési folyamat alatt* kell a betonkeverékhez juttatni. Kivételt képeznek a folyósító és a képlékenyítő adalékszerek, amelyek a megkevert betonhoz is adagolhatók. Ez esetben a keveréket újból át kell keverni addig, amíg az adalékszer maradéktalanul el nem oszlik a keverékben. (Mixerkocsiban ez legalább 1 perc/m^3 átkeverési időtartamot jelent.)

Ha a keverőgép dobjába a *névleges térfogatnál több* anyag kerül, akkor ez a keverés eredményességét veszélyezteti.

A keverés befejeztével a betonkeveréket közvetlenül a szállítóeszközbe, vagy ha ez nem valósítható meg, akkor közbenső tárolóba kell *üríteni*. Ha az ejtési magasság 1,5 m-nél nagyobb, akkor tölcsérrel ellátott ejtőcsövet kell alkalmazni. Az ürítőnyílás és az ejtőcső közé enyhe lejtésű csúszda közbeiktatható.

7.1.2. Szállítás

A megkevert betonkeveréket a *bedolgozás helyére* kell szállítani. Szállítás közben a betonkeverékben *káros elváltozások*, (szétosztályozódás, kiszáradás, pépveszteség, káros mértékű lehűlés vagy felmelegedés) nem keletkezhetnek.

Megkülönböztetünk közúti és munkahelyi betonszállítást. *Közúton* a betonkeverék keverő- (mixer-), kavaró (agitátor-), billenőteknős- és billenőszekrényes gépkocsival kerül az építéshelyre. A keverő és a kavaró gépkocsikban. földnedves konzisztenciájú (F1, V1, C1) betonkeverék nem, a billeniteknős és a billenőszekrényes gépkocsikban csak földnedves konzisztenciájú betonkeverék szállítható. A billenőteknős és a billenőszekrényes gépkocsiban szállított betonkeveréket az időjárás behatásaitól *takarással kell megvédeni.* A betonkeveréket keverő- és kavaró gépkocsikból 90 percen belül, a billenőteknős és a billenőszekrényes gépkocsikból 45 percen belül ki kell üríteni.

Az építéshelyre érkező betonkeveréket megfelelőképpen *fogadni kell*. A fogadást úgy kell megszervezni, hogy a betonkeverék *tulajdonságai ne változhassanak*. Ezt elég nehéz megvalósítani. A keverék tulajdonságai a keverés befejeztétől egészen a szilárdulási folyamat végéig és még az után is változnak. A közúton érkező betonkeverék kerülhet közvetlenül a zsaluzatba, valamely munkahelyi szállítóeszközbe vagy közbenső tárolóba. Közbenső tároló közbeiktatására akkor kerül sor, ha a munkahelyi szállítással vagy a betonkeverék bedolgozásával nem követhető a közúti szállítás üteme. A betonszállító járművek munkahelyi várakozását kerülni kell.

A *munkahelyi szállítás* eszközeit a betonkeverék felhasználója választja ki. A betonkeverék a zsaluzatba csúszdán, konténerben, szállítószalagon, szivattyúval vagy egyéb szállítási módszerrel szállítható. A *csúszda* hossza ás hajlásszöge feleljen meg a betonkeverék fajtájának. Csak kellően tömített, szabályozható és szakaszolható ürítésű *konténer* használható. *Szállítószalaggal* legfeljebb képlékeny konzisztenciájú (S2, F3, V3, C3) betonkeveréket szabad szállítani. A szalag hajlásszögét úgy kell megválasztani, hogy szétosztályozódás ne következhessen be. A betonkeverék habarcsrésze feltapadósának megakadályozására a szalagot kaparólemezzel kell ellátni. A szétosztályozódás elkerülésére a szalag végéhez tölcsérrel ellátott ejtőcsövet kell csatlakoztatni. A *betonszivattyú* általában nagy mennyiségű betonkeverék munkahelyi szállításának eszköze. Szivattyúzni csak szivattyúzásra alkalmas összetételű betonkeveréket lehet (kellően telített, jó vízmegtartó képességű, szétosztályozódásra nem hajlamos, megfelelően mozgékony). Szivattyúzni *hosszabb megszakítás nélkül, folyamatosan kell.*

Ügyelni kell arra, hogy a betonkeverék a szállítás során könnyűfémmel (alumíniummal) ne érintkezzen (pl. tehergépkocsi rakfelülete, betonszivattyú csővezetéke). Az alumínium felületéről leváló részecskék ugyanis a betonban lévő mészhidráttal reakcióba lépnek és ennek során *hidrogén-gáz fejlődik,* amely pórusokat kelt a betonban.

7.1.3. Bedolgozás

7.1.3.1. A bedolgozást megelőző teendők

A folyamatos és akadálymentes betonozás érdekében nagyobb munkahelyeken *betonozási ütemtervet* kell készíteni. Az ütemterv készítéséhez ismerni kell a betonmunka befejezésének határidejét, a beépítendő beton mennyiségét és minőségét, a különféle szerkezetek elkészítésének ütemezését, a napi betonszükségletet, a tömörítő eszközök számát és teljesítményét, a rendelkezésre álló dolgozók létszámát, a munkahelyi szállítás és bedolgozás kapacitását stb.

A betonozás megkezdése előtt minden olyan munkát be kell fejezni, amely technológiailag megelőzi a betonkeverék bedolgozását, vagy attól ugyan független, de annak végrehajtása *akadályozná a betonozást.*

A betonozás megkezdése előtt a zsaluzatot, az állványzatot, és a betonacél szerelést ellenőrizni kell. Az ellenőrzés eredményét az *építési naplóban* rögzíteni kell. A *zsaluzat ellenőrzése* a helyzetére, a méretére, a szilárdságára, az alaktartóságára, tömörségére és tisztaságára terjedjen ki. Fontos követelmény, hogy a zsaluzat és az állványzat a betonozás alatt és után, egészen a beton megszilárdulásáig helyzetét és alakját ne változtassa. A *betonacél szerelést* először a zsaluzatba helyezés előtt kell ellenőrizni. Az ellenőrzés a vasátmerőre, a vasvezetésre és a darabszámra terjedjen ki. A második ellenőrzést a betonozás megkezdése előtt kell elvégezni. Ez utóbbi esetben nagy hangsúlyt kell helyezni a betontakarás ellenőrzésére (letaposott acélbetétek!).

A *betontakarás,* amelynek feladata a tűz és a korrózió elleni védelem, valamint a beton és az acélbetét közötti tapadás biztosítása, feleljen meg az MSZ 4798-1 NAD 1. táblázatban foglaltaknak.

A zsaluzat belső felületét és a betonacél szerelést minden idegen anyagtól és szennyeződéstől *meg kell tisztítani.* Tisztítás után a zsaluzat betonnal érintkező felületét kellősíteni kell.

Különböző előkészítést igényel, ha a bedolgozásra kerülő betonkeverék az épített zsaluzaton kívül más felülettel (föld, szikla, szilárd beton) is érintkezik. Vasalt alaplemez vagy alaptest készítésekor – a talajfelület megtisztítása és tömörítése után –, a betonacél szerelés megkezdése előtt legalább 50 mm vastag szerelő betonlemezt kell készíteni. Sziklafelületre való betonozás előtt a laza részeket el kell távolítani, majd a szikla felületét erős vízsugárral le kell mosni. Betonozás előtt a sziklát be kell nedvesíteni, majd a mélyedésekben visszamaradó vizet el kell távolítani.

7.1.3.2. Elhelyezés

A betonkeverék elhelyezésének szabályai:

- a betonkeveréket közvetlenül a zsaluzatba kell üríteni,
- szállítás közben szétosztályozódott vagy a tervezettől eltérő konzisztenciájú betonkeveréket a zsaluzatba helyezni nem szabad,
- a betonkeveréket 1,50 m-nél magasabbról szabadon ejteni nem szabad.

Vízszintes szerkezetek készítésekor a betonkeveréket a betonozás irányával szemben kell kiönteni. Ferde szerkezetek építésekor a betonkeveréket alulról felfelé haladva kell elhelyezni. Emelet vagy ennél magasabb szerkezetek építésekor a betonkeveréket több munkaszintről, ha ez nem valósítható meg, akkor ormánycső közbeiktatásával kell lejuttatni. A tölcsérrel ellátott ormánycsőbe a betonkeveréket úgy kell adagolni, hogy a betonkeverék a csövet mindig teljes keresztmetszetében kitöltse.

A betonkeveréket a zsaluzatba *rétegekben* kell elhelyezni. A zsaluzatba elhelyezett rétegek vízszintesek legyenek.

A betonkeveréket az elhelyezés alatt a közvetlen napsugárzástól, erős széltől, víztől és esőtől *meg kell óvni.*

7.1.3.3. Tömörítés

A zsaluzatba elhelyezett betonkeveréket úgy kell tömöríteni, hogy a friss beton a *lehető legtömörebb* legyen, hiánytalanul kitöltse a rendelkezésre álló teret, és maradéktalanul vegye körül az acélbetéteket, feszítőkábeleket, kábelcsatornákat, valamint a beépítendő szerelvényeket. A *kellő tömörség külső jelei:* a friss beton tovább már nem ülepedik, felülete elsimul, egyenletesen zárttá válik, miközben vékony (1-2 mm-es) habarcsréteg jelenik meg a felszínén és a légbuborékok távozása gyakorlatilag megszűnik.

A *betonozás sebességét* az erőtani adottságoktól, a zsaluzat magasságától, a betonkeverék konzisztenciájától ás a hőmérséklettől függően úgy kell megválasztani, hogy a friss beton oldalnyomása a megengedett értéket (a szokványos zsaluzatok esetében ez kb. 60 kN/m^2) ne lépje túl.

A betonkeverék kézi erővel és géppel egyaránt tömöríthető. A *kézi tömörítésnek* két fajtája van: a döngölés és a csömöszölés. A *döngölés* kis szilárdsági (C8/10), csekély mennyiségű földnedves (F1, V1, Cl) és kissé képlékeny (S1, F2, V2, C2) konzisztenciájú betonkeverékek tömörítéséhez alkalmazható. A döngölő 10-20 kg tömegű, 100-400 cm^2 alapterületű, alul sík, 100-120 cm hosszú nyéllel ellátott vastömb, amelyet 30 cm magasságból kell a vízszintesen elterített betonkeverékre ejteni úgy, hogy minden ütéskor a döngölő az előzően döngölt felületnek kb. felét átfedje. *Csömöszöléssel* a folyós (S3, F4, V4) konzisztenciájú betonkeveréket kell tömöríteni. A csömöszölő eszköz 2-6 kg tömegű, 100-120 cm hosszú, alul lekerekített acélrúd, amelyet 15-20 cm magasból, sűrűn kell a tömörítendő betonkeverékbe szúrni úgy, hogy a szúrás az előző, már tömörített rétegbe is behatoljon.

A *gépi tömörítés* eszközei: a döngölő, a vibrokalapács és a vibrátor. A *gépi döngölők* pneumatikus, villamos és benzin üzemű, percenként 400-1000 ütésszámú eszközök, amelyek főleg vasalatlan, kisebb betonelemek előregyártásához (pl. idomkövek), valamint a zsaluzat kopogtatására alkalmasak. Használatuk megegyezik a kézi döngölés gyakorlatával. Ugyancsak jól használhatók a zsaluzat kopogtatására a *vibrokalapácsok* is. A *merülővibrátorok* a betonkeverékbe merülve, a rezgési energiát közvetlenül a betonkeveréknek adják át. A merülővibrátort egyenletes sebességgel, merőlegesen kell a vízszintesen elterített betonkeverékbe meríteni, és onnan lassan kihúzni úgy, hogy a beton a rázófej mögött összezáródhasson. A rázófejet az előzőleg tömörített rétegbe is legalább 10-15 cm mélységig le kell engedni. A bemerítés és a kihúzás sebességét, a bemerítési helyek távolságát, és a vibrálás időtartamát próbavibrálással kell meghatározni. A rétegvastagságot nem szabad 50 cm-nél nagyobbra választani.

A *felületi vibrátorok* (lap- és pallóvibrátor, vibrohenger) a tömörítendő betonkeverék felületén járva adják át rezgéseiket. Kis vastagságú vízszintes, vagy enyhe lejtésű lemezszerkezetek tömörítésére alkalmasak, amelyek egy rétegben betonozhatók, és vastagságuk nem nagyobb, mint a felületi vibrátor hatómélysége. Ha a szerkezet a hatómélységnél nagyobb, akkor

a merülő és a felületi vibrálás kombinációját kell alkalmazni. A felületi vibrátort párhuzamos sávokban (3-5 cm-es átfedéssel), lassú egyenletes sebességgel kell a tömörítendő betonkeverék felületén mozgatni úgy, hogy a felület minden pontját legalább kétszer kell végigjárni.

A *zsalurázó vibrátorok* a gerjesztett rezgést a zsaluzat közvetítésével adják át a betonkeveréknek, és vékony, sűrűn vasalt szerkezetek tömörítésére alkalmasak. A szerkezet vastagságától és a vibrátor hatómélységétől függően a zsalurázó vibrátorok felerősíthetők a zsaluzatnak csak az egyik, vagy mindkét oldalára. A vibrátorok számát és elhelyezését próbavibrálással kell meghatározni. Rétegekben kell betonozni. Egy-egy réteg vastagságát nem szabad 50 cm-nél nagyobbra választani.

A *vibrátorasztalok* a rezgést ugyancsak a zsaluzat (sablon) közvetítésével adják át a betonkeveréknek. Főleg a helyszíni és a telepített előregyártó üzemekben előregyártott elemek, valamint laboratóriumokban próbatestek készítéséhez alkalmazzák.

A *tömörítést követően* a beton felületét lehúzó deszkával, kőműveskanállal, vagy motoros simítóval, úgy kell kialakítani, hogy a tervezett felület időben elkészüljön. A befejező munka a felületen nem eredményezhet cementtej képződést. A felület kiképzése során víz, cement, felületkeményítő, vagy más anyag nem használható fel, kivéve, ha ezt előírják, vagy ebben megállapodtak.

A tömörítés alatt a betonkeveréket, illetve a friss betont a közvetlen napsugárzástól, erős széltől, valamint víztől és esőtől *meg kell védeni.*

7.1.3.4. Munkahézag

Betonozni folyamatosan, megszakítás nélkül kell. Ha nem valósítható meg, hogy friss beton kerüljön friss betonra, akkor munkahézag keletkezik. Munkahézag keletkezhet terv szerint (pl. építésszervezési okokból), vagy váratlan okból (pl. géphiba). *Csak ott szabad kialakítani,* ahol az a szerkezet egységes működését nem veszélyezteti, ahol a betonban számottevő húzó- és nyíróerő nem alakul ki és a csatlakozó felület merőleges a nyomófeszültség irányára. Látszóbeton esetében a munkahézagnak ezen kívül esztétikai követelményeket is ki kell elégítenie (pl. horonyba rejtett munkahézag).

A függőleges vagy ferde munkahézagot kellően merev, ideiglenes *zsaluzattal kell határolni.*

A munkahézagot *meg kell szabadítani* a felszínén lévő habarcsrétegtől. A nem kívánatos réteget a beton korától függően más-más módszerrel kell eltávolítani (lágy kefe, sörtekefe, drótkefe, véső, kis- és nagynyomású vízsugár stb.), majd a felületet *a törmeléktől meg kell tisztítani.* A munkahézagot a betonozás megkezdéséig *nedvesen kell tartani.* A betonozás folytatása előtt a felületen maradó vizet el kell távolítani és meg kell várni amíg a felület matt-nedvessé válik.

A munkahézaghoz *csatlakozó első betonréteg* készítéséhez használt betonkeverék az egyébként használtnál mozgékonyabb (ezt képlékenyítő és folyósítószerrel kell elérni) és kisebb szemnagyságú legyen (csökkentett d_{max}).

Az új és a régi betonréteg együttdolgozása tapadóhíd felhordásával fokozható.

7.1.3.5. Utókezelés

A kötés és a kezdeti szilárdulás során *biztosítani kell* a beton

- kellő nedvességtartalmát,
- megfelelő hőmérsékletét, és
- rezgésmentességét.

Ezen kívül meg kell akadályozni, hogy a beton eső vagy áramló víz hatására kimosódjon.

A *nedves utókezelésnek* két módszere van:

- a beton nedvesentartása, és
- a keverővíz elpárolgásának megakadályozása.

7

A *nedvesentartás* módszerei: a permetezés, az elárasztás, és a folyamatosan vízzel átitatott anyagokkal (pl. zsákvászonnal) való letakarás. Az utókezeléshez *csak olyan víz használható,* amelynek minősége megfelel a keverővízzel szemben támasztott követelményeknek.

A *keverővíz elpárolgása* a zsaluzatnak a betonon való tartásával, ponyvával és műanyag fóliával való hermetikus letakarással, és párazáró bevonat felhordásával akadályozható meg.

A betont *meg kell óvni* az erős lehűléstől és felmelegedéstől, valamint a gyors hőmérsékletingadozásoktól.

Ugyancsak óvni kell a fiatal betont a rázkódásoktól, a káros rezgésektől és a beágyazott acélbetétek megmozdításától. *Ügyelni kell* továbbá az állványzat és a zsaluzat alaktartóságára ás elmozdulás mentességére (ne süllyedjen).

Az *utókezelés legrövidebb időtartamára* a *7.1.1. táblázat* adatai nyújtanak tájékoztatást.

7.1.1. táblázat

A levegő hőmérséklete, °C	*Az utókezelés időtartama, nap ha a beton szilárdulásának üteme*			
	gyors	közepes	lassú	nagyon lassú
≥ 25	1	2	3	4
25-15	2	4	6	8
15-10	3	6	9	12
10-5	4	8	12	16

Az utókezelés legrövidebb időtartama

Az utókezelés időtartama attól függ, hogy a felületen, a betontakarás környezetében, milyen gyorsan szilárdul a beton. Ezt az MSZ EN 206-1:2002 a 2 napos és a 28 napos nyomószilárdságok arányával fejezi ki az alábbiak szerint:

- a szilárdulás üteme gyors, ha ez az arány ≥ 0,5;
- a szilárdulás üteme közepes, ha ez az arány ≥ 0,3 és < 0,5 közötti;
- a szilárdulás üteme lassú, ha ez az arány ≥ 0,15 és < 0,3 közötti;
- a szilárdulás üteme nagyon lassú, ha ez az arány < 0,15.

Azzal az időtartammal, mialatt a levegő hőmérséklete +5 °C-nál alacsonyabb az utókezelés időtartamát meg kell növelni. *Hosszabb utókezelést* kell előírni, ha a beton koptatóhatásnak, vagy igen káros környezeti hatásnak (pl. nagymértékű agresszív hatásnak) van kitéve. Nagytömegű (vastagfalú) betonszerkezetek esetében a hőmérsékletkülönbségekből eredő káros feszültségek elkerülésére megfelelő intézkedéseket kell tenni, mindenekelőtt az utókezelés időtartamát kell megnövelni.

A választott utókezelési időtartamot követően is *csak lassan szabad a betont kiszáradni hagyni.*

Az *utókezelés konkrét időtartamát* és annak módját az építkezés felelős műszaki vezetőjének kell meghatározni a betontechnológus bevonásával.

7.1.3.6. Kizsaluzás

A zsaluzat és az állványzat eltávolítását akkor szabad megkezdeni, ha az építkezés felelős műszaki vezetője meggyőződött a beton megfelelő szilárdságáról, valamint arról, hogy a betont fagykár nem érte. *Kétség esetén* a beton kellő szilárdságát a szerkezet készítéséhez felhasznált betonkeverékből készített, a szerkezet mellett tárolt, azonos módon utókezelt próbatestek szilárdságvizsgálati eredményével kell igazolni.

Ugyancsak próbatestek szilárdságvizsgálatával kell a szerkezet kizsaluzási időpontjáról dönteni a szilárdulás gyorsítását vagy lassítását szolgáló anyagok és módszerek (pl. gőzérlelés) alkalmazása esetén.

A beton szilárdsága *roncsolásmentes szilárdság vizsgálattal* is ellenőrizhető.

A zsaluzat elbontásakor a szerkezetet rázásnak, lökésnek és ütésnek kitenni nem szabad.

Ha a zsaluzat és az állványzat bontása közben a szerkezeten az *állékonyságot veszélyeztető* hiba, vagy jelenség mutatkozik, akkor a bontást azonnal abba kell hagyni, és szükség esetén gondoskodni kell a szerkezet ideiglenes megerősítéséről. Az észlelt hibákat az építkezés felelős műszaki vezetőjének, és a statikus tervezőnek kell megvizsgálni. A bontást csak az Építési Naplóban rögzített módon szabad folytatni.

A *kizsaluzás és a kiállványozás időpontjáról a 7.1.2. táblázat* adatai tájékoztatnak. *+10 °C alatti hőmérsékleti körülmények* között a *7.1.2. táblázatban* foglaltaknál számottevően hosszabb kizsaluzási és kiállványozási időpontok adódhatnak. A bontás idő pontját *annyi nappal kell meghosszabbítani,* ahány nap átlagos hőmérséklete 0 °C alatt volt.

7

7.1.2. táblázat

A cement szilárdsági osztálya	*Gerenda, fal és pillér oldalzsaluzata*	*Födémlemez zsaluzata*	*Gerenda, keret és nagy fesztávú lemez állványzata*
42,5R; 52,5R; 52,5N	1	3	7
32,5R; 42,5N	2	6	14
32,5N	3	9	21

A zsaluzat és az állványzat eltávolításának legkorábbi időpontja

A *7.1.2. táblázatban* szereplő *időpontok rövidíthetők,* ha szilárdságvizsgálat igazolta, hogy a beton már korábban elérte a 28 napos korra előírt nyomószilárdság 80%-át. A kellő nyomószilárdság roncsolásmentes szilárdságvizsgálattal is igazolható. Az időpontok akkor rövidíthetők, ha statikai számítások bizonyítják, hogy a vizsgálattal meghatározott szilárdság megfelelő biztonsággal képes elviselni a szerkezetet érő terhelést a kizsaluzás után

A *7.1.2. táblázatban* megadott kizsaluzási időpontokat a *tervezőnek kell meghosszabbítani,* ha a szerkezet biztonsága ezt más szempontokból megköveteli (pl. nagy zsugorodási alakváltozás, a beton hővédelme).

7.2. Betontechnológiai utasítás (Dr. Buday Tibor)

A betonozási munkához a munkahelyi adottságokat figyelembe vevő betontechnológiai utasítást kell készíteni. *Tárgykörébe tartoznak* az alkotóanyagokkal és a betonnal szemben támasztott követelmények, a betonösszetétel, a munkahely előkészítése, a beton keverése, szállítása, bedolgozása, utókezelése és a minőség ellenőrzése, valamint a vonatkozó munka- és környezetvédelmi előírások.

A betonozási munkával kapcsolatos egyéb munkák, úgymint a *zsaluzási és a betonacél-szerelési munkák* külön technológiai utasítások tárgykörébe tartoznak.

7.3. A transzportbeton átadásának-átvételének feltételei (Dr. Buday Tibor)

Az *átadás-átvétel zavartalansága érdekében* a felhasználónak meg kell egyeznie a gyártóval az átadás napjában, idejében és ütemében, valamint a szállítás megengedett leghosszabb időtartamában.

A felhasználónak tájékoztatnia kell a gyártót a munkahelyi szállítás és bedolgozás módjáról, a szállítójárműre vonatkozó megkötésekről (típusáról, méreteiről, magasságáról, bruttó tömegéről), az építéshely megközelítésének és a jármű beállásának módjáról.

A gyártónak - igény esetén - tájékoztatást kell adnia a felhasználónak a beton összetételéről, amely lehetővé teszi a megfelelő bedolgozási mód kiválasztását, valamint a szilárdulási ütem becslését az utókezelés szükséges időtartamának meghatározásához.

Az *átadás-átvétel alapvető feltétele,* hogy a betonkeverék a konzisztenciájának *megfelelő szállítójárműben,* a tervezett minőségben kerüljön a

felhasználás helyére. A V0, V1, C0, és F1 konzisztencia osztályú betonkeverékeket kellően tömített, sima felületű billenőteknős, vagy billenőszekrényes gépkocsival kell szállítani. Az S1, V2, C1, és F2 konzisztencia osztályú betonkeverékeket is szabad ezekkel a gépkocsikkal szállítani, ha ezt a gyakorlat, vagy az előzetes próbaszállítás igazolta. Ellenkező esetben ezek a kissé képlékeny konzisztenciájú betonkeverékek csak mixer vagy agitátor gépkocsival szállíthatók. A gépkocsi rakfelületén szállított betonkeveréket ponyvatakarással kell megvédeni az időjárás káros behatásaitól (eső, tűző nap). Az S2, S3, S4, S5, V3, V4, C2, C3, F3, F4, F5, és F6 konzisztencia osztályú betonkeverékeket csak mixer vagy agitátor gépkocsival szabad szállítani.

A szállítás megengedett leghosszabb időtartamát a *7.3.1. táblázat* tartalmazza.

7.3.1. táblázat

A víz/cement tényező	A szállítás leghosszabb időtartama ha a szállításkor a betonkeverék hőmérséklete, °C								
	+10			+20			+30		
	A cement szilárdsági osztálya								
	32,5	42,5	52,5	32,5	42,5	52,5	32,5	42,5	52,5
0,35-0,40	70	60	50	40	30	20	20	10	5
0,45-0,50	80	70	60	50	40	30	30	20	10
0,55-0,60	90	80	70	60	50	40	40	30	20
0,65-0,70	100	90	80	70	60	50	50	40	30

A szállítás leghosszabb időtartama

A megengedett szállítási időtartamon belül érkezett járműből kiürített betonkeveréket *30 percen belül be kell dolgozni.*

7

Meleg időben a betonkeverék hőmérséklete legfeljebb 30 °C lehet.
Hideg időben meleg betont kell szállítani; a betonkeverék hőmérséklete az átadáskor az átadás helyétől, a levegő hőmérsékletétől, a cement fajtájától, szilárdsági osztályától és mennyiségétől, valamint a szerkezet felületi modulusától függően +10 °C és +25 °C határok között legyen.

A gyártó a *beton minőségéért* csak az átadás-átvétel időpontjáig felel. a betonkeverék átvételét követő teendők (a munkahelyi szállítás, a bedolgozás és az utókezelés) végrehajtásának minősége tehát nem a gyártó felelőssége.

Ha a szállítójármű a gyártóé, ill. általa bérelt, akkor az *átadás-átvétel időpontja* a szállítójármű beállása a felhasználó által kijelölt ürítési helyre és az ürítés megkezdése. Ha a jármű a felhasználóé, ill. általa bérelt, akkor az átadás-átvétel időpontja a jármű megérkezése a betonüzem kijárati kapujához.

A gyártónak a betonkeveréket *szállítólevél kíséretében* kell a felhasználónak átadni. a szállítólevél a következő adatokat tartalmazza:

- a betonüzem megnevezését,
- a szállítólevél számát,
- a gyártás napját, valamint a cement és a víz első érintkezésének időpontját,
- a szállítójármű rendszámát,
- a betonkeverék betöltése befejezésének időpontját,
- a felhasználó nevét,
- a betonozás helyét és megnevezését,
- a műszaki feltételeket, vagy ezekre való hivatkozást (pl. a betonösszetétel azonosítási számát),
- a beton mennyiségét m^3-ben,
- a megfelelési nyilatkozatot, hivatkozva a műszaki feltételekre és az MSZ 4798-1-re,
- a tanúsító szervezet megnevezését,
- a szállítójárműnek a átadás-átvétel helyére való érkezésének időpontját,
- az ürítés kezdetének és befejezésének időpontját.

A szállítólevélre *kiegészítésül* még a következő adatokat kell rávezetni ***tervezett beton esetében:***

- a szilárdsági osztályt,
- a kitéti (környezeti) osztályokat,
- a kloridtartalom-osztályt,
- a konzisztencia osztályát, vagy tervezett értékét,
- a betonösszetétel határértékeit,
- a cement fajtáját ás szilárdsági osztályát,
- az adalékszer és a kiegészítőanyag fajtáját,
- a különleges tulajdonságokat,
- az adalékanyag legnagyobb névleges szemnagyságát,
- könnyű- vagy nehézbeton esetében a testsűrűség osztályát vagy tervezett értékét.

előírt összetételű beton esetében:

- a betonösszetétel részletezését,
- a víz-cement tényezőt,
- a konzisztencia osztályát, vagy tervezett értékét,
- az adalékanyag legnagyobb névleges szemnagyságát.

Az átadás-átvétel során a felhasználónak ellenőriznie kell a szállítmány mennyiségét és minőségét. A *mennyiség* a beton tömegének és a betonkeverékből készített szabványos próbatestek (legalább 3 db.) testsűrűségének ismeretében meghatározható (tömör m^3 = tömeg: testsűrűség). A *minőség* ellenőrzése a konzisztencia és a szilárdság vizsgálatát jelenti. A *konzisztenciát* a szállítási szerződésben rögzített konzisztenciavizsgáló eszközzel, az érkezés időpontjától számított 10 percen belül kell ellenőrizni. A *szilárdság* vizsgálatához szükséges próbatesteket a betonkeverék megérkezésétől számított 20 percen belül kell elkészíteni.

Szükség esetén a *betonkeverék hőmérsékletét* is mérni kell.

A *betonösszetétel* tájékoztató adatai szétmosással ellenőrizhetők.

A vizsgálatokhoz szükséges betonkeveréket *(próbát)* mixer és agitátor gépkocsiból az ürítés 15-85%-a között, a billenőteknős és a billenőszekrényes gépkocsiból pedig három különböző helyről vett, legalább 50 dm^3 próba homogenizálásával kell venni.

Az ellenőrzés során kapott adatokat a *szállítólevélre rá kell vezetni.*

Ha az építéshelyen *képlékenyítő vagy folyósító adalékszer adagolására* kerül sor, akkor

- az adagolás időpontját,
- az adagolt mennyiséget,
- az átkeverés időtartamát,
- az adagolás előtt és után végzett konzisztencia vizsgálat eredményét,
- a konzisztencia vizsgálattal párhuzamosan készített próbatesteken mért készítési testsűrűséget, a számított (vagy mért) levegőtartalmat, és
- a friss beton hőmérsékletét

a *szállítólevélre ugyancsak rá kell vezetni.*

Az átadás-átvételkor általában nem szabad a betonkeverékhez vizet vagy bármilyen adalékszert adni. Kivételes esetekben, a gyártó felelősségvállalása esetén a konzisztencia vízzel vagy adalékszerrel az előírt értékre

beállítható, ha az előírt határérteket nem lépik túl és a beton tervezésekor az adalékszer adagolását figyelembe vették.

Utólagos víz vagy adalékszer adagolására csak mixerkocsiban szállított betonkeverék esetében van mód.

Ha a megengedett szállítási időtartamion belül érkezett *betonkeverék konzisztenciája* az átadáskor a *tervezettnél szárazabb,* akkor a gépkocsivezetőnek szabad a konzisztenciát a szállítólevélben rögzített tartományra képlékenyítő vagy folyósító adalékszerrel, ennek hiányában vízzel beállítani. Ez esetben a gyártó szavatossága fennáll.

Ha a felhasználó az átadáskor a betonkeverék konzisztenciáját a szállítólevélben rögzített *konzisztencia-tartomány felső határa fölé* kívánja beállíttatni, akkor a gyártó felelőssége megszűnik.

Ha a betonkeverék konzisztenciája az átadáskor a szállítólevélben rögzített *konzisztencia-tartomány felső határát* (a konzisztencia előírt értékét és ennek tűrését) *túllépi,* akkor a gyártó felelőssége megmarad, ha

- a felhasználó rövid úton megkérdezi a gyártót a teendőkről (átirányítás, visszaküldés) és aszerint jár el,
- a felhasználó a betonkeverékhez a gyártóval egyeztetett mennyiségű cementet ad és a betonkeveréket 70 keverési fordulattal átkeveri.

Ha a felhasználó az ilyen betonkeveréket a gyártóval való *egyeztetés nélkül* használja fel, akkor a gyártó felelőssége megszűnik.

Ha a betonkeverék a megállapodás szerinti időben érkezik az építéshelyre, de a felhasználó nincs abban a helyzetben, hogy a betonkeveréket 30 percen belül átvegye és ezért az *átvételi határidőt átlépi,* akkor a gyártó szavatossága a beton tulajdonságai tekintetében megszűnik. Az ilyen betonkeveréket *csak akkor szabad felhasználni,* ha a konzisztenciája még megfelelő, vagy a konzisztencia adalékszerrel a tervezett értékre beállítható.

A betonkeverékhez hozzáadott víz vagy adalékszer mennyiségét minden esetben a *szállítólevélre rá kell vezetni.*

Ha a betonkeverékhez az építéshelyen a tervezettnél több vizet vagy adalékszert adnak, akkor a szállítólevélre a *„nem megfelelő”* megjegyzést kell ráírni. Aki ezt elrendelte, felelős a következményekért; nevét a szállítólevélre rá kell vezetni.

A *betonkeverék átadása-átvétele tényét* a gépkocsivezetőnek (mint a gyártó képviselőjének) és a felhasználónak (az átvevőnek) *aláírással kell hitelesíteni.*

7.4. Betonfedés (Dr. Kausay Tibor)

A vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet tartóssága, az acélbetétek korrózióvédelme és tapadása, valamint a szerkezet tűzbiztonsága egyebek mellett megköveteli, hogy a betonfedés kellő vastagságú legyen. A vastagabb betonfedés a beton karbonátosodásának, átnedvesedésének, az acélbetét korróziójának folyamatát lassítja. A megfelelő betonfedés előírásáért a tervező, az előírt vastagság betartásáért a kivitelező felel (MSZ 4798-1:2004).

Meg kell különböztetni az előírt legkisebb betonfedést, az előírt névleges betonfedést és a tényleges betonfedést.

Az előírt *legkisebb betonfedés* az acélbetét vagy a feszítőbetét (beleértve a szerelőbetéteket és a kengyeleket is) szélső pontja és a szerkezeti elem felülete közötti legkisebb távolság előírt értéke. Jele: c_{min} [mm]. Értéke legalább 10 mm. Az előírt legkisebb betonfedés a környezeti osztályoktól függő *alapértékből* ($c_{min,dur}$) és különleges esetekben az acéltapadástól, az acél felületének állapotától és a biztonsági növekménytől függő, nemzeti szempontok szerinti módosító értékből áll.

A prEN 1992-1-1:2003 betonszerkezet tervezési szabványtervezet 4.4N táblázata a közönséges és 4.5N táblázata a feszített acélbetétek előírt legkisebb betonfedésének (c_{min}) alapértékét ($c_{min,dur}$) a prEN 1992-1-1:2003 szerinti S1–S6 szerkezeti osztályok és az acélbetétre veszélyes X0, XC, XD, XS környezeti osztályok függvényében, a közönséges acélbetétekre 10-55 mm, a feszített acélbetétekre 10-65 mm között adja meg.

A prEN 1992-1-1:2003 szabványtervezet a betonra veszélyes XF, XA, XK, XV környezeti osztályok előírt legkisebb betonfedésének alapértékére nem tartalmaz adatot. Utal azonban rá, hogy az XF és XA környezeti osztályban a beton összetételére különös gondot kell fordítani, továbbá, hogy az XK környezeti (igénybevételi) osztályban azzal kell számolni, hogy a betonfedésből a koptató hatástól függően 5, 10, 15 mm lekopik.

Az előírt *névleges betonfedés* az előírt legkisebb betonfedésnek a *kötelező ráhagyással* (Δc_{dev} [mm]) megnövelt, előírt értéke. Jele: c_{nom} [mm] és $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$. Az előírt névleges betonfedést kell a statikai számításokban alkalmazni és a szerkezeti terveken bejelölni.

A *kötelező ráhagyás alapértéke* a gyártás színvonalától függően jellegzetesen 5-15 mm, általában 10 mm, betonelem előregyártás során 5-10 mm.

A kivitelezés során az előírt névleges betonfedést kell alkalmazni, hogy a *tényleges betonfedés* nagyobb legyen, mint az előírt legkisebb betonfedés: $c_{tényleges} > c_{min}$.

Az építéshelyi betonszerkezetek betonfedésével az MSZ ENV 13670-1:2000 szabványtervezet, az előregyártott betontermékek betonfedésével az MSZ EN 13369:2003 szabvány A melléklete külön foglalkozik.

A betonfedés egyes környezeti osztályokban szükséges mértékéről az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD I1. táblázata alapján a *7.4.1. táblázat* ad tájékoztatást. A *7.4.1. táblázat* a prEN 1992-1-1:2003 szabványtervezet S3 szerkezeti osztályára vonatkozik, ha a beton tervezett használati élettartama 50 év, és a betonacél vagy a feszítőbetét külön védelemmel el nem látott, ötvözetlen szénacél.

7.4.1. táblázat

Környezeti osztály	Legkisebb betonfedés c_{min} mm		Kötelező ráhagyás Δc_{dev} mm
	Betonacél	Feszítőbetét	
X0	10	10	10
XC1	10	20	10
XC2 – XC3	20	30	15
XC4	25	35	15
XD1 és XS1	30	40	15
XD2 és XS2	35	45	15
XD3 és XS3	40	50	15
XF1 – XF4 XA1 – XA3 XV1(H) – XV3(H)	45	55	15
XK3(H) – XK4(H)	50	60	15

A betonfedés szükséges mértéke szokványos szerkezet esetén

Megjegyzések:

1.) Ha a névleges betonfedés értéke $c_{nom} > 40$ mm, akkor a betonfedésbe erősítő műanyaghálót kell szerelni.
2.) Ha a beton nyomószilárdsági osztálya az erőtani követelmények folytán két osztállyal nagyobb, mint a környezeti osztályban megkövetelt érték, akkor a legkisebb betonfedést 5 mm-rel csökkenteni lehet, kivéve az XC1 környezeti osztályt.
3.) Ha az adalékanyag szemnagysága nagyobb, mint 32 mm, akkor a legkisebb betonfedést 5 mm-rel meg kell növelni.
4.) Ha a beton tervezett használati élettartama 100 év, akkor a legkisebb betonfedést 10 mm-rel meg kell növelni.
5.) Ha a monolit vasbeton szerkezetet egyenetlen aljzatra fektetik, vagy ha a felület tagolt (pl. látszóbeton), akkor a kötelező ráhagyás legalább 40-75 mm legyen.

8. KÜLÖNLEGES TULAJDONSÁGÚ BETONOK

8.1. Rostbeton – szálerősítésű beton[1] (Dr. Erdélyi Attila)

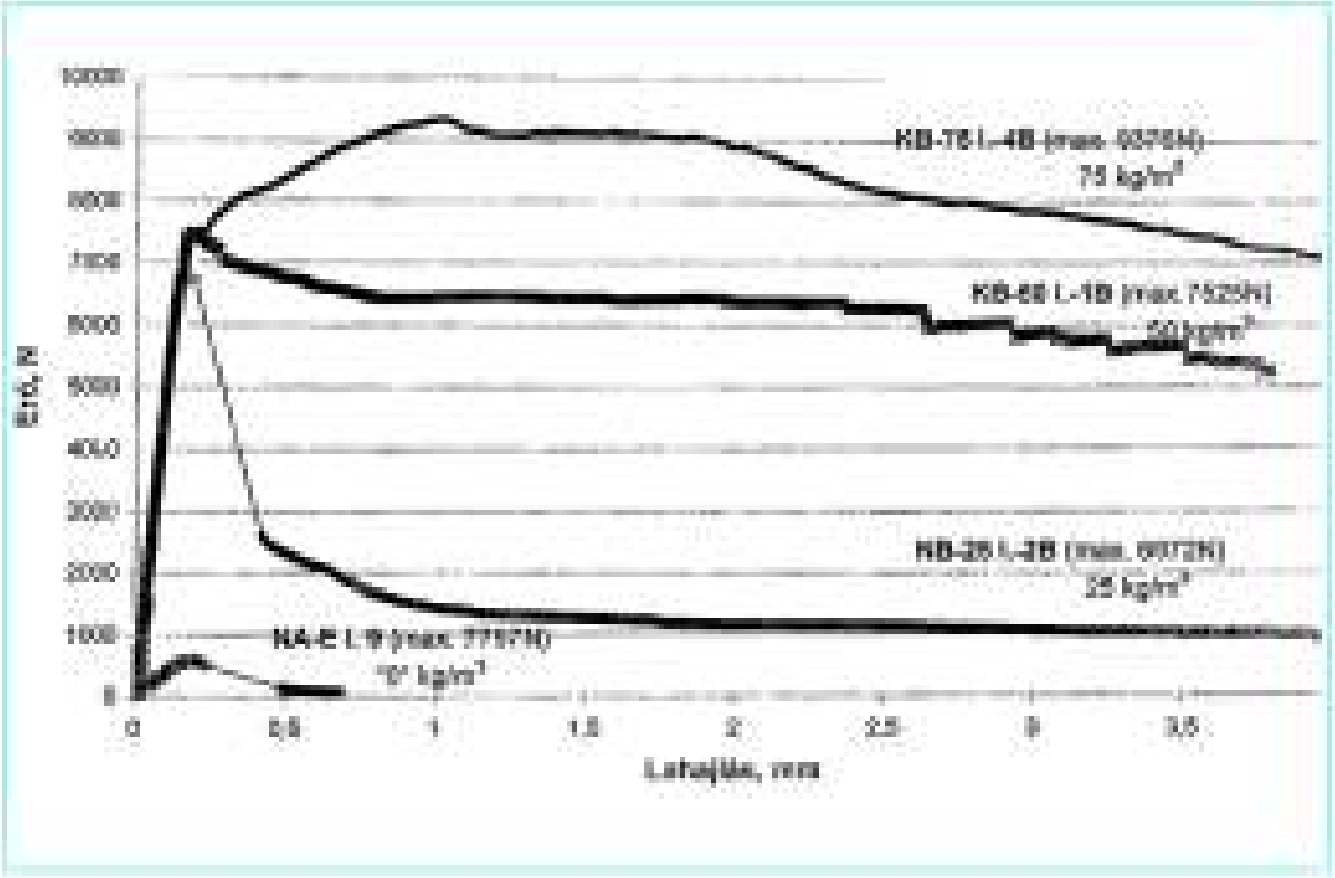
8.1.1. Áttekintés – általános tulajdonságok

Az utóbbi néhány évtizedben igen eredményesen alkalmaztak betonba kevert „rostokat", szálakat a kőszerű, rideg ágyazó anyag szívóssági tulajdonságainak: ütésállóságának, összenyomhatóságának σ–ε diagram alatti területének, a repedésképződés gátlásának javítása végett. (BALÁZS GY. – ERDÉLYI A.: Rostbetonok 1977.) Mind monolit, mind előregyártott, helyszíni, transzport- vagy lőttbeton, könnyűbeton stb. készülhet 10–60 mm hosszú acél, műanyag (főleg poli-propilén=PP) üveg- v. karbonszálak bekeverésével. Leggyakoribb a különböző kúpos, lapított, hajlított stb. *szálvégkiképzésű,* hullámosított vagy egyenes, l/d=30….100 karcsúságú *acélszál,* amelyekből ≈0,3–1,0 térf%, azaz 20…80 (100) kg/m^3 adagolásra van szükség (1 térf%=78,5 kg/m^3 az acél sűrűsége alapján) a kellő műszaki teljesítmény eléréséhez. A szokásos szál(rost)fajták és tulajdonságok, ill. *száltartalmak* az osztrák Richtlinil Faserbeton, 2002 márc.=RLF szerint a *8.1.1. és 8.1.2. táblázatban*-ban találhatók. Más – ásványi –szálfajtákra lásd KISS R., 1991).

Térburkolatok, ipari padlók, járdák *rugalmasan ágyazott betonja* már ≥25 kg/m^3 acélszál-adagolással készíthető *hálóvasalású,* és ezért külön szerelési – beemelési munkaütemet igénylő *burkolat helyett. Lőttbeton* acélszálas alagútbélés esetén elmarad a befúrás – tüskeberagasztás – hálószerelés; a rálőtt rostbeton követi az alagút nyers belső felületét. (Lőttbeton előírás pl. ASTM C116–1991, SFRC and Shotcrete; SFRC=acélszálerősítésű beton). A tisztán *hajlított lemezben, gerendában,* ill. a nyírt szakaszokon és tartóvégeken (feszített tartók felhasadása) a rideg ágyazóanyag *első megrepedése* **után** dolgoznak csak a rostok, – tehát maga a *hajlítószilárdság* csak igen nagy – *szinte szövetszerű* – száltartalom és finom sajtolással tömörré tett ágyazóanyag révén növelhető („slurry infiltrated fiber reinforced concrét = SIFCON). A *szokásos betontechnológiai eszközökkel és keverékekkel* (30–80 kg/m^3 acélszál, C30–C50 beton kb. „B" szemmegoszlás) *a hajlítószilárdság* **nem,** csak az *első repedés utáni* további teherbíróképesség („post crack strength") növelhető, vagy tartható fenn. A *8.1.1. Erő-lehajlás diagram ábrán* ez a

[1] Ez a fejezet az OTKA Iroda által támogatott T01 6683 és a T03 2883 számú kutatások alapján készült. A szerző köszöni az OTKA Iroda támogatását.

folyamat látható. A száltartalom és/vagy karcsúság ideálisan „rugalmas-képlékeny” vagy jó szálvéglehorgonyzás esetén – „rugalmas-fölkeményedő” erő-lehajlási diagramok mérhetők 2-támaszú gerendákon. (WESTIN–PETERSON–NORDIN, 1992.; ERDÉLYI A.: 1993.; 1994.; 1995.; 1996/a.; 1996/b.; 1999.; 2003.; 2004.)



8.1.1. ábra: Erő-lehajlás diagamok 0-25-50-75 kg/m³ száladagolással

A *PP-szálak csekély* E-modulusuk miatt a még meg nem repedt (I. feszültségi állapot) szilárd betonban *nem* – alig – *dolgoznak*, ezzel szemben alkalmasak a *képlékeny* (korai) *zsugorodás* és *repedezés meggátlására*, a *víz visszatartására* (óriási felületük, kis 10–300 μm átmérőjük révén) ezért mintegy pótlólagos „belső” nedves utókezelésre is. A vékony szálak mentén a víz elpárolgása után kialakuló csatorna-rendszer *némileg hasonló* hatású, mint a légbuborékrendszer, tehát a *fagyállóság* (az említett jobb „belső” utókezelés miatt is) nőhet. (ERDÉLYI A. – MÁHR G.: az M7-es ÁKMI táblacsere kísérletek). A PP szálak nevezetes előnye, hogy közönséges vagy még inkább a könnyűbetonok *tűzállóvá tehetők* az égési hőmérsékleten elpárolgó PP szálak szabad *csatornahálózatán* át *túlnyomás nélkül* elgőzölgő víz miatt, és így az alagútburkolat nem „robban le”. (SCHNEIDER, H. –WEISSE, H.– KÖNIG, O. –HÖLSCH,

K.: **2002.**; WÖRNER, J–D.; **2002.**) Az Alpokban épített alagutak tűzvészbalesetei után elrendelték a PP-szálas *tűzálló betonbélések* készítését az illetékes országokban. Az osztrák RLF 6/3 tábl. előírja, hogy a rostbeton *leválása*, *lepattogzása* a holland RWS szerinti tűzállósági vizsgálat után ≤30, ill. ≤20%-a lehet a *nem rostos* etalon betonhoz képest.

Tartósság. Az acélszálak a meg nem repedt betonban nem rozsdásodnak, tehát a rozsdanyomás okozta lepattogzástól nem kell félni, – a felszínre kiérkező szálvégek (látszóbeton!) azonban rozsdafoltocskákat okozhatnak (osztrák Faserbeton Richlinie, 2002). Az acélrost beton fagy- és sózásállósága jobb, mint a közönséges betoné, mert a szálak a lehámlást csökkentik és a fagyasztott – olvasztott beton rugalmassági modulusa is kevésbé csökken, mint a szál nélküli etalon betoné (Erdélyi, 2004. **OTKA** T 032 883).

8.1.2. Alkalmazási területek

A fentiekben részben áttekintett alkalmazási lehetőségeket a többrészes *8.1.3. táblázatban* rendszereztük, az osztrák előírás alapján (RLF **2002.**)

A rostbeton készíthető *öntömörödő* változatban is (LINSEL, S. – DEHN, F. **2002**), ill. *az acélra különlegesen agresszív környezetben szénszálakat* („karbon–rost vagdalék") is használhatnak. (BERGMEISTER, K. **2002.**)

Vékony PP, ill. üvegszálakból ≤1,5 kg-ot (kb. 1,3 térf%), ill. ≤10 kg-ot (kg. 3,5 térf%) lehet bekeverni beton m^3-ként a *8.1.2. táblázat* szerint.

A hazai első részletes ismertetés és ipari alkalmazás SZABÓ Iván nevéhez fűződik. (Acélhajbeton, Műsz. Kiadó 1976): a SIOME csöveket készítették acélrostokkal és így *ütés- és ejtésálló,* sokkal szívósabb, *élteherre erősebb csöveket kaptak* (DOMBI J. kísérletei, SZIKKTI Betonosztály). Ilyen csövekből kb. 70 km-nyi fekszik Dél-dunántúlon. Az „acélhaj" a duzzadást okozó szulfátos korrózióval szemben is „éppé, tartóssá" tette a csöveket. Újabb kísérletek szerint (ERDÉLYI **2004**, OTKA TO32883) – a lehámlásos fagy. és sózásállóság is növelhető: az acélrost nélküli etalonbeton 6,5–7,5 tömeg% veszteségéhez képest 25 kg/m^3 30/0,5 mm-es acélszáltartalomnál 4,8–6,2; – 50 kg/m^3-nél 4–5,6%, végül 75 kg/m^3-nél 4–4,25 tömeg% volt a *sóoldatban fagyott/sóoldatban kiolvasztott* 75x75x150 mm-es betonhasábok vesztesége. NT (nagy teljesítőképességű) *út- és hídbetonokba* (nem szegélybetonba, mert ott a könnyen rozsdásodó rendes lágyvasalás helyett elképzelhető), ill. régi aszfalt- vagy betonútpályát javító *vékonybeton rétegekbe* svéd tapasztalatok szerint *nem éri meg* acélrostbetont alkalmazni a tetemes anyagköltség

8.1.1. táblázat

Anyag fajta	*Átmérő μm*	*Hossz mm*	*Sűrűség g/cm³*	*E-modulus kN/mm²*	*Húzó-szilárdság N/mm²*	*Szakadó nyúlás %*	*Alkáli állóság*	*Olvadáspont °C*
acél	100–1200	10–100	7,85	210	270–2500	3,5	igen jó	1500
rozsdamentes acél	100–1200	10–60	7,9	185–200	1000–1500	3,0	igen jó	1400–1600
AE(AR) üveg	10–30	10–40	2,7	70–80	1500–4000	2–3,5	jó	1200
E-üveg	8–15		2,6	70–80	2000–4000	4,5	csekély	1200
polipropilén	10–300	6–36	0,9	3–12	300–700	15	igen jó	150
poliakrilnitril	10–100		1,2	15–20	600–900	6–9	igen jó	400
nájlon	>4	5–50	1,14	4	900	13,5	igen jó	200
szén	10–15		1,6	30–35	500–800	2	igen jó	400
„HF" nagy-szilárdságú szénszál	10–20		1,9	230	1500–3000	1	igen jó	500
cellulóz	15–60		1,2–1,5	5–40	200–500	3	csekély	
szizál	10–50		1,8	10–25	250–500	3–5	csekély	
Összehasonlításul cementkő beton			2,0–2,2 2,2–2,4	10–25 30–40	3–6 1–4	0,01–0,05 0,02		

Szálak (rostok) tulajdonságai – összehasonlítás a betonnal és a cementkővel (RLF 2002.)

és a nehezebb keverés-bedolgozás-felületképzés miatt. (PAULSSON, J. **1997**; PAULSSON, J. – SILFWERBRAND, J. **1998.**; SILFWERBRAND, J. – PAULSSON, J. **1998**). Az osztrák NT-betonkísérleti hidak és a velük együttdolgozó NT-pályalemez (HUBER, H. – LINDLBAUER, W. – NISCHER, P. – STEIGEN–BERGER, J. Brückentragwerke aus hochleistungsbeton ohne Abdichtung, Strassenforschung, Heft 505, Wien, **2001**) is *acélszál-nélküli* betonból készültek – viszont az európai NATO *repülőterek futópálya felújításához* mindig 30–60 kg/m^3 acélszálat alkalmaztak (pl. Avianói repülőtér).

8.1.2. táblázat

Szál (rost) fajta	*Szokásos bekeverési eljárások*	*Látbeton, kiindulási keverék*	*Legkisebb megengedett adagolás az RLF 6.1.2. és 7.2.7. szerint*
Acélszál	25 – 50	30 – 60	20
PP szál	0,9 – 1,5	0,9 – 2,5	0,9
AE* üvegszál (AR)	0,9 – 10	>0,9	0,9
* alkáli ellenálló (ném., ang.: AR alkaliresistant)			

Száladagolások, kg/m^3 (RLF 2002.)

8.1.3. Néhány technológiai kérdés

Vékony rétegek, esztrichek jellegzetes rostanyaga a *PP-szál;* ezek – a felületük kikészítési módjától függően – azonos l/d karcsúság esetén is eltérően tapadhatnak be a még képlékeny vagy fiatal (a szálhoz illően még kis E-modulusú) ágyazó anyagba. Szoktak *kevertszálú* kész szárazburkoló/koptató habarcsokat is alkalmazni rövid, vékony acélszálakkal és PP-szálakkal.

A rostok *nemcsak a képlékeny zsugorodást* (l. fent) fékezik, hanem az alakváltozásában gátolt, egy körgyűrűn mérhető *összes* zsugorodási repedésből számítható *átlagos repedéstágasság* **0,2** mm alá szorítható 20–25 kg/m^3 és **0,1** mm alá, kb. 40 kg/m^3 *acél*szállal – míg ugyanehhez 0,65 térf% ≈7 kg/m^3 , ill. ~1 térf% ≈11 kg/m^3 PP szál kellene. Ennyi PP-rost a szokásos összetételű betonokba *nem keverhető be,* – még finombetonba sem. Vékony héjelemekhez cementpépbe a *8.1.2. táblázatban* közöltnél több is bekeverhető („SIFCON") és nem törékeny, változatos (görbült) alakú, tömör, kültéri használatra is alkalmas elemek készíthetők (MAGYARI BÉLA, 1988. 1999.).

A *szálhossz* – bármelyik anyagú – l≥2D (2.d_{max}) hosszúságú legyen, hogy két durva szemcsét és a köztük lévő kitöltő anyagot geometriailag

8.1.3. táblázat
1. rész

BETONTULAJDONSÁGOK 10 ÓRÁS KORIG			
SZÁLFAJTA →	***ACÉLSZÁLAK***	***PP-SZÁLAK***	***ÜVEGSZÁLAK***
zsugorodás	csekély hatású	lényegesen javul	csekély hatású
kivérzés	csekély hatású	lényegesen javul	csekély hatású
szilárdíthatóság	lényegesen javul	lényegesen javul	lényegesen javul
10 ÓRÁSTÓL 3 NAPOS KORIG			
szilárdulási ütem (nyomószilárdság)	a nyomószilárdság csekély növekedése	a nyomószilárdság csekély növekedése	–
nyomási szívósság	a szerkezet a látható megrepedés után tovább növelhetővé válik. A legnagyobb teher elérése után az erő nem esik vissza úgy, mint a rost nélküli beton esetében, hanem sokáig „megáll" és azután lassan csökken.	eddig nincs mérési adat	eddig nincs mérési adat
E rugalmassági mod.	csekély hatású	nincs hatása	nincs hatása
kúszás/zsugorodás	a feszültség – nyúlási (σ–ε) diagramra nyomás esetében erőteljesen hat.	a feszültség – nyúlási (σ–ε) diagramra nyomás esetében hatása kicsi – de jelentős a javuló szívósságos kúszásgátló viszonyok miatt	–
hajlítószilárdság (repesztőszilárdság)	fiatal beton esetében növekszik	csekély hatású. A szilárdulás előrehaladtával a PP-szálak hatása csökken	csekély hatású
egyenértékű hajlítószilárdság (megrepedés utáni húzószilárdság)	a Rostbeton szilárdsági osztályok szerinti ??? a beton szétkrepesztése után képlékeny csuklók alakulnak ki, a teherbírás megmarad. Fiatal betonkorban akár jobban az értékek, mint vasbeton esetében.	csekély hatású. Növekvő szilárdsággal a szálak hatása csökken.	csekély hatású. Növekvő szilárdsággal a szálak hatása csökken.

Alkalmazási területek, előnyök, hátrányok (FaserbetonRichtlinie 1. sz. függelék)

8.1.3. táblázat folytatása
2. rész.

BETONTULAJDONSÁGOK 28 NAPOS ÉS KÉSŐBBI KORBAN			
SZÁLFAJTA →	***ACÉLSZÁLAK***	***PP-SZÁLAK***	***ÜVEGSZÁLAK***
Nyomószilárdság	lényegtelen hatásúak	lényegtelen hatásúak	lényegtelen hatásúak
Nyomási szívósság	ugyanúgy, mint a fiatalkori szilárdsági állapotban	–	–
E rugalm. mod.	lényegtelen hatásúak	lényegtelen hatásúak	lényegtelen hatásúak
kúszás/zsugorodás	lényegesen hat a nyomás alatti feszültség-nyúlási tulajdonságokra	nincs hatásuk a nyomás alatti feszültség-nyúlás viszonyokra	nincs hatásuk a nyomás alatti feszültség-nyúlás viszonyokra
hajlító-húzószilárdság (első repedés)	lényegtelen hatásúak a vizsgálati szórás kisebb	lényegtelen hatásúak, a vizsgálati szórás kisebb	–
egyenértékű hajlító-húzószilárdság (megrepedés utáni állapot)	ugyanolyan, mint a korai szilárdságok esetén	lényegtelen hatásúak	–
munkavégző képesség – szívósság	feszültségátrendeződés lehetséges az acélszál minőségétől, karcsúságától, tapadási tulajdonságától és a száladagolástól függően	lényegtelen hatásúak	–
repedéskorlátozás	a rostbeton szilárdsági osztályától függ	–	–

8.1.3. táblázat folyatatása
3. rész

BETONTULAJDONSÁGOK 28 NAPOS ÉS KÉSŐBBI KORBAN			
SZÁLFAJTA →	***ACÉLSZÁLAK***	***PP-SZÁLAK***	***ÜVEGSZÁLAK***
nyíró/hasítószilárdság	lényeges növekmény	–	–
ütközési szilárdság	lényeges növekmény	csekély növekmény	csekély növekmény
ütőmunka	lényeges növekmény	csekély növekmény	az élettartam során csökken
tűzállóság	a betonfelületet összetartó képessége (széthullás mentessége) javul	a betonlepattogzás mértéke lényegesen csökken (+ábra/Erd)	jelenleg még ismeretlen
	különlegesen célszerűek az acél- és PP-szál keverékek		–
fagy- és sózásállóság	–	lényegesen javul	jelenleg még ismeretlen
vízbehatolás mélysége	–	észrevehetően csökken	–
hosszú időtartamú viselkedés	nincs lényeges teljesítménycsökkenés, de betonlehámlás acélrost korrózió miatt csupán d >2 mm-es szálvastagság esetén várható	nincs lényeges teljesítménycsökkenés	a C– és E– üvegek csekély tartósságúak, az AR (alkáliálló) üvegeknél kisméretű a teljesítménycsökkené s

áthidalja (repedésgátlás, „crack arrest”). Emiatt a *D*-t érdemes csökkenteni 12–16 mm-re. A karcsúbb és/vagy hosszabb szál jobban tapad, de merev acélszál esetén a bedolgozást nehezíti még a ragasztott – lamellásan kötegelt Dramix szálak „sündisznószerűen” csomósodhatnak. Rossz lesz a rostbeton, ha az adagolás, a bekeverés módja és időtartama (pl. papírzsákot egyben bedobni célszerűtlen) *és a betonkonzisztencia,* a habarcs- és péptartalom tehát a *betonösszetétel alkalmatlan*.

Folyósítószer nélkül szokásos összetételű rostbeton **nem** készíthető. Az adalékanyag szemmegoszlásával („B” görbe v. fölötte) *elegendő ágyazóanyag* érhető el.

A konzisztencia mérésére a „statikus” módszerek alkalmatlanok (pl. kúproskadás) – a terülésmérés 15-szöri ejtegetéssel jobb, a VEBE-vibrációs idő mérése a legjobb. (Az MSZ 4798-1 szerinti tömöríthetőségi fok „C” is „dinamikus” módszer.)

A piacon óriási választék van alakban, anyagban, szálvégkiképzésben, adagolás módban stb. A *nagyobb száltartalom* miatt a rosszul bedolgozható keverékek zárványosabbak, és testsűrűségük, szilárdságuk, E modulusuk nem nő, esetleg csökken a száltartalommal. Laboratóriumi esetben ez vizsgálati, ill. keverékhibának számít; az iparban az elérhető legjobbra kell törekedni, de a rostoktól, szálaktól elsősorban **nem** *szilárdságnövekményt* kell várni, hanem a *szívósság javulását,* a *törékenység*, *repedékenység csökkenését*, – mint. pl. a szecskával kevert vályogtégla is emiatt jobb mint az anélküli.

8.2. Fagyálló betonok (Dr. Erdélyi Attila)

8.2.1. Általános szempontok

Fagyálló betonon a továbbiakban az MSZ 4798 1. táblázat szerinti XF1 és XF3 környezeti osztály (olvasztószer nincs, mérsékelt, ill. erős víztelítettség), továbbá az XF3 és XF4 környezeti osztály (mérsékelt, ill. erős víztelítettség **és** olvasztószer együttes hatása) követelményeinek kb. 50 évig megfelelő betonokat értjük. A fagyállóság a *tartósságnak* és *a nagy teljesítőképességnek* (NT) *egyik* lényeges ismérve. A fagyálló beton készítésének feltételei:

a) **fagyálló adalékanyag** (lásd MSZ 4798-1 F1. tábl. és e zsebkönyv **2.7.** fejezete 2.6. tábl: MS_{18} és MS_{25} kristályosítási veszteségi osztályok, ill. a 8.2.2. tábl. szerinti osztrák etalonbetonok előírásait. Az olvasztósó döntő többségében NaCl, – ezért az

8

Na^+ ionok miatt az *alkália-szilikát* reakció (ASR) veszélye fennállhat, *ha* az adalékanyag erre érzékeny. Az amorf kvarcot is tartalmazó *homokot* és *kavicsot* a lelőhelyek szerinti besorolást tartalmazó CEMKUT jelentés (Révay M. 1997.) alapján szakértővel véleményeztetni kell, függetlenül attól, hogy ezeket kis vízfelvételük alapján (≤0,5%) eleve fagyállónak tekintjük.

b) amíg erre jobb hazai adat nincs a *nemzetközi előírásoknak/ajánlásoknak* **megfelelő cement kiválasztása** (8.2.2. pont)

c) bevizsgált és engedélyezett, az esetleg alkalmazott képlékenyítő/folyósítószerrel és a kiválasztott cementtel ellenőrzötten jól összeférő *légbuborékképzőszer* („LP-szer") alkalmazása, amely az előírt és a D (mm)-től függő* *légtartalmat,* továbbá a *buborékrendszer jellemzőket* **is** teljesíti (pl. a 300μm alatti buborék-térfogat: A_{300} és a megfelelően kicsi t_t távolsági tényező stb.**)

d) az előírt *legkisebb cementtartalom* és *legnagyobb v/c betartása* és a szokásosnál hosszabb *keverési idő*

Megjegyzés:

* az átlagos légbuboréktartalom L_{bm}≥5,5 térf%, ha D=8; ≥4,5%, ha D=16; ≥4,0%, ha D=32 és ≥3,5%, ha D=63 mm – ez kb. 22 térf% légtartalmat jelent a cementpépre vonatkozóan

** v/c≤0,40 esetén a földnedves beton (pl. sajtolt termék) LP-szer nélkül is készülhet.

e) a betont igen gondosan *hosszan kell nedvesen tartani, utókezelni* (párazárószer, zsaluzatban tartás, elárasztás, stb.), különösen lassabban szilárduló cement alkalmazása (pl. CEM II./A-S) esetén és

f) az őszi/téli vízzel való telítődés (és sózás) *előtt a betonnak egyszer alaposan ki kell száradnia,* hogy a kritikus víztelítettségi állapottól az első megfagyáskor minél messzebb legyen; ezért az *őszi* betonok fagyállóságát könnyebb „gyorsabb" CEM I. cementtel elérni, mint CEM II.-vel.

g) igen kis v/c tényezőjű (<0,33) **nagyszilárdságú** (NSZ) **betonok** (≥C55/67) esetében a szokásos (lásd előbb) légtartalmi, ill. t_t követelményt (t_t≤0,22 mm, stb.) enyhíteni *szabad* – de ez *inkább* a külön engedélyezendő C90/105 és C100/115-re vonatkozik. A megfelelő légbuborék szerkezetű betonok – *kisebb nyomószilárdságuk ellenére – fagyállóbbak,* mint a nagyobb szilárdságú és „teljesen tömör" cementkő – szerkezetű betonok (Erdélyi A.: Fagyállóak-e a légpórusképzőszer nélküli nagyszilárdságú betonok, BETON, 1997/12, szám, pp. 10-11.) Hasonló probléma

tűnik ki a DIN 1045-2/F.2.2. táblázatából is, ahol az XF2 és XF3 osztályok egyaránt C25/30 és légbuborék, ill. C35/45 (LP∅) van előírva, azaz v/c=0.55(LP) ill. v/c=0,50 (LP∅). *Bizonyos mértékben* tehát *többletszilárdsággal,* t.i. kisebb v/c-vel, vagyis kisebb kapilláris porozitással „pótolni lehet" a buborékrendszert. Az MSZ 4798-1 ezt a pótlást nem ismeri.

8.2.2. A fagyálló betonok cementjei

Az MSZ 4798-1/F. táblázat csak CEM I. 32,5 (tiszta) portlandcementre vonatkozik. *Bármilyen CEM I. cement* az összes „X" kitéti/környezeti osztályba tartozó betonhoz *megfelel*, – de néhány más cement is alkalmas.

A szabvány NAD-F2. táblázata svéd előírást idéz *egyéb, azaz heterogén cementek* alkalmazhatóságára Svédországban; a DIN 1045-2 (a német „NAD") ugyancsak közöl egy ilyen táblázatot. E kettőből az XF1…XF4 *fagyállósági osztályokra* az alábbiak vonatkoznak, – tájékoztatásul (*8.2.1. táblázat).* A svéd *részletesebb adatokat* régebben ismertettük (ERDÉLYI A. – NEMES R., **2003.**)

8.2.1. táblázat

Cementfajta	*SS 137003:2002 (svéd)*	*DIN 1045-2:2001*
CEM I. 32,5N	minden XF	minden XF
CEM I. 42,5N	minden XF	minden XF
CEM II/A–S 42,5N	XF4-be nem	minden XF
CEM II/B–S 32,5R*	II/B nem lehet	minden XF
CEM III/A 32,5N*	III. nem lehet	minden XF*
CEM II/A–M(V–L) 42,5	csak „LL"-es lehet** és XF4-ben semmiképp	csak „LL"-es lehet** és csak XF1, XF3
CEM II/B–M(V–L) 32,5	„B" nem alkalmas	„B" nem alkalmas
CEM III/B……(kísérleti)	III. nem lehet	XF4-ben csak akkor, ha tengervízi építménynél v/c≤0,45, c≥340 és ≥C35/45 vakolókőburkolat v/c≤0,35, ≥C40/50 és c≥360kg/m³; LP nem elírás
Svédországban az XC4 és a fölötti környezeti osztályokban csak ≥42,5-es szilárdsági cement alkalmazható		

Fagyálló betonokba javasolt DDC cementfajták

Megjegyzés:

- ■ ≥42,5 kötelező Svédországban
- * XF4-ben csak 42,5 vagy 32,5R lehet és ≤50% kohósalak tartalommal
- ** mind a svéd, mind a német NAD **csak LL**-es (TOC=összes szerves szén ≤0,2%) cementet enged **bárhová, bármelyik** „XF"-hez. A német NAD a CEM II/L-A márkát (XF osztályokat kivéve) bárhol megengedi.

Gyári adatokból ellenőrizhető, hogy a kérdéses DDC gyártmányú „L”-es cement (TOC≤0,5 m%) *nem éri-e el* az **„LL”** *tisztaságot* és így az alkalmasságot. A kompozit (M) cementek közül a svéd előírás *nem* részletezi az „M” összetételét, – a német a „nem sózott” XF1 és XF3 osztályban megengedi CEM II./A–M (S–V) cement (klinker, kohósalak és pernye) használatát, ilyet azonban Magyarországon jelenleg nem gyártanak. A *szilikapor* (MSZ EN 197-1-ben: „D” jelű) kohósalakkal (S), vagy tiszta mészkőőrleménnyel (LL), *vagy az „S” az „LL”-lel* szintén *minden* X osztályban alkalmazható a CEM II./**A**–M kompozit változatban.

Az ÖNORM/B/4710-1:2004-ben is van táblázat a különböző „X” osztályokhoz megengedett cementfajtákra. Ausztriában az „XF4” környezeti osztályba tartozó beton útburkolatokat általában CEM II./A–**S** 42,5-ös „DZ” (**D**ecken**z**ement=útburkolati cement) *kohósalak portlandcementtel* készítik: ennek C_3A tartalma (hőfejlesztés!) korlátozott. A hazai cementekben lévő *barnaszén* és a külföldi – általában – *kőszén* eredetű pernyék azonos alkalmasságának első feltétele az, hogy a cementbe keverendő pernyékre vonatkozó előírásoknak vagy/és az ***MSZ EN 197-1:2000*** *(5.2.4. pontja) és az* ***ASTM C 618*** szabványnak egyként megfeleljen. Németországban is használnak barnaszén pernyét. Továbbiakban szakintézetektől kell véleményt kérni.

8.2.3. A fagyálló beton adalékszerei

Jellegzetes adalékszere a *légbuborékképző* adalékszer („LP”-szer). Ezt általában kíséri még a v/c csökkenthetőséget szolgáló *képlékenyítő* („P”) vagy *folyósító* („F”) szer (lásd 3. fej.). E szereket *ugyanazon cégtől* kell beszerezni és az összeférhetőséget, az adagolás módját és *sorrendjét* a cég ajánlása szerint kell ellenőrizni (próbakeverés). Egymásrahatás révén (cement+„LP”+”P”) esetleg túl sok levegő képződik – vagy éppen túl kevés. (Pl. a pernyetartalom fékezi a légbuborékképződést). A buborékképződésre ható tényezőket (cementfajta, őrlésfinomság, betonhőmérséklet, konzisztencia – v/c tényező, szállítás – bedolgozás stb.) összefoglalva megtalálhatjuk az Építőanyag Praktikumban (Szerk. Balázs György Műszaki Kiadó, 1983 – 4.3. fejezet, Erdélyi Attila: *Betonkiegészítő anyagok*, p. 191, 4–51. tábl. Hibaigazítás: a *téli* – hideg – keverékben a légtartalom *nagyobb,* mint nyáron.)

A *kettős főhatású* (kombinált, azaz P+LP, vagy F+LP) szerek hátránya, hogy *egyrészt* „durvítják” a buborékszerkezetet, ezért a követelményeket meg kell szigorítani (t_t kisebb legyen, stb.), *másrészt* az együtt-

adagolás miatt a légtartalom „kényszerpályán” mozog és a légtartalomra, ill. a buborék rendszerre ható tényezőket nem lehet egyenként ellensúlyozni. Ausztriában külön ÖBV (Osztrák Beton Egylet) előírás van e kombinált szerekre, – igényes esetben (XF2, XF4 – esetleg XF3) a *külön* képlékenyítő, *külön* LP-szer alkalmazása célszerűbb.

A *buborékok előre készített pasztában* (mikrogömbök, mikrobuborékok) is adagolhatók – ez drága, de jó megoldás (Asztalos István: Fagy- és olvasztósó-álló betonok BETON 2000.évf január pp. 6-8.) és a betontechnológia tényezőkre (v.ö. Praktikum) alig érzékeny.

8.2.4. A fagyállóság vizsgálatának ajánlható módszerei

Az eredeti EN 206-1:2000 a fagy- (és sózás)álló, az XF1–XF4 környezeti osztályba tartozó betonokra a *tájékoztató* F1 táblázatában azt írja elő, hogy az XF2–XF3–XF4 betonok rendre *legfeljebb* –0,55–0,50–0,45 v/c tényezővel és *légbuborékképző adalékszerrel készüljenek,* L≥4 térf% légtartalommal (D=20….32 mm esetén); **vagy ha nem, akkor** e fenti betonok fagyállóságát „megfelelő módszerrel” úgy kell igazolni, hogy fagy- (és sózás)állóságukat *összehasonlítják* egy, a kérdéses XF-nek *bizonyítottan megfelelő referencia* („etalon”) *betonéval.*

Elfogadott EN fagyvizsgálati és követelmény szabvány hiánya, továbbá a megbízható módszerek bonyolultsága és költsége, végül a *megfelelő* hazai felszerelés szűkös volta miatt az MSZ 4798 (kötelező F1 tábl. magyarázat a/ pontja) úgy intézkedik, hogy az XF2–XF3–XF4 betonokat **nem szabad légbuborékképző szer nélkül** készíteni. Ezesetben egyéb vizsgálat akár el is maradhat, ill. csak a légtartalomra, ennek tűrésére (EN 206-1) és a *buborékrendszerre* (MSZ 4798, 5.5.6 pont, 3. bek.: a távolsági tényező t_t≤0,22 mm legyen, – továbbá 5.4.3 pont: légtartalom) terjed ki. A légbuborékrendszer az MSZ EN 480-11:2000 szerint (a szilárd betonból kivágott szelet csiszolatán) vizsgálandó: ehhez hazai mérési lehetőség is van (MAÉPTESZT Kft.). Ez *gyorsabb* és *olcsóbb* is, mint a közvetlen fagyasztás-olvasztás, különösen, ha ezt referencia-betonokkal összehasonlítva kell végezni, amint ezt pl. a legújabb osztrák vizsgálati- és követelményszabvány is előírja (ÖNORM B 3303:2002 szept.).

A fagy- és sózásállóság *közvetlen vizsgálatának* (fagyasztás és felengedés *n* cikluson át) lényeges ismérvei a következők:

- a próbatest végig (fagyasztáskor is) folyadékkal *telített-e,* továbbá egy oldalon vagy körben van-e oldatban, ill. légtérben fagyasztják-e,

- *sóoldatban* vagy *víz*ben vizsgálnak,
- *lehámlást* (tömegveszteséget g/m^2; g/g) vagy *más jellemzőt* (ultrahangsebesség, ill. önrezgés számváltozás, vagy szilárdságcsökkenés stb.) mérnek-e,
- *ciklusszám* és a legkisebb *hőmérséklet*.

Az MSZ 4798-1:2004-ben (5.5.6. pont) foglalt nemzeti ajánlásokon kívül az érdekelt felek megegyezhetnek más módszerben is, – de ezekhez követelményt is kell rendelni.

8.2.4.1. Az MSZ 4798-1, 5.5.2., „B" módszere,

lényegében a **pr EN 12390-9:2002** (Tervezet, „draft", E=Entwurf) *referenciamódszere* és *a lehámlás mértékét* állapíttatja meg (g/m^2) 15 cm-es betonkockák kettévágása után az egyik felükből levágott 50 mm vastag peremezett és hőszigetelt betonlemezeken. A lemez felszínén 3 mm vastagságú ioncserélt (v. desztillált) *víz*, vagy 3%-os *NaCl oldat* van.

Egy előírt (az MSZ 4798-1 NAD 5.2. ábrán közölthöz *hasonló*) hőmérsékleti diagramsáv szerint hűtött és fölengedett próbatest-sorozaton a lehámló tömegveszteséget kell mérni 7, 14,28, 42 és 56 ciklus után (1 ciklus naponta). *E vizsgálati szabvány* **nem** ad meg követelményszinteket; a hasonló svéd szabványban [SS 137244; összehasonlító alkalmazásának bemutatását lásd *Jacobsen, S–Sellevold, E.J.* **1996.** *Erdélyi A.:* **1996.**] **≤1 kg/m²** az 56 napos összes megengedhető lehámlás – azaz 0,1 g/cm^2 – a *mindvégig teljesen telítetten* megfagyó és fölengedő próbalemezeken. Az MSZ 4798-1-ben az 5.5.6. fejezet „B" módszerhez a szabványt készítők a jó olvasztósó ellenállás végett a fentinél szigorúbb (XF2:≤500 g/m^2, ill. XF4≤250 g/m^2 *átlagos* követelményt szabtak, egyéb kikötésekkel (l. ott).

8.2.4.2. Az ÖNORM B 3303:2002 módszerei

XF osztályonként különbözők, – de mindegyikben egy-egy *összehasonlító betonhoz* (referenciabeton, etalonbeton) *képest adják meg a követelményt.* Eme etalonbetonok összetétele a *8.2.2. táblázat* szerinti.

Megjegyezzük, hogy a *8.2.2. táblázat* 7. sorban az XF2 és XF4 osztályhoz tartozó $\Delta H = H_x - H_0$ *lehámláskülönbség* megadása így nehezen fogadható el, mert pl. H_0 (etalon)=310 g/m^2 esetén $H_{xmax} \leq 310+100 \leq 410$ g/m^2 lehet, míg pl. H_0(etalon)=290 g/m^2 esetén $H_{xmax} \leq 290+200 \leq 490$ g/m^2-s ez utóbbi kevésbé szigorú, mint az első változat. E számok (300…500 g/m^2,

8

stb.) egyébként közel vannak az MSZ 4798, 5.5.6. pont „B” esethez (≈pr EN 12390-9:2002) rendelt hazai abszolút követelmény számaihoz: átlag 500 (max. egyedi 700) g/m^2 az XF2-ben és átlag 250 (max. 350) g/m^2 az XF4-ben. XF1-ben az ÖNORM 3303 megengedi *előre elkészített* (1 évnél nem idősebb) etalonok használatát is.

A felsorolt fagy- és sózásállósági vizsgálatokat csak erre *akkreditált laboratóriumok* végezhetik el. (Magyarországon összrezgésszámot – rezonanciafrekvenciát – mérő korszerű készülék nincs.) Ha a szabványokban követelményszint nincs megadva, akkor a *szakintézetek* véleménye mértékadó.

8.2.2. táblázat

	Eltérés	Beton környezeti osztály			
		XF1	XF2	XF3	XF4
1.	Etalonbeton cement adalékanyag*) v/k**) tertiás cm LP térf%, adalékszerrel	CEM II/A D22,MS$_{25}$ 0,55 58±2 Ø	CEM II/A D22,MS$_{18}$ 0,50 38±2 2,5–5térf%	CEM II/A D22,MS$_{25}$ 0,55 38±2 2,5–5térf%	CEM II/A D22,MS$_{18}$ 0,45 38±2 4–8térf%
2.	Próbatest (mm)	2–2 db 100mm□	150x150 50mm vastag lemez	100x100 h=400±40 hasáb	150x150 50mm vastag lemez
3.	Ciklusszám: naponta:	56 1/nap	56 1/nap	56 2/nap	56 1 nap
4.	Legkisebb hőm.°C	-15±2	***)	-20±2	***)
5.	Folyadék	ioncserélt víz	3% NaCl oldat	vízben	3% NaCl oldat
6.	Teljesen folyadékban fagy-e	igen	egy oldalt igen	fagyasztó légtérben	egy oldalt igen
7.	Tönkremenetelt jellemzők	lehámlás tömeg%	lehámlás g/m^2 (H)	UH (km/s) vagy hőszigetelő-szám k_H	lehámlás g/m^2 (H)
8.	Etalonhoz képest csökkenő % pont a megengedett eltérés	≤=2	ΔH≤100g/m^2 ill.≤200g/m^2 ha H$_0$<300	≤5 csökkenés	ΔH≤100g/m^2 ill.≤200g/m^2 ha H$_0$<300

Fagy- és sózásállósági vizsgálati módszerek összefoglalása (ÖNORM B 3303)

Megjegyzés:

*) fagyálló adalékanyag, a magnéziumszulfátos (MS) kristályosítási veszteség (MSZ 4798 NAD 5.2. tábl.) max. 25%, ill. 18%. (Olvasztósóhoz szigorúbb)

**) víz/kötőanyag arány

***) pr EN 12390-9 szerint

8.3. Vízzáró betonok (Dr. Buday Tibor)

A vízzáróság mást jelent a betonra, mint anyagra és mást a betonból készített szerkezetre. A *betonanyag* akkor vízzáró, ha a szabványos próbatestek a szabványos vizsgálatnak ellenállnak. A *betonból készült szerkezeteket* a legnagyobb üzemi víznyomás mellett 1 m^2 felületen 24 óra alatt átszivárgó víz mennyisége alapján minősítik.

Gyakorlati tapasztalatok bizonyítják, hogy a betonanyag vízzáróságából nem lehet a felhasználásával készült szerkezet vízzáróságára következtetni. A szerkezet vízzáróságát ugyanis a betonanyag vízzáróságán kívül a kivitelezés milyensége (tömörítés, utókezelés stb.), a kapcsolatok, a munkahézagok, a technológiai nyílások stb. kiképzése is befolyásolja.

A vízzáró beton ás vasbeton szerkezetekkel szemben – néhány kivételtől eltekintve – *fagyállósági és kopásállósági követelményeket is* támasztanak. Ezért a tervezéskor a tartósság szempontjából mérlegelni kell a különböző követelmények fontossági sorrendjét.

A vízzáró vasbeton szerkezetek egyik legkényesebb része az acélbetétek betontakarásának vastagsága és minősége. Ezért a *betontakarás vízzárósága* érdekében tanácsos a vastagságát a szokványos esetekben előírthoz képest legalább 10 mm-rel megnövelni.

A vízzáró beton készítéséhez bármely tiszta vagy heterogén *portlandcement* felhasználható, ha legfeljebb 40 tömeg% granulált kohósalakot, vagy legfeljebb 25 tömeg% traszt vagy pernyét, vagy legfeljebb 20 tömeg% mészkőlisztet tartalmaz. A *cement mennyiségét* 320 és 360 kg/m^3 határok között célszerű felvenni. Ennél kisebb cementmennyiség csak a tömegbetonok esetében indokolt, hogy a termikus alakváltozás miatt a repedések keletkezésének veszélye csökkenthető legyen.

Az *adalékanyag* tömör struktúrájú legyen. Természetes származású vagy mesterségesen előállított (pl. darabos kohósalak) egyaránt használható, ha minősége megfelel a vonatkozó szabvány követelményeinek. Szemeloszlási görbéje folytonos legyen és a B görbe közelében haladjon. A szemeloszlást *frakciókból* tanácsos előállítani, amelyekből kettő a homok tartományban legyen. A beton tömöttsége érdekében fontos, hogy a beton elegendő lisztfinomságú (0-0,25 mm) szemcsét tartalmazzon. Ha a beszerezhető adalékanyag 0,25 mm alatti szemcsetartalma a szükségesnél kevesebb, akkor a hiányzó finomrészt inert ásványi anyaggal (pl. mészkőlisztel) kell pótolni.

Kedvező eredménnyel használhatók a *tömítő adalékszerek* a beton kapilláris vízfelvételének csökkentésére, *a képlékenyítő és folyósító adaléksze-*

rek a víz-cement tényező csökkentésére (keverővíz megtakarítás). Fagyállósági követelmény esetén a *légbuborékképző adalékszerekre* van szükség.

A betonanyag vízzárósága elsősorban a *cementkő vízzáróságától* függ. 0,4-nél kisebb víz-cement tényezővel készített cementpép gyakorlatilag vízzáró. 0,4 és 0,6 közötti víz-cement tényezőjű cementpépek vízzárósága általában megfelelő. 0,6-es vízcement tényező felett azonban csak a tömegbetonok (pl. gátak) esetében követelhető meg a vízzáróság.

A betonkeverék *konzisztenciája* a kissé képlékeny tartományban legyen (terülési átmérő 350-410 mm). Ha ennél mozgékonyabb betonkeverékre lenne szükség, akkor ezt nem a keverővíz növelésével, hanem képlékenyítő és folyósító adalékszerek adagolásával kell biztosítani.

A beton *levegőtartalma* legfeljebb 1 térfogat% lehet. A légbuborékképző adalékszerrel a fagyállóság érdekében bevitt légtartalom a vízzáróságot nem rontja.

A vízzáró beton készítésének általános szabályai megegyeznek a normálbetonokéval. Betonozni megszakítás nélkül, folyamatosan kell. Munkahézagot a tervezett helyeken és a tervben előírt módon kell kialakítani.

A kötési folyamat végével (a bedolgozott beton merevedésétől) a beton *nedves utókezelését* haladéktalanul meg kell kezdeni és normális körülmények között legalább három hétig kell folytatni. Ha a beton idő előtt kiszárad, akkor romlik a vízzárósága. A nedves utókezelés *legcélszerűbb módja,* ha a betont a létesítmény használatba vételéig tartják nedvesen.

8.4. Kopásálló betonok (Dr. Kausay Tibor)

A kopásálló betonok műszaki feltételeit az új MSZ EN 206-1:2002 betonszabvány nem tárgyalja, így a követelményekkel az európai betonszabvány nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány külön szakaszban (5.5.7.), a magyar nemzeti szempontoknak megfelelően foglalkozik.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szellemében a koptatásra igénybevett betonokra környezeti (igénybevételi) osztályokat vezet be. Eszerint a csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevételnek, ütésnek, vagy vízáramlás mozgatta gördülő hordalék koptató hatásának kitett beton környezeti igénybevételét a *8.4.1. táblázat* szerinti XK1(H) – XK4(H) osztályba kell sorolni. A szabadban lévő közlekedési célú kopásálló betonokat a fagy és a jégolvasztó sók hatásának ellensúlyozására légbuborékos fagyálló beton formájában kell kivitelezni. Ezért az ilyen kopásálló betonok XK2(H) és XK3(H) környezeti osztályát a vízszintes felü-

letű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett betonok XF4 környezeti osztályával ki kell bővíteni, ami az MSZ 4798-1:2004 szerinti hatások és alkalmazási példák módosítását is szükségessé teszi (*7.4.1. táblázat).*

A kopásálló beton cementtartalma, víz/cement tényezője, testsűrűsége és nyomószilárdsági osztálya feleljen meg a *8.4.2. táblázatnak.* Valamely környezeti osztálynak (XK2(H), XK3(H)) egy fagy- és olvasztósóállósági környezeti osztállyal (XF2 – XF4) való kombinációjára (XK2(H) + XF4 vagy XK3(H) + XF4) nézve szabály, hogy a kombinált környezeti osztályban az eredeti, légbuborékképző adalékszer nélküli beton nyomószilárdsági osztálya egy osztállyal csökkenthető. A kopásálló betonokat a karbonátosodás káros hatásától cementtartalmuk, víz-cement tényezőjük, nyomószilárdságuk és testsűrűségük megvédi, környezeti osztályuk a karbonátosodásnak ellenálló betonok környezeti osztályával (XC1 – XC4) szemben mértékadó, tehát tulajdonságaikat a karbonátosodás miatt megváltoztatni, környezeti osztályuk jelében karbonátosodási ellenállásukra utalni nem szükséges.

8.4.1. táblázat

Környezeti osztály jele	***Környezeti (igénybevételi) hatás***	***Példák a környezeti osztály alkalmazására***
XK1(H)	Kőtörő szemcsés anyagok koptató igénybevétele; Gyalogos forgalom, puha abroncsú kerekek koptató igénybevétele	Siló, bunker, tartály kőtörő anyagok tárolására, garázspadozat, belső térben lévő járda, lépcső stb.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptatóhatás nehéz terhek alatt	Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező beton stb.
XK3(H)	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt	Nehézipari szerelőcsarnok padlója stb.
XK4(H)	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és porментesség igénye esetén	Nehéz tehernek és targonca forgalomnak kitett csarnok vagy raktár ipari padlóburkolata stb.
XK2(H) + XF4	Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, közlekedési célú, légbuborékos kavics- vagy zúzottkőbetonra ható koptató hatás	Szabadban lévő járda, lépcső, térkő, aknafedlap stb.
XK3(H) + XF4	Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, közlekedési célú, légbuborékos zúzottkőbetonra ható fokozott koptató hatás	Útpályaburkolat, hídpályaburkolat, repülőtéri pályaburkolat, konténer átrakó állomás térburkolata, híbszegély stb.

A koptatásra igénybevett betonok környezeti (igénybevételi) osztályai

8.4.2. táblázat.

Környezeti osztály jele	Nyomószilárdsági osztály	Víz-cement tényező legfeljebb	Cementtartalom legalább kg/m³	Friss beton testsűrűsége kg/m³	Egyéb követelmény
XK1(H)	C30/37	0,50	310	Kavicsbeton Zúzottkő-beton min. 2440	Mérsékelt kopásállóság (k 14/21)
XK2(H)	C35/45	0,45	330	Kavicsbeton min. 2380 Zúzottkő-beton min. 2450	Kopásállóság (k 12/18)
XK3(H)	C40/50	0,40	350	Zúzottkő-beton min. 2450	Fokozott kopásállóság (k 10/16)
XK4(H)	C45/55	0,35	370	Különleges adalékanyagú beton min. 2470	Igen jó kopásállóság (k 8/14)
XK2(H) + XF4	C30/37	0,45	340	Kavicsbeton max. 2290 Zúzottkő-beton max. 2350	Légbuborékképző adalékszerrel bevitt legalább 4 térfogat% többlet levegőtartalom. Kopásállóság (k 12/18)
XK3(H) + XF4	C35/45	0,40	350	Zúzottkő-beton max. 2350	Légbuborékképző adalékszerrel bevitt legalább 4 térfogat% többlet levegőtartalom. Fokozott kopásállóság (k 10/16)

8

A kopásálló betonok környezeti osztálya, nyomószilárdsági osztálya, víz/cement tényezője, cementtartalma, testsűrűsége, követelménye

Magyarországon a beton kopásállóságát legalább 28 napos korú betonon, az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti Böhme-féle eljárással kell vizsgálni, az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány 5.5.7. szakasz szerint kell értékelni, mm^3-ben mért száraz/vizes kopási térfogatveszteséggel

kell kifejezni és cm^3-ben megadott követelmény alapján kell kopásállósági osztályba sorolni. Például fokozott kopásállóságú (k 10/16 jelű) a beton, ha a kopási térfogatvesztesége száraz vizsgálattal legfeljebb 10000 mm^3 = 10 cm^3 és vizes vizsgálattal legfeljebb 16000 mm^3 = 16 cm^3.

A kopásálló beton adalékanyaga a *8.4.3. táblázat* szerinti legyen.

8.4.3. táblázat

Környezeti osztály jele	Kopásállósági osztály jele	Követelmény	
		Homokos kavics (MSZ 4798-1:2004 5.1.3. szakasz és M melléklet)	Zúzottkő (MSZ 4798-1:2004 NAD 5.2. táblázat)
XK1(H)	k 14/21	I. osztályú szemnegoszlás, P minőségi osztály (legfeljebb 3 térfogat% agyag-iszaptartalom)	Legalább Kf-B kőzetfizikai csoportú andezit
XK2(H)	k 12/18	I. osztályú szemnegoszlás, P minőségi osztály (legfeljebb 3 térfogat% agyag-iszaptartalom)	Legalább Kf-A kőzetfizikai csoportú andezit vagy legalább Kf-B kőzetfizikai csoportú bazalt
XK3(H)	k 10/16	—	Legalább Kf-A kőzetfizikai csoportú bazalt
XK4(H)	k 8/14	—	Kf-0 kőzetfizikai csoportú vagy még annál is keményebb például elektrokorund, szíliciumkarbid stb. tartalmú különleges adalékanyag

A kopásálló beton adalékanyaga

8.5. Agresszív hatásnak ellenálló betonok (Dr. Ujhelyi János)

A különböző agresszív folyadékok, gőzök vagy gázok betonkorróziót okozhatnak: a betonban – tulajdonságait károsan befolyásoló – átalakulások következhetnek be, amelyek a szerkezet élettartamának a csökkenését idézik elő. Attól függően, hogy a károsító közeg milyen összetételű, az *MI 17215-2* négy agresszivitási osztályt különböztet meg:

I nem agresszív osztály
II gyengén agresszív osztály
III közepesen agresszív osztály
IV erősen agresszív osztály

Az I és a II agresszivitási osztályokba tartozó korróziós hatásoknak a beton önmagában is ellenállhat, ha összetétele és készítése kielégíti mind a *6.9.2. táblázat,* mind a *MÉASZ ME-04.19:1995* 10. fejezet előírásait, a szerkezeteket pedig az *MI 17215-3* követelményei szerint tervezték (primer védelem). A III. és a IV. agresszivitási osztályba tartozó korróziós hatásoknak csak akkor állnak ellen a beton vagy vasbeton szerkezetek, ha felületüket kezeléssel, impregnálással, bevonatokkal vagy burkolással külön is megvédik (szekunder védelem).

A betonra agresszív anyagokat az *MSZ 17213-1* tíz csoportba sorolja. A betonszerkezetekben keletkező káros következmények gyakoriságát tekintve legfontosabb a *„C”* jelű típus: a beton alkotóelemeinek a térfogat növekedése az agresszív közeg által okozott kémiai reakciók (*„Ca”* csoport) vagy kristályosodás (*„Cb”* csoport) következtében. Ez létrejön szulfát-, benzoát-, fenolát-ionok (*„Ca”* csoport), illetve nátrium-karbonát, magnézium-klorid, nátrium-nitrát és réz-szulfát (*„Cb”* csoport) hatására, ha ezek az anyagok a betont a *8.5.1. táblázatot* szerinti koncentrációban érik.

8.5.1. táblázat

Korróziót okozó anionok, illetve vegyületek	*Agresszivitási osztály, alosztály*			
	II. Gyengén agresszív			*III. Közepesen agresszív*
	XA1	*XA2*	*XA3*	
SO_4^{--} *mg/liter*	200-600	600-3000	3000-6000	> 6000
Cl^- *mg/liter* *	-	700-1500	1500-3000	> 3000
Kristályosodó semleges sók, tömeg % **	–	1-3	–	> 3

* csak vasbeton szerkezetek esetében kell figyelembe venni
** szabad párolgási felület esetén kell figyelembe venni
Jelmagyarázat: az agresszivitási osztály, alosztály nincs értelmezve : –

Agresszív osztályok értékei „C” típusú betonkorrózió esetén

A leggyakrabban a szulfáttartalmú talajvizekben és talajokban lévő betonok és vasbetonok vannak kitéve agresszív hatásnak, ezért az általános építési gyakorlatban elsősorban a különböző alapok, csatornák, aknák és egyéb, a talajba helyezett beton és vasbeton szerkezetek, műtárgyak

esetén kell a korrózióvédelem szükségességét mérlegelni. Az építés megkezdése előtt érdemes megvizsgáltatni a talaj és a talajvíz szulfát-agresszivitásának a mértékét.

A felhasználandó alapanyagok fajtája és minősége, továbbá a beton különböző jellemzőinek a követelményei attól függnek, hogy az agresszív közeg milyen módon veszi igénybe a szerkezetet. Az igénybevételi típusokat az *MSZ 17213-1* alapján a *8.5.2. táblázat* foglalja össze.

8.5.2. táblázat

Közegek			Igénybevételi típus, ha a szerkezet legkisebb mérete	
			> 30 cm	10-30 cm
Folyadék	kétoldali	legfeljebb 10 m hidrosztatikai nyomás esetén	1	2
	egyoldali		2	3
Talaj*	< 1 m/nap	szivárgási tényező esetén	1	2
	> 1 m/nap		2	3
Szilárd közeg (talaj kivételével)			1	2
Gáz			4	5
* a talajvíz mértékadó szintje feletti szerkezetek esetén				

Igénybevételi típusok különböző agresszív közegekben

A szulfátkorrózió elleni védelemre a gyengén agresszív osztály mindhárom alosztálya (lásd a *8.5.1. táblázatot*) és valamennyi igénybevételi típus (lásd a *8.5.2. táblázatot*) mellett megfelel a *CEM I 32,5* S jelű (korábban: *S 54*) portlandcement, illetve a *CEM III/B 32,5 S* jelű kohósalakcement. A XA1 agresszivitási alosztály, illetve az „1” és „2” igénybevételi típus esetén a fenti cementeken kívül megfelelnek a *CEM II* jelű kohósalak-portlandcementek is. Figyelembe kell továbbá venni a *6.9.2. táblázat* követelményeit a megengedett legnagyobb víz/cement tényező, a megengedett legkisebb cementtartalom, valamint a megengedett legkisebb frissbeton testsűrűség tekintetében. Az ebben a táblázatban megadott követelmények legfeljebb 2 igénybevételi típusra érvényesek, míg 3 igénybevételi típus esetén szigorításra lehet szükség.

Ugyancsak gondos előkészítést igényel az utak és járdák, valamint a közlekedési útvonalak közelében lévő építmények betonja, amely ki lehet téve a jégolvasztó sózásnak vagy a kloridos oldatok permethatásának (lásd a *6.2.3. táblázatot*). Ezeknek a betonoknak az összetételi és

tömörségi követelményeit a *6.9.1. táblázat* foglalja össze. Lényeges feltétele a tartós vasbetonoknak az acélbetétek védelme a korrózió ellen. Az acélbetétek korrózióját a diffúziós folyamatok által irányított molekulavándorlás idézi elő, mégpedig;

- *a karbonátosodás:* a CO_2 diffúziója a levegővel töltött pórusokba;
- *a kloridbehatolás:* a klorid ionok diffúziója a vízzel töltött pórusokba;
- *az oxigén* diffúziója a levegővel töltött pórusokba;
- *a víz (nedvesség)* behatolása a levegővel töltött pórusokba.

Az acélbetétek korróziójának az elkerülésére ezért betontechnológiai szempontból az olvasztósó hatásának ellenálló, vízzáró és csekély mértékben karbonátosodó betont kell készíteni. Szerkezettervezési szempontból feltétel a megfelelő vastagságú és vízzáróságú betontakarás előírása. Erről tájékoztat a 8.4. fejezet.

Hangsúlyozni kell, hogy bármilyen agresszív közeg hatásának csak az a nagy teljesítőképességű beton áll ellen, amely

- a követelményeknek megfelelő alapanyagokat és betonösszetételt tartalmazza,
- a bedolgozott friss állapotában a lehető legnagyobb tömörségű,
- nem tartalmaz átjárható kapilláris pórusokat, illetve a nem átjárható kapillaritása is a lehető legkisebb,
- a betonszerkezettől az agresszív közeget mindaddig távoltartjuk, amíg el nem éri a megfelelő szilárdságot, illetve hidratációs fokot (legalább 70%).

Az agresszív hatásokkal szembeni ellenállás növekedését várják általában akkor, ha nagyobb szilárdságú betont készítenek. Az ellenállás javulása azonban nem következik be minden esetben. Bár vitathatatlan, hogy változatlan feltételek mellett általában több bizalmat ébreszt a szilárdabb beton a kevésbé szilárdnál, azonban a szilárd beton legtöbb fizikai és mechanikai tulajdonságát, de mindenek előtt a tartósságát, nem a szilárdsága, hanem a szövetszerkezete (struktúrája) határozza meg. Ebből viszont arra lehet következtetni, hogy az azonos szilárdságú, de eltérő struktúrájú betonok tartóssága nagy valószínűséggel eltérő lesz.

A betonstruktúrában különböző méretrendeket célszerű figyelembe venni, szabatos vizsgálatakor olyan szinteken kell értelmezni, amelyek az egyedi kémiai fázisoktól a mérnöki összetevőkig terjednek. Ennek megfelelően a következő szinteket kell megkülönböztetni:

(1) *Makroszint:* méretrendje *mm* és *m* közötti. Ebbe tartozik az alkotóanyagok kg/m^3-ben vagy liter/m^3-ben kifejezett összetételi aránya, tehát a cement-, az adalékanyag-, a kiegészítő anyag- és a víztartalom (kg/m^3 vagy liter/m^3), a péptartalom és a levegőtartalom (liter/m^3) és az adalékszer-tartalom (általában a kötőanyag tömegszázalékában kifejezve). A makroszinthez tartoznak a durva hibák is.

(2) *Mezoszint:* méretrendje a *mikrométer (μm)* és a *milliméter (mm)* között van. Ebbe tartoznak a cement és a finomhomok szemcséi, a szilárd beton kapilláris pórusai és a légbuborék képző adalékszerrel bevitt mesterséges légbuborékok, a cementkőváz és az adalékanyag határfelülete, a repedések kiinduló helyei, a mikrorepedések.

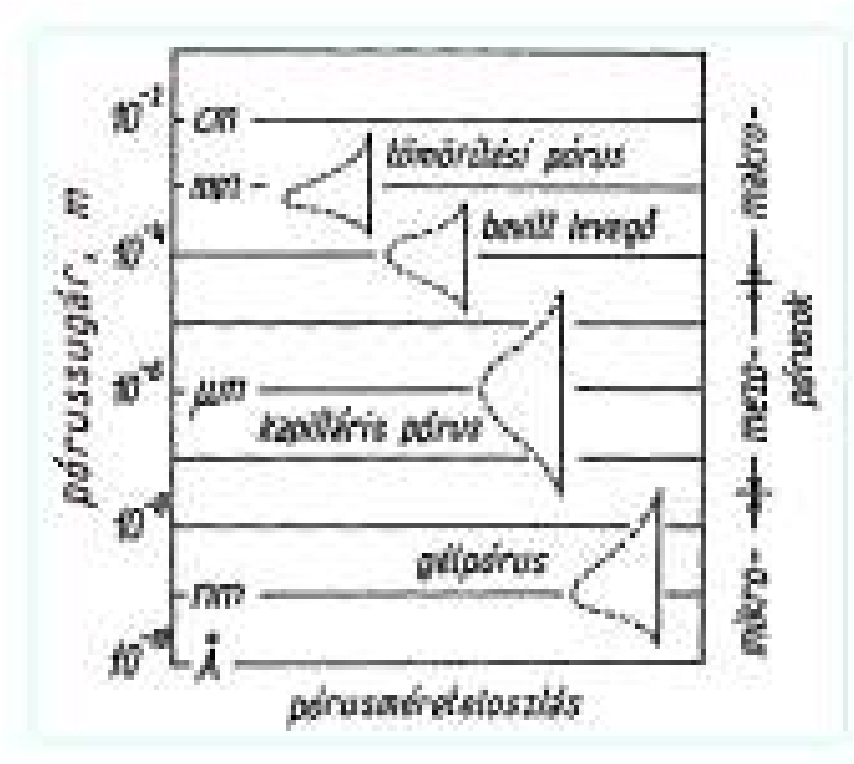
(3) *Mikroszint:* méretrendje az *Angström (Å = 0,1 nanométer)* és a *mikrométer (μm= 1000 nanométer)* között van. Ebbe tartoznak a cementkő fázisösszetételei, a rácshibák, a gél belső fajlagos felülete, felületi területe, a diszlokációk, a gélpórusok.

Ezek a struktúra-szintek egymással kölcsönhatásban állnak, mert pl. a cementkő mikroszintű fázisösszetétele befolyásolja mezoszinten a cementkő-adalékanyag határfelületi jellemzőit, vagy a makroszintű durva hiba visszahathat a diszlokációkra is.

Az agresszív hatásnak akkor áll ellen a beton, ha abban nincsenek makroszintű durva hibák, továbbá péptartalma és levegőtartalma a lehető legkisebb, mezoszinten a kapilláris pórustartalma közel van a zérushoz vagy zérus, a pórusstruktúra nem nyitott, mikrorepedései elenyészők, a cementkő fázisösszetétele mikroszinten megfelelő.

A fentiekből legfontosabb a pórusstruktúra nyitottsága, amely lényeges a hatóanyagoknak a beton pórusaiba való bejutását és vándorlását illetően. Ezt két tényező jellemzi: az átjárható porozitás a pórusméret eloszlás. Az átjárható, nyitott porozitás azokat a pórusokat jelenti, amelyek össze vannak kapcsolva s így lehetséges a folyadékok vagy gázok vándorlása és/vagy az oldott hatóanyagok cseréje. Ez megfelel a kicserélhető víztartalom maximumának, amely cementpép esetén 20-30 térfogat %-ot érhet el.

A pórusméret eloszlás elsősorban a mozgás sebességét befolyásolja. A cementkő pórusméret tartománya több nagyságrendű, eloszlásuk a *8.5.1. ábrán* követhető.



8.5.1. ábra: Pórusméret eloszlások

Az agresszív hatásoknak való ellenállás, a tartósság szempontjából különösen a kapilláris pórusok és a mikropórusok a meghatározók. Általában a beton kémiai és fizikai hatásokkal szembeni ellenállása lényegesen mérséklődik, a kapilláris pórusok növekvő mennyiségével. Ökölszabályként, tájékoztatásként megjegyezhető, hogy a kapilláris pórustartalom és annak nyitottsága – ha a beton egyébként kifogástalan tömörségű és gondosan utókezelt – az *x* víz/cement tényező függvénye, mégpedig

- ha $x>0,7$, akkor a kapilláris pórusok a teljes hidratáció után is nyitottak maradnak, ezért a betonba a káros oldatok, gőzök stb. akadálytalanul bejuthatnak;
- ha $x\sim0,6$, akkor a kapilláris pórustartalom átjárhatósága a teljes hidratáció után (sok év múlva) megszűnik;
- ha $x<0,6$, akkor a kapilláris pórusok átjárhatósága fokozatosan megszűnik, esetleg már néhány heti hidratációt követően;
- ha $x<0,4$, akkor a kapilláris pórusok a betonból eltűnnek a teljes hidratáció után;
- ha $x<0,3$, akkor a kapilláris pórusok a betonból már kb. 70%-os hidratáció után (~4 hét) eltűnnek.

E fentiekből következnek az agresszív hatásnak ellenálló betonok *6.9.2. táblázatban*, illetve az olvasztósónak kitett betonok *6.9.1. táblázatban* megengedett víz/cement tényezői: a legenyhébb esetben sem lehet $x>0,55$.

8.6. Alkáli-kovasav és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok (Dr. Kausay Tibor)

A betonban alkálifém-oxid reakció, vagy egyszerűen alkáli reakció akkor alakulhat ki, ha az adalékanyag a cementből vagy más forrásokból származó alkáliákkal (Na_2O és K_2O) való reakcióra hajlamos alkotórészeket tartalmaz, és a beton nedves környezetben van. Az alkáli reakció hosszú évek, néha évtizedek alatt fejlődhet ki és a beton összerepedezésével, térfogatának növekedésével, szilárdságának csökkenésével jár, a beton felületén reakciótermékek jelenhetnek meg. Az ilyen betont javítani nem lehet.

Az alkáli reakciónak az *alkáli reakcióra hajlamos adalékanyag* fajtájától függően alapvetően két változata van, mindkettő az adalékanyag és az *alkálifém-oxid dús cement* hidratációs termékében levő alkálifém-hidroxidok egymásra hatásából jöhet létre (MSZ 4798-1:2004). A cementek alkálifém-oxid tartalmát az MSZ EN 196-21:1992 szerint kell meghatározni.

Az *egyik változat* az **alkálifém-oxid – szilikát reakció (alkáli-kovasav reakció)**, amely kovasav tartalmú (magmás, laza és összeálló törmelékes, átalakult) kőzetek esetén léphet fel, ha az azokban levő nem kristályos, *amorf szilikátok* ún. hidrogélek – például az opál, a csillám, vagy esetleg a kalcedon ásványokban lévő oldható kovasavalkotók – *a cementkő alkálifém-hidroxidjaival* alkálifém-szilikátoldatok képződése mellett *reagálnak.* E változaton belül esetenként megkülönböztetik a gyorsabb (évek alatt) lefolyású alkáli-kovasav reakciót (AKR: Alkali-Kieselsäure-Reaktion) és a lassúbb lefolyású (évtizedek alatt) alkáli-szilikát reakciót (ASR: Alkali-Silikat-Reaktion).

A *másik változat* az **alkálifém-oxid – dolomit reakció (alkáli-karbonát reakció)**, amely egyes meszes vagy agyagos-kovás-meszes dolomitok esetén fordulhat elő. Két alfaja ismert: A duzzadásos alkálifém-oxid – dolomit reakció során *a dolomit adalékanyag kalcium-magnézium-karbonátja és a cementkő alkálifém-hidroxidja egymásra hatásából* alkálifém-karbonát, magnézium-hidroxid (brucit) és kalcium-karbonát keletkezik, és kedvezőtlen esetben a reakció a teljes átalakulásig folytatódhat. A szilárdság-csökkenéses alkálifém-oxid - dolomit reakció oka *az agyagos komponensben lévő szilícium-dioxid vándorlása az adalékanyag szem közepéről annak peremére,* ahol lecsapódik. A kovásodott réteg csökkenti a cementkőhöz való tapadást és ezáltal a beton szilárdságát.

Az alkálifém-oxid reakció várhatóan elkerülhető illetve fellépésének valószínűsége csökken,

- ha az alkalmazott portlandcement nátrium-oxid egyenértéke a 0,6 tömegszázalékot nem haladja meg, ahol a nátrium-oxid egyenérték = Na_2O tartalom + 0,658 x K_2O tartalom tömeg%-ban;
- ha a cement mennyisége kevesebb mint 400 kg/m^3, újabb javaslatok szerint mint 330 kg/m^3;
- ha a cement pernye vagy kohósalak tartalmú, vagy szulfátálló;
- ha a beton szilikaporral készül (annak ellenére, hogy a szilikapor amorf kovasav);
- ha a kovasavtartalmú adalékanyag nem tartalmaz alkálifém-oxid érzékeny amorf részecskéket;
- ha a dolomit adalékanyag dolomit-ásvány tartalma több mint 90 tömegszázalék;
- ha a betonszerkezet környezete száraz és hőmérséklete nem magas;
- ha a betonszerkezet környezetéből nem jut a betonhoz vízoldható alkálifém-oxid. (Az alkáli reakciót a betonba beszivárgó talajvíz, a szulfát-tartalmú víz, a jégolvasztósó-oldat elősegíti.)

Az alkáli reakció elleni, a különböző európai országokban érvényes óvintézkedéseket a CEN Report MSZ CR 1901:2000 foglalja össze.

8.7. Sugárvédő betonok (Dr. Buday Tibor)

A sugárvédő beton az ionizáló sugárzások valamely fajtája ellen *biológiai védelmet nyújtó* betonfajta. Fajtái: a nehézbeton, a hidrátbeton és a sugárvédő normálbeton. A *nehézbeton* főleg nagy rendszámú elemekből áll és elsősorban a röntgen és a gamma sugarak ellen nyújt védelmet. Alapvető tulajdonsága a testsűrűség. Védőképessége a testsűrűség növekedésével nő. *A hidrátbeton* kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz és elsősorban a neutron sugárzás ellen nyújt védelmet. Alapvető tulajdonsága a kémiailag kötött víztartalom (hidrátvíz). Védőképessége a kémiailag kötött víztartalom növekedésével nő. A *sugárvédő normálbeton* előírt testsűrűségű normálbeton.

A sugárvédő betonok *kötőanyagául* kis hőfejlesztésű és zsugorodású cementet kell választani (pl. CEM I 32,5 R-S vagy CEM II/A-V 32,5 N-S). Az *adalékanyag* fajtáját a beton fajtája határozza meg. A *nehézbeton készítéséhez* legalább 3,5 kg/dm^3 szemcsetestsűrűségű természetes (pl. barit, hematit) vagy mesterséges (pl. nehéz fémsalak, vas adalékanyag) nehéz adalékanyagot kell használni. A vas adalékanyag lehet megfelelő alakú,

olaj és zsírmentes ipari hulladék vagy ipari termék (pl. acélsörét). A vas adalékanyagra általában akkor van szükség, ha a rendelkezésre álló nehéz adalékanyag testsűrűsége nem elegendő a beton előírt testsűrűségének előállítására. A *hidrátbeton készítéséhez* hidrátvíz tartalmú adalékanyagot kell használni (pl. limonit, szerpentin, bauxit). A bauxit tartalmazza a legtöbb hidrátvizet, de kicsi a szilárdsága és ezért csak homokként használható fel. A szerpentin tartja meg a hidrátvíztartalmát a legmagasabb hőmérsékletig (+350 °C-ig). A *sugárvédő normálbeton készítéséhez* természetesen aprózódott (pl. homokos kavics) és/vagy mesterségesen aprított (pl. andezit, bazalt) adalékanyag egyaránt felhasználható. Az adalékanyag szemnagyságát nem szabad nagyobbra választani az betétek legkisebb távolságának 3/4-énél, valamint a legkisebb szerkezeti méret 1/5-énél, de 63 mm-nél nagyobb szemnagyságot nem tanácsos választani. A vas adalékanyag legnagyobb mérete legfeljebb 16 mm legyen.

Folyósító és esetenként késleltető *adalékszerek* előnyösen adagolhatók. A folyósító adalékszerekkel keverővíz takarítható meg, ami a beton testsűrűségének növekedését eredményezi. A késleltető adalékszerek meghosszabbítják a betonkeverék bedolgozhatóságát, s így elkerülhetők a munkahézagok, valamint mérséklik a hidratációhő korai kifejlődését, s ezáltal csökkentik az ebből eredő feszültségek kialakulásának veszélyét.

A lassú és a termikus neutronok befogására, valamint a neutronok befogásakor keletkező gamma sugarak sugárzásának mérséklésére előnyösen adagolhatók a *bórtartalmú kiegészítő anyagok* (pl. a kolemanit, a borokalcit, a borax). A bórtartalmú anyagok adagolásakor figyelembe kell venni, hogy a bór késlelteti a cement kötését és szilárdulását, valamint csökkenti a végszilárdságot.

A sugárvédő betonok *összetételét kísérleti úton* (próbakeveréssel és próbabetonozással) kell meghatározni. A betonkeverék *konzisztenciája* a kissé képlékeny tartományban legyen (VEBE osztály: V2). Ha a bedolgozási körülmények (pl. a vasalás sűrűsége) ennél mozgékonyabb betonkeverék igényelne, akkor ezt folyósító adalékszer adagolásával kell biztosítani.

A friss sugárvédő beton *testsűrűségét* a tervdokumentációban előírt száraz (kiszárított) testsűrűségből (γ_e) kiindulva kell meghatározni. A friss beton testsűrűsége (γ_k) a következő összefüggésből számítható:

$$\gamma_k = \gamma_e + m_{sz} + 1{,}645xs \text{ kg/m}^3$$

ahol m_{sz} a száradásból eredő tömegveszteség, kg/m^3,

s a testsűrűség feltételezett szórása, kg/m^3 (értéke elérheti a 60 kg/m^3-t is)

A *száradásból eredő tömegveszteséget* a különböző irányelvek eltérően veszik figyelembe. A legóvatosabb azt feltételezi, hogy a kémiailag kötött vízmennyiségen felüli víz a betonból előbb vagy utóbb elpárolog, a száraz testsűrűséget tehát ezzel a vízmennyiséggel növeli meg. Egy másik irányelv szerint a beton kémiailag kötött víztartalmához normális környezeti körülmények esetén 30 kg/m^3 fizikailag kötött vizet hozzá szabad számítani (a cement kémiailag kötött víztartalma 28 napos korban normális körülmények mellett kb. l5 tömeg%, a teljes hidratáció után pedig 23 tömeg%).

A hidrátbeton összetételének olyannak kell lennie, hogy mind az előírt száraz testsűrűséget, mind pedig az előírt hidrátvíztartalmat kellő biztonsággal el lehessen érni. A cement kémiailag kötött víztartalma általában nem elegendő a terv szerinti követelmény teljesítéséhez, ezért a hidrátbeton készítéséhez hidrátvíztartalmú adalékanyagot (pl. szerpentint) kell felhasználni.

A sugárvédő beton *készítésének általános előírásai* nem különböznek a normálbetonokra előírtaktól. Általában kijelenthető, hogy a sugárvédő betont úgy kell készíteni, mint olyan betont amelytől vízzáróságot követelnek meg. a továbbiakban néhány olyan szempont kerül megemlítésre, amely eltér a szokványos betontechnonógiától.

A speciális adalékanyagokat tartalmazó sugárvédő betonokat csak az erre a célra kijelölt és megfelelően előkészített (kitisztított) *keverőtelepen* szabad keverni. A keverőtelep lehetőleg az építéshelyen legyen. Az *optimális keverési időt* kísérleti úton kell meghatározni.

A nehézbeton keverék a keverőgép lapátjaira, valamint az egész keverőgépre *nagyobb mechanikai hatást gyakorol,* mint a normálbeton. Az ebből eredő károsodások és balesetek elkerülése végett a nehézbeton keverék hegkeverendő mennyiségét a testsűrűséggel fordított arányban kell csökkenteni.

A betonkeveréket átrakás nélkül, a lehető legrövidebb útvonalon kell a bedolgozás helyére szállítani. Ezért a keverőtelepet a *bedolgozási hely közelében* kell elhelyezni. A betonszivattyúhoz *alumínium csővezetéket nem szabad alkalmazni*, mert a csőfalról leváló alumínium részecskék a betonban lévő mészhidráttal reakcióba lennek és ennek során hidrogéngáz fejlődik, amely pórusokat hoz létre a betonban. A pórusok csökkentik a beton testsűrűségét és szilárdságát.

Vas adalékanyagot tartalmazó betonkeveréket csak betonszállító konténerben szabad szállítani. A konténert kiépített, sima felületű úton, motoros targoncával vagy tehergépkocsi rakfelületén, rázkódámentesen szabad szállítani.

A sugárvédő betonkeveréket *szabadon ejteni* legfeljebb 1,0 m magasságból szabad.

A nehézbeton keverék a zsaluzatra *nagyobb nyomást*, az állványzatra *nagyobb terhelést* gyakorol. Annak érdekében, hogy a zsaluzat és az azt alátámasztó állványzat a betonozás során, majd a betonozást követően, egészen a beton kellő szilárdságáig helyzetét és alakját ne változtassa, a gyakorlatban általában a normálbeton zsaluzatához viszonyítva *kétszeres teherbírású zsaluzatot és állványzatot építenek.*

A beépítendő *gépészeti szerelvényeket* és azok tartóelemeit úgy kell kiképezni, hogy azok a beton hézagmentes bedolgozását ne akadályozzák (pl. alászoruló levegő).

Nagy tömegű (vastagfalú) szerkezetekben a *hidratációhő* okozta feszültségek a betonszerkezet megrepedését eredményezhetik. Ezek a repedések felületiek és átmenők lehetnek. A biológiai védelem szempontjából legkárosabb átmenő repedések úgy keletkeznek, hogy a betonszerkezet a környezetnél magasabb hőmérsékleten szilárdul meg, majd a lehűlés során összehúzódik. Ha az összehúzódás gátolva van (pl. falak esetében), akkor a betonszerkezet bizonyos távolságokban ismétlődően teljes keresztmetszetében átreped. A hőmérséklet okozta káros feszültségek csökkenthetők:

- a betonösszetétel helyes megválasztásával (kis hőfejlesztésű cement használata, a cementtartalom csökkentése),
- a betonkeverék hűtésével (pl. jéggel vagy folyékony nitrogénnel),
- lassú, folyamatos betonozással (kb. 0,5 m/nap),
- függőlegesen vagy vízszintesen szakaszolt betonozással,
- a bedolgozott beton hűtésével (a beágyazott csővezetékben áramoltatott hideg vízzel a hidratáció időszakában).

Munkahézagot csak előre betervezett helyen szabad létesíteni. Úgy kell kiképezni, hogy a szerkezet teljes keresztmetszetében átmenő munkahézag ne keletkezzen (fogazott munkahézag).

A zsugorodási repedések elkerülése és a minél nagyobb kémiailag kötött víztartalom elérése végett a sugárvédő betonszerkezeteket megszakítás nélkül, folyamatosan legalább két hétig nedvesen kell tartani. A locsoláshoz használt víz hőmérséklete ne térjen el 10 °C-nál nagyobb mértékben a szerkezet hőmérsékletétől.

Kizsaluzás után a sugárvédő betonszerkezetet meg kell vizsgálni. Felületét kalapáccsal gondosan végig kell kopogtatni. A felderített hibahelyeket (fészkeket, üregeket) véséssel a szilárd, tömör betonig fel kell tárni. A feltárt hibákat 5 cm mélységig vakolatszerűen, ennél mélyebbeket zsebes zsaluzattal végzett betonozással kell az eredetivel megegyező minőségű betonnal pótolni.

8.8. Hő- és tűzálló betonok (Dr. Ujhelyi János)

Hő- és tűzállóság szempontjából a be-tonokat a *8.8.1.táblázat* szerint csoportosítjuk.

8.8.1. táblázat

Kategória	A beton megnevezése	Hőmérséklethatárok
I	Normálbeton	+ 200 °C alatt
II	Mérsékelten hőálló beton	+ 200 °C-tól + 500 °C-ig
III	Hőálló beton	+ 500 °C-tól + 800 °C-ig
IV	Tűzálló beton	+ 800 °C felett

A hő- és tűzálló betonok csoportosítása

A beton a táblázatban megadott hőmérséklet-határok között akkor tekinthető megfelelőnek (azaz az adott kategóriába tartozónak), ha fennállnak a következő, hőállóságot jellemző összefüggések:

$HÁ_{sz} = 100 \times R_{m.sz} / R_{sz} \geq 50\%$ (8.8.1)

$HÁ_n = 100 \times R_{m.n} / R_{sz} \geq 40\%$ (8.8.2)

ahol $HÁ_{sz}$ = hőállóság száraz próbatesten vizsgálva, %

$HÁ_n$ = hőállóság nedves próbatesten vizsgálva, %

R_{sz} = az eredeti (hőkezelés nélküli) beton 28 napos nyomószilárdsága, N/mm^2

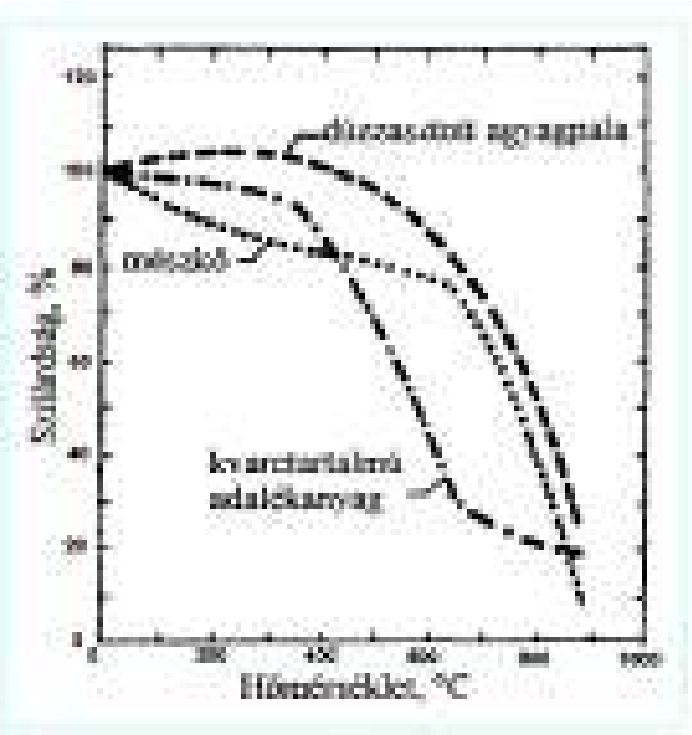
$R_{m,sz}$ = a száraz próbatestek hőigénybevétel utáni (maradó) nyomószilárdsága, N/mm^2

$R_{m,n}$ = a nedves próbatestek hőigénybevétel utáni (maradó) nyomószilárdsága, N/mm^2

A hőmérséklet növekedése a beton struktúrájának egyes fázisaiban különbözőképen hat. Ha a hőmérséklet <100 °C, akkor a szilárd betonban nincs lényeges változás, míg a fiatal betonban gyorsítja a hidratációt. Ha a hőmérséklet +100 és +500 °C között fokozatosan növekszik, akkor a beton fokozatosan veszíti el a víztartalmát. Először +100 és +160 °C között a kapillárisokban lévő, illetve a felületen abszorbeálódott víz párolog el, majd +160 °C fölött a gélszerkezetben kötött, végül +300 °C fölött a kristály- és a hidrátvíz távozik, továbbá bomlanak a fémoxidok. A száradás következtébe a cementkő zsugorodik, repedezik és ezért a beton szilárdsága egyre csökken.

A normál kavicsbeton +500 °C fölötti hőmérsékleten tönkremegy, mert egyrészt a kalcium-hidroxid és az agyagásványok elveszítik teljes víztartalmukat, másrészt a homokos kavics kvarc-összetevője átkristályosodás közben szétporlik (utóbbi folyamat rendszerint robbanásszerűen megy végbe, amikor a beton hőmérséklete +574 °C-ra nő). A hőmérséklet további növekedésekor a mésztartalom fokozatosan reakcióba lép a betonkeverék savanyú alkotórészeivel s így keramikus kötés alakul ki. Ha a magas hőmérséklet tartós, akkor a beton szilárdsága – az adalékanyag fajtájától függően – csökken és a beton színe az eredeti világosszürkéhez képest megváltozik (először rózsaszínűre, illetve vörösre, majd sötétszürkére, végül barnásra színeződik). Megjegyzendő, hogy a betonacél szilárdsága kb. +400 °C-ig gyakorlatilag nem változik, de az előfeszített betonacélé +450 °C fölött, a folyt acélé pedig +600 °C fölött fele akkora, mint az eredeti szilárdsága.

A hő- és a tűzállóság elsősorban a felhasznált adalékanyagtól függ (lásd a *8.8.1. ábrát*), de a hőhatás után megmaradó tervezett szilárdsági jel és a várható legmagasabb hőmérséklet figyelembe vételével kell kiválasztani a kötőanyagot is.



8.8.1. ábra: Különböző adalékanyagokkal készített betonok szilárdságának a változása a hőhatástól függően

Ha a beton szilárdsági jele a hőhatás után legfeljebb C8/10, akkor CEM II/A vagy CEM II/B 32,5 jelű heterogén portlandcementeket (kohósalak, pernye, trasz kiegészítő anyaggal) lehet felhasználni mind a II, mind a III

kategóriájú betonokhoz. Ha a beton szilárdsági jele a hőhatás után ennél nagyobb kell, hogy legyen, akkor CEM II/A 42,5 jelű cement szükséges. Tűzálló betonokat aluminát cementtel lehet készíteni.

Az adalékanyagot az alábbiak szerint kell kiválasztani:

- ≤400 °C hőmérsékletnek kitett C4/5 – C10/12 szilárdsági jelű betonokat bazalt-, samott-, tufa-, téglazúzalék-, kohósalak-adalékanyaggal, míg a C12/15 – C20/25 szilárdsági jelű betonokat bazalt- és samottzúzalékkal kell készíteni. Célszerű kiegészítő anyagokat is alkalmazni (pl. samottliszt, tufaliszt, őrölt granulált kohósalak, téglaliszt);
- ≤600 °C hőmérsékletnek kitett C4/5 – C10/12 szilárdsági jelű betonokat bazalt, samott és tűzálló pala zúzalékkal, míg a C12/15 – C20/25 szilárdsági jelű betonokat bazalt- és samottzúzalékkal kell készíteni. Kiegészítő anyagként samott-, tégla- vagy tufalisztet kell alkalmazni;
- ≤800 °C hőmérsékletnek kitett betonokhoz samottzúzalékot és samottlisztet kell felhasználni, bár kisebb szilárdsági jel esetén (≤C8/10) bazalt, tégla, kohóhabsalak vagy tűzálló pala zúzalék is megfelelő.

Különösen fontos, hogy a beton csak akkor tehető ki a magas hőmérsékletnek, ha legalább 28 napos és elérte a légszáraz állapotot (az egyensúlyi nedvességtartalmat). A hőigénybevételt a beton teljes kiszárításával kell elkezdeni: a szárítási hőmérséklet óránként legfeljebb 20 °C értékkel emelkedhet +100 °C-ig s ezt a hőmérsékletet kell tartani, amíg a beton ki nem száradt.

Kiszáradást követően a további felfűtés – főleg a magas hőmérsékletnek kitett betonszerkezetek (pl. kémények, öntődei vagy kohászati létesítmények, salakkihordó alagutak) esetén – csak lassú, fokozatos legyen. A hőmérsékletet óránként legfeljebb 50 °C értékkel szabad egyenletesen emelni (ha a szerkezet karcsú, akkor legfeljebb 20-30 °C-szal). Az első felfűtéskor a III. kategóriába tartozó betonszerkezeteket kb. 1000 °C hőmérsékletűre kell felfűteni, hogy a keramikus kötés létrejöjjön.

Felfűtött állapotban kell tartani a szerkezetet legalább 12 órán át, majd óránként legfeljebb 50 °C értékkel (karcsú szerkezeteket 20-30 °C-szal) lassan és egyenletesen kell lehűteni, majd tüzetesen át kell vizsgálni, mert az első felfűtés közben a beton repedezése nehezen kerülhető el. SA repedéseket cement és samottdara 1:3 tömegarányú keverékéből készített hézagoló habarccsal kell tömíteni. Ha az üzemszerű használat közben észlelünk repedéseket, akkor ugyanígy kell eljárni (lassú lehűtés után tömíteni).

8.9. Könnyűbetonok (Dr. Józsa Zsuzsanna)

8.9.1. Könnyűbetonok fajtái

A különböző szabványok némi eltéréssel definiálják a könnyűbeton és a könnyű adalékanyag fogalmát.

A könnyűbetonokat többféle szempont szerint lehet rendszerbe foglalni. Legelterjedtebb az alapanyagok és az előállítás szerinti megkülönböztetés. E szerint a könnyűbetonok három fő csoportja az adalékanyagos, cement (esetleg mész) kötőanyagú könnyűbetonok, a sejtesített könnyűbetonok és a szemcsehézagos könnyűbetonok. Az adalékanyagos könnyűbeton legegyszerűbben a könnyű adalékanyag fajtájával írható le, míg a sejtesített könnyűbetonokat két fő csoportra szokás osztani a pórusbetonokra, és a habbetonokra. A kötőanyag ez utóbbi esetekben lehet mész is és cement is.

Az *egyszemcsés, szemcsehézagos* könnyűbeton jellemzőit a 8.14 fejezet tartalmazza.

A *sejtesített könnyűbeton* vagy *pórusbeton* gyártásakor a mész, cement, illetve cement és mész kötőanyaggal készített habarcsban pórusképzésre gázfejlesztő anyagot vagy habot alkalmaznak, és nyomás alatti gőzérleléssel (pórusbeton) vagy természetes úton (habbeton) szilárdítják. A *pórusbeton* (korábbi nevén gázbeton) hazánkban 400-600 kg/m^3 testsűrűségi tartományban készül 2,0-5,0 N/mm^2 szilárdsággal, 0,12-0,20 W/mK hővezetési tényezővel. Gyártása technológiai okok miatt csak üzemben lehetséges. A *habbeton* valójában nem is beton, inkább habarcs, (habcemetnek is nevezik) testsűrűsége 300-600 kg/m^3, nyomószilárdsága 0,1-5 N/mm^2. Jó a hőszigetelő képessége, hővezetési tényezője 0,09-0,18 W/mK. Zsugorodása nagy, 0,7-3,5 mm/m közötti lehet. Monolit hőszigetelő rétegek készítésére alkalmas pl. tetőfödémek estén vagy hőszigetelő aljzatként. Az egyszemcsés könnyűbetont illetve a pórusbetont (gáz- és sejtbetont) viszonylag kisebb szilárdsága miatt leggyakrabban falazóelemként, vázkitöltőként vagy másodlagos teherhordó szerkezetként alkalmazzák. Hazánkban is beépíthetők importált vasalt pórusbeton elemek, pl. falpanelok, tetőkoporsó elemek, födémelemek is.

Az *adalékanyagos könnyűbeton* esetén a könnyű adalékanyag (pl. duzzasztott agyagkavics, duzzasztott perlit, zúzott tégla, duzzasztott üvegkavics, stb.) teszi könnyűvé a betont. Készíthető kvarchomokot, vagy könnyű pórusos homokot és cementet tartalmazó habarcsvázzal,

adalékszer (pl. légpórusképző), vagy kovaliszttel (azaz mikroszilikával szilárdságnövelő célzattal), stb.

Az adalékanyagos könnyűbeton a közönséges beton könnyített változatának tekinthető, mind az elérhető szilárdság, mind tervezés, illetve kivitelezés tekintetében. Egyszerű betontechnológiai módszerekkel előállítható, és további nagy előnye, hogy helyszíni betonként is alkalmazható. Nagyszilárdságú teherhordó szerkezetekben a könnyűbeton fajták közül kizárólag ezt alkalmazzák.

A *8.9.1 táblázatban* összefoglalva megadjuk a különböző könnyűbetonok tájékoztató fő műszaki jellemzőit (Kausay. Beton 2002. okt.) alapján. A könnyűbetonok testsűrűsége, nyomószilárdsága, hővezetési tényezője jelentős mértékben eltérhet a táblázatban szereplő értékektől

8.9.1. táblázat

<table>
<tr><th rowspan="2">Testsűrűség kg/m³</th><th colspan="6">Nyomószilárdság, N/mm²</th><th rowspan="2">Hővezetési tényező W/mK</th></tr>
<tr><th>< 2,5</th><th>2,5 - 5,0</th><th>5,0 - 7,5</th><th>7,5 - 10</th><th>10 - 15</th><th>>15</th></tr>
<tr><td>< 200</td><td>Polisztirol gyöngy beton</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>< 0,06</td></tr>
<tr><td>200 - 300</td><td>Duzzasztott perlit beton</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,06 - 0,09</td></tr>
<tr><td>300 - 400</td><td colspan="2">Habbeton</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,09 -0,12</td></tr>
<tr><td rowspan="2">400 - 600</td><td>Habbeton</td><td colspan="3" rowspan="2">Pórusbeton (gázbeton)</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0,12 - 0,18</td></tr>
<tr><td>Fabeton</td></tr>
<tr><td>600 - 800</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,18 - 0,25</td></tr>
<tr><td>800 - 1100</td><td rowspan="5"></td><td></td><td colspan="2">Kohóhabsalak beton</td><td colspan="2">Granulált kohósalak beton</td><td>0,25 - 0,38</td></tr>
<tr><td>1100 - 1400</td><td colspan="4">Egyszemcsés, nagy-hézagtérfogatú könnyűbeton</td><td></td><td>0,38 - 0,50</td></tr>
<tr><td>1400 - 1600</td><td rowspan="2"></td><td colspan="3" rowspan="2">Tufabeton
Duzzasztott üvegkavics beton</td><td rowspan="2">Duzzasztott üveg- és agyagkavics beton</td><td>0,50 - 0,60</td></tr>
<tr><td>1600 - 1800</td><td>0,60 - 0,70</td></tr>
<tr><td>1800 - 2000</td><td></td><td></td><td colspan="2">Zúzott tégla beton</td><td>0,70 -0,80</td></tr>
</table>

Könnyűbetonok besorolása tulajdonságuk illetve alkalmazhatóságuk szerint

8.9.2. Könnyű adalékanyagok

A betonok és habarcsok könnyű adalékanyagaival a MSZ EN 13055-1:2002 európai szabvány foglalkozik. E szabvány meghatározása szerint a könnyű adalékanyag ásványi eredetű, halmazsűrűsége kiszárított, laza állapotban 30÷1200 kg/m^3, anyagát tekintve természetes kőanyaghalmaz, vagy természetes nyersanyagból, ipari melléktermékből, bontott építőanyag törmelékből előállított szemhalmaz. Jellemzői a halmazsűrűség (1200 kg/m^3-ig), a szemek testsűrűsége (2000 kg/m^3-ig), szemalak, szemeloszlás, vízfelvétel, a szemek önszilárdsága, térfogat-állandóság, klorid,- szulfát,- kéntartalom és az izzítási veszteség.

Természetes könnyű adalékanyagok:

- *Vulkáni tufa:* A magmás (eruptív) kőzetek csoportjába tartozó vulkáni törmelékes kőzet, a vulkánokból a levegőbe röpített és ott megszilárdult lávarészekből áll össze. Magyarországon a bodrogkeresztúrit használják beton adalékanyagaként.
- *Trasz:* A vulkáni tufa finomra őrölt, hidraulikus tulajdonságú változata, ez a trasz-portlandcement fő alkotórésze.

Mesterségesen előállított könnyű adalékanyagok.

- *Duzzasztott agyagkavics:* Duzzadóképes, finom eloszlásban szerves anyagot tartalmazó, leginkább jura-kori agyagok feldolgozásával gyártják. Az agyagot finomra őrlik, granulálják, majd forgódobos kemencében 1200 °C feletti hőmérsékleten kiégetik. Az égetés során az agyag szervesanyag-tartalma elég, a szemek megduzzadnak, felületüket megolvadt és szinterezett burok képezi. A teherhordó könnyűbeton szerkezetek leggyakrabban használt adalékanyaga. Magyarországon nem gyártják.
- *Duzzasztott hadüveg* (habkavics, habosított üveg-granulátum): A hulladéküveg újrahasznosításával hazánkban jelenleg egyedülálló technológiával gyártják Tatabányán. A hulladéküveget őrlés után granulálják, felületképző anyaggal vonják be, majd 800÷1000 °C-on forgócsöves kemencében kiégetik. A szemcseméret 2÷24 mm közötti, a szemcsék testsűrűsége, szilárdsága, és vízfelvétele rendkívül széles tartományban mozoghat a felhasználási területnek megfelelően, a gyártástechnológiával pl. szabályozható az adalékanyag szemcsék a vízfelvevő képessége is 0,5÷50% között.

- *Duzzasztott perlit:* A perlit a riolit (kiömlési kőzet) üveges módosulata. Az egyébként nagy szilárdságú, tömött kőanyag őrleménye felhevítve nagy kristályvíz tartalma miatt megduzzad, és kis testsűrűségű, cellás szerkezetű gömbök keletkeznek. Hazánkban Pálházán bányásszák. Felhasználják hőszigetelő perlitbetonok, illetve perlithabarcsok, ipari szűrők készítéséhez, továbbá mezőgazdasági és környezetvédelmi célra.
- *Zúzott tégla:* Tégla anyagú épületek bontási törmelékéből állítják elő, ügyelni kell rá, hogy a habarcstörmelék-tartalom nem haladhatja meg az előírt határértéket (15 m%). A zúzott téglát falazóelemek gyártásához használják.
- *Kohóhabsalak, granulált kohósalak:* A nyersvas gyártási nagyolvasztó olvadt salakjának habosításávalilletve vízárammal való hűtéssel állítják elő. 30 mm legnagyobb szemnagyság alá aprítják és osztályozzák. Halmazsűrűsége 700÷1300 kg/m^3-es tartományba esik. Hőszigetelő tulajdonságú könnyűbeton falazat, födémbéléstest gyártásához, és vízszűrésre használják. A granulált kohósalak a kohósalak-portlandcement fő alkotórésze.
- *Pernyekavics:* Hőerőműveknél keletkező pernye (porszénhamu) granulálásával, majd kiégetésével állítják elő. Hazánkban ma nem gyártják.
- *Kazánsalak (szénsalak):* Általában a kazánsalak-hányókból termelik ki az üveges szerkezetű, nem mállékony anyagot, melyet főleg könnyűbeton falazóelemek gyártására használtak.
- *Algoporit:* Széntartalmú hulladék anyagok (pernye, kazánsalak) zsugorodásig való kiégetésével állítják elő. Hazánkban nem gyártják.

Vannak olyan csoportosítások, amelyek szerint a cementtel kötött szerves anyagok (pl.: polisztirol gyöngy, faforgács, fagyapot) is könnyűbetonnak tekinthetőek, de a mai szabványok, illetve a szakirodalom sem tekinti ezeket az anyagokat könnyűbetonnak, hanem a könnyű hőszigetelő anyagok kategóriájába sorolják őket.

Néhány könnyű-adalékanyag jellemző tulajdonsága a *8.9.2. táblázatban* található.

8.9.2. táblázat

	Tufa	Duzzasztott agyagkavics	Duzzasztott perlit	Zúzott tégla	Duzzasztott üveghabkavics
Anyagsűrűség, kg/m³	2500-2800	2500-2600		2500-2650	2050-2450
Testsűrűség, kg/m³	1200 - 2500	650-1600		1950-2150	300-1450
Halmazsűrűség, kg/m³	600-1200	300-800	50-180	980-1250	180-900
Porozitás, térfogat%	15-50	45-75		20-30	35-85
Vízfelvétel, tömeg%	2-25	20-50		15-25	1-60
Nyomószilárdság és húzószilárdság	6-80 N/mm² (Nyomószilárdság szabályos alakú próbatesten mérve)	1,5-10,5 N/mm² (20mm-es összenyomódáshoz tartozó húzószilárdság)		1,2-2,8 (Hasznos-ítás szétnyomószilárdsági tényező)	0,5-13,0 N/mm² (20 mm-es összenyomódáshoz tartozó húzószilárdság)
Könnyűbeton testsűrűsége, kg/m³	1300-2250	800-1800	200-750	1800-1900	600-1800
Könnyűbeton nyomószilárdsága, N/mm²	5-40	8-45	0,2-3,5	12-25	2-45

Könnyű-adalékanyagok jellemző tulajdonságai
(Kausay, BETON 2002 nov. alapján)

8.9.3. A könnyűbeton jelölése és jellemzői

Az *MSZ 4719 Betonok* c. szabvány az *MSZ 4715-4 Megszilárdult beton vizsgálata. Mechanikai tulajdonságok roncsolásos vizsgálata* c. előírás szerint vizsgált, kiszárított állapotban a 600-2000 kg/m³ testsűrűségű betont tekintette könnyűbetonnak, jele: LC.

A *MÉÁSZ ME-04.19:1995 Beton és vasbeton készítése 14. fejezet Könnyűbetonok* c. műszaki előírás idézi a RILEM munkabizottság felhasználási terület szerinti csoportosítását, amely szerint a *600 kg/m³ testsűrűség alatti* beton megnevezése *hőszigetelő könnyűbeton*. Ezek teherbírása viszonylag kicsiny (0,1÷3,5 N/mm² nyomószilárdságú), vázkitöltő falaknál, kis lejtésű tetők és födémek hőszigetelésénél, előregyártott hőszigetelő elemként, apró szemszerkezet esetén (pl. polisztirol gyöngy vagy duzzasztott perlit) pedig hőszigetelő vakoló- és falazóhabarcsként van jelentőségük.

A *601÷1600 kg/m³* testsűrűség tartományban *hőszigetelő és teherbíró könnyűbeton* a megnevezés. Az alkalmazási területnek megfelelő optimum keresésével előregyártott falazóelemek, nagyblokkok, monolit öntött falak és födémek, akusztikai zajárnyékoló falak, stb. készülhetnek belőlük. Szilárdságuk a 10÷20 N/mm²-es tartományba esik.

Az *1601÷2000 kg/m³* testsűrűségű tartományban *teherbíró könnyűbeton*ról beszélünk. Vasalt és feszített szerkezetekben is használható, szilárdsága 20 N/mm²-től ma már akár 100 N/mm²-ig is terjedhet. Használata elsősorban ott előnyös, ahol az önsúly nagy hányada a teljes terhelésnek (pl. hidak), de a magasépítésben is jól alkalmazható (pl. külső falak, homlokzatok, födémek, stb.), illetve öszvér-szerkezetekben is felhasználható. Egyes esetekben gazdasági előnyt jelent az alkalmazása, de előfordul, hogy a megvalósíthatóság feltétele a lehető legkönnyebb szerkezet kialakítása.

Az *MSZ EN 206-1* szabvány 1. része könnyűbetonnak azt a 800 kg/m³-nél nem kisebb és 2000 kg/m³-nél nem nagyobb testsűrűségű betont nevezi, amit részben vagy teljes egészében könnyű adalékanyaggal készítenek. Ez a szabvány nem vonatkozik az egyszemcsés betonra és a sejt,- hab,- illetve pórusbetonra és a 800 kg/m³-nél kisebb testsűrűségű könnyűbetonokra. Könnyű adalékanyagnak azt az ásványi eredetű adalékanyagot tekinti, amelynek kiszárított állapotában a MSZ EN 1097-6:2000 szabvány 6. része szerint megállapított szemcse testsűrűsége ≤2000 kg/m³, vagy kiszárított állapotában az MSZ EN 1097-3 szabvány 3. része szerint meghatározott laza halmazsűrűsége ≤1200 kg/m³.

A *8.9.3. táblázatban* összefoglaltuk a fent említett szabványok által meghatározott követelményeket és testsűrűség-tartományokat.

8.9.3. táblázat

Szabvány	*Testsűrűség (kg/m³)*	*Adalékanyag fajtája*
MSZ 4719	600-2000	nincs meghatározva
ME-04.19.195	600 alatti 601-1600 1601-2000	nincs meghatározva
MSZ EN 206-1 MSZ 4798	800-1000 1000-1200 1200-1400 1400-1600 1600-1800 1800-2000	ásványi anyag adalékanyagos beton

Különböző szabványok szerinti követelmények a könnyűbeton testsűrűségére és adalékanyagára vonatkozóan

A teherviselés módja a normál- és a könnyűbeton esetén alapvetően különbözik. Míg normál betonok esetében az adalékanyag merevebb a habarcsnál, addig a könnyűbetonok esetén az adalékanyag a rugalmasabb anyag. Normál betonok esetében a merev adalékanyag szemcsék a rugalmas habarcsba ágyazva felveszik a terhelés nagy részét, és az összekötő habarcsrétegnek csak a terhelést kell közvetíteni az adalékanyag szemcsék között. A könnyűbetonoknál a teherviselés a habarcsváz feladata, az adalékanyag szemcsék csak kis mértékben vesznek részt a teherviselésben. Ennek ellenére a könnyű adalékanyagnak is lehet teherhordó szerepe is, ezért az könnyű adalékanyagok önszilárdságának (törési ellenállásának) ismerete fontos. Ez nem határozható meg az adalékanyagoknál szokásos dinamikus vizsgálatokkal (Los Angeles, Deval), csak statikus módszerekkel (Hummel-vizsgálat, EN 13055 szerinti 10% összenyomódáshoz tartozó ellenállás).

A könnyűbeton jelölése a normál betonéhoz hasonló, a két minősítési érték (jellemző hengerszilárdság/jellemző kockaszilárdság) szerepel az LC betűjelzés után (*8.9.2 táblázat*). A könnyűbeton esetén a kockán, és a hengeren mért nyomószilárdsági értékek kisebb mértékben térnek el egymástól, mint a hagyományos betonoknál. Ezért az egyes szilárdsági osztályokhoz kisebb értékek tartoznak, például amíg a normál beton esetén szokásos szilárdsági osztályok jele: C20/25; vagy C40/50, addig a könnyűbeton szilárdsági osztályai: LC 20/22; és LC 40/44. (Részletesen a 6. fejezet *6.3.2. táblázatban* látható). A rugalmassági modulus értéke nem csak a szilárdság függvénye, a testsűrűség csökkenésével is csökken. Javasolt figyelembeveendő értéke a „Betontechnische Daten – Heidelberger Zement, 2002 Januar" szerint a

$$E_{lcm}=9{,}5x(f_{lck.cyl}+8)^{1/3}+x(\rho/2200)^2$$

képlettel számítható, ahol $f_{lck.cyl}$ a hengerre vonatkoztatott jellemző érték és ρ a könnyűbeton testsűrűsége.

Könnyűbeton tervezésének elve eltér a normálbetonétól, mert itt a kívánt szilárdság elérésén kívül a testsűrűség is követelmény. A könnyűbeton tervezésekor először a megfelelő önszilárdságú könnyű adalékanyagot kell kiválasztani, az összetétel tervezésekor figyelembe kell venni annak esetleg időben is változó vízfelvételét. Egymástól lényegesen eltérő szemcse testsűrűségű adalékanyagok (pl. kis szemnagyságú természetes homok és nagyobb szemcseméretű könnyű adalékanyag) esetén a hagyományos szemmegoszlási görbeszámítás nem használható. Ügyelni kell a választott technológiához megfelelő könnyű adalékanyag meg-

választásához, nyomás alatti rendszerekben (pl. szivattyúzás) nagy vízfelvételű adalékanyag nem használható.

A betonkeverék elkészítése során ügyelni kell a keverő megválasztására, hogy az ne okozza a kis szilárdságú, rideg adalékanyag szemcsék összetöredezését. A konzisztenciát úgy kell megválasztani, hogy a könnyű szemcsék ne ússzanak fel. A tömörítés során is előfordulhat szétosztályozódás, ekkor a viszonylag nehéz cementpép lesüllyed a könnyűbeton szerkezet aljára. A betontechnológiai előírások betartása esetén akár nagyszilárdságú, tartós könnyűbetonok készíthetők.

8.10. Esztétikus megjelenésű (látszó) betonok (Dr. Ujhelyi János)

A gondosan készített beton megjelenése esztétikus és ezért alkalmas nyers állapotában is felületek készítésére. A betonfelület akkor *látszóbeton* minőségű, ha

- sem az anyagösszetétel, sem a bedolgozás és az utókezelés egyenlőtlensége, sem a külső szennyezések (pl. vasrozsda) miatt nem válik foltossá,
- nincs rajta karbonátosodás okozat egyenlőtlen kivirágzás,
- egyenletes és/vagy megtervezett színű, illetve megtervezett felületű (pl. tagoltság, durva adalékanyag megjelenése a felületen),
- a sima, tömör felületen nem tűnnek át a habarcsréteg alatt lévő kavicsszemcsék sötétebb foltokként,
- nincs rajta munkahiba okozta síkbeli elváltozás (pl. betonorr, betonszemölcs, hullámosodás),
- nem fészkes, illetve nem porlékony,
- nincsenek rajta szembetűnő repedések,
- a felületi légpórusok mennyisége előre meghatározott korlátérték alatt marad.

A látszóbetonból készített szerkezetek a teherhordási követelményeken kívül tehát a fentiek szerinti esztétikai követelményeket is kielégítik. Látszóbetonból a következő betonfajták készíthetők:

- sima, tömör, egyszínű felületek;
- adalékanyag-szemcsés felületek;
- utólag kőszerűen megmunkált felületek;
- színes felületek;
- a fentiek kombinációjával kialakított vegyes felületek;
- erősen tagolt felületek,
- szobrászati jellegű felületek.

A külső vagy belső térben megjeleníthető valamennyi beton vagy vasbeton szerkezet készíthető látszóbetonként és szinte valamennyi épületfajtánál (lakó-, közösségi-, oktatási-, kereskedelmi-, ipari stb. épület, mérnöki műtárgy, mint pl. híd, támfal, gát stb. szerkezetek, víztorony, kerítés, térburkolat stb.) található erre alkalmas szerkezeti elem (oszlop, födémek alsó, látható felülete, fal, lépcső, járófelületek stb.). A látszóbeton gazdaságos és megfelelő elkészítése esetén karbantartást alig igényel.

Látszóbetonok készítéséhez valamennyi MSZ EN 197 szerinti cementfajta felhasználható, mert a cement típusa csak a beton színárnyalatát, szürke tónusát befolyásolja (az általános tulajdonságoktól eltekintve), így a szokványos betonokhoz használt és szabvány követelményeit kielégítő cementek látszóbetonok készítéséhez is alkalmazhatók.

A betonfelületek egyenletességét és színét tekintve a következőket célszerű figyelembe venni:

a) A tiszta portlandcement nyersanyagának (klinker + gipszkő) összetételében még egy gyáron belül is lehet eltérés a különböző időpontban gyártott cementek esetében, ez azonban az egyenletességet csak kismértékben befolyásolja. A kohósalakcementek, vagy a mészkőlisztes cementek összetételükből adódóan világos színt biztosítanak. Amennyiben nagyobb kiterjedésű, egyenletes színű betonfelületek előállítása a követelmény, akkor célszerű a szükséges cement teljes mennyiségét lehetőleg azonos gyártási ciklusból egyszerre megrendelni és leszállítani.
b) Világos színű betonfelületek készítéséhez fehér cementet kell alkalmazni. A fehér cementek felhasználására ugyanazok a szabályok érvényesek, mint az egyéb cementekre, de nagyobb zsugorodásukat egyrészt a felület méreteinek a meghatározásakor (dilatációs hézagok) figyelembe kell venni, másrészt intenzív és hosszan tartó (legalább 2 hét) utókezeléssel kell korlátozni.
c) A portlandcementekkel készített betonok színe kezdetben sötétebb, később mind világosabbá válik. Ennek az az oka, hogy a beton kiszáradásakor a hidratáció folyamán felszabaduló kalcium-hidroxid diffúzió útján a felület felé vándorol és karbonátosodik. Ha a betonfelület nem egyenletesen tömör, akkor a karbonátosodás egyenlőtlen és ez színeltérést okoz. Ez a kohósalakcementek alkalmazásával készített betonok esetében (legalább 40 tömeg% mennyiségben adagolt granulált kohósalak) csökkenthető, de teljesen nem szüntethető meg. Változatlan

cementtartalom mellett – számítani lehet a beton lassúbb szilárdulására, főleg +20 °C alatti környezeti hőmérsékleten. Ha a felület egy része lassabban szárad – például rendszeresen árnyékban marad – a felület más részeihez képest, akkor ott sötétebbé válik. Ezt fel lehet használni mintázat készítésére: a felület megtervezett részeit hosszabb időre (3-6 hónap) le kell takarni.

A sima, tömör betonfelületek színét a cement mellett a homok színe határozza meg, emiatt a szükséges homokmennyiséget (0-2 mm vagy 0.-4 mm) egy kotrásból, egy lelőhelyről célszerű egyszerre leszállítani a színegyenletesség érdekében.

Az adalékanyag-szemcsés betonfelületek színét elsősorban a durva adalékanyag szemek színe befolyásolja. A hazai folyami vagy bányakavicsok okkersárga és barna színárnyalatok között változnak, míg a hazai kőzetek szürke, rózsaszín, vörös, zöldes színekben szerezhetők be (bazalt, andezit, riolit, tömött mészkő). Ezt a betont ajánlatos lépcsős szemmegoszlással készíteni: az adalékanyag két frakcióból álljon, mégpedig kb. 50% 0-D/8 és kb. 50% D/2-D frakciókból (ahol D a legnagyobb szemnagyság).

A túlságosan sok finomrészt (0-025 mm) tartalmazó homokkal készített látszóbeton felületeken esetenként megfigyelhető, hogy a habarcsréteg alatt a durva adalékanyag szemek mintegy „átlátszanak”. Ennek oka az, hogy a vibrálás alatt a zsaluzat és a durva adalékanyag szemek közötti szűk teret a keverék finom szemei (cement + finomhomok) töltik ki és a vizet ebből a rétegből a durva szemek kinyomják. Emiatt a habarcsrész nagyon tömörré válik és minthogy a durva szemek megakadályozzák a víz kifelé irányuló mozgását, ezért ezeken a helyeken a habarcsrész sötétebbé válik, minél idősebb a beton, annál inkább. Ez főleg lépcsős szemmegoszlás esetén fordul elő, ezért a sima, tömör felületeket folyamatos szemmegoszlású adalékanyaggal kell készíteni.

Az adalékanyag-szemcsés betonfelületeket kötéskésleltető tartalmazó keverékkel érdemes készíteni, mert a beton homlokzati rétegéből a cementhabarcs kimosható.

A sima, tömör vagy a tagolt, mintázott felületű látszóbetonok minősége akkor egyenletes, akkor várható el kevés hiba, ha a cementpép tartalom az adalékanyag adott konzisztenciához tartozó pépigényénél legfeljebb 50 liter/m^3-rel nagyobb.

A látszóbeton felületek hibáit, illetve azok valószínű okait az alábbiakban foglaljuk össze.

A ***színeltérések*** előfordulása és ezek valószínű okai. A zsaluzat eltávolítása után azonnal vagy néhány óra múlva észlelhető hibák:

a) *Eredendő színeltérés*, a felület színének megváltozása. *Okai:* nem állandó szemmegoszlás, nem azonos cementszállítmány, a betonkeverék nincs egyenletesen megkeverve vagy az egyes keverékek keverési arányai – főleg a víz/cement tényezők – eltérőek.

b) *Adalékanyag átlátszóság,* a durva adalékanyag szemek sötét foltokként mintegy áttűnnek a felületen. *Okai:* túlságosan rugalmas zsalutáblák, lépcsős szemmegoszlás, túl kevés vagy túl sok finomhomok. Bedolgozás után túlzott vibrálás, külső vibrálás (pl. zsalurázó vibrátor).

c) *Adalékanyag negatív átlátszóság,* a durva adalékanyag szemek világos foltokként mintegy áttűnnek a felületen. *Okai:* porózus, nedvszívó, száraz adalékanyag. Nem megfelelő utókezelés, túl gyors betonszáradás.

d) *Vérzés miatti elszíneződés,* a felület árnyalatának a változásai, foltosodása. *Okai:* a zsaluzat illesztése nem vízzáró, a vízmozgás habarcsot visz magával. Szigeteletlen, rétegelt falemez zsaluzat vizet szív el. Függőleges elemek alsó része sötétebb, mint a felső, mert a tömörítés nyomáskülönbségeket okoz és ez vizet présel a felületre.

e) *Szegregációs elszíneződés,* pettyezést okozó szín- vagy árnyalatváltozások. *Okai:* vízzáró zsaluzatba bedolgozott sovány beton, túlzott mértékű vibrálás, lassú szilárdulás (pl. hűvösebb idő).

f) *Festékes elszíneződés,* a keverék alkotóanyagaitól eltérő színek megjelenése. *Okai:* zsaluzat elszennyeződése, festék vagy piszok a felületen. Piszkos alkotóanyagok és/vagy tisztátlan zsaluleválasztó szer alkalmazása. Rozsdaelszíneződés, pl. a födém alsó felületén, mert betonozás előtt eső érte a már beszerel, rozsdás acélbetéteket és az eső a rozsdát a zsaluzat felületére mosta, vagy kötöződrótot felejtettek a zsaluzatban, amely később korrodálni kezdett.

g) *Olajszennyezés,* sárgás vagy barnás elszíneződés, néha homokos vagy adalékanyag szemcsés elváltozások megjelenése. *Okai:* a zsaluzószer kis viszkozitású vagy túlzott mennyiségű vagy tisztátalan volt vagy túl későn hordták fel s ezért megszakította a felületi habarcsréteg folytonosságát.

h) *Porlás,* világos, poros felület, amely néha elmállik, lekopik és helyenként megjelennek a durva adalékszemek. *Okai:* túl rövid utókezelés, gyors betonszáradás, túlzott mennyiségű zsaluleválasztó szer.
i) *Késleltetés,* a cementkőváz homokszínű, hiányos tartósságú. *Okai:* a zsaluzatra felhordott késleltető (pl. vízoldható emulzió), túlzottan felületaktív zsír vagy olaj, nem stabil kenőcs, nem megfelelő vagy túlzott mennyiségű kémiai leválasztó szer.

A zsaluzat eltávolítása után később észlelhető hibák:

a) *Száradási elszíneződés,* a felület árnyalatának a változása a világostól a sötétig. *Okai:* eltérő utókezelés (pl. a zsaluzatban szilárduló beton a zsaluzat helyi vetemedése miatt gyorsabban szárad, mint a többi részen, ezen a helyen általában repedezés is megfigyelhető).
b) *Mészkivirágzás* vagy *mállás*, a felület fehér porral vagy foltokkal szennyezett. *Okai:* a betonfelületet úgy tervezték, hogy lehetővé válik az eső általi egyenlőtlen kimosás. A zsaluzószer fajtája nem megfelelő, az utókezelés nem egyenletes.
c) *Szennyeződés*, az alkotóanyagok idegen tónusú elszíneződése. *Okai:* az adalékanyagban pirit, agyag vagy más szennyezés volt. Az acélbetétek betontakarása nem elegendő, vagy nem megfelelően védett fémanyag van a betonban, ezért rozsdásodás alakult ki. Szennyezett párazáró anyagot hordtak fel utókezelő szerként, vagy a betont piszkos takaróanyaggal fedték le.

A ***fizikai szabálytalanságok*** és ezek valószínű okai. A zsaluzat eltávolítása után azonnal észlelhető hibák:

a) *Méhsejtesedés,* durva szemcsés felület hézagokkal és finomrész hiánnyal. *Okai:* kis finomrésztartalmú adalékanyag, túl lassú bedolgozás. A zsaluzaton tömítetlen illesztések vannak. A beton zsaluzatba töltésekor szétosztályozódott, nem volt kielégítő a tömörítése. Túl sűrű a vasalás, túl szűk a betonkeresztmetszet.
b) *Hézagosság,* rendszerint 1 cm-nél kisebb átmérőjű egyedi üregek. Közel gömb alakú kis hézagok, a nagyobb hézagokat gyakran kavicsszemek határolják. *Okai:* a zsaluzat vízzáró anyagú, görbült, túlzott rugalmasságú. A betonkeverék nagyon sovány, a homok durva, csekély a bedolgozhatóság. A beton és a zsaluzat közé légbuborék szorult be. A zsaluleválasztó szer nem felületaktív, tiszta olaj. Lassú bedolgozás, gyenge tömörítés.

c) *Habarcsveszteség,* cementhiányos, homokos textúrájú területek, a kapcsolódó felületeken rendszerint sötét színnel társul. *Okai:* a keverék vérzésre hajlamos, a zsaluzatban hézagosak a kapcsolatok, a távolságtartók rosszul voltak elhelyezve.

d) *Kimosódás,* a kavics és a homokszemeket láthatóvá tevő csatornák alakulnak ki. *Okai:* túlzottan nedves, sovány betonkeverék, kevés finomrésszel. A zsaluzatban víz volt a beton elhelyezésekor, amelynek szintje a bedolgozás alatt fokozatosan emelkedett. Túlvibrálás. Hideg környezet.

e) *Kidudorodás* vagy *körvonalváltozás,* a tervezett alakhoz képest lépcső, hullám vagy más szabálytalanság. *Okai:* teher alatt deformálódó zsaluzat, nem szorosan illesztett kapcsolatok. Túl gyors, felületes elhelyezés.

f) *Plasztikus repedezés,* rövid repedések, a hosszuk mentén változó vastagsággal. Ha a beton öntése függőleges volt, akkor a repedések inkább vízszintesek. *Okai:* nagy víz/cement tényezőjű keverék, csekély homoktartalom. Szabálytalan alakú, hőszigetelés nélküli zsaluzat, amelyben gátolva van az ülepedés.

A zsaluzat eltávolítása után később észlelhető hibák:

a) *Hámlás,* a betonfelületről a szilárd fedőréteg (habarcs) elválik, feltárva a durva szemeket vagy a habarcs belsejét. *Okai:* a zsaluzat felülete nagyon durva, tömörítés után a beton fellazult, a zsaluzószer nem megfelelő vagy a későbbi műveletek a zsaluzat felületéről eltávolítják a zsaluzószert.

b) *Zsaluzathulladék,* a zsalufelület egyes részei, beleértve a védőfestéket, a beton felületére tapadnak. *Okai:* a zsalufelület sérült, gyenge, túl durva. A zsaluleválasztó szer nem megfelelő, a beton beleköt a zsaluzatba.

c) *Hámlás vagy forgácsolódás,* betondarabok válnak le a szilár betonfelületről (mélyebb és rendszerint nagyobb, mint a hámlás). *Okai:* kis szilárdságú betonkeverék, a kizsaluzás nehézkes volt, mert nem volt megfelelő a zsaluleválasztó szer, túl korai zsalulevétel, az adalékanyag hajlamos a fagykárosodásra, az acélbetét korróziója lefeszíti a betontakarást.

d) *Repedezés,* finom repedésháló, véletlen eloszlásban. *Okai:* a betonkeverék nagyon kövér, nagy a víz/cement tényező, a zsalufelület vízzáró vagy polírozott, nem megfelelő utókezelés, túl korai zsaluzat levétel, főleg hidegebb időben.

Az estleges hibák felsorolt okainak mérlegelése és az intézkedések az elkerülésükre feltétele a látszóbetonok megfelelő minőségének. A betonkeveréket a kívánt cél érdekében kell megtervezni, a zsaluzat és a betonozás módszerének a figyelembe vételével. A látszóbetonokat vibrálással kell tömöríteni, ezért lényeges a megfelelő víztartóképességű keverék. Az utókezelést a lehető leghosszabb ideig kell folytatni.

8.11. Kis zsugorodású és csekély kúszású betonok (Dr. Erdélyi Attila)

8.11.1. Általános szempontok

Közönséges, szokásos, nem könnyűadalékos betonok estében föltételezhetjük, hogy a homokos kavics, bazalt, andezit, *jó* mészkő, stb. adalékanyag merevsége (E) és szilárdsága igen nagy a cementkőéhez képest, – továbbá, hogy *önmagában* nem, vagy alig zsugorodik, ill. kúszik, hiszen az adalékanyag szemcséken belüli *vízmozgás* (vízfelvétel, vízleadás) *elhanyagolható.* A zsugorodást és kúszást ezután már *csak a cementpép, ill.* (szilárdulás után) *a cementkő mennyisége* (l/m^3), *minősége* és *ennek időbeni változása szabja meg.*

Az adalékanyag váznak, akárcsak a vasbetéteknek – a *zsugorodást és kúszást fékező hatása van.* Így pl. a szokásos betonok zsugorodása csak *kb. 1/5*-e az e betonhoz tartozó cementkő zsugorodásának. Az adalékanyag rugalmassági modulusa és szilárdsága természetesen befolyásolja a beton zsugorodását. (Erdélyi A.: Beton **1997.** 11. pp. 8–11.) A *8.11.1. táblázat*béli betonok összes zsugorodása – az adott körülmények közt – kb. *0,65‰*, – *míg a cementkőé kb. 3,1‰.* Csekély zsugorodású betonok készítéséhez ismerni kell az *összes cementkémiai, fizikai, technológiai, tárolási stb.* körülményt, amelyek befolyásol(hat)ják a zsugorodást – továbbá a *zsugorodáskiegyenlítő* (enyhén duzzadó) *cementeket, ill. adalékszereket is* (ang: „shkinkage compensating cements; admixtures"). A kúszást csak a cementkő *korai szilárdságának* növelésével és így *porozitásának,* térfogatának csökkentésével tudjuk befolyásolni, – a teherfelhordás időpontjának késleltetésétől eltekintve. A kúszást a *folyósítószerek révén* csökkentett v/c-vel kell csökkenteni. A beton száradási zsugorodását (ε_{cds}), ill. kúszását okozó fő tényező a *terheletlen beton* (zsugorodás), ill. a valamilyen *igénybevétellel megterhelt beton víztartalmának a körülmények miatti* (ebben a keresztmetszet alakja, fajlagos kerülete, ill. képzetes $2A_c/U$ félvastagsága is szerepel) *vízvesztesége* és *térfogatcsökkenése.* (MSZ ENV 1991-1-1:2003; – 3.1.2.5. pont és 1. Függelék ≈„EC2")

8

A zsugorodást építményeinken *egyrészt tapasztaljuk* (a száradó felületek térképszerű összerepedezésétől a mereven befogott hosszú lemezek pl. parkolóház födémek átrepedéséig), – *másrészt laboratóriumban mérhetjük. Rengeteg változó* befolyásolja az eredményeket (pl. mérés kezdet, alak- és méretviszonyok, hőmérséklet és páratartalom, – és természetesen maga a betonösszetétel.) A **cementnek** *„saját" zsugorodását* (pl. szabványhabarcson) *nem érdemes* mérni, mert ebből a **beton** zsugorodására *nem lehet* következtetni, – 1958. óta ezért ezt törölték is a cementszabványból (Betontechnische Daten **2003**, p19., 1.13. pont).

8.11.2. A zsugorodás fajtái - Kérdésföltevés

A laboratóriumi mérési eredmények azért talányosak néha, mert

a) *nem veszik figyelembe,* hogy időben **többféle**, egymást átfedő/követő zsugorodási **fajta** létezik, és ezért a *mérés megkezdésének* **időpontja**, ill. a *hidratációs hő „elszivárgásának" megengedése,* ill. ellenkezőleg a betonban való *benntartása döntő különbség.*

b) nem veszik figyelembe, hogy a mérési-vizsgálati körülményeken kívül és túl (lásd 8.11.3. pontban) *a beton összetétele, ezen belül is a* **v/c** tényező és a **cementtartalom** ill. az ebből adódó **péptartalom** (és az adalékvázzal együtt értelmezhető telítettség/túltelítettség) a **döntő**, – és **nem** a *cementfajta!* (Ujhelyi J., **1995** MÉASZ-ME 04.19.–16.22 ábra)

c) *Zsugorodási fajták* (lásd a *8.11.1. táblázatot*)

d) *Korai (képlékeny) zsugorodást,* „töppedést" okoz a keverővíz elpárolgása a felület készre simításától kezdve a kötés megindulásáig: ezalatt (nevezik pihenési, pihentetési időnek is) a beton még könnyen alakítható (nem lépésálló) utóvibrálható. A diszperzió (cementpép, vagy bármely más finomszemcsés anyag szuszpenziója) először a szabad felület felé párologva veszti a vizét, majd a szemcsék sűllyedése/tömörödése után a víz a felületi húzófeszültség révén a kapillárisokból fölfelé szívódik és elpárolog (ezért hívják kapilláris zsugorodásnak is). A felső réteg térfogatcsökkenését az alsók fékezik és ezért a felület szabálytalanul, térképszerűen *megrepedezik* (angolul „mapping"), *kizárólag fizikai okok miatt,* miként egy kiszáradó pocsolya iszaprétege. Ez az ε_{cfs} korai (friss, képlékeny, kapilláris) zsugorodás a 4 mm/m(‰)-t is elérheti és a repedések tágassága 0,5–2,0 mm, mélységük akár 10 cm is lehet. Mindez az első 2–8 órában zajlik le – *hacsak* nincs kötéskésleltetés.

Az először keletkező repedések szélesebbek. Az *összegzett repedésszélesség* (mm/m) *nő, ha* a péptartalom (cement + kiegészítők + víz + légbuborékok/zárványok) nő; *ha* a keverék szétosztályozódott (a pép kiválik); *ha* a keverék vízmegtartó képessége „túl jó" (kohéziós-ragadós keverék), mert nincs víz utánpótlás. A *NSZ-betonok* (v/c<0,4) szabad felülete ezért igen hamar összerepedezhet. Sokáig lesz repedékeny a *késleltetett beton* is. (A kifúrt magokon a fentiek jól igazolhatók).

e) *Autogén (önkiszáradási) zsugorodás (ε_{cas}) a vízforgalomtól* (tehát párolgási veszteségtől) *elzárt szilárduló beton hidratációja* során keletkező térfogatcsökkenés, amely a szabad víznek a kisebb végtérfogatú kalcium-szilikát-hidrátokba való beépülésekor megy végbe (6 m^3 „víztérfogatcsökkenés" 100 g cement átalakulásakor, ill. *8 térf% pórustérfogat csökkenés* teljes hidratáció és v/c=0,4 esetén). Ez a **kémiai zsugorodás** csak a v/c-től függ: *minél kisebb a v/c,* annál nagyobb a hidrátokba beszívott víz miatti vízhiány és ezzel együtt az autogén zsugorodás: a „térfogathiány". Ezt a zsugorodást az éppen *„meghúzott"* felületű (~2 órás) próbatestre helyezett és kocsizó mikroszkóppal leolvasható szálkeresztek segítségével lehet megmérni *úgy,* hogy közben az elpárolgást (filmbevonattal) megakadályozzák, és a hidratációs hőt is benntartják.

f) *Száradási zsugorodás* (ε_{cds}) tisztán fizikai-vízveszteségi folyamat, amely az *egyensúlyi nedvességtartalom* beálltáig tart. Alak-, méret-, rel. páratartalom-, hőmérséklet-függő és a *már megszilárdult cementkőben* zajlik le. (Helytelenül, de csak ezt szokták mérni.)

g) A zsugorodási fajtákat a *8.11.1. táblázat*, az autogén és száradási zsugorodásokat adott péptartalmú betonra (példaként, GRUBE, **2003.**) A *8.11.2. táblázat* tartalmazza.

8.11.3. A betonnak laboratóriumban mérhető zsugorodását befolyásoló tényezők

8

(NEVILLE, AM:Properties of Concrete, McMillan és JACKSON N. – DHIR R.K: Civil Engineering Materials **1988**; Ujhelyi J. **1995**: MÉASZ ME 04.19. 16. fejezet).

Alak, méret. A nálunk szokásos 70x70x250, ill. 100x100x515 mm-es hasábokhoz hasonló 70x70x280 mm hasábon (USA) a zsugorodás végértéke kb. 2,0–2,5-szörös egy a valóságos nagy hídszerkezethez közelebbi 700x700x2800 mm gerendáéhoz képest.

A fajlagos beton keresztmetszeti területet $\left(2A_c/U = \frac{d}{2}\right)$ a méretezési szabványok használják – másutt a *fajlagos térfogat* ($a = V_{total} mm^3/mm^2$) szokásos. Mindkettő növekedése kevésbé zsugorodó, zömökebb próbatestet jelent.

Pl. $\alpha = 20$-tól $\alpha = 160$-ig 1‰-ről 0,5‰-re zsugorodás. A mi 70x70x250 mm-es hasábunk igen karcsú: $\alpha \cong 15$, tehát ezeken *viszonylag igen nagy* zsugorodást mérünk!

Méret és időtartam. A 70–100 mm (hazai oldalméret esetén már **7 hónap – 1 év** alatt *közel* annyi (0,35‰) zsugorodás mérhető, mint a 8 éves végzsugorodás (0,4‰). Egy 750 mm vastag gerendán 8 év múlva csak 0,2‰ mérhető, szemben az előző „karcsú" hasáb 0,4‰-ével.

Adalékanyag. Homokkő adalékanyag esetén *1,5–2,0-szer* akkora zsugorodás mérhető, mint kvarckavicsos betonon, – de a homokkő *nem* szokásos adalékanyag!

Páratartalom, időtartam. 70%-os légnedvességhez 20 év múlva 0,8‰, 50%-os, szárazabb légtérhez ~1,15‰ zsugorodás tartozik, – 100%-hoz (teljesen vízgőztelített tér) pedig 0,2‰ **duzzadás**: ez mindig kb. 1/6 része a 20 °C és 65% relatív páratartalomhoz tartozó egyensúlyi állapotú zsugorodásnak (H. GRUBE, **2003.**) Az ACI 209R–**92**(?) szerint 35 és 80% páratartalom közt lineárisan *át lehet számítani* egymásba a mért adatokat: 35%-hoz $k_{35} = 1{,}0$; 80%-hoz pedig $k_{80} = 0{,}63$ tartozik, majd egy töréspont után 100%-hoz $k_{100} = 0{,}0$.

A váltakozó száradás/nedvesedés végső hatása ugyanolyan, mintha a beton végig a szárazabb környezetben lett volna. (JACKSON-DHIR, **1988.** lásd még általában: Ujhelyi J. **1995.**)

A cementfajta hatása. Gyakorlatilag szó szerint idézzük NEVILLE-t (1995. 414. old.) aki azt állítja, hogy a *tiszta portlandcementek* és az *aluminát cementek* zsugorodása nagyjából azonos, csak az aluminát cement hamarabb zsugorodik.

A *durvább őrlés* a hidratálatlan szemcsemagok miatt (mint „merev adalékszemcse") *fékezi* a zsugorodást. Régebbi vélekedéssel ellentétben a *fajlagos felület* növekedése nem növeli a zsugorodást, – akkor sem, ha tiszta cementpépen nagyobb zsugorodást mérnek. A fajlagos felület hatására lásd a *8.11.3. táblázatot*.

A cement vegyi összetétele – ma így látják (NEVILLE) – gyakorlatilag nem befolyásolja a zsugorodást, – kivéve, hogy a gipszben szegény cementek nagyobb zsugorodásra hajlamosak. A *kötéskésleltetés szem-*

pontjából adagolt gipsz mennyiség *kevesebb*, mint amennyi a legkisebb zsugorodáshoz tartoznék.

Cementgyárainknak javasolhatjuk tehát, hogy ebből a szempontból a szabványban megengedett SO_3 *tartalom felső határáig* menjenek el. A *zsugorodásgátlás* szempontjából legkedvezőbb gipszmennyiség tartománya *szűkebb*, mint a késleltetés miatt adagolt gipsz legkedvezőbb tartománya (NEVILLE….).

A kiegészítő anyagok: pernye, kohósalak növeli a zsugorodást. A pernye kb. 20%-kal, igen nagy kohósalak tartalom akár 60%-kal. A *szilikapor* (MS) lassan hat, tehát hosszabb vizsgálat kell a hatás megítéléséhez.

Egyéb betontechnológiai tényezők. A folyósítószerek azonos v/c esetén kb. 10-20%-kal növelik a zsugorodást (véleményünk: több lesz a „szabad víz"!), a vízcsökkentő adalékszerek önmagukban esetleg szintén kissé növelik, – de minthogy a v/c vagy/és a cementtartalom azonos konzisztenciához csökkenthető lesz, végül a zsugorodás (lásd *8.11.3. táblázat* a/c ill v/c értékek) csökken.

A túl *gyors kiszáradás* (mert a betonban a kihűlés okozta belső feszültségek csak lassan tudnak leépülni a kúszás és ernyedés- relaxáció révén) *a felület megrepedését okozza, – minél fiatalabb a beton, annál inkább*. Ez azonban nem a tulajdonképpeni zsugorodás miatt, hanem a hirtelen vízvesztés miatti kiszáradástól („töppedés") van.

Azért szokták előírni (jobb kivitelezők) a *szakaszos kizsaluzást*, hogy ne az egész felület kerüljön egyszerre teljesen más, kedvezőtlenebb *páratartalmi és hőmérsékleti* viszonyok közé. A megrepedések nagy része tehát a felület kihűléséből (nemcsak száradásból) eredő (gátolt) rövidülés következménye: egy felhevült, hidratációs hővel „terhelt" lemezt (hiába elegendő már a szilárdsága) tulajdonképpen csak akkor szabad védetlenül hagyni, amikor hőmérséklete a környezetétől már alig különbözik.

Hőlökés (~sokk). A „forró" előregyártott elemek korai kiszállítása a tárolótérre, a napsütés, a szél (huzat a csarnokban), a száraz levegő még kihűlés nélkül is térképszerű *szabálytalan pókhálós felületi repedést* okoz, szemben a kihűlési repedésekkel, amelyek egymással kb. párhuzamosan, adott „osztásközzel" keletkeznek.

A szél/napsütés/száraz levegő ellen idejekorán felszórt *párazáró filmmel* kell védeni a betont, – ezt minden térburkolatot építő cégnek ismernie kell! A *fóliatakarás önmagában* nem elegendő!

Betonösszetétel. A *péptérfogat* döntő: ez kezelhető 2 külön paraméterrel is: *c(kg/m³)* és *v/c,* ill. az ezekből adódó *v(l/m³)* víztartalom. Hatásuk látható a *8.11.1 ábrán* a *száradási* (ε_{cds}) zsugorodásra nézve. Előregyártott

NSZ-beton elemekben az ε_{cas} *önkiszáradás,* tehát az autogén eredeti (bensőséges) zsugorodás már a gyártás alatt minden következmény nélkül végbemegy, *ha* a rövidülés *kényszererők nélkül lehetséges.*

A v/c csökkentése tehát a legjobb módja az ε_{cds} száradási zsugorodás mérséklésének, – a *cementtartalom* visszafogásával *együtt.* Ha v/c=0,30–0,35 és c=450 kg/m^3, akkor 0,3–0,4‰ lesz a t=∞ időre várható teljes *száradási* zsugorodás (*8.11.1. ábra*, a gyakorlati tartományt vékony vonal keretezi). A *minél nagyobb adalékanyag-tartalom* (nagy a/c arány) egyrészt kevesebb pépet, másrészt erősebb, nem zsugorodó adalékanyagvázat jelent. Az a szemmegoszlás kedvezőbb, amellyel azonos péptérfogat és azonos v/c mellett a keverék jobban bedolgozható. (Ujhelyi J., **1995.**, 16. fej. 16.16. ábra).

8.11.4. Teendők

Kis zsugorodású beton készíthető, ha – az összes zsugorodási fajta ismeretében – az adott esetre mértékadó (ε_{cds} vagy $\varepsilon_{cas}+\varepsilon_{cds}$) zsugorodást befolyásoló, részletesen az előzőekben leírt összes tényezőt *tudatosan rendre kedvezően alakítjuk* a betontechnológia tervezés során, – beleértve a napsütés, a szél, a huzat, a száraz levegő, a gyors kihűlés, a későbbi kiszáradás stb. kedvezőtlen hatásainak megakadályozását is, – a *kedvező betonösszetételen*, a *zsugorodást fékező* (számított) *vasaláson,* a nagy lemezek (parkolófödém) *szabad rövidülését* biztosító, hajlékony megtámasztások tervezésén és az EC2 előírásainak betartásán kívül.

A *korai* (képlékeny, kapilláris) zsugorodást (repedezést) a betonba kevert nagy fajlagos felületű *vékony műanyagszálak* (1–2 kg/m^3 **PP**-szál) hatékonyan csökkentik.

8.11.5. Csekély kúszású betonok

A szerkezettervezési előírások figyelembe vétetik a *kúszásra ható* tényezőket (Ujhelyi J. **1995**, EC2=ENV 1992-1-1:**2002**). A *beton konzisztencia* lágyítása *vízzel;* a *karcsú*, nagy kerületű keresztmetszet (2A/U=d/2 m^2/m kisebb szám), a *lassabban szilárduló cement,* a nagyobb *péptömegtérfogat;* a *szárazabb* környezet (szerkezet benapozott, nem víz felőli oldala) *növeli a kúszást,* – ahogyan a zsugorodást is, mert **kúszáskor is** a szilárd cementkő **vízvesztesége okozza** *a térfogat*(hossz) *csökkenést,* de *terhelés* (mechanikai feszültség) *hatására.* Az előző pontokban mondottakon kívül a *minél későbbi teherfelhordás csökkenti a kúszást. Korai* megterhelés (pl. feszítés, kiállványozás) *gyorsbetont* igényel!

A zsugorodási fajta megnevezése, jele	Oka	Lehetséges következmények
Korai zsugorodás (képlékeny zsug. "tippedés", plastic shrinkage) ε_{cp}‰ ①	A bedolgozott friscbeton felületének kiszáradása az elégtelen utókezelés miatt.	A külső kéreg térfogatcsökkenése. Korlátozott mélységű, szabálytalan v. szabályos (vasak!) repedések a szabad felületeken, növekvő lehajlás
Autogén (ön)zsugorodás (belső szárradás, autogenous shr.) ε_{ca}‰ ②	A hidratáció során keletkező vegyi-ásványi összetételi eredetű "belső szárradás".	Kühólag megjelenő térfogatcsökkenés, ami zárt szálban ételődésekor, növekszik, ha víz szükséges és a hidratáció fok nő. Kényszererők okozta hasztónepedések, nagyobb lehajlás.
Szárradási zsugorodás (drying shr.) ε_{cd}‰ ③	A szilárd beton kifelé való vízleadása okozta "ismert" jelenség.	Növekvő vízleadás az egyensúlyi állapotig. Kényszererők →repedések→ nagyobb lehajlás.
A szerkezet számára mértékadó teljes zsugorodás ε_{cs}‰ ε_{ca}‰ + ε_{cd}‰ ④	–	–
Karbonátosodási zsugorodás ε_{cc}‰ ⑤	Karbonátosodás a külső felületen a CO_2 molekulák megkötése és a H_2O elpárologtatása révén.	Betonszerkezeteknél elhanyagolható, de a laboratóriumi-testeken (nagy felület és kis keresztmetszet jelentős), a külső kéreg térfogatcsökkenése miatt szabálytalan repedezés

Különböző zsugorodási fajták, okaik és a lehetséges következmények (H. GRUBE, beton, 2003/12 p. 603)

8.11.2. táblázat

v/c	ε_{cas}‰ autogén ② zsugorodás zárt próbatest önkiszáradása	ε_{cds}‰ száradási ① zsugorodás után	Cementtartalom 320l/m³ péptartalom, kg
≥0,70	0	0,7	313
0,60	0,05	0,6	347
0,50	0,10	0,55	389
0,40	0,20	0,45	443
0,30	0,30	0,35	514
0,25	0,40	0,25	560
összesen ①+②	**kb. 0,65 ‰**		

Ø150x300 mm-es betonhengerek t=∞ időre vonatkozó zsugorodásai ε_{cas} és ε_{cds}, ‰) 20 °C és 60% relatív páratartalmú térben, egyensúlyi állapotban (Horst GRUBE, beton 2003/12 pp. 598–603.)

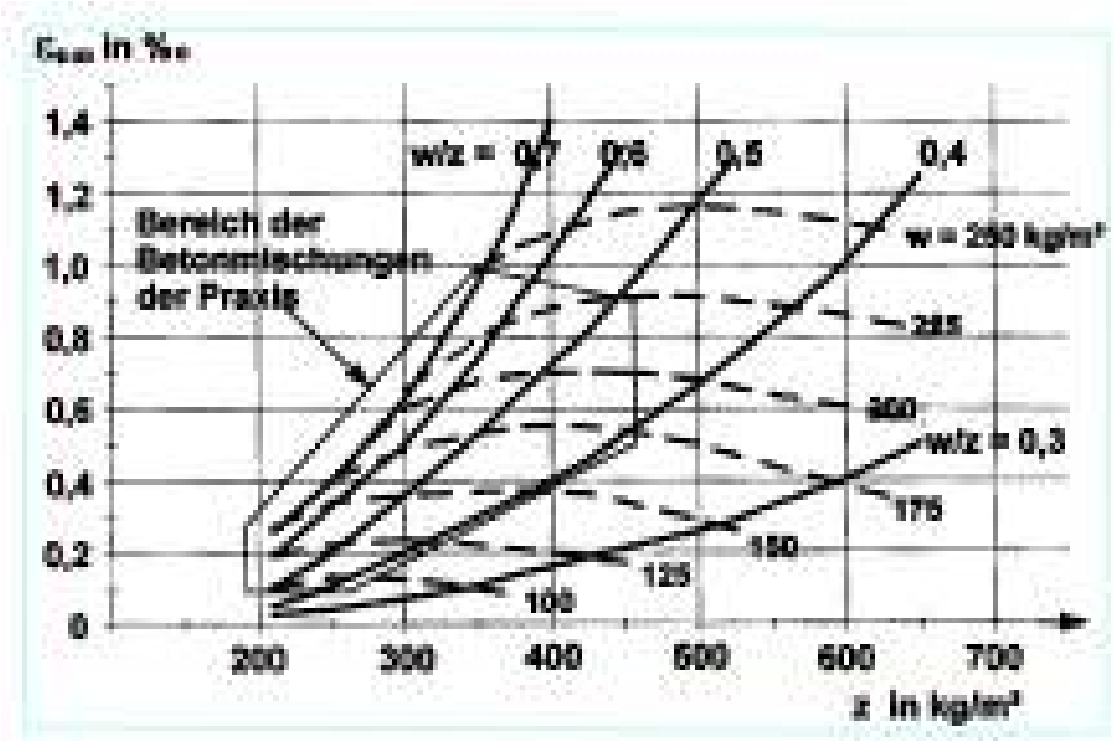
Betonosszetételek: ~320 l/m³ állandó péptartalom; CEM I vagy CEM III (egészében hidratálódó „reaktív" cement); rajnai homokos kavics; végig 20 °C/65% rel. páratartalom; első mérés v/c<0,40 esetében *kötés*kezdetkor – egyébként 1 napos korban. Az utolsó oszlopot 3,1 kg/l (CEM I) sűrűséggel mi számítottuk hozzá GRUBE adataihoz.

8.11.3. táblázat

Nedves tárolás mérés előtt nap	Fajlagos felület m²/kg	ε_{cds} ‰ v/c	
		0,375	0,45
1	280	0,46	0,52
	490	0,54	0,68
	740	**0,54**	0,69
28	280	0,38	0,52
	490	0,46	0,61
	740	**0,42**	**0,58**

Fajlagos felület hatása nagy cementtartalmú betonok 500 napos száradási zsugorodására (adalék/cement arány=3, JACKSON–DHIR, 1988, p. 185.)

Megjegyzés: (Erdélyi A.) **Növekvő** fajlagos felülettel már **nem nő** az ε_{cds}, vélhetően méréskezdet előtt lezajlott autogén zsugorodás miatt.



8.11.1. ábra: A száradási zsugorodás (‰, függőleges tengelyen) a cementtartalom (vízszintes tengelyen kg/m³) és a v/c (w/z) függvényében

8.12. Gyorsan vagy lassan szilárduló betonok (Dr. Erdélyi Attila)

8.12.1. Alapelvek

A szilárdulás hidratációs hőfejlődéssel jár, ezért egy *adott kiválasztott cement* összes hőfejlesztési képessége és a hőfejlődés sebessége (ha a kötés és szilárdulás során a hőt nem vonjuk el) *eldönti*, hogy gyorsan vagy lassan szilárduló betont kapunk-e. A cementpép *reakciósebessége* (a klinker és a kiegészítők vegyi tulajdonságain kívül) a cement *fajlagos felületétől,* a *koncentrációtól*, azaz a *v/c tényezőtől,* végül a *pép hőmérsékletétől függ.*

A klinker nagyobb C_3S (alit=tri-kalcium-szilikát) tartalma a kezdőszilárdságot (és kezdeti hőfejlesztést) **növeli**, – a C_3A (tri-kalcium-aluminát) tartalma a hőfejlődést növeli, – de a szilárdságot kevésbé – télen „melegíti" a betont. A βC_2S (belit=dikalcium-szilikát) lassú hőfejlődésű és szilárdulású – az ilyen cement *1 éves* korban meghaladja az alitos cementek szilárdságát. Ugyanígy „lassú" a C_4AF (tetra-kalcium-aluminát-ferrit), – utóbbi arányának növelése és a C_3A csökkenése (egészen nulláig) a cementet szulfátállóvá teszi. (A régi „S 54" és „S 100" cementek tehát lassúak.) A „gyorsasághoz" *elegendő hő* (cementadagolás!) és *hőszigetelés* is szükséges.

A *pernye* (mint „mesterséges puccolán”) és a *trasz* igen kis hőfejlesztésű kiegészítő anyag; a kohósalak is lassú hőfejlesztő, de az előbbieknél több hőt termel. A **lassan szilárduló betonok** cementje ezért kis C_3S tartalmú, nem túl finomra őrölt klinkerből és sok kiegészítő anyagból áll, mint pl. CEM II./B–S 32,5 N, CEM III./A 32,5 N, vagy CEM III./B (Vác) ill. CEM II./B–M(V–L)32,5 N (Beremend).

A gyorsan szilárduló betonba tiszta klinkercement való: CEM I. 52,5 N (Vác és Beremend) vagy CEM I. 42,5 R. Ezeknek C_3S tartalma 50% fölött fajlagos felülete 380–400 m^2 körül, ill. fölött, és **1 napos** nyomószilárdságuk 18 N/mm^2 fölött legyen: *ilyen cementből* készíthető olyan gyorsbeton, amely (hőmérséklettől és v/c-től függően) 12–24 órás korban már 30–40–50 N/mm^2 nyomószilárdságú.

A szokásos (szakirodalmi) *teljes* hidratációs hő adatok (Betontechnische Daten, 2003):

portlandcement (pc)	375–525 J/g
kohósalakpc és kohósalakcement	355–440 J/g
puccolánpc	315–420 J/g
aluminátcement	545–585 J/g

A legutóbbi adatból nyilvánvaló, hogy az *aluminátcementek* igen *alkalmasak gyorsbetonok* készítésére (6–8 órás korban 40 N/mm^2, 24 órás korban 60–80; 28 napos korban 100 N/mm^2 szilárdságú a v/c=0,4-es szabványhabarcs), *de teherviselő szerkezeti célokra általában mégsem használják* más nehézségek miatt (nedves utókezelés, v/c≤0,4; akrilát bázisú folyósítószer, párolgásmentes takarás azonnal az elkészítés után nélkülözhetetlen). A DDC cementek hőfejlesztési adataira lásd a *8.12.1. táblázatot*

8.12.1 táblázat

Cementfajta (DDC)	Hőfejlesztés J/g			Gyár
	24 h	48 h	72 h	
CEM I 52,5	278–295	330–360	358–399	V
CEM I 42,5 R	–295	–355	–386	V
CEM I 42,5 N	266–288	328–349	363–388	V
CEM II/A–S 42,5 N	220–264	296–326	326–362	V
CEM III/B–32,5 N	92–148	125–210	139–235	V
CEM III/A–32,5	143–151	210–215	245–248	V
CEM II/B–S 32,5 R	182–200	252–259	281–285	V
CEM I/ 52,5 N	253–272	320–326	345–361	B
CEM I 42,5 N	252–262	320–323	352–359	B
CEM II/A–M(L–V) 42,5	192–204	265–269	299–311	B
CEM II/B–M (L–V) 32,5 N	117–173	182–230	205–240	B
CEM II/B–M (L–V) 32,5 R	130–148	194–211	220–237	B

A DDC cementjeinek hidratációshő adatai
(félig adiabatikus módszer, – CEMKUT adatok, Illés Ferenc).
V=váci gyár; B=beremendi gyár

8.12.2. Hagyományos gyorsbetonok (nem „kész szárazkeverékek”)

Gyorsbetonra lehet szükség a közlekedésépítésben a rövid útzár, vágányzár alatti beépítésnél, vagy az átfagyás megelőzésére télen.

D=16 (22, 24) mm-es kis vízigényű, pl. A 16-os görbéhez közeli szemmegoszlású adalékanyaggal, v/c=0,26…0,32-vel és elegendő hőtermelést adó c≅420–450 kg/m^3 váci vagy beremendi CEM I.52-es (v. CEM I. 42,5 R) cementtel, 2–2,5% (kipróbált) folyósítószerrel készíthetők olyan gyorsbetonok, amelyeknek (az első napon *hőszigetelve* őket) 1 napos kockaszilárdsága 45–65 N/mm^2. 28 napos korra 70–85 N/mm^2 érhető el, – de ha az első 24 órában a +5 °C-on tárolják a betont (pl. téli betonozás), akkor a *vég*szilárdságban ~+5 N/mm^2 növekmény is elérhető. (Lassúbb kezdeti szilárdulás → jobb *vég*eredmény!)

A jellegzetes „gyors szilárdulású cementek” adatai:

1 napos nyomószilárdság ≥18 N/mm^2; kötéskezdet 120–140 perc; kötés vége:170–210 perc, szitamaradék a 90 μm-es szitán nulla; 380 m^2/kg fajlagos felület (Betonolith K+F Kft. tanfolyami kísérletei, Erdélyi Atilla–Máhr Géza: BETON, **2000**/5.

8

Az M7-es úti 24 órás táblacsere betonnak (Fortafibre Highgrade *l*=19 mm *PP szállal,* ill. HAREX acélszállal és *szál nélkül,* LP-szerrel és anélkül) az ÁKMI–Betonolith K+F Kft. – Betonútépítő Rt. közös munkájának eredményadatait a BETON (**1998**/12 sz. p.23. és Erdélyi A.–Máhr G. **1999.** júl.-aug. pp. 26–27. és a jún. Németh J.–Kádár O. **1999.** jún.) cikkei tartalmazzák.

A nagy hőfejlesztés vagy a nagy tömeg miatti *hőmérsékletemelkedés* egyrészt rontja az *elérhető végszilárdságot* (ez a nagytömegű, lassan szilárduló műtárgyak betonjára is igaz!) – másrészt a kihűlés okozta saját feszültségek nőnek, s ezzel együtt a (kéreg) repedési kockázata is, – ezért *lassú kihűlésre* és repedésmentes *szerkezet tervezésre lehet* szükség.

8.12.3. Gyorsbetonok adalékszerei

Nagy hatású negyedik generációs folyósítószerek révén 30%-nál nagyobb v/c csökkentés és így gyors szilárdulás érhető el. Ilyen szerek pl. a polikarboxilát-éter alapú STABIMENT F 212 vagy FM 352; ill. módosított polikarboxilát alapú „Sika Viscocrete® 5–800 ill. Sika-Viscocrete® – 5 Neu; továbbá a formaldehid mentes aktív polimerek mint pl. MAPEFLUID X 404 és a DEGUSSA Glenium 51 (Lásd még a 3. fejezetet).

Vannak **kötés***késleltető mellékhatású* folyósító szerek is, „gyors transzportbetonok” számára (pl. MAPEFLUID **R** 104).

Ha a gyors cement (CEM I 52,5 vagy 42,5 R), a folyósítószer, a kis v/c és a kis vízigényű adalékanyag önmagában nem elegendő (pl. hűvös időjárás), akkor a *keverővizet* ≤60 °C-ig lehet *melegíteni* vagy/és *kloridmentes,* általában poralakú (pl. régebben a TRICOSAL T6) *szilárdulásgyorsító szert* lehet alkalmazni. (A STABIMENT BE 5 gyorsító rodanid alapú és *csak vasalatlan betonokhoz* ajánlják.)

8.12.4. Száraz(kész) habarcsok és betonok

Ezekhez a „poralakú” készrekevert, zsákolt „*kiöntő*” anyagokhoz igen kevés (a száraz tömegre 12–18%-nyi) vizet kell adagolni és gyorsfordulatú keverőszáras „propellerrel” erőteljesen megkeverni (az anyag tixotróp!) – azután $^1/_2$–1 órán át marad önthető, injektálható, bedolgozható, pl. furatok, gépalapok, horgonyok, stb. számára. Enyhén duzzadók (0,1–0,8 térf%) s így zsugorodásmentesek, formakitöltők.

Jellegzetes szemcseméretük 1–3–8 mm (pl. STABIMENT VB B 35N és VB B 55N), de van 16 mm-es és V12/16-os „öntőbeton” is (pl.

Págel Extracem, Héreg Komárom megye, ill. BETEC 816, Baustofftechnik GmbH, Essen, Németország). Szilárdságuk (a víztartalomtól függően) már 4 órás korban 15–30 N/mm^2 (Szilikaporos BETEC 55 N), ill. 24 órás korban 20–40 (Stabiment), ill. 40–65 N/mm^2 (Págel, Extracem) szabványos habarcs próbatesten mérve. 28 napos korban minden termék 70…120 N/mm^2 *nyomó-* és 7…14 N/mm^2 hajlítószilárdságú. (A BETEC 343 SF acélszál tartalmú; SF=steel fibre). Gyártanak külön *ipari padlók* számára acélszálas gyorsbevonó habarcsokat (pl. BETEC Floortop 860 R).

8.12.5. Lassan szilárduló betonok

Lassú szilárdulású betonra általában a *nagytömegű,* (pl. vízépítési, földalatti) *műtárgyak* esetében van szükségünk, – de már egy *vastag,* pl. 40 cm-es *térburkolatot* (rakodó pályaudvarok burkolata, erőművek alaplemezei stb.) vagy *alagútbéléseket* is „lassúbb" cementből szokás készíteni (pl. ilyen „burkolati cement" korlátozott C_3A tartalommal és fajlagos felülettel, 30 °C-on is teljesítendő ≥60 perc kötésidővel az osztrák CEM II/A-S 42,5 „DZ" útbeton cement).

A lassú kezdeti szilárdulás (csekély hidratációs sebesség, kis hőfokemelkedés) általában kedvező *vég*szilárdságot jelent, mert a *lassan kifejlődő portlandit kristályszövet* finomszemű (finomszálú) és nagyobb szilárdságú. A nagyobb v/c, a durvább őrlésű és lassú (heterogén, vagy belites) cement *kisebb adagja,* a beépítéskor *hűvösebb keverék* $^1/_2$–1 éves korban megközelíti, el is hagyhatja a szokásos beton 28 napos, vagy akár 1 éves értékeit, de ez a kedvező nedvesen tartástól is függ.

Cementfajták. A *8.12.1. táblázatból* a CEM III/A és CEM III/B (Vác), ill. a CEM II./A–V; II/B–M 32,5 N osztályú kis hőfejlesztésű és lassú cementek alkalmasak.

Cementadag. A minél kisebb (de az előírt $C_{min.}$-nek megfelelő) cementtartalmat kis vízigényű *és nagyobb* D (d_{max}) *szemcseméretű adalékanyaggal* lehet elérni. Ezért nem szerencsés, ha nagy tömegű betonszerkezetet mindenáron szivattyúval akarnak bedolgozni, mert a $D \leq \frac{d_{szív}}{3}$ betartandó. *Keverékhőmérséklet:* igényes esetben nyári melegben a keverővíz (akár nagyobbik) részét *jég alakjában* lehet adagolni: elegendően kicsi kezdeti hőmérséklettel és kis összes hőfejlesztéssel

elérhető, hogy a felmelegedés után a szerkezeteknek alig kell lehűlnie a környezeti hőmérséklet eléréséig.

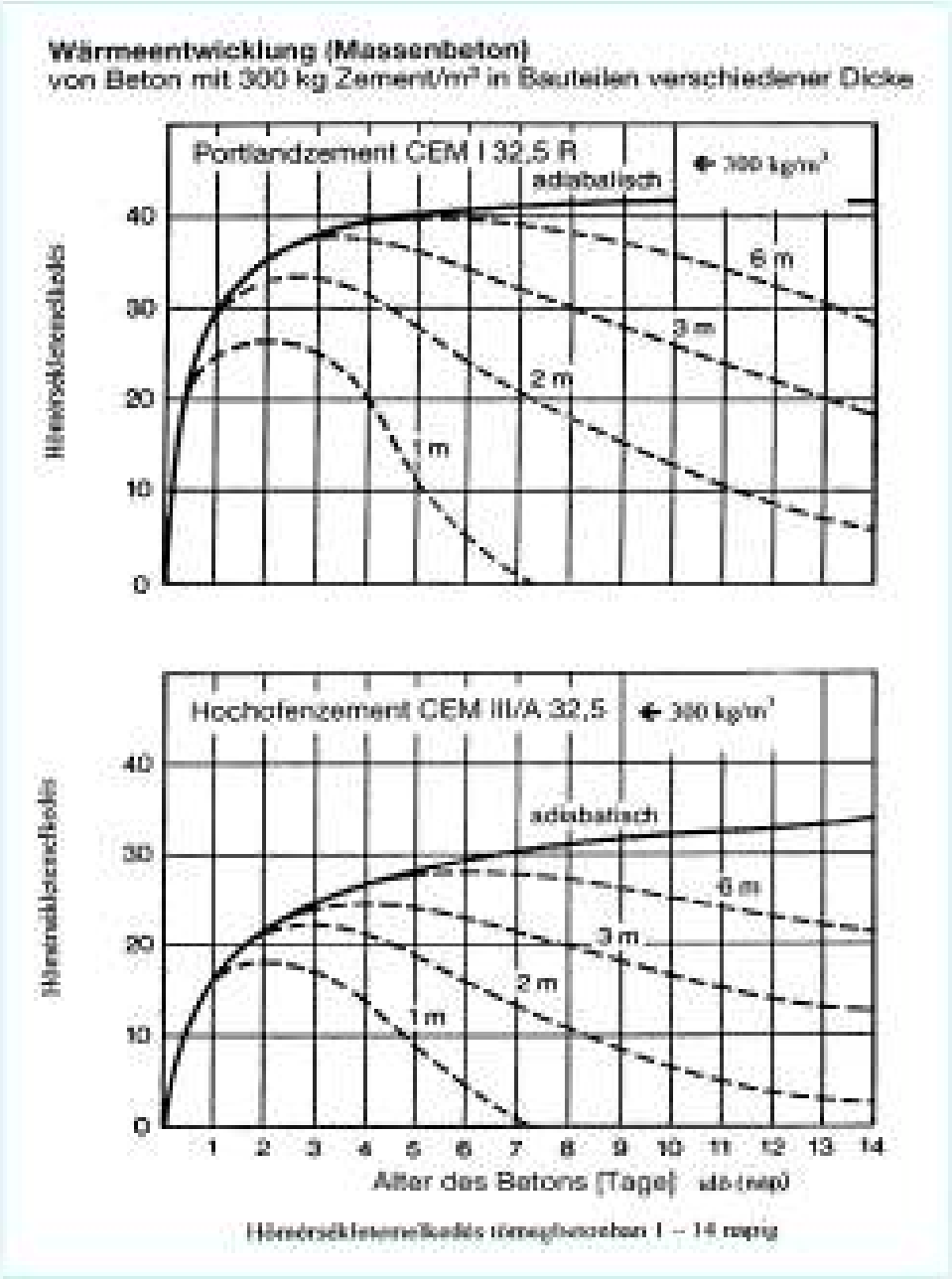
Kötéskésleltetéssel az összes hidratációs hőt **nem** tudjuk csökkenteni, csak a kötéskezdetet (a hőfejlesztés kezdetét) toljuk hátrébb. Ez igen fontos nemcsak transzportbetonok esetében, *hanem nagytömegű szerkezetek szakaszos-, réteges betonozásakor is,* amikor a ≤50 cm vastag – még éppen átvibrálható – rétegeket rendre késleltető szerrel készítjük, *egyrészt* azért, hogy az alatta lévővel összevibrálhassuk („frisset frissre"), amikor sok óra múlva a követő rétegre kerül sor. *Másrészt* az *eltérő* (akár 8–16 órával eltolt) *réteghőfejlesztések kevésbé halmozódnak egymásra és így az egész tömb* (pl. 4x50=200 cm-es „fogás") összes hőmérsékletemelkedése kisebb és *elnyújtottabb lesz.* Példa: A Határúti metró-állomás 2,4 m vastag alaplemezét „350 kspc 40" váci cementtel 2 fogásban, egyenként 3x40=120 cm-es tömbben készítették. Az első 120 cm-es kész „féllemezt" hőszigetelték, hogy a felszín kihűlése miatt un. *kéregrepedés* ne keletkezzék, majd 4–5 nap múlva – amikor a beépített hőmérők a kihűlés kezdetét jelezték – következett a második 3x40=120 cm-es „féllemez". (Technológia, mérések, számítások: BME Építőanyagok Tanszék – Erdélyi Attila és Szombathy Zoltán, ill. Kísérleti Fizika Tanszék, Tóth András; kivitelező: KÉV METRÓ, főmérnök: Müller József, 1996. BME Építőanyagok Tanszék jelentése).

Kiegészítő intézkedések: jóllehet $\Delta T_c = 10$ °C cementhőmérséklet többlet csak kb. $\Delta T_b \approx 1$ °C frissbeton hőfokemelkedést jelent, – *nem szabad* meleg/forró cementtel dolgozni. Az *adalékanyag depóniákat* és a *cementsilót* nyáron fényvisszaverően árnyékolni kell, – szükség esetén vízzel permetezni. Ilyen kényes esetben az adalékanyagot elpárologtatott (cseppfolyós) nitrogénnel is szokták hűteni.

A *lassan szilárduló betont* sokkal hosszabban és gondosabban kell *nedvesen tartani, utókezelni,* mint a „gyorsbetont". (A K_2/K_{28} betonszilárdsági viszonyszám a döntő az utókezelés megválasztásakor.) A fagyhatás (átfagyás) ellen hosszú ideig védendő a „lassú" beton, – legalább addig, amíg 5 (mások szerint 10) N/mm^2 nyomószilárdságot el nem ér. *Folyamatos hőmérsékletmérésre* (esetleg a hidratáció mértékének számításával) és kísérő ellenőrző próbatestek törésére lehet szükség a „lassú betonok" szilárdulásának megítélésére télen.

Az említett Határ-úti példa hátterét (lemezvastagság, hőmérsékleti diagram és cementfajta összefüggése) a *8.12.1. ábra* világítja meg.

A különböző vastagságú fogások hőmérsékletemelkedése a betonozási hőfokhoz képest vastagságtól függően akár 40K is lehet *gyorsabb* cementtel, – míg *lassú* CEM III/A kohósalak cementtel csak kb. 28K. A hőmérsékleti csúcsok a lassúbb cementnél később jelentkeznek, továbbá a lefolyás is lassúbb az elnyújtott hőfejlesztés miatt. (Betontechni sche Daten, **2002.**) *Kevesebb* cementtel a hőfejlesztés még csökkenthető.



8.12.1. ábra: Elemvastagság és cementfajta hatása a hőmérsékletemelkedésre

8.13. Betonozás víz alatt (Dr. Buday Tibor)

A víz alatti betonozás olyan eljárás, amikor a betonkeverék úgy jut a beépítés helyére, hogy az lehetőleg vízzel ne keveredjék.

A hagyományos eljárások során általában legalább 10% cement-veszteséggel (a kimosódás miatt), 0,15 víz-cement tényező növekménnyel és 5 térfogat% (50 liter/m^3) levegőtartalom növekménnyel kell számolni. Ezért a víz-cement tényező ne legyen 0,6-nál nagyobb, a cementtartalom pedig ne legyen kisebb, mint 400 kg/m^3.

Zúzott homok és zúzott kő használatát kerülni keli. A legnagyobb szemnagyságot minél nagyobbra (D = 32, 48, 63 mm) célszerű választani. A szemeloszlás folytonos és görbéje az A-B tartomány felső felében haladjon. A betonkeverék konzisztenciája a képlékeny tartomány felső felében legyen (a terülés mértéke 450-500 mm.

Betonozni *csak álló vízben* szabad. Folyó vízben a betonozó teret vízzáró módon körül kell zárni (pl. szádfallal). A betonozás alatt szivattyúzni nem szabad. Betonozni *megszakítás nélkül,* folyamatosan kell.

A munka megkezdése előtt a munkagödör fenekéről az iszapot és egyéb szennyeződést el kell távolítani.

A víz alatti ketonozás végezhető:

a) vízkiszorítással,
b) süllyesztő edényekkel (zsákokkal),
c) -mozgó tölcsérrel és
d) álló tölcsérrel.

Vízkiszorítással legfeljebb 1 m vízmélységig szabad betonozni. A víz-mentesen körülzárt munkagödör egyik sarkában, ideiglenes zsaluzattal háromszög alaprajzú területet rekesztenek el, majd ezt megtöltik beton-keverékkel. Ezt követően az ideiglenes zsaluzatot fokozatosan eltávolítják, miközben folyamatosan annyi betonkeveréket juttatnak a munkagödör sarkában kialakult halom tetejére, hogy annak szintje állandóan a víz szintje felett maradjon. A beton a vizet fokozatosan kiszorítja a munka-gödörből. A kiszorított víz túlfolyón át szivattyúaknába kerül, ahonnan elszívják. A betonozás alatt és a szilárdulás során ügyelni kell a vízszint állandóságára.

A *süllyesztő edények* (zsákok) 10-15 m mély vízben, kis alapterületű munkagödrökben csak szükségmegoldásként jönnek számításba. A tartályokat csiga, csörlő vagy daru segítségével lassan eresztik le a betonozás helyére, majd ürítés után lassan felhúzzák, hogy a víz

felkeveredését elkerüljék. Tömörebb struktúrájú betonszerkezet készíthető, ha a tartályba helyezett betonkeveréket merülővibrátorral vibrálják.

A *mozgó tölcsért* alárendeltebb jelentőségű munkákhoz használják. A tagokból álló, 20-40 cm átmérőjű, alul csapóajtóval ellátott acélcsövet függőleges irányban mozgathatóan függesztik a két irányban mozgó tolópadra. Az *eljárás hátránya,* hogy az egyes betonrétegekre a következő réteggel való lefedés előtt iszap rakódik le, ami az egyes rétegek együtt dolgozását veszélyezteti.

Az *álló tölcséres eljárás* (más néven kontraktor eljárás) a leggyakrabban használt és *legjobban bevált* víz alatti betonozási módszer. Nagy kiterjedésű betontömbök készítéséhez és nagy vízmélységek esetében egyaránt használható. A csigasorral, csörlővel vagy daruval emelhető, 30-40 cm átmérőjű, alul zárószerkezettel ellátott betonozócső egymáshoz vízzáróan csatlakozó taokból áll.

A betonozás során a betonozócső végének 50-100 cm-re mindig a betonban kell lennie. Ügyelni kell arra, hogy a csőben a beton szintje mindig a vízszint felett legyen.

Egy állásból, tömörítés nélkül kb. 6x6 m^2 terület betonozható. Vibrátoros tömörítés esetén ez a terület 8x8 m^2-re növelhető. A leghelyesebb az egész betontömböt több csőállással egyidejűleg betonozni. Kellő számú berendezés hiányában a különböző időben betonozott tömbök jól záró, ideiglenes vagy végleges (bentmaradó) zsaluzattal kerülnek elválasztásra. Az egyidejűleg betonozandó tömbök számát és az egyes tömbök betonozási sorrendjét *betonozási ütemtervben* kell rögzíteni.

A mozgó és az álló betonozócső betonszivattyúval is táplálható. A *betonszivattyú* használata előnyös, mert a nyomás kedvezően hat a betonkeverék elterülésére.

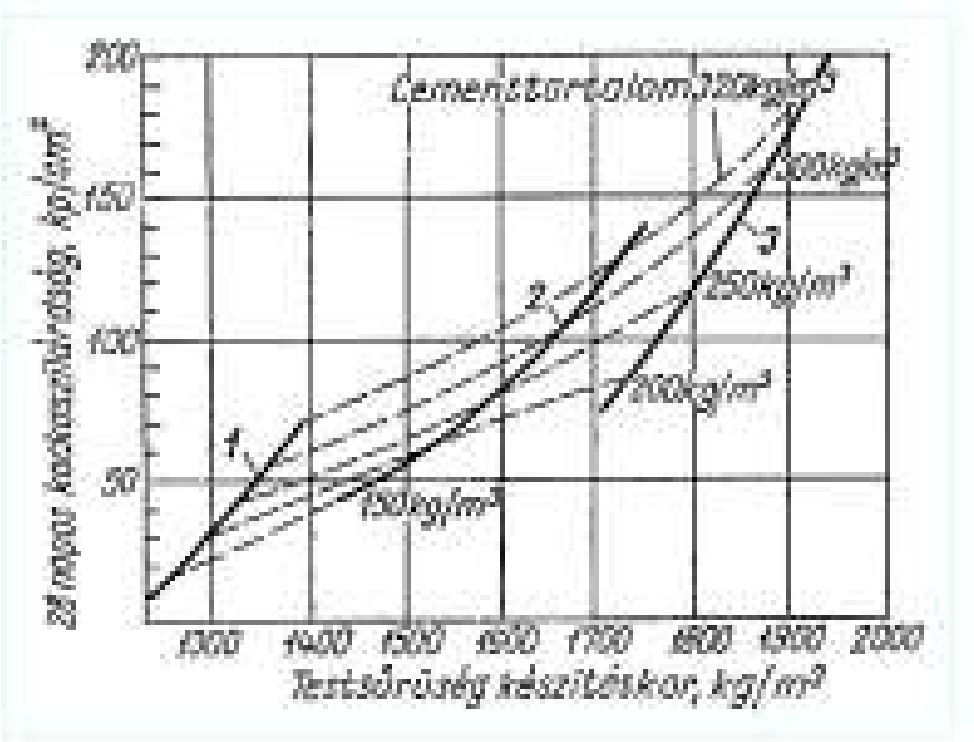
A *stabilizáló adalékszerek* megjelenése lehetővé tette, hogy használatukkal a beton minden védelem nélkül, *szabadon essen a vízen keresztül a* beépítés helyére. Mederfenék betonozásakor például speciális kiképzésű uszályon elterített és tömörített, megfelelő vastagságú betonréteg egy ütemben szabadon süllyed a fenékre.

Víz alatti beton prepakt eljárással is készülhet.

8.14. Öntött, egyszemcsés beton (Dr. Ujhelyi János)

Öntött, egyszemcsés betonnak nevezzük az olyan összetételű és konzisztenciájú, falszerkezetek készítésére alkalmas betonkeveréket, amely zsaluzatba öntve tömörítést nem igényel (angol megnevezése: *no-fines concrete*). Magyarországon egyszemcsés, öntött betonok készítésére könnyű adalékanyagot, elsősorban kohóhabsalakot alkalmaznak. A beton szilárdsága az épület szintszámától függően legfeljebb *LC12/13* (ezzel a betonnal 9 szintes lakóépületek falszerkezete készíthető).

Kötőanyagként bármelyik CEM 32,5 szilárdsági jelű cement felhasználható. Adalék-anyaga 0-1 mm-es homok és 8–16 mm vagy 12–24 mm szemnagyságú könnyű adalékanyag (nagyobb nyomószilárdságú öntöttbetonhoz kisebb szemnagyságú adalékanyag szükséges). Az adalékanyagkeverék összetételét és a cementtartalmat a beton nyomószilárdságától és testsűrűségétől függően kell kiválasztani, erről tájékoztat *8.14.1. ábra.*



8.14.1. ábra: Összefüggés az öntött kohóhabsalak beton szemmegoszlása, cementtartalma, testsűrűsége és nyomószilárdsága között *1: homok nélkül; 2: 10 térf.% 0-1 mm homok; 3: 20 térf.% 0-1 mm homok*

A betonkeveréket vízzel telített kohóhabsalak adalékanyaggal kell elkészíteni, ezért az adagolandó vízmennyiség a homok és a cement mennyiségétől függően kb. 100-120 liter/m^3. A vízadagolást próbakeveréssel kell

kiválasztani, mert az egyszemcsés beton víztartó képessége korlátozott, ezért hajlamossá válhat a vérzésre, ha az adagolt víz mennyisége nagy.

Az ábrán a bedolgozott friss beton testsűrűsége (készítési testsűrűség) van feltüntetve. A szilárd, légszáraz állapotú betonok testsűrűsége kb. 100-150 kg/m^3-rel kisebb, mert az adalékanyag nedvességtartalma elpárolog.

Az alkotó anyagokat legalább 3 percen át kell megkeverni. A betonkeverék szállítására elsősorban fenékkiürítős konténert célszerű használni, mert ez a zsaluzat fölé emelhető és belőle a beton a zsaluzatba egyenletesen üríthető ki kb. 30 cm magas rétegekben. A beöntött beton felületét nem kell tömöríteni, legfeljebb egyenletes vastagságúra kiigazítani. A betont nem szabad az álló helyzetű konténerből egy helyen kizúdítani, mert betonkúp alakul ki, a keverék szétosztályozódik, tömörsége a kúpon belül lényegesen nagyobb, mint a kúp szélén.

A zsaluzat lehet zárt, táblás zsaluzat, de jó megoldás a fa- vagy fémkeretre erősített terpesztett acélháló, mert ez nem takarja el a beöntött beton felületét, ezért a bedolgozás közben folyamatosan ellenőrizhető a rétegek megfelelő kialakulása és szükség esetén azonnal be lehet avatkozni az egyenlőtlenségek eltüntetése érdekében. A betont gondosan kell utókezelni, mert az egyszemcsés beton hézagtartalma nagy, ezért gyorsan kiszáradhat.

Az öntött egyszemcsés könnyűbeton nyomószilárdsága LC4/5–LC12/13 között változhat, testsűrűsége légszáraz állapotban 1200-1800 kg/m^3. A nagyobb testsűrűségű, 30 cm vastag beton hőszigetelése megegyezik a 38 cm vastag téglafal hőszigetelésével, a kisebb testsűrűségű beton hővezetési tényezője mintegy fele a tömör téglából épített falazatának.

8.15. Öntömörödő (ÖT) betonok (Dr. Erdélyi Attila)

8.15.1. Fogalmak, jellemzők

8

Az öntömörödő beton (ÖTB, angolul: SCC=self compacting concrete; németül: SVB=**S**elbst**v**erdichtender **B**eton) a betontechnológia utolsó 10–15 évének nevezetes újdonsága. Lényege, hogy a betonban annyi 0,1 mm (0,125 mm) ún. *lisztfinom szemcse* és olyan, tartósan nagyhatású *folyósítószer* legyen, hogy a *finomabb szövetű* (D = 8, 12, 16 mm max. szemnagyságú) frissbeton, sűrű (tejföl-, melasz-, mézszerű) „folyadék”-ként (pontosabban vizes szuszpenzióként) önsúlyánál fogva a zsaluformát

és – közlekedőedényszerűen – a bonyolult, még zárt térformákat is kitölthesse (kilevegőztető nyílásokat is alkalmazunk). Az ÖTB természetesen szivattyúzható; acél-, műanyag (pl. PP)- és karbon*szállal* keverhető, *könnyűadalékanyagos* változata is ismert, *zsugorodása* 0,3–0,4‰-ig különleges duzzadó kiegészítőanyaggal (Ca-szulfo-aluminát vegyület, HORIA–KIDA T. al. **1998**/a) kiegyenlíthető. Országos érvényű műszaki irányelvek tárgyalják (**DAfStb, 2001.** jún.: SVB-Richtlinie) és nemzetközi konferenciák tárgya évek óta (International Workshop on SCC, **1998.** aug. 23–26. Japán; JSCE; Innovationen im Bauwesen: SV-Beton Beiträge Lipcse **2001.** nov.; Osztrák SVB-Richtlinie ÖVBB, Bécs **2001.**). Tisztáztak *részletkérdéseket* is pl. autogén zsugorodása kisebb – a száradási viszont nagyobb, mint a közönséges betoné, a pernye nem, a kohósalak már 100 kg/m^3-rel is növeli a zsugorodást [HU.C – BARCELO. L. **1998**]. Bedolgozás előtt a helyszínre érkező, pl. képlékeny, 42–46 cm terülésű transzportbeton konzisztenciáját ismételt adalékszer bekeveréssel kell az *öntömörödéshez elegendő ≥65 cm terülésűvé tenni,* és ezt a 300 mm magas (roskadási, Abrams) kúp fölemelése utáni lepényen kell ellenőrizni. Szokás a felemelendő kúp köré a *vasbetétek fékező hatását utánzó* ∅300 mm-es *rács-koronát tenni* (Erdélyi–Migály–Dné Hudák G., **2003**/c; DAfStb–SVB Richtlinie, **2001.** jún. (ottani 1. ábra)

8.15.2. Kiegészítők (lásd még a 4. fejezetet is)

Ilyen „folyékony”, de *nem szétosztályozódó betonba* ≥500 kg/m^3 0,1 mm (0,125 mm) *alatti* finomszemcse kell: ez *a cementen kívüli kiegészítő anyag*, pl. *mészkőliszt,* vagy őrölt *pernye,* vagy őrölt *kohósalak,* vagy finomszemcséjű (természetes, esetleg részben őrölt) *homok,* vagy őrölt *trasz.* A kiegészítők közül a mészkőliszt és a (finom) homok kémiailag közömbös (inert), a kohósalak hőfejlesztéssel, a pernye és trasz igen kevés hővel, igen lassan hidratál. A DDC (váci gyár) mészkőlisztjének adatai: fajlagos felület >6000 cm^2/g; a 63 μm alatti tömegrész 80%, a 90 μm alatti 89%; $CaCO_3$ tart.>92%; sűrűsége 2,7 g/ml (térfogatos tervezéshez!), halmazsűrűsége (litersúlya) 1,1–1,3 kg/l. A hőerőművek *pernyéje* (német kőszénadatok) 2700–5300 cm^2/g felületű, gömbös/gömb-héjas szerkezete javítja a bedolgozhatóságot, de növeli a vízigényt is. Barnaszén pernyéje is megfelel, ha a CaO >10 tömeg%; SiO_2-ben dús (savanyú) és a puccolánosság egyéb követelményeit kielégítik. (Zementtascheubuch 2000, Heidelberg, p. 212.). A *trasz* ≥5000, a *kőzetlisztek* ≥3500 cm^2/g felületűek legyenek. (Betontechnische Daten, 2003. ápr. p. 57.)

A kiegészítők *célszerű aránya* (Steigenberger. J. **2001.**); a *cementhez* képest

V_{cem}:V_{kieg}=1:1 *térfogatarány,* tehát pl. *300 kg/m³* CEM I (3,1 g/ml)-hez mészkőlisztből (2,7 g/ml) *~260 kg/m³* illenék, – együttesen így 560 kg/m³ (>500) 100(125) μm alatti szemcse lesz: a kiegészítők adagolásával tehát *nem szabad takarékoskodni*, ha a cementtartalom – most e példában – nem túl nagy.

Egy adott cementhez legjobban illő kiegészítő anyagfajta 1:1 *térfogatarányú pépek viszkozitásával,* rotációs viszkoziméterrel, esetleg kifolyási időkkel ellenőrizhető (Erdélyi–Migály–Dné Hudák G.: **2003** a, b, c). A *tiszta* cementpép folyási tulajdonságai általában *kedvezőtlenebbek,* mint a pernyés vagy mészkőlisztes 1:1 keverékeké (Steigenberger J. **2001.** nov.). Ilyen méréseket a CEMKUT Kft. végez.

8.15.3. ÖTB-összetétel

A fokozatos, kísérleti és/vagy elméleti betontervezésnek: **„pép → habarcs → beton”** lényege, hogy végül elegendő folyékonyságú és víz – vagy finomszem*kiválás nélküli,* – tartósan bedolgozható keveréket kapjunk. A különféle eszközökkel – terülésmérő cementvizsgálati ejtőasztaltól a sokféle tölcsérig, akasztó vasbetétekkel felszerelt ládáig – mért folyási képességgel, az összes alkotó (cement, kiegészítő, *víz, adalékszer,* adalékanyag) hatásával szinte minden szakfolyóirat majd minden száma foglalkozik. (Néhányat megemlítünk: Német Ferdinánd **1999.**; Szautner **2000.**; Zsigovics **2003.** a különösen *átfogó* DROLL, K [Dyckerhoff Zement GmbH] **2000** és BUIV.K-AKKAYA Y. – SHAH, S.P., **2002**). Különleges ÖTB cementeket is kifejlesztettek, pl. SC60,(Kírchdorfer Zementwerk Linz Hofmann GmbH/Stabiment/ HBC Leimen Export, **2002**): ezeknek pépviszkozitása *1/10–1/5-része csak* egy tiszta pc-hez képest.

Késő őszi-téli munkához kevésbé alkalmas – de más betonüzem híján – **trasz**cementes *látszóbeton minőségű* pillérköpenyező ÖTB-ról és előkísérleteiről beszámoltunk a FERALPI Hungária csepeli csarnoka kapcsán (Dalmy D., 2002; Erdélyi A., 2002; Erdélyi – Migály – Dné Hudák G., 2003a-b-c). Eredmények: f_{ck}^{28} = 35 *N/mm²* betonszilárdság, és 1 napos korban 13 N/mm² és így kizsaluzható pillérek.

Néhány jellegzetes ÖTB-recept a *8.15.1. táblázatban*, az ÖTB és a közönségesen vibrált beton összehasonlítása a *8.15.2.táblázatban* található

8.15.1 táblázat

anyag kg/m³ árarány (m³)	C20/25	C35/45	C55/67
CEM I.	300	350	400
finommészkő liszt (<90μm)	331	300	–
Kőszénpernye	–	–	290
Folyósító (%)	0,8	1,0	1,4
Víz	180	175	180
v/c	0,6	0,5	0,4
Kvarchomok 0/4	700	700	700
Kavics 4/16	850	850	850
Árarányok 1m³ szokásos beton	64,6	90	110
1m³ ÖTB	82,8(+28%)	103(+16)	124(+13%)

ÖTB irányreceptek (Droll, 2000)

Tehát a *nagyobb szilárdságú* ÖTB gazdaságosabb, – hozzátéve még, hogy az ÖT-betont nemcsak hogy nem kell, hanem *nem is szabad vibrálni*. (Zaj, bérköltség, eszközlekötés megtakarítható.)

8.15.2. táblázat

Alkotó kg/m³	VB	ÖTB
víz	182	175
folyósító	–	8,5
cement	330	330
v/c	0,55	0,55
adalékanyag		
8/16 mm	545	376
2/8 mm	725	376
0/2 mm	545	749
mészkőliszt	–	297
ρ kg/m³	2327	2312

Közönséges vibrált) és ÖT-beton receptek összehasonlítása*

Megjegyzés:*) folyósítószer nélkül *Erdélyi–Migály–Dné Hudák G.* ***2003/a.*** *(Szakirodalmi példa)*

A fenti alapelvek és példák, a szemelvényesen hivatkozott hazai és külföldi szakirodalmi források alapján – szakintézet bevonásával, de *főleg előkísérletek után* – a betonüzemek az ÖT-beton feladatokat meg tudják oldani, *ha a minőség-ellenőrzés is folyamatos* (pl. a munkahelyen folyamatos *roskadási-terülés* mérés, ejtegetés nélkül, h=300 mm magas kúppal az ülepedésvizsgálat, a térkitöltés ellenőrzése – akár részben üvegfalú zsaluzattal stb.).

Külön is megemlítjük, hogy az ÖTB *zsalunyomása jóval nagyobb,* mint a szokásos betonoké (méretezés!) és a zsaluzat *tömített* legyen.

TSA-másodlagos szulfátkorrózió. A hazai gyakorlatban majdnem kizárólag *mészkőlisztet* használnak finomszemű kiegészítőként. A közlekedésépítésben, vízépítésben a mészkőlisztet elvetik *„tartóssági okokból”* talán a **TSA** (taumazitos másodlagos szulfát korrózió) veszélye miatt. A lassan keletkező taumazit *kalcium-szilikát-karbonát-szulfát-hidrát:* $CaSiO_3 \cdot CaCO_3 \cdot CaSO_4 \cdot 15H_2O$ az 1960-as évek óta ismert. Keletkezéséhez szükséges ①pórusvízben lévő Ca^{2+}, ill. a cementkőben a $Ca(OH)_2$; ②a cementben amúgy is meglévőn *kívüli, az adalékanyagban, környező vízben* lévő *szulfát,* ③*a* SiO_2, amely a „C–S–H”-ban van jelen, ④a *karbonátok* pedig vagy az adalékanyagból (pl. 300 kg/m^3 mészkőliszt az adalékanyagnak kb. 15%-át teszi ki) vagy a karbonátosodás miatt vannak jelen. Részletes kísérletek [**Zement Taschenbuch 2000**, Heideberger Bauchemie, pp. 165–166.] azt igazolták, hogy CO_2, kalcium és víz egyidejű jelenlétekor **<10 °C** hőmérsékleten (nem beltér!) a hidratáció és a karbonátosodás termékei (C–S–H–karbonát–aluminát-szulfát) szilárdságilag tönkremehetnek. (Továbbiak a CEMKUT Kft. adatbázisában találhatók, GÁVEL V., angliai első TSA szimpózium anyaga.)

8.16. Betonozás hideg időben (Dr. Ujhelyi János)

Betonkészítés szempontjából hidegnek tekintjük azt az időjárást, amikor a környezeti hőmérséklet átlaga három napon át legfeljebb +15 °C. A várható környezeti hőmérsékleteket a meteorológiai előrejelzés alapján kell megállapítani a beton keverésének, bedolgozásának és szilárdulása kezdeti szakaszának az időtartamára. Ez általában a beton keverését követő három nap. Az átlagos környezeti hőmérséklet és a minimális várható hőmérséklet értékei az ún. *hideglépcsőfokokat* határozzák meg, amelyek jellemzőit a *8.16.1. táblázat* foglalja össze.

8.16.1. táblázat

Hideg lépcsőfok	Hőmérsékletheatárok	
	átlagos	minimum
I	+15 °C-tól +2°C-ig	−2 °C
II	+2 °C-tól 0 °C-ig	−5 °C
III	0 °C-tól −5 °C-ig	−10 °C
IV	−5 °C-tól −10 °C-ig	−15 °C
V	−10 °C-nál alacsonyabb	−20 °C

Hideglépcsőfokok hőmérséklethatárai

Ezek az értékek legfeljebb *C12/15* szilárdsági jelű betonokra vonatkoznak, amelyeket szélcsendes időben dolgoznak be $30>M>4$ felületi modulusú szerkezetbe. A felületi modulus a beton hideg levegővel érintkező, zsaluzott vagy szabad F m^2 felületének és V m^3 térfogatának a hányadosa:

$$M = F / V \qquad (8.16.1)$$

Ha a beton szilárdsági jele *C12/15*-nél nagyobb, ha a felületi modulus >30 vagy <4, ha az időjárás szeles, akkor a *8.16.1. táblázatban* megadott értékeket a *8.16.2. táblázat* szerint módosítani kell. A táblázatban a + jel azt jelenti, hogy a levegőhőmérsékletet növelni, a – jel azt jelenti, hogy a levegőhőmérsékletet csökkenteni kell. Meg kell jegyezni, hogy a hideg időjárás hőmérséklet-határainak egyértelmű meghatározása nehéz, mert a hőmérséklet átlagán kívül annak ingadozása is számottevő hatású, továbbá a beton szilárdulása alapvetően attól függ, hogy milyen korban, készítést követően hány óra múlva hűl le. Ezért a *8.16.1. és 2. táblázatokban* megszabott hőfokok nagyvonalú átlagolás eredményei és elsősorban tájékoztatásnak szabad azokat értelmezni a hideg időre való felkészüléshez szükséges intézkedések előkészítéséhez.

8.16.2. táblázat

A körülmények jellemzése	Módosító értékek
≤ C35/45 szilárdsági jelű betonokra	+2 °C
≤ C55/67 szilárdsági jelű betonokra	+4 °C
M > 30	−2 °C
M < 4	+2 °C
közepes erősségű szél mellett	−2 °C
erős szélvihar esetén	−4 °C

A levegőhőmérséklet tényleges értékeinek a módosítása

Függőleges szerkezetek betonozásakor általában a beton mindkét – külső és belső – felülete ki van téve a hidegnek, oszlopoknál a határoló négy oldalfelület, míg útburkolatok készítésekor csak a betonlemez felső felülete. Ezért ugyanolyan vastag útburkolat felületi modulusa kisebb, mint a függőleges falaké, a függőleges falak felületi modulusa pedig az oszlopokénál, pilléreknél kisebb.

A hazai cementek általában felhasználhatók, de a kis kötéshőjű (CEM II/B , CEM III, CEM V jelű) cementeket hideg időjárásban körültekintően kell használni. Kis vízigényű adalékanyagot célszerű választani. Képlékenyítő, folyósító, fagyásgátló, szilárdulásgyorsító és légbuborék képző adalékszereket akkor lehet adagolni, ha nincs kötéskésleltető mellékhatásuk és nem tartalmaznak kloridot.

A beton összetételét általában a statikus tervező által előírt szilárdsági jelhez kell illeszteni, de ellenőrizni kell, hogy az adott körülmények mellett elérhető-e a beton megfelelő szilárdulása az így kiszámított betonösszetétellel. Ha kétséges a kielégítő szilárdulás, akkor módosítani kell az összetételt még akkor is, ha ennek eredményeképpen az előírt szilárdsági jelnél lényegesen nagyobb szilárdsági jelű beton készíthető. A keverési arány kiválasztásához mérlegelni kell azt, hogy annál gyorsabb a szilárdulás,

- minél melegebb a bedolgozott friss beton,
- minél nagyobb a hidratációs hőfejlesztés,
- minél nagyobb a cement C_3A és C_3S tartalma,
- minél nagyobb a cement fajlagos felülete,
- minél jobban meg van védve a bedolgozott beton a lehűléstől,
- minél kisebb a víz/cement tényező (és minél nagyobb a cementtartalom).

A beton készítésekor a hideglépcsőfokoktól függően általában a következők szerint kell eljárni:

- *I hideglépcsőfok:* a keverővíz legalább +10 °C hőmérsékletű legyen, az ennél hidegebb vizet erre a hőfokra fel kell melegíteni. Ha éjszaka nagyon hideg volt, akkor reggel-délelőtt betonozva a keverővizet még ennél is jobban célszerű felmelegíteni annak érdekében, hogy a betonkeverék legalább +5 °C hőmérsékletű legyen a bedolgozáskor. Szállítás közben védjük meg a betont a lehűléstől, illetve a transzportbeton a mixerkocsiba töltéskor olyan hőmérsékletű legyen, amellyel el lehet érni a legalább +5 °C bedolgozási hőfokot, de ne legyen +20 °C-nál melegebb.

A bedolgozott friss betonlemezeket célszerű azonnal letakarni hőszigetelő anyaggal, majd a beton meghúzása (a kötés befejeződése) után a takarást ideiglenesen vegyük le, hogy a beton felületét legalább +15 °C hőmérsékletű vízzel lelocsolhassuk. Az utókezelés után újra takarjuk le a felületet.

- *II hideglépcsőfok:* a cementet az adalékanyagot, az adalékszert és a kiegészítő anyagot úgy kell tárolni, hogy ne fagyhassanak meg. A keverővizet melegítsük fel legalább +20 °C-ra, illetve annyira, hogy a beton hőmérséklete a bedolgozás alatt legalább +10 °C legyen. Ha az előrejelzés szerint fagy várható a bedolgozást követő fél-egy napon belül, akkor célszerű a betonkeveréket fagygátlószerrel készíteni.

  A betont a lehető legvastagabb rétegben, gyorsan dolgozzuk be. Gondoskodjunk arról, hogy a zsaluzat, az acélbetétek, illetve a betonnal érintkező valamennyi szerelvény fagy- és dérmentes legyen. Hőszigetelés és utókezelés, mint az I hideglépcsőfok esetén.
- *III hideglépcsőfok:* a betonkeverő gépbe adagolt cement legalább +2 °C, az adalékanyag legalább +5 °C, a keverővíz legalább +40 °C hőmérsékletű legyen. A betonkeverék hőmérséklete a keverés végén +25 °C-nál, a bedolgozáskor +20 °C-nál ne legyen kevesebb. Célszerű nagy kezdőszilárdságú (CEM I 42,5; CEM I 42,5 R) portlandcementet, valamint szilárdulásgyorsító, illetve fagygátló adalékszert alkalmazni.

  A betonkeveréket csak hőszigetelt eszközben (pl. konténer) szabad szállítani. A zsaluzatot, az acélbetéteket, valamint a betonnal érintkező egyéb szerelvényeket gőzzel, hőlégfúvóval vagy egyéb módon kell – szükség esetén – fagymentesíteni. A zsaluzatot a lehűlés ellen megfelelő hőszigeteléssel védjük meg. Ha a beton hőmérséklete bedolgozáskor +20 °C-nál kevesebb, akkor gondoskodjunk mesterséges szilárdításról. Utókezelni legalább +20 °C hőmérsékletű vízzel kell, de a beton és a víz hőfokkülönbsége ne legyen 10 °C-nál több.
- *IV hideglépcsőfok:* a cement +2 °C-nál, az adalékanyag +20 °C-nál, a keverővíz +50 °C-nál ne legyen hidegebb a keverőgépben mérve. A megkevert beton legalább +30 °C, bedolgozáskor legalább +25 °C hőmérsékletű legyen. A keverőgépet körül kell burkolni, a keveréket hőszigetelt, zárt tartályban kell szállítani és zsaluzatba öntése előtt mérjük meg a hőmérsékletét. Egyebekben úgy kell eljárni, mint a III hideglépcsőfok esetén.

- *V hideglépcsőfok:* a cement +5 °C-nál, az adalékanyag +30 °C-nál, a keverővíz +50 °C-nál ne legyen hidegebb a keverőgépben mérve. A megkevert beton legalább +40 °C, bedolgozáskor legalább +30 °C hőmérsékletű legyen. A keverőgépet zárt, fűtött helyiségben kell elhelyezni. A gondosan hőszigetelt szállítótartály egy teljes keverést fogadjon be. Egyebekben úgy kell eljárni, mint a III és IV hideglépcsőfok esetén.

Valamennyi hideglépcsőfok esetén előnyös lehet a táblás zsaluzatban készített betonszerkezeteket sugárzó fűtéssel (pl. infravörös fűtéssel) melegíteni. A beton keverését és bedolgozását, valamint a bedolgozott beton védelmét úgy kell megszervezni, hogy a felsorolt feladatokat a hideg váratlan beálltakor is azonnal végre lehessen hajtani.

8.17. Betonozás meleg időben (Dr. Ujhelyi János)

A beton készítése szempontjából *melegnek* tekintjük azt az időjárást, amikor a levegő hőmérséklete tartósan (legalább 4 órán át) +25 °C vagy ennél magasabb, de nem magasabb, mint +38 °C. Ez a +25 és +38 °C közötti hőmérséklet önmagában is okozhatja a friss betonkeverék, a bedolgozott friss beton és a szilárduló beton minőségének a romlását, de fokozódik a várható károsodás akkor, ha a nagy meleggel erős napsugárzás, csekély páratartalom és szél társul.

A betontulajdonságok meleg okozta romlás a legritkább esetben küszöbölhető ki teljes mértékben, ezért a kivitelezést irányító és a minőségért, valamint a határidők betartásáért egyaránt felelős mérnöknek döntenie kell arról, hogy a minőségnek, a gazdaságosságnak és a határidők betartásának esetleg ellentétes szempontjai között milyen kompromisszumot ítél elfogadhatónak.

A meleg időjárásnak azok a hatásai, amelyek ellen védekezni kell, a következők:

A friss betonkeverék *képlékeny állapotában:*

- növekszik a vízigény a változatlan konzisztencia betartásához;
- a konzisztencia romlásának – a merevedésnek – a gyorsasága növekszik s ebből következik a kényszer arra, hogy a keverékhez a bedolgozás előtt kiegészítő vizet keverjenek;
- a cement kötése gyorsul, ez megnehezíti a szállítást, a bedolgozást, a befejező munkákat és az utókezelést, továbbá fokozza a meg nem tervezett munkahézagok képződésének a veszélyét;

- növekszik a bedolgozott friss beton hajlama a plasztikus zsugorodás okozta repedezésre;
- bizonytalanná válik az előírt légbuborék tartalom szabatos elérése.

A beton *szilárd állapotában:*

- csökken a szilárdság a vízigény növekedése és a meleg miatt;
- növekszik a hajlam a száradási zsugorodásra, valamint a hőmérséklet-különbségek okozta repedezésre;
- csökken a beton és a vasbeton szerkezetek tartóssága;
- romlik a beton felületének (szín, textúra) az egyenletessége;
- romlik a kitéti osztályokkal jellemzett káros hatásokkal szembeni ellenállás.

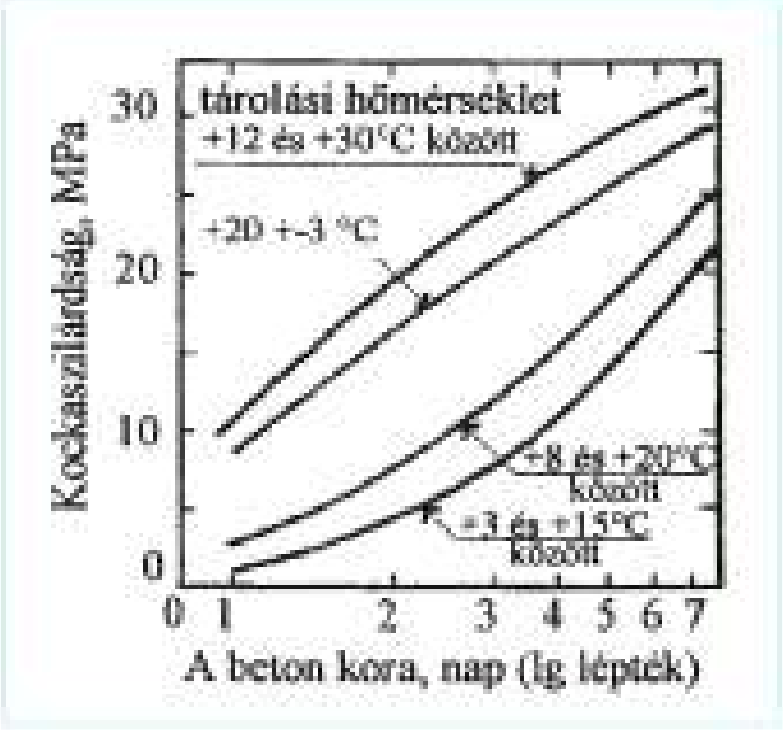
Ha a környezet levegőhőmérséklete tartósan (legalább 4 órán át) nagyobb, mint +38 °C, akkor nem ajánlatos betonozni.

A meleg időjárásban készített betonhoz használt cement legfontosabb jellemzője a hidratációs hője. A környezet magasabb hőmérséklete növeli és gyorsítja a hőfejlődést, ezáltal rontja a bedolgozhatóságot. Például a CEM I 42,5 jelű cementtel készített, adott összetételű, folyós beton 10, 20 és 38 °C környezeti hőmérséklet mellett rendre 18, 10 és 3 órán marad elegendő mozgékonyságú a bedolgozáshoz, ha a betonhalmaz mozdulatlan és a párolgástól védve van, de ha a betont mixerkocsiban szállítják, akkor +38 °C mellett az eltarthatóság még 1 órát sem ér el.

Meleg időjárásban kis hőfejlesztésű cementeket ajánlatos alkalmazni, ilyenek a CEM II/B, CEM III vagy CEM V cementek. Célszerű kötéskésleltető, vagy kötéskésleltető-vízcsökkentő adalékszereket adagolni. Bizonyos képlékenyítő és folyósító adalékszerek növelik a légbuborék képző adalékszert nem tartalmazó betonkeverékek vérzését. Ezek melegben végzett betonozáskor előnyösek lehetnek lemezszerű, nagy felületű beton és vasbeton szerkezetek készítésekor, mert a víz a plasztikus ülepedés eredményeképpen a felületre nyomódik és így megakadályozza a gyors kiszáradást. A kedvező hatásnak egyrészt az a feltétele, hogy az ülepedés miatti vízkiválás gyorsabb legyen, mint a párolgás miatti vízveszteség sebessége, másrészt a beton felülete ne kérgesedjék, mert az ezt követő vérzés feltáskásodást okozhat.

A beton összetételének a meghatározáskor számításba kell venni, hogy a meleg időben készített beton korai szilárd-sága nagyobb, mint a normál hőmérsékleten készített betoné, de 28 napos korban – és ezt követően – általában kisebb. Adott betonösszetétel (450 kg/m^3 CEM I

42,5 jelű cement, képlékeny konzisztencia) mellett várható szilárdságokra mutat példát a *8.17.1. ábra* A beton keverési arányát a várható változásokat mérlegelve úgy kell módosítani, hogy a meleg kedvezőtlen hatását kiküszöböljük.



8.17.1. ábra: A betonszilárdság változása a környezeti

Ha a keverési arányt próbakeveréssel határoztuk meg, akkor azt a környezetet (hőmérséklet, páratartalom, légmozgás) kell a keveréshez, a próbatestek készítéséhez és az utókezeléshez létrehozni, mint amilyen a szerkezet készítésekor várható. A próbakeverés során szükséges betartani a betonozás várható időrendjét, mert a víz hozzáadását követően minél hosszabb idő telik el a bedolgozásig és az utókezelésig, annál nagyobb szilárdságcsökkenés várható.

A beton készítésekor törekedni kell arra, hogy a keverék hőmérséklete a lehető legkisebb legyen. A vizsgálatok szerint annak érdekében, hogy a betonkeverék hőmérséklete 1 °C értékkel csökkenjen, vagy a cement hőmérsékletét kell ~ 8 °C-szal, vagy a vizét ~ 3 °C-szal, vagy az adalékanyagét ~ 2 °C-szal csökkenteni, vagypedig ~ 3% keverővizet jéggel kell helyettesíteni. Mivel a betonban az adalékanyag tömege a legnagyobb, ezért minden gyakorlati lehetőséget ki kell használni hőmérsékletének alacsony szinten tartására. Ez elérhető a depónia árnyékolásával vagy gondosan szabályozott vízpermetezéssel (hőelvonás párolgással). A vízpermetezéssel azonban nagyon óvatosan kell bánni,

nehogy ingadozóvá váljék az adalékanyag felületi nedvességtartalma és ezzel irányíthatatlanná a víz/cement tényező vagy a konzisztencia.

A víz hűtése – az adalékanyaghoz és a cementhez viszonyított ~ 4,5-szeres fajhője miatt – ugyancsak előnyös, ezt jéggel helyettesítve viszonylag könnyen el lehet érni, bár jégkészítő és -aprító berendezést igényel, továbbá pontosan működő adagolót.

A keverék gondos szállítására is fel kell készülni, a mixerkocsi dobjának befestése fehérre némi segítséget nyújt a sugárzó hő csökkentésére. Egy órás szállítási időtartam alatt a tiszta felületű, fehér dobban a beton 1,4 °C-szal volt hidegebb, mint a piros dobban szállított beton. Ha az üres dob napon állt, akkor ~ 0,5 °C értékkel kevésbé melegedett fel a fehér, mint a piros dob.

A betonozásra annak tudatában kell idejében előkészülni, hogy az időjárás várhatóan szélsőségesen is alakulhat s hatását nem lehet az utolsó pillanatban hozott intézkedésekkel elkerülni. Mindenekelőtt az adagolás–keverés–szállítás–elhelyezés–tömörítés–befejező munkák műveletsort kell úgy megszervezni, erre olyan ütemtervet készíteni, hogy ezek a műveletek a lehető legrövidebb időn belül befejeződjenek. Az építéshelyre érkezett betont azonnal a végleges helyére kell üríteni, késedelem nélkül. Ez különösen az első szállítmányra fontos, mert a betonozás rossz kezdete, a szállítás túl korai indításának a megrendelése okozta hiba szinte helyrehozhatatlan a nap folyamán.

A konzisztencia korai romlása meleg időben a párolgás következménye, amely függ a környező levegő hőmérsékletétől, pártartalmától, a beton hőmérsékletétől és a légmozgás (a szél) sebességétől. Ha ez megközelíti az 1 kg/m^2/h értéket, akkor meg kell védeni a betont a plasztikus zsugorodási repedések kialakulása ellen. Ha például a levegő hőmérséklete +30 °C, relatív páratartalma 40%, akkor a bedolgozott betonfelület ezt a párolgási veszteséget 20, 25, 30 és 35 °C betonhőmérséklet mellett rendre 8, 16, 24 és 32 km/h szélsebesség mellett eléri. Ezért kell gondoskodni vízszintes, lemezszerű szerkezetek esetén szélfogókról és/vagy árnyékolókról. Ködpermetezővel hűteni és nedvesíteni lehet a környezetet, ezáltal megakadályozhatjuk a párolgást a befejező unkák alatt (ködfüggönyt kell létrehozni és ez semmiképpen ne legyen mosópermet).

Tudatában kell lenni, hogy meleg időjárásban a leggondosabb betonkészítés mellett sem kerülhető el a beton nyomószilárdságának kismértékű csökkenése: ha a környezet hőmérséklete +20 °C-ról +35 °C-ra növekszik, akkor a nyomószilárdság vesztesége kb. 10%-ra tehető.

8.18. Bontott építési törmelék adalékanyagú beton
(Dr. Kausay Tibor)

Az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány a bontott építési törmelék adalékanyagú beton készítésének feltételeit külön nem tárgyalja, de hatályát kiterjeszti rá azáltal, hogy a bontott építési törmeléket mint a betonok lehetséges adalékanyagát említi. Ebből következik, hogy a bontott építési törmelék adalékanyagú betont az MSZ 4798-1:2004 szabvány figyelembevételével kell jellemezni, készíteni és felhasználni.

A bontott építési törmelékek, mint adalékanyagok felhasználásával – az MSZ 4798-1:2004 szerinti betonoknak megfelelő minőségben – készített betonkeverékek és betontermékek műszaki feltételeivel, teljesítőképességével, megfelelőségével és alkalmazásával a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának vonatkozó beton- és vasbetonépítési irányelve foglalkozik.

Ennek az irányelvnek a fogalom-meghatározása szerint a bontott építési törmelék adalékanyagú beton olyan MSZ 4798-1:2004 szerinti beton, amelynek kötőanyaga MSZ EN 197-1:2000 vagy MSZ 4737-1:2002 szerinti cement, és adalékanyaga egészében vagy részben, e célra feldolgozott bontott építési törmelék. A bontott építési törmelék adalékanyagú beton legalább C8/10 nyomószilárdsági osztályú közönséges beton vagy legalább LC8/9 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton.

Bontott építési törmelék adalékanyagú beton lehet az ÚT 2-3.207:2003 útügyi műszaki előírás szerinti CB 2 szilárdsági osztályú (lényegében C4/5 MSZ 4798-1:2004 szerinti nyomószilárdsági osztályú) cementstabilizáció is.

A bontott adalékanyagú beton **közönséges beton**, ha a testsűrűsége 28 napos korban, kiszárított állapotban >2000 kg/m^3 és ≤ 2600 kg/m^3, és **könnyűbeton**, ha a testsűrűsége 28 napos korban, kiszárított állapotban ≥ 800 kg/m^3 és ≤ 2000 kg/m^3. Az ÚT 2-3.207:2003 útügyi műszaki előírás szerinti CB 2 szilárdsági osztályú (lényegében C4/5 nyomószilárdsági osztályú) cementstabilizáció is közönséges betonnak minősül.

Az újra hasznosított betonadalékanyag céljára előkészített bontott *beton törmelé*k MSZ 4798-1:2004 szerinti közönséges betonok, közönséges beton és vasbeton szerkezetek, CB 2 szilárdsági osztályú cementstabilizáció készítésére, valamint közönséges beton és vasbeton elemek gyártására, a bontott *tégla vagy téglatartalmú vegyes törmelék* MSZ 4798-1:2004 szerinti könnyűbetonok készítésére, könnyűbeton szerkezetek készítésére és könnyűbeton elemek gyártására alkalmas.

A bontott építési törmelék adalékanyagú beton műszaki feltételei megegyeznek a betonokra általában vonatkozó műszaki feltételekkel, amelyeket az MSZ 4798-1:2004 szabvány tartalmaz. A bontott építési törmelék adalékanyagú betont zúzottkőbetonként kell kezelni, így cement- és vízigénye a kavicsbetonénál általában nagyobb, bedolgozhatósága nehezebb, amelyen folyósító adalékszer és a finom bontott törmelék szemek helyett természetes homok alkalmazásával lehet segíteni. Szilárdságát a bontott építési törmelék adalékanyag önszilárdsága jelentősen befolyásolja.

A bontott építési törmelékek betonadalékanyagkénti alkalmasságát e könyv 2.10. szakasza tárgyalja.

8.19. Nagyszilárdságú és nagy teljesítőképességű betonok (NSZB, NTB) (Dr. Erdélyi Attila)

8.19.1. Fogalmak

Nagyszilárdságú beton (NSZ-beton)

Az EN 206–1:2000 a C55/67, ill. az LC55/60 osztályt és attól fölfelé nevezi a betonokat NSZ-nak, tehát C55/67 – C60/75 – C70/85 – C80/95, ill. LC55/60–LC60/66 – ezek alkalmazásához nem kell külön engedély;– míg az efölötti C90/105 és C100/115 és LC70/77, LC80/88 márkához már külön alkalmazási engedély („Zulassung”) kell, pl. Németországban az Institut für Bautechnik-től [Betontechnische Daten – Beton nach DIN EN 206 – Heidelber Zement Group – HTC Leimen (Németország) **2002.** jan.-i kiadás pp. 154. prEN 1992-1-1], vagy a felek közti külön egyedi megállapodás.

A prEN 1992–1–1 („49”. jelű tervezet, 2002. júl.) az ottani 3.1 tábl.-ban azonban csak C90/105-ig sorolja fel a betonokat és adja meg a méretezési tulajdonságaikat („EC2”, p.29).

Nagyteljesítő-képességű beton (NTB), vagy NT-beton

Ezek a fokozott tartóssági igényeket is kielégítő betonok jellemzői: fagy- és sózás-állóság, ellenállás kloridok áthatolásával, agresszív talajvizekkel, kopással stb. szemben. (Hochleistungsbeton: „HL-Beton”; high performance concrete: „HPC”).

8

8.19.2. Kötőanyagok, adalékanyagok, hőfejlesztés

[FIP/CEB: High Strength Concrete – State of the Art Repront, **1990.** *aug.* SR 90/1 Bull. d’Information No. 197, London pp. 1–61.]

Cementező (kötő)anyagok. A nagy C_3S és a későbbi szilárdságot javító nagy C_2S tartalom előnyös. A C_3A csak a korai szilárdságot javítja. A C_4AF

tartalom is kisebb legyen. A túlzott fajlagos felület ugyan nagy kezdőszilárdságot ad, de a 28 napon túli szilárdságok már kisebbek; ezért – hacsak nincs szükség korai nagy szilárdságra, – akkor a C_3A tartalom kisebb legyen, – ezáltal a hőfejlesztés is kisebb. A legkevesebb hőt a C_2S fejleszti. Más összetevők hatása: az alkáliák (Na_2O, K_2O) növekedése növeli a kezdeti, de csökkenti a végső szilárdságot. (Nagy alkáliatartalom: ASR veszély!)

A kohósalak és a pernye, ha a cementtel együtt őrlik (ma ez Magyarországon így van), nem befolyásolja lényegesen a kötőerőt, de csökkenti a kezdeti szilárdságot. Ezt azonban ellensúlyozni lehet finomabb őrléssel és az utókezelés javításával (hosszabbításával). Ha a pernyét a beton készítésekor adagolják, akkor a bedolgozhatóság javul a pernyék szemcsealakja miatt („kenőanyag-hatás").

A szilikapor (mikroszilika=MS; kovaliszt, szilikafüst=SF=Silica fume) 85–98%-ban 0,1–0,2 μm méretű „tiszta" SiO_2, gömbszerű szemcsékben, – összetétele tehát lényegesen más, mint a cementé. Mind töltőanyagként, mind puccolános kötőanyagként szerepel: Az EN 206–1-ben ennek van a legnagyobb, „k=2" kötőerő szorzója és akár 2–4-szer „hatékonyabb" a cementnél, amikor közönséges szilárdságú betonok késői szilárdságáról van szó. Az MS tartalom növelése **≤11%** cementtömegig ott (lehet) fontos az NSZ-betonokban, ahol a cementtartalmat korlátozni akarják. 80 N/mm^2 nyomószilárdságot meghaladó, szokásos bedolgozhatóságú betonokat MS nélkül általában nem lehet készíteni. A Betonolith-nál végzett kísérletek szerint azonban (Erdélyi, **2000.**) 420 kg/m^3 DDC 52,5-ös, ill. 42,5 R-es cementtel és ezekhez illeszkedő, jó folyósítószerrel éppenséggel lehet. A MS-val együtt – a jó diszpergálás végett – mindig kell folyósítószert is alkalmazni. 1990-ig legtöbb tapasztalat a tiszta portlandcementtel [CEM–I] és a pernyés pc-tel [CEM- II/X–V], továbbá a MS-val készített NSZ betonoknál gyűlt össze.

Adalékanyagok. „Átlagosan jó" adalékanyaggal gyakran 120–140 N/mm^2 betonszilárdságot értek el 90–100 N/mm^2 betonszilárdság azonban elérhető szentendrei 3-frakciós dunai homokos kavics és d_{max}=16 mm alkalmazásával is. (Erdélyi, **2000.**) Különlegesen jó adalékanyaggal (pl. diabáz) elérték a 170 N/mm^2-et is. A d_{max} 10 és 24 mm közt legyen, – főleg a bedolgozhatóság miatt, de a szilárdság (homogénebb betonszövet) érdekében is (ACI 363). Sűrű vasalás esetén akár 200 mm roskadású (USA) betonokat is alkalmaznak (EN 206-1; S4 osztály), – de Európában inkább a terülést méretik és írják elő. Az adalékanyag szilárd-

sága és E-modulusa döntő a NSZB-ra. Egyesek szerint itt már nem a cementkő, hanem az adalékanyag hatása lesz a döntő; – ez azonban főleg a durva adalékfrakciókra vonatkozik – a finomadalék hatása kevésbé fontos, Erdélyi, **1997.**(b); **1998.** (a). Az ACI 363 szerint a zúzott adalékanyag ugyan nagyobb szilárdságot adhat (jobb tapadás), – de nagyobb vízigénye révén növeli a v/c tényezőt, – ez pedig végülis rontja a „teljesítményt". Többnyire a minél kisebb víztartalmat és a jó bedolgozhatóságot kell együttesen szem előtt tartani.

A v/c tényező, önkiszáradás, repedési hajlam. Tiszta pc és 15% (!) MS alkalmazásával (szabályzatok ennél kevesebbet engednek meg, pl. MSZ 4798: 11%!) v/c=0,26 és v/(c+MS)=0,22 esetén szokásos testsűrűségű adalékkal 112 N/mm^2 nyomószilárdságot kaptak; v/c=0,30-cal és szilikapor nélkül 70 N/mm^2 -et. Az ACI szerint a C150-es beton előállításának föltétele v/c≤0,20: ehhez a víztartalmat erőteljesen csökkenteni kell. Külsőben használt szerkezeteknél a mikrorepedésképződés veszélyes, – azonban belső terekben a duktilitást kissé javítja. Kérdés, hogy melyiknek van mérnöki szempontból értelme. Jó fagy- és sózásállóságot értek el C_3S-ben dús finomra őrölt cementekkel. A finom cement és a MS viszont kedvezőtlen hatású a repedésképződésre. Dönteni kell tehát a nagyobb szilárdsági igény, vagy a repedésmentesség és tartósság elsőbbsége között (**1994.** DAfStb., SCHRAGE).

Az önkiszáradás („self-desiccation", lásd még 8.11-ben) nemcsak teljesen szigetelt mintában áll elő, hanem vízben tároltnál is, – mert a vízzáróság igen hamar kialakul, s a belső mag nem kapván elegendő vizet, a hidratáció itt lelassul és mikrorepedések keletkeznek – ezeket a NSZB csiszolatokon jól megfigyelték, – de e mikrorepedések negatív következményeiről még (1990-ig!) nem számoltak be. Vízben tárolt 28 napos korban hajlított 70x70x250 mm-es hasábok közepe teljesen száraz volt. (**Erdélyi** A.: **2000.**)

A teljesen *elszigetelt* NSZB mintákon mért zsugorodásnak *több mint fele keletkezett önzsugorodás* (~ autogeneous shrinkage) révén. Az NSZB a nagy kötőanyagtartalom miatt erősen hőfejlesztő. 1 m^2 keresztmetszetű betonban 50 K hőmérsékletnövekedést is mértek, – ez pedig (lásd η<1,0 gőzölési hatásfok!) *csökkenti* az elérhető szilárdságot. Ezért lesz nagy a *különbség* a külön készített kisméretű *próbatestek és* nagyobb betontömegből kifúrt *magminták* szilárdsága közt! C100 esetén a különbség (a magok kárára) *25% is lehet!* A szerkezetben a *hőmérsékleti grádienseknek* is nagyobb a szerepe.

Az önszáradás (bensőséges zsugorodás) és hőfejlesztés miatt a NSZ betonban tehát mikrorepedések és saját feszültségek keletkeznek, *ezek jellegzetes hátrányok* a nagyobb víztartalmú közönséges betonokhoz képest. Az NSZ betonok a nagyobb E-modulus miatt a kényszererők hatására – a nagyobb feszültségek miatt – könnyebben *átrepedhetnek,* – és *nem ismerjük eléggé* a repedésterjedés (crack-progagation) és a törés mechanizmusát. (Schrage, **1994.**)

Hőfejlődés és szilárdulás. A „túl kicsi" v/c tényező fékezi a hidratációt és ezért a *hőfejlesztés* csökken. Pl. 168 órás=1 hetes korban a 15% MS tartalmú betonok v/c=0,68-cal 400 kJ/kg hőt fejlesztenek, míg a v/c=26-os igazi NSZ betonban csak kb. 220 kJ/kg hő keletkezik!

A cementező anyagok (hőfejlődés) *és a víz mennyiségét csak folyósító szerekkel lehet csökkenteni*. Ha a tiszta pc és a (pc+15% MS) betonok *hőfejlesztését* a v/c függvényében összehasonlítjuk, akkor a v/c≈0,4-ig egyforma a hőfejlesztés (azaz a MS puccolános hatása nem érvényesül még) – v/c≅0,7-nél azonban 450 kJ/kg a „pc+MS", és csak 375 kJ/kg a tiszta pc beton hőfejlesztése.

Magminták és próbakockák. A tömörítés , utókezelés miatt a laboratóriumi minták szilárdsága rendszeresen nagyobb, mint a magmintáké: a csökkentő tényező 0,75...0,90 közti. Az MC-Model Code szerint a csökkentő tényező

$$\alpha = (1 - f_{ck} / 250)$$

– eszerint pl. $f_{ck}=105$ esetén [C90/105] α =1-105/250=0,58 lenne! Norvég tengeri fúrótoronyból vett kb. *1000 magminta* (van csúszózsalus, öntöttfalas, stb.) eredménye alapján α =0,9 és 30 N/mm^2, ill. α =0,8 és f_{ck}>60…80 N/mm^2 tartozik össze; – de különbség van a *kívülről* vett magok (gyengébbek) és az üreges tornyok *belsejéből* vett minták közt is: utóbbiak jobbak. A norvég fúrótornyok kezdeti kockaszilárdsági *küszöbértékei* (f_{ck}) s=2…7 N/mm^2 közti szórással és $f_{ck}=f_{cm}-1,48 \cdot s$ képlet alapján 42 N/mm^2 1972-től 1986-ig 75 N/mm^2-ig „nőttek meg".

8

8.19.3. A szilárd NSZ beton műszaki tulajdonságai

A *tűz hatása* a *szilárdságcsökkenésben* már 100–150 °C alatt is jelentkezik a NSZ-betonban, míg a *közönséges betonok* 200…300 °C közti tartományig érzéketlenek ezekre a hőmérsékletekre.

Kúszás/zsugorodás. A *kúszási tényező* és a kúszás maga a szilárdság nőttével *csökken,* a kúszási végértéket a NSZB hamarabb éri el,

– a kúszási tényező *nagyobb feszültségi szinteken is állandó marad.* MS-adagoláskor nem mértek növekvő *száradási* kúszást.

Kifáradás, tartósság. A NSZB nem kedvezőtlenebb e téren, mint a közönséges beton, – bár a *többtengelyű lengő* teherre talán kisebb a kifáradási hatása. A *tartósság* megállapítására kisméretű laboratóriumi testeket vizsgálnak, – hőmérsékleti grádiens, hőfejlődés ilyenkor nincs, – a biztonság így hiányos. A CEB/FIP ezért ajánlja a *20 évesnél idősebb (1994!) műtárgyakból vett minták vizsgálatát.*

Az említett hátrányok és korlátozások ellenére a NSZB sokkal kevésbé engedi át a gázokat, a vizet, az ionokat. További vízutánpótlás pótlólagos hidratációt jelent, – a villamos vezetőképesség – az elektrolit hiánya miatt – kisebb, és így a vasbetét korróziós veszélye csökken, a MS pH csökkentő hatása ellenére is. Az Északi-tengeri építményekből kivett betonmintákon azonban sokkal *nagyobb kloridbehatolást mértek*, mint amire számítottak (sózás!).

Az agresszív vegyi környezet esetei: Szulfátos vizekre a NSZB semmivel sem érzékenyebb, mint a kohósalakportland cementtel készített közönséges beton.

Az *MS adagolás* még az *alkáli-szilikát reakcióra* (ASR, vagy AAR) *érzékeny adalékanyagok* használatát is lehetővé teszi, – ugyanez a helyzet a karbonátosodással szembeni ellenállással is.

Vízzáróság. Az NT beton *vízzáróságát* vagy az MSZ EN 12390-8:2001 szerint (5 bar nyomáson 72 órán át egyenletesen), vagy az új ÖNORM B 3303 szerint (7 bar *végnyomáson,* az előírt lépcsős növeléssel) érdemes vizsgálni. A jól kiérlelt beton *v/c*≤0,40 esetén *teljesen* mentes lesz pórusoktól, v/c≤0,60-ig bezárólag pedig vízzáró *lehet* – utókezeléstől függően –, mert a kapilláris hézagcsoportok nem csatlakoznak. (Lásd még 8.3.)

A *kloridzáróság.* A b≤10 mm vízbehatolású betonok általában kloridzárók is. A Cl^- ionok 6 óra=21600 sec időtartam alatt az ∅100 mm, v=60 mm-es betonkorongon van. Coulomb elektromos töltést visznek át a feszültségkülönbség hatására. Az ASTM C 1202:1997-ben módszer és értékelő skála. (Vizsgálat a CEMKUT Betonlaborban.) A mikroszilika tartalmú kis v/c tényezőjű betonok kloridzárók. CEM I 52,5 – 42,5 ill. CEM II/B–S cementtel is (Erdélyi A.–Szegőné, **2001**).

Fagyállóság. Általános a *vélekedés*, hogy a NSZB – bizonyos szilárdságon felül – mesterséges légbuborék *rendszer nélkül* is fagy- és sózásálló, hasonlóan a térburkoló (sajtolt) „térkövekhez", betonelemekhez.

(Pflastersteine, paving stone). Az ASTM C 672 szerinti vizsgálatok ezt kimutatják, – ezzel szemben az ASTM C 666 szerinti vizsgálat súlyos tönkremenetelt jelez, olvasztósó *nélkül is.* Ennek oka – talán – *alakváltozási összeférhetetlenség* a mátrix és az adalékszemcsék közt, – tehát bizonyos „hőtani kifáradás". Más kísérletek a légbuborék rendszer egy *szükséges kritikus* (minimális) értékét igazolják – amely azonban a NSZ betonban *nagyobb távolsági tényezőt jelent,* mint a közönségesben, – de ez a *cementfajtától* is függ. Az USA-ban folynak kísérletek arra, hogy a különböző vizsgálati módszerekkel milyen *LP-nélküli* NSZ betonra mutatható ki a fagyállóság. Amerikai adatok alapján: 110 N/mm^2 szilárdságú, MS *nélküli* beton nem volt fagyálló, ha nem tartalmazott légbuborékot, míg 40–60 N/mm^2-es „közönséges" LP-betonok fagyállóak voltak az E_{din} mérések alapján (Erdélyi, **1996.**).

A DIN 1045-2:2002 a *puccolános* (traszos) és a *pernyés cementeket* CEM IIA vagy B osztályban egyaránt kizárja a sózással szigorított XF2 és XF4 osztályból (pl. közlekedési közúti műtárgyak), a CEM II/**B**–V cementeket az XF3-ból is. Mindez (DIN!) a németországi *kőszénpernyékre* vonatkozik (SFA=Steinkohlefeugasche). A *barnaszénpernyék* német kutatások szerint (VDZ Tätigkeitsbevicht **2001/2003**, pp. 64–66.) csak akkor felelnek meg, ha a térfogat-állandóságot a szabványokban előírt *módszereken* (Le Chatelier próba, ASTM C151 szerinti autokláv próba) *kívül a szabványhabarcsnak 1 éves vizes tárolása során mért duzzadásával is ellenőrzi.* .Ez a duzzadás CEM I-nél kb. zérus, a „jobbik" barnaszénpernye 10–30%-os bekeverése <+0,1‰ *duzzadást* okozott, – a *„rosszabbiké"* 30%-kal +0,25‰-et. (VDZ: Leistungsfähigkeit von Zement **2001/2003.**)

8.19.4. Megválaszolandó kérdések:

helyi *durva adalékanyagok alkalmassága,* nem túlzott v/c csökkentéssel; *kis víztartalom* és *nagy hőmérséklet* hatása a szilárdságra és a repedésképződésre; kültéri vasbeton szerkezetek vasbetéteinek *védettségének tartóssága; hirtelen fagyhatásra* való válasz LP és nem LP betonoknál; tartósság erős *vegyi hatásokkal* szemben. Az *ütés jellegű* terhek a NSZ betont kizárhatják egyes területekről, – míg a tűzállósági érzékenység épületszerkezeti módszerekkel kiküszöbölhető (SCHRAGE, **1994.**).

8.19.5. Az osztrák NT (nagy teljesítőképességű HL=hochleistungs) – betonra vonatkozó irányelvek („MERKBLATT” 1999., kiegészítés a DIN 1045/0788-hoz B65 és B115 közt, továbbá a DAfStb. „Richtlinie”, 1995. alkalmazása Ausztriában.)

Az ÖNORM B 4700-1 csak „B60/600” márkáig engedélyezi, hogy a már idézett német „Richblinie DafStb, 1995. aug.” szerint készítsék a betonokat, – de a nagyszilárdságú, a „B60/600” (osztrák), ill. a C50/60 EN 206–1:2000 jel *fölötti* NSZ-betonokra eszerint az irányelv szerint („Merkblatt”) készíthetők a betonok „B95”-ig azaz „C80/95”-ig bezárólag. E fölött (C90/105 és C100/115) ismét *külön további előírások érvényesek* (lásd u. így Németországban).

Az osztrák előírás külön hangsúlyozza, hogy a *különféle előírásokban emlegetett 3-darabos próbakocka-sorozatot úgy kell érteni, hogy annak mindegyike külön keverésből, ill. külön szállítmányból származzék.*

Véleményünk szerint: Magyarországon *még a C20/25-os betonok területén sem lesz rend mindaddig*, amíg a *kivitelezők* egy-egy mixerből 3–3 db próbakockát vesznek, s ezeket küldik be az intézetekbe, hogy „*minősítsék*” a betont. E három nem független adatból csak egy db átlagot lehet kiszámítani, s ennek – nem paraméteres módon – a $R_{átl} > 1{,}33\ R_{k,nom}$ képlet alapján kell a jelenlegi MSZ 4719 – MSZ 4720 szerint megfelelnie. Még sajnálatosabb, hogy elég sok vizsgálóintézet hajlandó 3 db nyilvánvalóan nem független adatból R_k jellemző (karakterisztikus) értéket kiszámítani, s erről bizonyítványt adni. A kiszemelt betongyártókat és vizsgáló intézeteket e szempontból ellenőrizni kell, különben NSZ-, ill. NT-betonok idehaza nem készíthetők.

Osztrák nézetek szerint csak a „B75”, azaz a „C60/75” *jeltől fölfelé térülhet meg az NSZ-beton* nagyobb minőségellenőrzési – vizsgálati költsége. Az osztrák **Lindlbauer** hídelem katalógusban (**2003.** 02) a szokványos *„előregyártott hídlemez-sáv”* betonjele pl.: **C70/85/XC4/XD3/XF4/XA1(L)/SB(A)** és a rábetonozott *helyszíni* (szigetelés nélküli!) „kopóbetoné” pedig: **C50/60/XC3/XD3/XF4/XA1L/XM2/8B(A)**. Az MSZ 4798-ban az osztrák XM2-nek a NAD 4.1 tábl. szerinti XK2(H) vagy esetleg az XK3(H) felel meg. Az XA1(L)-ben az „L” *kioldó hatású* (L=lösend) vegyi korróziót jelent, – az SB(A) pedig *kültéri látszóbeton követelményeket.* Ugyanezeket célszerű idehaza is kiírni.

Az osztrák „Merkblatt” az alábbi *forrásokat* sorolja föl: DafStb Heft 400 – *1994;* DafStb Heft 438 – *1994*; DafStb Heft 444 – *1994;* Schneider/Chen: Technologie von HLB, – Österr. Ing.– u. Arch. Zeitschrift, *1996*/11. szám; Stark – Chelouah, **BWFT**, = Betonwerk u. Fertigteil-technik, *1997 p. 94.;* DafStb Heft 482 – (Bergner) *1997;* Leipziger Massívbau Seminar: Erfahrungen mit HL–Beton, *1998.*

8.19.6. Kiegészítő előírások nagyszilárdságú betonokhoz MSZ 4798:2004 H ajánlott mell. és „Betontechnische Daten” (DIN 1045–2:2001.07.)

Ezek az előírások a DIN 1045-ben *kötelezők* és szabályozzák, hogy mit, hogyan, kinek és hányszor kell vizsgálnia, értékelnie? (Részletek az MSZ 4798:2004. *ajánlott* H. táblázatban.) A *„Betontechnológia adatok a DIN EN 206 szerint”* (Betontechnische Daten, Heidelberger Zement → Heidelberger Cement Group–HTC D 6170 Leimen, Németország – **2002.** jan.) előírja, hogy

C55/67 márkától kezdve a *lisztfinom szemcsék mennyisége* (ide tartozik a cement, a d<0,125 mm-es finom adalékanyag és a kiegészítő anyagok, tehát c+fa+k)

$c \leq 400$ kg/m^3 (c+fa+k) ≤ 500 kg/m^3
$c = 450$ kg/m^3 (c+fa+k) ≤ 550 kg/m^3
$c \geq 500$ kg/m^3 (c+fa+k) ≤ 600 kg/m^3

≥C55/67 esetén az *átszámítási tényezők* („száraz” és „nedves”) az alábbiak

$f_{c,cube}^{EN} = 0{,}95 \cdot f_{c,dry}$ *a 150 mm-es, és*

$f_{c,cube}^{EN} = 0{,}97 \cdot f_{c,dry}$ *a 100 mm-es kockák esetén*

NSZ–NT beton keverővizét *mindig* az EN 1008:1997 szerint kell *vizsgálni* és *minősíteni*.

A C55/67 márka a német „2”; az efölöttiek a német „3” jelű ellenőrzési szigorúsági osztályba tartoznak. A „2”-ben $\sigma \geq 3$ N/mm^2; a „3”-ban $\sigma \geq 5$ N/mm^2 szórást kell figyelembe *venni* minősítéskor, *n<35 db-os szúrópróbák* esetén pedig $\sigma \geq 4$ N/mm^2 érvényes.

8.20. Polimerrel módosított betonok (PCC=Polymer Cement Concrete) (Dr. Kovács Károly)

A betontestek alapvetően kőszerűen rideg anyagok.

A rideg tulajdonságuk következtében olyan esetekben, amikor nemcsak nyomásra kell igénybe venni a szerkezeteket, jelentősen túl kell méretezni azokat abban az irányban és helyen, ahol az egyéb erők támadnak. A vasbeton szerkezetek működésének is leggyakoribb hibája az, hogy mielőtt még az acélbetét működni kezd, a beton már átrepedt.

Célszerű tehát a betonok húzás-hajlítási, nyírási, csavarási alakváltozó képességét megjavítani, a betonok viselkedését szívóssá tenni.

Ennek egyik jó megoldása, ha a cementkötést modifikálják valamilyen vele összeférő, de szívós anyaggal. Erre a szerkezeti polimerek alkalmasak. Csak azok a polimerek jöhetnek számításba, amelyek a vizes technológiai közeggel összeférnek, azaz valamilyen vizes diszperzióba vihetők.

Másik követelmény velük szemben, hogy tartósan eltűrjék a cementkötés erősen lúgos közegét (12–13 pH).

Ezen túlmenően az alkalmazott polimer szilárdsága, reológiai tulajdonságai az elkészült termékben változatos lehet. Fontos azonban, hogy a cementkötés nyomószilárdságát ne rontsa 10%-nál nagyobb mértékben.

Ezáltal elérhető az, hogy a szokványos betonoknál általában 10:1=nyomó-; hajlító-húzó szilárdsági arány, a nyomószilárdság minimális csökkenése, vagy értéken maradása mellett 3:1 arányra módosuljon.

Az ilyen tulajdonságú betonok tervezési irányelveit módosítani lehet, abszolút méretarányai csökkenthetőek. A szerkezet filigranizálható.

A PCC betonok alkalmazása mintegy 40 éves múlttal rendelkezik. Kezdetben a poli(vinil-acetát) alapú kötőanyagok jöttek számításba. Ezek lúgállósága azonban hosszútávon nem volt megfelelő, elszappanosodtak, a szilárdságuk erőteljesen csökkent.

Manapság csak módosított és/vagy ko- ill. terpolimerizált vinil-acetátok alkalmazhatóak. Emellett a leggyakoribb alkalmazott polimerek az akrilátok.

A korszerű tenzidkémia segítségével ma egyre több polimerfajta hozható vizes diszperziós állapotba, s ha egyéb tulajdonságaik is megfelelőek, az eredeti betontulajdonságok számtalan irányba módosíthatók.

A ma gyártott polimerek 1%-át a betonipar használja fel, kb. 1,5 millió t/év mennyiségben.

A vázolt reológiai módosításokkal természetesen nemcsak a szilárdsági tulajdonságok változtathatóak meg, hanem egyéb előnyök is jelentkeznek. Néhányat ezek közül érdemes megemlíteni.

Az összes tulajdonság javul, ami a szívósság növekedéssel függ össze. Legfontosabb talán a mikrorepedés képződés gátlása, mely a beton és vasbeton korrózióállóságát javítja. Nagy szilárdságú betonoknál éppen ezért kötelezően adagolandó a polimer diszperzió.

Általában szűkíti a kapillárisok méretét, tehát tömít, ezáltal a folyadék és gázbehatolás, ill. a transzport jelenségek csökkennek. Ennek következménye a tartósság növekedése, a karbonátosodási sebesség csökke-

nése, ill. megállítása, aminek következtében viszont az acélbetétek állapota stabilizálódik.

Kifejezetten olyan polimerek is alkalmazhatóak, amelyek a betont a lélegző kapillárisok megmaradása mellett hidrofóbbá teszik. Ilyen módon vízlepergető és öntisztuló felületet nyerhetünk. (Látszó betonfelületek) (Szilikon emulziók). Különösen nagy jelentőségük van a polimeradagolású betonoknak a beton-vasbeton javításoknál. A polimerrel legalább két dolgot lehet elérni.

Egyrészt a javítóanyag rugalmassági modulusa az alapfelületéhez igazítható. Fontos, hogy a javítóanyag toleráns legyen az alapfelülethez képest, tehát teher hatására kövesse annak alakváltozásait. Fordított esetben leválik a felületről.

A beton alapfelületen a tapadása megnő, a diszperzió részecskék a pórusokba hatolva összehorgonyozzák az anyagokat.

Ezek mellett toleránsabb lesz a javítóanyag a hőmozgásokra, a kapcsolati zónában a hőfeszültség eloszlik.

Nagyon jelentős szerepük van a polimereknek a beton konzisztencia szabályozásában is.

Minden polimer megváltoztatja a frissbeton konzisztenciáját. Legtöbbször folyósabbá, máskor szívósabbá változik.

A mai un. ötödik generációs folyósító szerek is polimerek, tehát a folyósítás mellett kihatnak a végtulajdonságokra is. A modern sztereokémia eredményeit felhasználva olyan polimer formátumokat tudnak előállítani, melyek molekulái a térben úgy helyezkednek el, hogy az adott cementfajta térbelileg fejlődő hidrát nyúlványainak növekedését segítik, és/vagy a cementszemcsék elmozdulását viszonylag hosszú időn át biztosítják. (Hosszú hatásidejű folyósítók, zár-kulcs hatás, poli(karboxil-éter) polimerek.)

Nagy szerepük van a polimereknek az öntömörödő betonok konzisztencia alakításában is (speciális folyósítók).

A PCC rendszerek elterjedésére legnagyobb hatással az un. REDIS polimerek voltak, mert lehetővé tették a teljesen felhasználásra kész előregyártást. A beton és habarcsa keverékeket rediszpergálható polimerekkel, mivel ezek nem tartalmaztak vizet, előre össze lehet keverni és mindig azonos összetételben (zsákos termékek) lehet a helyszínre szállítani. A polimereket a hatás céljának és mértékének függvényében 1–15% m/m cementtartalom mennyiségben keverik a betonhoz, habarcshoz.

9. A BETON MEGFELELŐSÉGÉNEK AZ ELLENŐRZÉSE
(Dr. Szegő József)

9.1. Általános előírások

A megfelelőség ellenőrzése azoknak a tevékenységeknek és döntéseknek a kombinációját foglalja magába, amelyeket az előzetesen elfogadott megfelelőségi szabályokkal összhangban kell megtenni a beton előírásokkal való megfelelőségének az igazolása érdekében.

A 4798-1:2004 szeptember 1.-től hatályos, az EN 206-1:2000 (hazai bevezetés: MSZ EN 206-1:2002) európai szabvány kiegészítéseként elkészített, csak Magyarországra érvényes követelményeket is tartalmazó nemzeti szabvány. Abban az átmeneti időszakban azonban, amikor még az MSZ 15022 szabványsorozat szerint tervezett beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteket is kiviteleznek (2004. szeptember 1. előtt megkezdett kivitelezés, korábbi tervek alkalmazása, stb.), e szerkezetek betonjának a megfelelőségét a korábban hatályban lévő szabványok alapján kell megítélni. Az egymással összeférhető szabványokat a *9.1.1. táblázat* tartalmazza.

9.1.1. táblázat

MSZ szabványok	*MSZ EN szabványok*
MSZ 4719	MSZ 4798-1 (MSZ EN 206-1)
MSZ 4720-1, 2, 3	
MSZ 15022-1, 2, 3, 4	MSZ ENV 1992-1-1:1999

Szabványok összeférhetősége

A megfelelőség ellenőrzés célja a vizsgált tulajdonság tapasztalati jellemző értékének megkeresése és annak az előírt jellemző értékkel való összehasonlítása. A megfelelőség ellenőrzése a beton előírt tulajdonságainak vizsgálati ellenőrzéséből és a beton összetételi határértékeinek betartásának ellenőrzéséből áll.

A beton szabványos megfelelőség ellenőrzése az alábbi lépésekből áll:

- szemrevételezés
- tétel kiválasztása
- mintavétel
- megfelelőség vizsgálat
  (a gyártó – a friss betont készítő személy vagy szervezet – vizsgálata a beton megfelelő voltának értékelésére, igazolására)

- megfelelőség értékelés
  (annak rendszeres vizsgálata, hogy a termék milyen mértékben elégíti ki az előírt követelményeket, a tapasztalati jellemző értékek meghatározása)
- megfelelőségi feltételek ellenőrzése
  (a tapasztalati jellemző érték ne legyen kedvezőtlenebb, mint az előírt jellemző érték)

A tételbe tartozó betonkeverék a vizsgált tulajdonság szempontjából megfelel, ha a tapasztalati jellemző értékek kielégítik az előíró – a friss és a szilárd beton műszaki feltételeit meghatározó személy vagy szervezet – által megfogalmazott megfelelőségi szabványos feltételeket.

A megfelelőség ellenőrzésére alkalmazott betontulajdonságok azok, amelyeket szabványosított eljárásokkal állapítanak meg. A beton tulajdonságainak tényleges értékei a szerkezetben eltérhetnek a vizsgálatokkal megállapítottaktól, összefüggésben, pl. a szerkezet méreteivel, az elhelyezési, a tömörítési, az utókezelési és a klimatikus körülményekkel.

A beépített, megszilárdult beton megfelel, ha

- minden ellenőrzött betontulajdonság kielégíti a rávonatkozó megfelelőségi feltételt
- a kivitelezés során betartották a beton beépítésére és utókezelésére vonatkozó előírásokat (MSZ ENV 13670-1, MÉASZ ME.04-19), továbbá, ha
- a beépített megszilárdult beton szemrevételezésekor sem észlelnek a beton minőségének nem megfelelő voltára utaló jelet.

A megfelelőséget vagy a nemmegfelelőséget a megfelelőségi feltételek alapján kell megítélni. A nemmegfelelőség további intézkedésekhez vezethet a gyártás helyén vagy az építkezés helyszínén.

9.1.1. Matematikai statisztikai elvek

A megfelelőség ellenőrzésére matematikai statisztikai jellemzőket és nem paraméteres módszereket használunk.

A *matematikai statisztikai jellemzők* (más néven paraméterek) a szilárd beton próbatest sokaságra vonatkozó valószínűségi sűrűségfüggvény (relatív gyakoriság függvény), illetve eloszlásfüggvény állandói (például várható érték, elméleti szórás) és ezek származékai (például momentumok). A mintavétel, a mérés és a vizsgálat célja a minták jellemzői révén a minták szilárdsági vagy egyéb matematikai statisztikai

jellemzőinek becslése. A várható értéket a minták számtani átlagával, az elméleti szórást a minták tapasztalati szórásával becsüljük.

Adott minőségű, változatlan összetételű betonkeverékek folyamatos vagy szakaszos gyártásából kivett „*n*" számú próbatest egyedi nyomószilárdsága (f_{ci}) *tapasztalati szórásának* számítási képlete:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{ci}-f_{cm,test})^2}{n-1}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}f_{ci}^{\,2}-n.f_{cm,test}^{\,2}}{n-1}}$$

ahol $f_{ci}=\frac{F}{A}$

$$f_{cm,test}=\frac{\sum f_{ci}}{n}$$

F = nyomóerő, N
A = a próbatest nyomott felülete, mm^2

A tapasztalati szórás az elméleti szórás közelítő értéke.

A *terjedelem* vagy egy mintára vonatkozólag a próbatestek legnagyobb és legkisebb vizsgálati eredményének különbsége, vagy több mintára vonatkozólag a minták legnagyobb és legkisebb vizsgálati átlagértékének különbsége.

Az előírt jellemző érték

- az 5%-os alulmaradásnak megfelelő érték (nyomó-, hasító-, húzószilárdság)
- a talált legkisebb és legnagyobb vizsgálati eredmény (testsűrűség, konzisztencia, finomsági modulus, legnagyobb szemnagyság, cementtartalom, stb.)
- a talált legnagyobb vizsgálati eredmény (vízzáróság, fagyállóság, kopásállóság, stb.)
- a talált legkisebb vizsgálati eredmény (testsűrűség nehézbetonnál, stb.)

Az előírt jellemző érték kétféle formában adható meg, éspedig

- korlát értékkel
- tűrési tartománnyal
  (a tűrés a tervezett érték és a mért érték közötti különbség)

A *korlátértékkel* megadott előírt jellemző érték azt jelenti, hogy a tapasztalati jellemző érték nem lehet kedvezőtlenebb az előírt korlátértéknél. A *tűrési*

tartománnyal jellemzett előírt jellemző érték azt jelenti, hogy a tapasztalati jellemző érték egy adott intervallumon belül kell, hogy elhelyezkedjen.

A tapasztalati jellemző érték megadásánál figyelembe kell venni a vizsgálat megbízhatóságára vonatkozó paramétereket is.

9.2. A megfelelőség ellenőrzése és a megfelelőségi feltételek

9.2.1. Mintavétel

A beton mintáit véletlenszerűen kell kiválasztani és kivenni az MSZ EN 12350-1 szabványnak megfelelően. A beton mintavételének és vizsgálatának legkisebb gyakorisága a (*9.2.1. táblázat*) szerinti mintaszámot adja a kezdeti vagy a folyamatos gyártás esetén.

9.2.1. táblázat

Gyártás	*Gyártásellenőrzés tanúsítás*	*A mintavétel legkisebb gyakorisága*	
		≤ 50 m³	*> 50 m³* [a]
Kezdeti (amíg nincs legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredmény)	van	3 minta	1 minta 200 m³-ként 2 minta gyártási heteenként
	nincs	3 minta	1 minta 150 m³-ként 1 minta gyártási naponként
nagyszilárdságú beton (szilárdsági jel ≥ C55/67) esetében	van	3 minta	1 minta 100 m³-ként 4 minta gyártási heteenként
	nincs	3 minta	1 minta 75 m³-ként 1 minta gyártási naponként
Folyamatos [b] (amikor már legalább 35 vizsgálati eredmény van 12 hónapnál nem hosszabb idő alatt)	van	-	1 minta 400 m³-ként 1 minta gyártási heteenként
	nincs	-	1 minta 150 m³-ként 1 minta gyártási naponként
nagyszilárdságú beton (szilárdsági jel ≥ C55/67) esetében	van	-	1 minta 200 m³-ként 2 minta gyártási heteenként
	nincs	-	1 minta 75 m³-ként 1 minta gyártási naponként

[a] A mintákat a termelés során folyamatosan kell venni, és nem nagyobb gyakorisággal, mint 1 minta minden 25 m³-ből

[b] Amikor a szórás az utolsó 15 vizsgálati eredményből számítva 1,37 × σ -nál nagyobb, akkor meg kell növelni a mintavétel gyakoriságát a következő 35 vizsgálati eredményre, ahogyan az a kezdeti gyártásra van előírva

A mintavétel legkisebb gyakorisága a megfelelőség értékeléséhez (nyomószilárdság, testsűrűség, hasító-húzószilárdság és a friss beton víztartalma esetére)

1 gyártási napnak számít az, amikor összesen legalább 25 m^3 betont állítottak elő. Ha a 25 m^3 betont több nap alatt állították elő, akkor ezek a napok jelentenek 1 gyártási napot.

A gyártási hét alatt 5 gyártási napot jelentő naptári hetet vagy olyan időszakot kell érteni, ahol 5 gyártási nap volt.

9.2.2. A szilárdság megfelelőség értékelése

A megfelelőség értékeléséhez azokat a vizsgálati eredményeket kell figyelembe venni, amelyeket az utolsó vizsgálat előtti legfeljebb 12 hónapos értékelési időszakban határoztak meg.

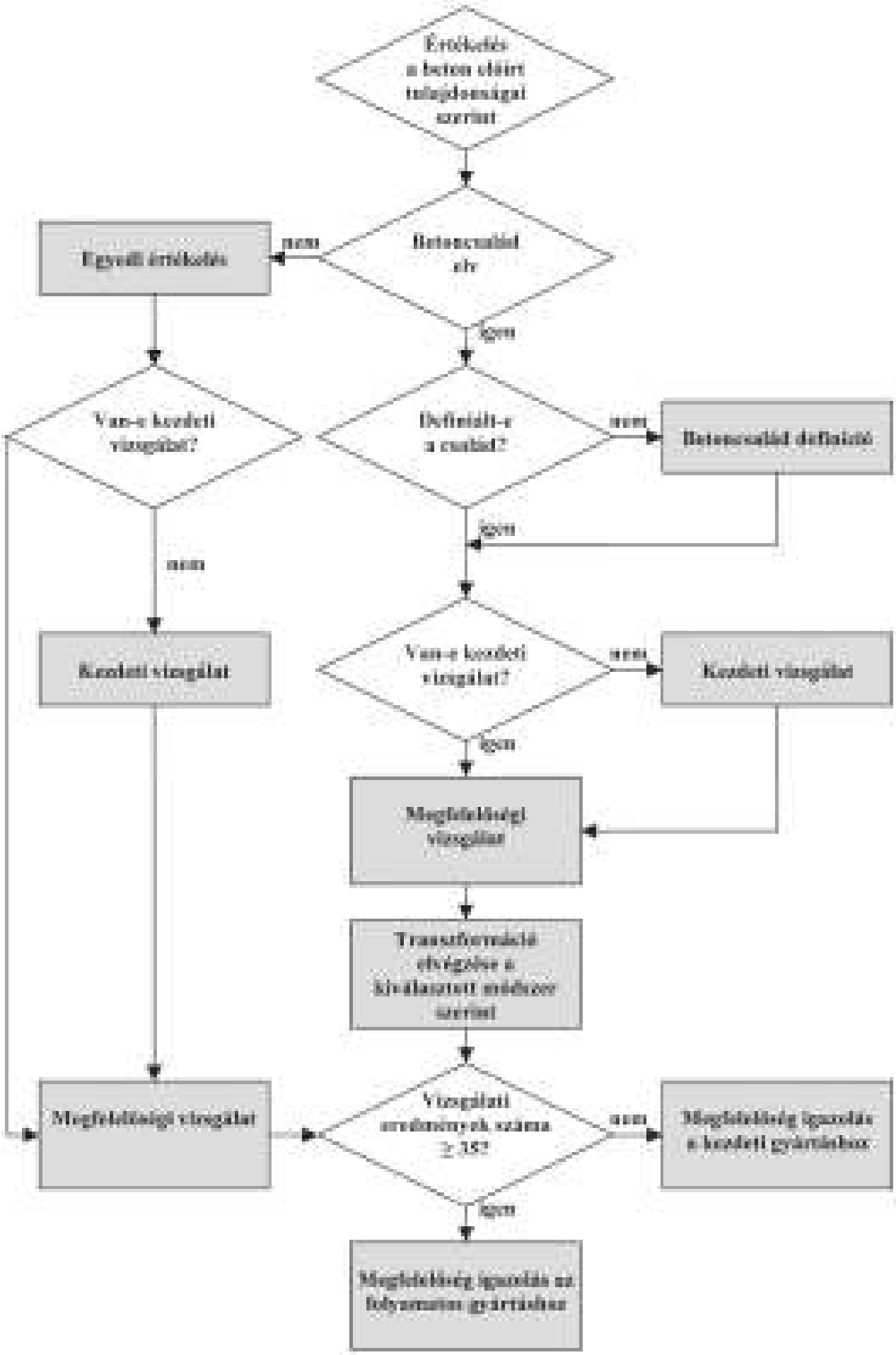
A beton *nyomószilárdságának* a megfelelőségét a szabványos próbatestekre a próbatestek 28 napos korban vizsgált eredményeiből értékeljük:

- egymás után következő, átfedő vagy nem átfedő „n" számú f_{cm} eredmények csoportjaiból (1. feltétel);
- minden egyes egyedi vizsgálati eredményből (2. feltétel).

Akár a kezdeti, akár a folyamatos gyártásból vett minták vizsgálati eredményei akkor igazolják a megfelelőséget, ha a *9.2.5. táblázatban* megadott mindkét feltétel teljesül. A megfelelőség igazolásának további feltétele, hogy a szilárdság vizsgálatára készített, bedolgozott friss beton próbatestek testsűrűsége ne térjen el ±2 százaléknál nagyobb mértékben a tervezett testsűrűségtől. Ellenkező esetben a próbatest nem alkalmas a betonkeverék szilárdságának megállapítására.

A tervezett beton előírt betontulajdonság megfelelőségét az egyedi betonösszetétel vagy megállapított alkalmasságú betoncsaládok alapján szabad ellenőrizni. A betoncsaládok a betonösszetételek olyan csoportjai, amelyekre a lényeges tulajdonságok közötti megbízható összefüggést az MSZ 4798-1 szabvány K melléklete szerint megállapították és dokumentálták. A nyomószilárdság megfelelőség értékelését egyedi betonösszetételek és betoncsaládok alapján a *9.2.3. folyamatábra* szemlélteti. A *9.2.4. – 9.2.6. táblázatok* a nyomószilárdságra vonatkozó megfelelőségi feltételeket foglalják össze. A *9.2.7. folyamatábra* a betoncsalád tagságának megítélésére vonatkozó feltételeket mutatja be.

9.2.3. folyamatábra: ***A megfelelőség ellenőrzés folyamata***



9.2.4. táblázat

Megfelelőségi feltétel	Kezdeti és folyamatos gyártás időszaka
Egyedi betonösszetétel	• minden egyes egyedi vizsgálati eredmény (2. feltétel)
	• egymás után következő, átfedő vagy nem átfedő „n" számú eredmények csoportja (1. feltétel)
Egy betoncsalád	• minden egyes egyedi vizsgálati eredmény (transzformáció nélkül) (2. feltétel)
	• minden egyes családtag vizsgálati eredményeinek átlaga (transzformáció nélkül) (3. feltétel)
	• egymás után következő, átfedő vagy nem átfedő „n" számú (a család valamennyi tagjának vizsgáli és a referenciabetonra átszámított) vizsgálati eredmények csoportja (1. feltétel)

Megfelelőségi feltételek a nyomószilárdságra

9.2.5. táblázat

Gyártás	A nyomószilárdság vizsgálati eredmények „n" száma a csoportban	1. feltétel „n" eredmény átlaga ($f_{cm,test}$) N/mm²	2. feltétel Bármely egyedi vizsgálati eredmény (f_{ci}) N/mm²
Kezdeti	3[1] (< C60/75)	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
	3[1] (≥ C60/75)	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 5$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 5$
Folyamatos	≥ 15 (< C60/75)	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1{,}48 \times \sigma$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
		$\sigma \geq 3$ N/mm²	
	≥ 15 (≥ C60/75)	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1{,}48 \times \sigma$	$f_{ci} \geq 0{,}90 \times f_{ck}$
		$\sigma \geq 5$ N/mm²	

[1] A kezdeti vizsgálat során az $f_{cm,test}$ átlag nyomószilárdság meghatározásához legalább n = 3 egymást követő mintából készített 1-1 próbatesten mért, azaz 3 vizsgálati eredményre van szükség. A kezdeti vizsgálat eredményének értékelését legalább 3 ilyen csoport (tétel) alapján kell végezni, tehát az összes egyedi vizsgálati eredmény száma legalább 9.

Megfelelőségi feltételek a nyomószilárdságra (egyedi betonösszetétel és betoncsalád)

A *9.2.5. táblázatban* megadott megfelelőségi feltételeket akkor szabad figyelembe venni, ha

- a felhasználó/kivitelező – az építmény vagy építményrész kivitelezéséhez a friss betont felhasználó személy vagy szervezet – és a gyártó írásban előzetesen megállapodott a mintavétel és a vizsgálat tervében;

- a beton gyártójának van dokumentált gyártásközi ellenőrzési rendszere és az ellenőrzés alatt kapott valamennyi lényeges adatot jegyzőkönyvezik;
- a gyártásközi ellenőrzés adataiból megállapítható, hogy a kérdéses betonkeverék a kezdeti gyártás (legalább 35 minta vizsgálata) vagy a folyamatos gyártás (legalább 15 minta vizsgálata) időszakában készült.

Amennyiben a betoncsalád elvet alkalmazzuk, akkor a *9.2.6. táblázat* szerinti feltételnek is teljesülnie kell.

9.2.6. táblázat

A nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek „n_a" száma a csoportban	3. feltétel Egyetlen családtagra az „n" eredmények átlaga ($f_{cm,test}$) N/mm²
2	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1,0$
3	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1,0$
4	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 2,0$
5	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 2,5$
6 – 14[1]	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 3,0$
≥ 15	$f_{cm,test} \geq f_{ck} + 1,48 \times \sigma$ $\sigma \geq 3$ N/mm²

[1] amikor a vizsgálatok eredményeinek száma 6 és 14 darab között van lineáris interpoláció javasolható a hatodik eredmény és az (f_{ck} + 1,48 × σ) érték közt.

A családhoz tartozás megerősítésének feltétele (betoncsalád alkalmazása)

Minden egyes tag, azaz minden betonösszetétel, ha megerősítést nyert a 3. feltétellel, a családhoz tartozik.

A *betoncsaládelv* lényege, hogy adott üzemben, azonos alapanyagokból, azonos gyártási feltételek mellett készített valamennyi betonkeveréket egy családba tartozónak tekintik, és bármelyik egyedi családtag (adott betonkeverék) vizsgálati eredményéből az egész betoncsalád (valamennyi betonkeverék) megfelelőségére következtetnek. Választanak egy gyakran készített vagy a betoncsalád középpontjában elhelyezkedő „referenciabeton"-t és a betoncsaládot együttesen értékelik a „referenciabeton"-ra átvitt „ekvivalens értékek" alapján. Az átvitelhez vizsgálatok segítségével megállapítják a család vizsgált betonjának a jellemzői és a referenciabeton különböző jellemzői (például a víz/cement tényező és az $f_{cm,test}$ nyomószilárdság) között fennálló összefüggést.

A gyártónak valamennyi családtagot ellenőriznie kell, amikor kiválasztja a gyártásközi és a megfelelőség ellenőrzéséhez a családot. A következők ajánlhatók egy családra:

- egy cementfajta, cement szilárdsági osztály és származási hely;
- bizonyíthatóan hasonló adalékanyag és I. típusú kiegészítőanyagok;
- képlékenyítő adalékszerrel vagy a nélkül készített betonok;
- a konzisztencia osztályok teljes tartománya;
- korlátozott terjedelmű szilárdsági osztályokba tartozó betonok.

A betoncsaládhoz tartozó beton nyomószilárdságának értékelésére alapvetően háromféle „átviteli eljárást" lehet ajánlani:

- átvitel az arányossági tényezővel, amely a referenciabeton előírt jellemző szilárdságának és a vizsgált beton előírt jellemző szilárdságának a hányadosa;
- átvitel az eltéréssel, amely a referenciabeton előírt jellemző szilárdságának és a vizsgált beton előírt jellemző szilárdságának a különbsége;
- átvitel a víz/cemet tényező és a nyomószilárdság összefüggésével.

9.2.7. folyamatábra:

A betoncsalád tagságának és megfelelőségének az értékelésére

A betoncsalád alkalmazása a gyártás ellenőrzéséhez és a megfelelőség ellenőrzéséhez egyaránt felhasználható.

A *hasító-húzószilárdság* megfelelőségi feltételeit a *9.2.8. táblázat* foglalja össze.

9.2.8. táblázat

Gyártás	A hasító-húzószilárdság vizsgálati eredmények „n" száma a csoportban	1. feltétel „n" eredmény átlaga ($f_{m,test}$) N/mm²	2. feltétel Bármely egyedi vizsgálati eredmény (f_{ti}) N/mm²
Kezdeti	3	$f_{m,test} \geq f_{tk} + 0,5$	$f_{ti} \geq f_{tk} - 0,5$
Folyamatos	≥ 15	$f_{m,test} \geq f_{tk} + 1,48 \times \sigma$	$f_{ti} \geq f_{tk} - 0,5$

Megfelelőségi feltételek a hasító-húzó szilárdságra

9.2.3. A szilárdságtól eltérő más tulajdonságok megfelelőségi feltételei

A betontulajdonság megfelelősége az értékelési időszakban meghatározott ama hibás eredmények számításba vételén alapul, amelyek az előírt határértékeken, az osztály értékhatárain vagy tűrésén kívül esnek, és az összes hibás eredménynek a megengedett legnagyobb hibaszámmal való összehasonlításából állapítható meg.

Az előírt tulajdonság akkor felel meg a követelményeknek, ha

- az előírt határértéken, az osztály határértékén vagy az előírt érték tűrésén kívül eső vizsgálati eredmények száma, amelyik az adott esetben helyénvaló, nem nagyobb az előírt átvételi számnál,
- valamennyi egyedi vizsgálati eredmény a megadott, engedélyezett legnagyobb tűrésen belül van.

9.3. Gyártásközi ellenőrzés

A gyártásközi ellenőrzés foglalkozik:

- az anyagok kiválasztásával;
- a betonösszetétel tervezésével;
- a beton gyártásával;
- a felügyelettel és a vizsgálatokkal;
- az alkotóanyagok, a friss és a szilárd beton, valamint az eszközök vizsgálati eredményeinek a felhasználásával;
- a friss beton szállítására használt eszközök ellenőrzésével (opcionálisan);
- a megfelelőség ellenőrzésével.

9.3.1. Gyártásközi ellenőrzési rendszerek

A gyártó feladata a termelési folyamatban:

- a gyártásközi ellenőrzési rendszer kialakítása és működtetése
- dokumentált eljárásokat és utasításokat tartalmazó gyártásközi ellenőrzési kézikönyv elkészítése
- a vizsgálatok és ellenőrzések elvárt gyakoriságának és az eredményeknek jegyzőkönyvezése
- a megfelelőség és gyártásellenőrzés felülvizsgálat végzése, jegyzőkönyvezése
  - a) a felülvizsgálatot a gyártó maga látja el (saját ellenőrzés) és a vizsgálati tapasztalatait dokumentálva bemutatja a gyártásközi ellenőrzési rendszer megfelelő működését;
  - b) a felülvizsgálatot külső jóváhagyott ellenőrző szervezet (idegen ellenőrzés) látja el és a rendszer megfelelő működését igazolja, majd egy kijelölt tanúsító szervezet tanúsítja
- a gyártásközi ellenőrzés eredményei alapján a megfelelőségi nyilatkozat megalapozott kiadása
- adatszolgáltatás a felhasználó számára (kérésre).

9.3.2. Vizsgálat

A megfelelőség értékeléshez, igazolásához a vizsgálat helye

- különböző feltételek között működő valamennyi gyártó hely különkülön (kivéve a betoncsaládot)
- átadás helye
- átadási helytől távolabb (a betonkeverék szállítás közbeni változott tulajdonságainak megállapítására illetve az átadási helyen a szükséges betontulajdonságok igazolására vizsgálatot kell végezni) továbbá a vizsgálat helye attól függ, hogy a szállító jármű a gyártóé vagy a gyártó bérli, illetve a felhasználóé (átvevőé) vagy a felhasználó bérli.

A beton előírt tulajdonságainak igazolása:

- a kezdeti vizsgálatnál – a gyártás megkezdése előtt az új beton vagy új betoncsalád olyan betonösszetételének megállapítása érdekében végzett ellenőrző vizsgálat vagy vizsgálatok, amellyel, vagy amelyekkel a beton friss és szilárd állapotára előírt valamennyi követelmény kielégítése igazolható – megállapított eltarthatósági idővel vagy

- az átadási helyre szállított (szállítási idő után vizsgált) és szállítás nélküli (azonnal vizsgált) betonokból vett minták tulajdonságainak összehasonlító vizsgálatai eredményeivel lehet igazolni.

A beton megfelelőségét igazoló külső laboratóriumi vizsgálatokat csak a felhasználó által elfogadott, lehetőleg akkreditált laboratórium végezheti.

A *vizsgálat eredménye* az egyedi mintákból készített egyetlen próbatest vizsgálatából kapott vagy az egy mintából készített két, illetve több próbatestet ugyanazon korú vizsgálatából azok átlagagaként számított érték. A vizsgálati eredmény kielégítő megbízhatósága érdekében célszerű egy mintából legalább három próbatestet készíteni, amelyek azonos korú nyomószilárdságainak átlagértéke, illetve adott korú, kiszárított állapotban mért testsűrűségének átlagértéke egy vizsgálati eredmény.

Az egyedi minta származhat egy keverési adagból vagy egy szállítmányból.

A *vizsgálati eredmények elfogadásának feltételei*

Ha egy mintából két vagy több próbatest készül és a vizsgálati értékek terjedelme nyomószilárdság esetén 15 százaléknál, testsűrűség esetén 4 százaléknál jobban eltér azok átlagától, akkor az eredményeket el kell vetni, hacsak vizsgálat nem deríti ki az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését igazoló elfogadható okot. Ha egy mintából készített három próbatest vizsgálata alkalmával csak ez egyik egyedi érték tér el nyomószilárdság esetén 15 százaléknál, testsűrűség esetén 4 százaléknál nagyobb mértékben az átlagtól, akkor ezt az értéket ki kell hagyni, és a másik két érték átlagát szabad vizsgálati eredményként elfogadni. Ha ennek a megmaradt két adatnak a terjedelme is nagyobb, mint nyomószilárdság esetén 15%, és testsűrűség esetén 4%, akkor az adott minta vizsgálati eredményét nem szabad az értékelésbe bevonni.

A beton egyéb tulajdonságainak vizsgálatához készített próbatestek elfogadhatóságára is a testsűrűségre megadott feltételeket lehet alkalmazni.

9.3.3. Kezdeti vizsgálat

A kezdeti vizsgálatnak kell megállapítania azt a betonkeveréket, amely kielégít minden követelményt a friss és a szilárd betonra. A kezdeti vizsgálatok végrehajtásának valamennyi adatát dokumentálni kell.

A kezdeti vizsgálatokért felelős fél a beton fajtájától függően más és más (*9.3.1. táblázat*).

9.3.1. táblázat

Beton fajta	*Kezdeti vizsgálatot végzi*
Tervezett beton	Gyártó
Előírt beton	Előíró (építtető vagy a szerkezettervező vagy a felhasználó)
Előírt szabványos beton	Szabványosítási testület
Előírt iparági beton	Szakmai szervezet

A kezdeti vizsgálatokért felelős fél

Amennyiben a felelős személyek vagy szervezetek a vizsgálatokat nem saját laboratóriumukban végzik, hanem arra megbízást adnak, akkor erre a felhasználó által elismert, lehetőleg akkreditált laboratóriumot vegyenek igénybe.

9.3.3.1. A kezdeti vizsgálatok gyakorisága

Kezdeti vizsgálatot az alábbi esetekben kell végezni:

- Új beton vagy betoncsalád alkalmazása előtt.
- Ha lényegesen megváltoztak az alkotóanyagok vagy azok az előírt követelmények, amelyeken a korábbi vizsgálatok alapultak.
- Ha az adott betonból vagy betoncsaládból több mint egy éve nem készítettek betonkeveréket.

Ha a gyártó vagy az előíró megfelelő, korábbi vizsgálatokból vagy hosszú időtartamú tapasztalatokból származó adatokon alapuló betontervezést tud bemutatni, akkor ezt el lehet fogadni a kezdeti vizsgálat alternatívájaként. Az ismert, az adott környezeti osztályokra és egyéb követelményekre megfelelő betonösszetételek interpolálásával vagy 5 N/mm^2-nél nem nagyobb mértékben eltérő nyomószilárdság extrapolálásával kapott új betonösszetételeket úgy tekintjük, mint amelyek kielégítik a kezdeti vizsgálat követelményeit.

9.3.3.2. Vizsgálati feltételek

A kezdeti vizsgálatot általában 15 °C – 22 °C közötti hőmérsékletű friss betonnal kell elvégezni.

9.3.3.3. Mintavétel

A kezdeti vizsgálat alkalmával három adag mindegyikéből legalább három próbatestet kell megvizsgálni azonos korban (általában 28 napos korban). Egy adagból származó három próbatest vizsgálatából kapott nyomószilárdsági értékek átlaga egy vizsgálati eredmény. A vizsgálati eredmények átlaga jelenti az adag vagy a szállítmány szilárdságát. A beton kezdeti vizsgálatának az eredménye az adagok vagy a szállítmányok szilárdságainak átlaga. Ahol a kezdeti vizsgálat betoncsaládra vonatkozik, ott a család összetétel-tartományára kiterjedő számú betonokból kell a mintát venni. Ebben az esetben az adagok számát betononként egyre lehet csökkenteni.

9.3.3.4. A kezdeti vizsgálatok elfogadásának feltételei

Az adott esetre elfogadott összetételű beton (átlagos) nyomószilárdsága az előírt jellemző értékhez képest legalább 8 N/mm^2-rel legyen nagyobb.

9.3.4. A beton előállítása

Az alkotóanyagok előírt értékeitől való eltérés ne lépje túl az adagolási tűrésekre a *9.3.2. táblázatban* megadott határokat.

9.3.2. táblázat

Alkotóanyag	*Tűrés*
Cement Víz Az adalékanyag teljes mennyisége A cement tömegére számított > 5% mennyiségben adagolt kiegészítőanyagok	az előírt mennyiség ± 3%-a
A cement tömegére számított ≤ 5% mennyiségben adagolt adalékszerek és kiegészítőanyagok	az előírt mennyiség ± 5%-a

Az alkotóanyagok adagolási eljárásának a tűrései

9.3.5. A beton keverése

Mixerkocsiban az átkeverés időtartama a fő keverési folyamatot követően ne legyen kevesebb, mint 1 perc/m^3, és ne legyen kevesebb, mint 5 perc az adalékszer hozzákeverése után.

9.3.6. Gyártásközi ellenőrzési eljárások

A *személyzet, eszközök és felszereltség* tekintetében az MSZ 4798-1 szabvány követelményeit be kell tartani.

Ellenőrizni kell, hogy az alkotóanyagok, az eszközök, a gyártási eljárások és a beton megfelel-e az előírásoknak és a szabvány követelményeinek. Az ellenőrzések tárják fel a tulajdonságokat befolyásoló lényeges változásokat.

A *tervezett beton* tulajdonságait az előírt követelményeknek megfelelően kell ellenőrizni. Az *előírt összetételű* beton esetében mindenkor ellenőrizni kell, hogy az előírt alapanyagokkal készítették-e a betont és az előírt keverési arányt betartották-e.

A gyártási eljárások és a betontulajdonságok ellenőrzését a beton fajtája függvényében a *9.3.3. táblázat* foglalja össze.

9.3.3. táblázat

	A vizsgálat fajtája	*Szemrevételezés/ vizsgálat*	*Beton fajta*
1	A tervezett beton tulajdonságai	Kezdeti vizsgálat	tervezett
2	A finom adalékanyag víztartalma	Folyamatos mérési rendszer, szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat MSZ EN 1097-6	tervezett előírt
3	Durva adalékanyag víztartalma	Szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat MSZ EN 1097-6	tervezett előírt
4	A friss beton víztartalma	Az adagolt [a] víztartalom ellenőrzése MSZ 4714-2	tervezett előírt
5	A beton klorid-tartalma	Kezdeti meghatározás számítással	tervezett előírt
6	Konzisztencia	Szemrevételezés MSZ EN 12350-2, -3, -4, -5	tervezett előírt
8	A friss beton testsűrűsége	MSZ EN 12350-6	tervezett
9	A friss beton cement-tartalma	Az adagolt [a] cement tömegének az ellenőrzése MSZ 4714-2	tervezett előírt
10	A friss beton kiegészítőanyag tartalma	Az adagolt [a] kiegészítő-anyagok tömegének az ellenőrzése	tervezett előírt
11	A friss beton adalékszer-tartalma	Az adagolt [a] adalékszer tömegének vagy térfogatának az ellenőrzése	tervezett előírt
12	A friss beton víz/cement tényezője	Számítás MSZ 4714-2	tervezett előírt
13	A friss beton levegő-tartalma, ahol előírták	MSZ EN 12350-7 (közönséges betonra és nehézbetonra) ASTM C 173 (könnyűbetonra)	tervezett előírt
14	A friss beton hőmérséklete	Hőmérséklet mérés	tervezett előírt
15	A szilárd könnyű- és nehézbeton testsűrűsége	MSZ EN 12390-7 [b]	tervezett
16	Sablonban készített beton próbatestek nyomószilárdság vizsgálata	MSZ EN 12390-3	tervezett
17	Vízzáróság	MSZ EN 12390-8	tervezett
18	Kúszásállóság	MSZ 18291-1	tervezett
19	Fagyállóság	MSZ EN 12371 MSZ EN 480-11	tervezett
20	Fagy-hámlás	prEN 12390-9	tervezett
21	Kloriddiffúziós	ASTM C 1202	tervezett
22	Egyéb tulajdonságok vizsgálata (pl. agresszív hatások, stb.)	-	tervezett

[a] Ha nem használnak adatkiíró berendezést és az adagolási tűréseket az adagban vagy a szállítmányban túllépik, akkor az adagolt mennyiséget a gyártási nyilvántartásban kell feljegyezni.

[b] Vízzel telített állapotban is szabad vizsgálni, ha megállapították ennek a megbízható összefüggését a szárított állapotban mért testsűrűséggel.

A gyártási eljárások és a betontulajdonságok ellenőrzése

9.4. A megfelelőség értékelése

E célból a gyártónak a következő feladatokat kell teljesítenie:

a) tervezett beton esetén kezdeti vizsgálat (ahol ez követelmény) (előírt összetételű beton, vagy előírt szabványos és előírt iparági beton esetén a kezdeti vizsgálat az előíró kötelezettsége),

b) gyártásközi ellenőrzés, beleértve a megfelelőség ellenőrzést.

Ha a gyártásközi ellenőrzés tanúsítást előírták, akkor az ellenőrző szervezet a gyártásközi ellenőrzés kezdeti értékelését és a folyamatos felügyeletet látja el.

A gyártásközi ellenőrzés eredményei megbízhatóságának, a megfelelőség igazolására figyelembevett saját vizsgálatok eredményeinek hitelességének alátámasztására a vizsgáló laboratóriummal szemben támasztott követelményeket a *9.4.1. táblázat* tartalmazza.

9.4.1. táblázat

Laboratórium	*Elfogadás feltétele*
a tanúsító szervezet által elismert saját gyártói laboratórium	• NAT akkreditálási okirat (ha nem akkreditált, akkor az ellenőrző szervezet összehasonlító vizsgálatokat végez a kezdeti értékelés során és a folyó termelésből szúrópróbaszerűen vett mintákon) • jártasságot igazoló összehasonlító vizsgálati programban való részvétel pozitív eredménye
a tanúsító szervezet által elismert külső laboratórium (a gyártó megbízása alapján)	• NAT akkreditálási okirat (esetleg minisztériumi kijelölési okirat) • jártasságot igazoló összehasonlító vizsgálati programban való részvétel pozitív eredménye

A laboratóriumokkal szemben támasztott követelmények

9.4.1. A gyártásközi ellenőrzés tanúsítása

A tanúsító testületnek a gyártásközi ellenőrzést az ellenőrző szervezet jelentése alapján kell tanúsítania, amely megállapítja, hogy a termelési egység túljutott a gyártásközi ellenőrzés kezdeti értékelésén az ellenőrző szervezet megelégedésére. Ez tanúsítvány kiadásával jár, amely a vevői bizalmat fokozza. A *9.4.2. táblázat* a betonjellemzők függvényében összefoglalja a különbségeket a gyártásellenőrzés tanúsítással és anélkül készített betonok esetében.

9.4.2. táblázat

Betonjellemzők	***Gyártásellenőrzés tanúsítás nélkül***	***Gyártásellenőrzés tanúsítással***
Nyomószilárdsági osztály	C8/10 -C16/20	C8/10 - C100/115
Beton összetételének tervezése szerint	Előírt szabványos (és előírt iparági) beton	Tervezett beton és előírt összetételű beton
Környezeti osztály	XN(H), x0b(H), x0v(H), XC1 környezeti osztály beton és vasbeton esetén	Valamennyi környezeti osztály
Megfelelőség igazolási módozat a 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-kvvm együttes rendelete szerinti	4 (lásd *9.4.3. és 9.4.4. táblázat*)	2+ (lásd *9.4.3. és 9.4.4. táblázat*)
Megkülönböztető tanúsítási jel	Nincs	Van
Átadás-átvétel során azonosítási vizsgálat	Szükséges lehet	Csak ha előírták vagy kétség esetén
Kezdeti vizsgálat a gyártó számára	Nem előírt	Előírt
Belső szabályozó dokumentum	MSZ EN ISO 9001 szerinti minőségirányítási kézikönyv átdolgozott változata vagy gyártásközi ellenőrzési kézikönyv	MSZ EN ISO 9001 szerinti minőségirányítási kézikönyv átdolgozott változata vagy gyártásközi ellenőrzési kézikönyv
Felhasználói audit	Szükséges lehet	Kétség esetén
Megfelelőség igazolás	Megalapozott gyártói megfelelőségi nyilatkozat	Tanúsítványra alapozott gyártói megfelelőségi nyilatkozat

A betonjellemzők a gyártó felkészültség igazolásának függvényében

A *megfelelőségértékelés* minden olyan tevékenység (vizsgálat, ellenőrzés, tanúsítás), amely közvetlenül vagy közvetve annak megállapítására irányul, hogy az előírt követelmények teljesülnek e.

A *megfelelőség igazolás* – olyan vizsgálatokon alapuló dokumentum, amely igazolja, hogy a termék, illetve műszaki megoldás megfelel a rá vonatkozó műszaki feltételekben foglalt követelményeknek – a megfelelőségértékelés eredménye. Ez lehet a gyártó által kiadott *megfelelőségi nyilatkozat* saját vizsgálati eredményekre vagy független tanúsító szervezet által kiadott *megfelelőségi tanúsítványra* alapozva. A 3/2003. (I. 25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet. (amely az építési termékek forgalmazását szabályozza) a megfelelőségértékelési rendszereket *meg-*

felelőség igazolási módozatnak nevezi. A betonokra és alapanyagaira jellemző ezen megfelelőség igazolási módozatok leírását a *9.4.3. táblázat* foglalja össze.

9.4.3. táblázat

Termékek	***Felhasználási terület***	***Megfelelőség igazolási módozat jele***
Cement MSZ EN 197-1:2000	beton, vakolat, habarcs és egyéb keverékek készítése építéshez és építőanyag gyártására	1+
Adalékanyag MSZ EN 12620:2003	kicsi teljesítőképességi követelmény esetén utakhoz és egyéb mérnöki munkákhoz	4
	nagy teljesítőképességi követelmény esetén utakhoz és egyéb mérnöki munkákhoz	2+
Adalékszer MSZ EN 934-2:1999	betonhoz, habarcshoz és injektáló habarcshoz	2+
Betonkeverék (transzportbeton és helyszíni beton) MSZ 4798-1:2004	kicsi teljesítőképességi követelmény esetén építéshez és mérnöki műtárgyakhoz	4
	általában építéshez és mérnöki műtárgyakhoz	2+
Előregyártott beton EN 13369:2001	szerkezeti felhasználás esetén	2+
	nem szerkezeti vagy biztonsági szempontból alárendelt szerkezetekhez	4

Betonok és alapanyagainak megfelelőség igazolási módozatai

A – jellemzően kétféle szigorúságú – módozat választási kritériumait a *9.4.4. táblázat* tartalmazza. Követelmény a *terméktanúsítás* (1+) a cementre és jellemző a *gyártásellenőrzés tanúsítás* (2+) más alapanyagok és betontermékek esetében. Alárendeltebb alkalmazásoknál tanúsítás nélkül a saját vizsgálatokon alapuló *gyártói megfelelőségi nyilatkozat* (4) is elegendő lehet. A *gyártásellenőrzés tanúsítás* egy építőipar specifikus előírás a gyártóképesség és a végtermék megfelelőség tanúsítását is magában foglalja.

A 3/2003. (I. 23.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet szerinti megfelelőség igazolási módozat jele	*A gyári feladatai*	*Kijelölt, független vizsgáló, ellenőrző, tanúsító szervezetek feladatai*	*A megfelelőségi (CE) jelölés alapja*	*Kijelölt szervezet(ek)*
(1+)	• üzemi gyártásellenőrzés • üzemben vett minták vizsgálata az előírt vizsgálati terv szerint	• a termék első típusvizsgálata • az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés első ellenőrzése • a gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, értékelése és jóváhagyása az üzemben, a kereskedelmi forgalomban vagy az építkezés helyszínén vett minták szúrópróbaszerű vizsgálata	• a gyártó megfelelőség igazolása a termék megfelelőségi nyilatkozata alapján	tanúsító, ellenőrző, vizsgáló
(2+)	• a termék első típusvizsgálata • üzemi gyártásellenőrzés • üzemben vett minták vizsgálata az előírt vizsgálati terv szerint	• az üzemi gyártásellenőrzés tanúsítása az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés első ellenőrzése és • a gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, értékelése és jóváhagyása alapján	• a gyártó megfelelőségi nyilatkozata a gyártásellenőrzés megfelelőségi nyilatkozata alapján	tanúsító, ellenőrző, (vizsgáló)
(4)	• a termék első típusvizsgálata • üzemi gyártásellenőrzés	• nincs	• a gyártó megfelelőségi nyilatkozata	nincs

A beton alapanyagaira, betonkeverékre és előregyártott beton termékekre jellemző megfelelőség igazolási módozatok

Az egyes módozatok alkalmazásához szakmai-szervezeti struktúra is tartozik. A hazai megfelelőségértékelő szervezetek akkreditálása a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT), kijelölése a GKM és más minisztériumok hatásköre. A minisztérium jelöli ki a jogszabályok követelményeinek megfelelő független *vizsgálólaboratóriumokat, ellenőrző és tanúsító szervezeteket,* amelyek független *harmadik félként* vesznek részt a tanúsítási folyamatban, azaz olyan személyként vagy testületként amely az adott kérdésben elismerten független az érdekelt felektől.

Az MSZ EN 206-1:2002/MSZ 4798-1:2004 nemzeti szabvány nem harmonizált, de jóváhagyott műszaki feltételnek tekinthető. A beton alkotóanyagai termékszabványai viszont harmonizált szabványok. A *harmonizált európai szabvány* olyan műszaki feltétel, amelyet az EU Bizottsága által adott megbízás alapján, az építési termékekre vagy termékcsoportra a vonatkozó irányelvben meghatározott alapvető követelmények teljesítése érdekében dolgozott ki az európai szabványügyi szervezet, az EU Bizottsága elfogadta és közzé tette az Európai Unió Hivatalos Lapjának „C" sorozatában. A *jóváhagyott műszaki feltétel*: valamely arra jogosult szervezet által jóváhagyott és közzé tett műszaki dokumentáció, amely a termékre vonatkozó műszaki követelményeken és alkalmazási feltételeken túlmenően jellemzően tartalmazza a termék megfelelőség igazolásának módozatait is.

A szabvány elismeri az MSZ EN ISO 9001:2001 *minőségirányítási rendszerek* elveit, de ezt csak szükséges, de nem elégséges feltételnek szabja a termék megfelelőségének igazolásául.

9.4.2. A kivitelezésre vonatkozó feltételek

A kivitelezésre vonatkozó feltételeket az MSZ ENV 13670-1:2000 előszabvány foglalja össze.

Ha elő van írva, az azonosító vizsgálatra a mintát az elhelyezés pontján kell venni, vagy transzportbeton esetén az átadás helyén.

Ahol a műtárgy előírása megkívánja a részletes ellenőrzést, ott azonosítani kell minden szükséges szemrevételezést, ellenőrzést és vizsgálatot annak igazolására, hogy a megkövetelt minőséget elérték.

A kivitelezésben alkalmazható *ellenőrzési osztályok* kiválasztására a *9.4.5. táblázat* ad útmutatást. Az alkalmazandó ellenőrzési osztálynak meg kell felelnie az építés helyén érvényes utasításoknak és ezt rögzíteni kell a műtárgyra vonatkozó előírásban.

9.4.5. táblázat

Tárgy	*1 ellenőrzési osztály*	*2 ellenőrzési osztály*	*3 ellenőrzési osztály*
Az építési munka fajtája	• ≤ 2 emeletes épületek	• Közönséges hidak • > 2 emeletes épületek	• Speciális hidak • Magas épületek • Nagy gátak • Nukleáris reaktor épületei • Szerkezetek tárolásra
A szerkezeti elemek fajtája	• < 10 m fesztávolságú vasalt gerendák és lemezek • Egyszerű falak és oszlopok • Egyszerű alapozási szerkezetek	• > 10 m fesztávú vasalt gerendák és lemezek • Karcsú falak és oszlopok • Pillérfejek • < 10 m-es ívek	• Vasalt ívek és boltozatok • Nagymértékben nyomott elemek • Nagyon érzékeny és komplikált alapok • > 10 m-es ívek
Alkalmazott anyagok/technológiák			
Szerkezet fajtája	• Szerkezetek előregyártott elemekből	• Szerkezetek előregyártott elemekből	• Szerkezetek előregyártott elemekből • Speciális tűrések
Az MSZ 4798-1:2004 szerinti beton, • szilárdsági osztály • környezeti osztály	• Legfeljebb C 25/30 • X0, XC1, XC2, XA1, XF1	• Bármely szilárdság • Bármely környezeti osztály	• Bármely szilárdság • Bármely környezeti osztály
Vasalás	• Közönséges	• Közönséges és előfeszített	• Közönséges és előfeszített

Ellenőrzési osztályok kiválasztásának szempontjai

A *9.4.6. táblázat* a friss beton helyszíni ellenőrzésének lépéseit tartalmazza.

9.4.6. táblázat

Tárgy	*Módszer*	*Követelmény*	*1 ellenőrzési osztály*	*2 ellenőrzési osztály*	*3 ellenőrzési osztály*
Szállítólevél, ha van	Szemrevételezés	Megfelel-e az előírásnak	Minden szállítmány	Minden szállítmány	Minden szállítmány
A beton konzisztenciája	Szemrevételezés Megfelelő konzisztencia-vizsgáló készülék [1]	Rendelnek megfelel-e A konzisztencia mértékének való megfelelés	Vételen-szemlére Csak, ha kétséges	Minden szállítmány Amikor próbatesteket vesznek és kétség esetén	Minden szállítmány Amikor próbatesteket vesznek és kétség esetén
A beton egyenletessége	Szemrevételezés Az adag [2] eltérő részeiből vett elemek tulajdonságainak összehasonlítása	Homogén megjelenésű-e a beton Az elemek ugyanolyan tulajdonságúak legyenek	Kétség esetén	Minden szállítmány Kétség esetén	Minden szállítmány Kétség esetén
Azonosítási vizsgálat a nyomószilárdságra	Az MSZ 4798-1:2004 B melléklet [2] szerint vizsgálat	A szilárdsági osztálynak való meg-felelőség [2]	A harmadik fél tanúsítása nélkül betonok esetén Kétség esetén	A harmadik fél tanúsítása nélkül betonok esetén A műtárgy-előírással összhangban Kétség esetén	A harmadik fél tanúsítása nélküli betonok esetén A műtárgy-előírással összhangban Kétség esetén
Levegőtartalom	Munkahelyi vizsgálat az MSZ 4798-1:2004 [1] szerint	Az előírásnak való megfelelőség	Vételenszerűen A műtárgy-előírás szerint Kétség esetén	Vételenszerűen A műtárgy-előírás szerint Kétség esetén	A műtárgy-előírás szerint Kétség esetén
Más ellenőrzés Újrakevertés Az érkezés ideje Az elhelyezés ideje Hőmérséklet	[1] Feljegyzés Feljegyzés Feljegyzés Feljegyzés	[1] Az adatkezelő lapja és adagolása [1] [1] [1]	Minden feljegyzendő szállítmány Ha előírják Ha előírják Ha előírják	Minden feljegyzendő szállítmány Ha előírják Ha előírják Ha előírják	Minden feljegyzendő szállítmány Ha előírják Ha előírják Ha előírják

[1] Az egyedi mintára az MSZ 4798-1:2004-ben megadott tűréstől legyen az azonosítási vizsgálat
[2] Azonosítási vizsgálat szilárdságra, ha harmadik fél által nem tanúsított a gyártásellenőrzés
[1] Az előírt szabvány vagy megegyezés szerint
[1] A vizsgálat pontosságán és a megegyezés szerinti tűréseken belül
[1] Az MSZ 4798-1:2004 és a műtárgy előírás szerint

A friss beton ellenőrzése a különböző ellenőrzési osztályok követelményei szerint

9

9.4.3. Átadás-átvétel során végzett nyomószilárdság azonosító vizsgálata

Az *azonosító vizsgálat* mind a felhasználó, mind a gyártó, mind az előíró részére kimutatja, hogy a kérdéses friss beton adott térfogata (adag vagy szállítmány), amelynek minősége kétséges (például alapanyag-jellemzők megváltozásának a gyanúja, eltérő megjelenés, hirtelen hőmérsékletváltozás stb. miatt) vagy amelyre a speciális kivitelezési eljárás azt megkívánja (például vákuumozás, önterülő beton stb.), vajon ugyanahhoz az alapsokasághoz tartozik-e, amelyre a gyártó a jellemző szilárdság megfelelőségét igazolta.

Az azonosító vizsgálat olyan betonokra is elvégezhető, amelyeknek a szilárdsági jelét (és esetleg egyéb tulajdonságait) a gyártó szavatolta ugyan, de a megfelelőség igazolása érdekében nem végzett vizsgálatokat.

9.4.3.1. Mintavételi és vizsgálati terv

Ha azonosító vizsgálatot kell elvégezni, akár a gyártó, akár a felhasználó, akár az előíró igényei szerint, akkor a beton pontos térfogatát meg kell állapítani, pl.:

- friss betonra (betonkeverékre) egyetlen adag vagy szállítmány esetében, ahol a minőség kétséges;
- szilárd betonra egy épület valamennyi szintjének vagy az épület egy szintjének azonos szilárdsági jelű gerenda/födém csoportjához vagy azonos szilárdsági jelű oszlop/fal csoportjához, vagy más szerkezetek összehasonlítható, azonos szilárdsági jelű elemeihez szállított azonos konzisztencia osztályú beton esetében;
- adott munkahelyre egy hét alatt szállított, de 400 beépített m^3-nél nem több, azonos szilárdsági jelű beton esetében.

9.4.3.2. Azonossági feltételek a nyomószilárdságra és a testsűrűségre

A vizsgált betont azonos alapsokaságból valónak ítéljük a gyártó által igazolt vagy szavatolt megfelelőségű betonnal, ha a *9.4.7. táblázat* mindkét feltétele kielégül a meghatározott térfogatú betonból vett mintákon végzett szilárdságvizsgálatból származó „n” eredmény alapján.

9.4.7. táblázat

A nyomószilárdság vizsgálati eredmények „n" száma az adott, meghatározott térfogatú betonban	*1. feltétel*	*2. feltétel*
	„n" eredmény átlaga ($f_{m,cyl}$ *N/mm²*)	*Bármely egyedi vizsgálati eredmény* (f_{ci}) *N/mm²*
Gyártásközi ellenőrzés tanúsítása nélkül készített beton		
3	$f_{m,cyl} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
≥ C80/75 osztály esetén	$f_{m,cyl} \geq f_{ck} + 5$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 5$
Gyártásközi ellenőrzés tanúsítása mellett készített beton		
1	nem alkalmazható	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
2 - 4	$f_{m,cyl} \geq f_{ck} + 1$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
5 - 6	$f_{m,cyl} \geq f_{ck} + 2$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
7 - 8	$f_{m,cyl} \geq f_{ck} + 3$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$

Azonossági feltételek nyomószilárdságra

9.5. Akkreditált laboratóriumok

A vizsgáló laboratóriumok felkészültségének általános követelményeit az MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabvány tartalmazza. A szabvány megadja azokat az irányítási és műszaki követelményeket, melyek betartása esetén a laboratórium kielégíti a minőségirányítási rendszerekre vonatkozó MSZ EN ISO 9001 szabvány követelményeit is. A laboratóriumok a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) akkreditálási okiratával felkészültségüket igazolhatják. Valamely vizsgálatra vagy vizsgálatokra *akkreditált laboratórium* olyan elismert vizsgálólaboratórium, amelyet az 1995. évi XXIX. számú törvény értelmében a Nemzeti Akkreditáló Testület akkreditált. Az akkreditálási folyamatot a NAT közzétett eljárásrendje részleteiben tartalmazza.

A laboratórium *műszaki felkészültségét* a laboratórium személyi és tárgyi feltételeinek alkalmassága jelenti az általa végzett vizsgálatok megbízható elvégzésére. Az akkreditálási eljárás során az utóbbi időben előtérbe került a vizsgálati eredmények hitelessége, pontossága mint a műszaki felkészültség fokmérője. Az új EN szabványok már megadják az ismételhetőségi és összehasonlítási feltételek között elvárható pontosságot.

Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabvány a *mérési megbízhatóság* becslésére vonatkozóan előírja a laboratóriumok számára, hogy erre eljárást dolgozzanak ki és alkalmazzanak. A vizsgáló laboratóriumoknak

rendelkezniük kell olyan eljárásokkal, amelyek alkalmasak a mérési bizonytalanság becslésére, és ezeket az eljárásokat alkalmazniuk kell.

A *vizsgálati eredmények minőségének biztosítása* érdekében a laboratóriumnak rendelkeznie kell minőségellenőrzési eljárásokkal a végzett vizsgálatok érvényességének figyelemmel kísérésére. A betonok vizsgálati gyakorlatában ennek egyik formája a részvétel laboratóriumok közötti összehasonlításban, körvizsgálatokban vagy felkészültség-vizsgáló, *jártassági* programokban.

9.5.1. A mérési eredmények megbízhatósága

A beton vizsgálatok mérési eredményeinek megbízhatóságát az európai vizsgálati szabványok az ismétlési és az összehasonlítási feltételek alapján ítélik meg.

Az *ismétlési és az összehasonlítási feltételek* meghatározásának célja a mérés véletlen hibáinak korlátozása, a mért értékek összeférhetőségének, a mérési eredmények megbízhatóságának megítélése, amely jelen esetben a tapasztalati terjedelem és a megengedett terjedelem összevetése alapján történik. Az alkalmazott matematikai statisztikai módszer független – valószínűségi – változója nem a mérés eredménye, hanem terjedelme, amire a statisztikai biztonság is vonatkozik.

A mérés eredménye lehet egyes érték, vagy több egyes mérésből nyert átlag, azaz számtani középérték. A terjedelem a vizsgálat legnagyobb és legkisebb mérési eredményének (az egyszerűbb esetekben két mérés eredményének, vagy két-két mérés átlagának) a különbsége.

Az ismétlési és az összehasonlítási feltételek tehát az 5 százalékos felső küszöbértéknek megfelelő követelmények, azaz „előírt jellemző értékek”, amelyeket az összeférhető egyes mérési eredményekből, vagy a több mérés eredményének átlagaként kapott, összeférhető vizsgálati eredményekből kiszámított matematikai statisztikai jellemzők (terjedelem vagy szórás), mint „tapasztalati jellemző értékek” a megengedett hibahatárnál (5%) nagyobb gyakorisággal nem szabad, hogy meghaladjanak. Ha a tapasztalati terjedelem illetve szórás az ismétlési vagy összehasonlítási feltételt 5 százaléknál nagyobb gyakorisággal meghaladja, akkor a mérési vagy vizsgálati eredmények egymással nem összeférhetőek.

A nyomószilárdság vizsgálati eredmények elfogadására vonatkozóan a *9.5.1. táblázat* adatait lehet figyelembe venni.

9.5.1. táblázat

A vizsgált próbakockák élhosszúsága	Ismétlési feltételek, %		Összehasonlítási feltételek, %	
	Szórás	Terjedelem	Szórás	Terjedelem
100 mm élhosszúságú próbakocka	3,2	9,0	5,4	15,1
150 mm élhosszúságú próbakocka	3,2	9,0	4,7	13,2

A szilárd beton nyomószilárdság mérésének megbízhatósági adatai a két kockaszilárdság átlagának százalékában, ha mind a két vizsgálat egy mérésből áll

Az *ismétlési feltétel* az a megengedett terjedelem (vagy hozzá tartozó megengedett szórás), amelynél egy laboráns (egyazon személy) által – ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül – végzett ún. *összeférhető vizsgálatok* (jelen esetben két vizsgálat) terjedelmének (vagy szórásának), jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 százalékos gyakorisággal) szabad nagyobbnak lennie.

Az *összehasonlítási feltétel* az a megengedett terjedelem (vagy hozzá tartozó megengedett szórás), amelynél több (esetünkben két) laboráns (különböző személyek) által – ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon (jelen esetben két mintán), azonos típusú, de külön-külön (esetünkben két külön) eszközzel, rövid időn belül – végzett ún. összeférhető vizsgálatok (jelen esetben két vizsgálat) terjedelmének (vagy szórásának), jelen esetben 20 eset közül legfeljebb egyszer (azaz 5 százalékos gyakorisággal) szabad nagyobbnak lennie.

A *9.5.1. táblázat* adatai szerint az MSZ EN 12390-3:2002 szabvány nyomószilárdság mérésre vonatkozóan azt fejezi ki, hogy

- ha *egy laboráns* az ismételhetőség feltételei mellett, például 2 db 150 mm élhosszúságú próbakockákon *két nyomószilárdság mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint a két mérésből számított átlagos kockaszilárdság 9,0 százaléka;

- ha *két laboráns* (például a betont gyártó transzportbeton üzem laboránsa és a betont vásárló kivitelező laboránsa) az összehasonlíthatóság feltételei mellett, egy-egy 150 mm élhosszúságú próbakockákon *egy-egy nyomószilárdság mérést végez*, akkor azok eredménye abban az esetben összeférhető, ha a két mérés eredményének terjedelme az esetek 95 százalékában kisebb, mint a két mérésből számított átlagos kockaszilárdság 13,2 százaléka.

9.5.2. Laboratóriumi jártassági vizsgálatok

A *laboratórium vizsgálati jártassága* a laboratórium műszaki felkészültségét jelenti valamely adott vizsgálat végzésére és azt is, hogy a laboratóriumok közötti vizsgálattal való ellenőrzés alapján a laboratórium megfelelő pontossággal képes ennek a vizsgálati eredményét megadni.

A körvizsgálatok több célt is szolgálhatnak, amelyekről részletes ismertetést ad *az ISO/IEC Guide 43:1996* számú kiadvány *Jártassági vizsgálat laboratóriumok közötti összehasonlítással.* A laboratóriumi összehasonlító vizsgálatok eredményeit a következőkre lehet felhasználni:

(a) az egyes laboratóriumok speciális vizsgálatokra vagy mérésekre való alkalmasságának a meghatározására, valamint a laboratóriumok teljesítményének a folyamatos ellenőrzésére,
(b) a laboratóriumokban esetleg előadódó zavarok azonosítására és az ezzel kapcsolatos javító tevékenységek kezdeményezésére, mint pl. a személyzet továbbképzése vagy a berendezések kalibrálása,
(c) új vizsgálati módszer vagy új mérési eljárás hatékonyságának és összehasonlíthatóságának a megállapítására, valamint a kidolgozott eljárások ellenőrzésére,
(d) a laboratórium ügyfelei bizalmának további megerősítésére,
(e) a laboratóriumok közötti különbségek kimutatására, ill. azonosítására,
(f) egy adott módszer teljesítmény jellemzőinek a meghatározására (ezt a vonatkozó szakirodalom *együttműködési kísérletként* is említi),
(g) a referencia-anyagok értékeinek a kijelölésére és speciális vizsgálati vagy mérési módszerhez való alkalmazhatóságának a becslésére.

A jártassági vizsgálatok eredményeit a laboratóriumok összehasonlításával elsősorban a fenti (a) célra használják, azaz a laboratóriumi vizsgálati vagy mérési eljárás teljesítőképességének a meghatározására, de a jártasság-vizsgálati terv alapján végzett tevékenység a fent felsorolt célok mindegyikéhez megfelelő tájékoztatást ad (lásd ISO Guide 43-1 és 43-2).

A laboratóriumok közötti vizsgálat két vagy több laboratórium részvételével szervezett vizsgálat vagy vizsgálatsorozat, melyet rendszerint azonos minta részein, azonos módszerrel végeznek. A részvétel a jártassági vizsgálatokban a laboratóriumok számára tárgyilagos értékelést és bizonyítékot ad az általuk kimutatott adatok megfelelőségére, ennek következtében az akkreditáló testületek számára is megalapozza, mégpedig kvantitatív módon, az elfogadást vagy az elutasítást.

A jártasági vizsgálati tervek végrehajtásának egyik legfontosabb eredménye az, hogy felméri a laboratóriumnak az adott vizsgálat megbízható végrehajtására való felkészültségét. Ez magába foglalhatja a laboratóriumnak *az önértékelését,* vagy az ügyfelek által kialakított véleményt alapozhatja meg vagy támpontot ad – mint fent említettük – az akkreditáló testületnek. Ezért ez a munka alátámasztja a laboratórium saját belső ellenőrzési eljárásának a megfelelőségét, a laboratórium vizsgálóképességét is.

A jártasság-vizsgálati eljárások a vizsgálati mintától, az alkalmazott módszertől és a résztvevő laboratóriumok számától függően változik, de legtöbbje rendelkezik azzal a jellemzővel, hogy az egyik laboratóriumban kapott eredményeket hasonlítja össze a másik laboratóriumban vagy laboratóriumokban kapott eredményekkel. Néhány rendszerben a résztvevő laboratóriumok egyike lehet az ellenőrző (koordináló vagy a referencia) laboratórium.

Jelenleg a *közlekedésépítés területén* működő laboratóriumok számára szerveznek jártassági vizsgálati programot.

Az országos közúthálózat építési és építés jellegű fenntartási munkáinak ellenőrzésében résztvevő laboratóriumok vizsgálati pontosságának és megbízhatóságának ellenőrzésére a Közlekedési és Vízügyi Minisztérium már évtizedekkel korábban ellenőrzési rendszert vezetett be és alkalmazott. 1993-tól a rendszer működtetését az ÁKMI Kht. vette át és 1995-től az ÚTLAB Szövetséggel is egyeztetve létrehozta az Útügyi

Laborellenőrzési Bizottságot. Az Útügyi Laborellenőrzési Bizottság felügyeli a vizsgálati jártasság ellenőrzési folyamatát, és a szervező laboratórium előzetes értékelésének figyelembevételével minősíti a laboratórium vizsgálati jártasságát. A vizsgálati jártasság ellenőrzésében eredményesen résztvevő laboratóriumok részére javasolja az ÁKMI Kht.-nak a bizonyítványok kiadását.

A laboratóriumok a vizsgálatokban való jártasságukat laboratóriumok közötti kör és összehasonlító vizsgálatokkal bizonyíthatják. A *körvizsgálatban* ugyanazon minta szétosztott részeit legalább 8, illetve bizonyos esetekben legalább 5 laboratórium azonos módszerrel vizsgálja és az eredményeket együttesen értékelik. A résztvevő laboratóriumok vizsgálati jártasságát, ahol csak lehet, körvizsgálatokkal ellenőrzik. A laboratóriumok vizsgálati jártasságát *összehasonlító vizsgálatokkal* lehet azokban az esetekben ellenőrizni, amikor körvizsgálat nem szervezhető a vizsgálati anyag tulajdonsága (pl. a minta tulajdonságának gyors változása), vagy a laboratóriumok kis száma miatt. Az összehasonlító vizsgálat során ugyanazon minta részeit két laboratórium (az egyik referencia laboratórium) vizsgálja és az eredményeket értékelik.

Az ÁKMI jártassági ellenőrzésbe bevont beton vizsgálatok: *nyomószilárdság, hajlító-húzószilárdság és vízzáróság*. A helyszíni vizsgálat során a létesítmény kijelölt részének tulajdonságát az építés helyszínén vizsgálják. A helyszíni vizsgálat ismételt, többszöri elvégzésére legtöbbször nincs lehetőség, mert a kijelölt vizsgálati hely (minta) azonossága rendszerint nem biztosítható.

A laboratóriumok a megfelelőség értékelésére is kérhetnek akkreditálást. Ennek egyik feltétele az, hogy csak igazolt hitelességű vizsgálati eredményt lehet figyelembe venni. Így csak olyan laboratóriumok jöhetnek szóba, akik bizonyítani tudják vizsgálóképességüket, jártasságukat. Ez a megrendelői bizalmat erősíti és a követelmények szabatos ellenőrzését teszi lehetővé.

IRODALOMJEGYZÉK

ASTM C1202-97 *Klorid ion behatolás vizsgálata*

Asztalos István: *Fagy-és olvasztósó-álló betonok* BETON 2000. évf január pp. 6-8.

Jacobsen, S – Sellevold, E.J.: *Frost testing of high strength concrete – scaling and cracking,* 4 th Intern Symp.on Utilization of HS–HP Concrete, Párizs 1996. pp. 597–605.

Erdélyi A.: *Légpórusrendszer és betontartósság,* Betonszerkezetek tartóssága konferencia Bp. 1996. okt. 29, szerk. Balázs Gy. és Balázs L. Gy.; Műegyetemi Kiadó. ISBN 9634205119 pp. 129–138]

Erdélyi A. – Nemes R.: A beton tartóssága új szempontok az MSZ EN 2000-1:2000 szerint. Építési Piac 2003., 9. szám nov. pp. 20–25.

FIP/CEB: High Strength Concrete – State of the Art Report, 1990. *aug.* SR 90/1 Bull. d'Information No. 197, London pp. 1–61.

SAARINEN, Eero: Use of High strength concrete in Finnland Kuopio Institute of Technology, 1992. pp. 1–19+29 ábra.

DAfStb. Hochfester Beton – Sachstandbericht Teil 1: Betontechnologie u. Betoneigenschaften, SCHRAGE, Ingo, pp. 1–42. Deut. Aus. f. Stahlbeton, Berlin, Heft 438. 1994.

Erdélyi Attila: Légpórusrendszer és betontartósság. Betonszerkezetek tartóssága. Konf. kiadv. (Szerk.: Balázs Gy.) 1996. pp. 129–138

KÖNIG, Gerd – GRIMM, Rainer – MEYER Julian: Erläuterung zur „Richtlinie" Hochfester Beton, Bautechnik Vol 74–1997, Heft4 pp. 256–258.

STARK, Jochen – CHELOUAH, Nasser: Frost – Tausalz – Widerstrand von hoch-festem Beton (Weimar), Betonwerk + Fertigteil technik 1997/4. szám pp. 94–99.

Erdélyi Attila: Fagyállóak-e a légpórusképző szer nélküli, nagyszilárdságú betonok? Beton, 1997. (c) 12. szám, pp. 10-11.

Erdélyi Attila: Nagyszilárdságú beton a holland hídépítő mérnöki gyakorlatban (cikkismertetés) Beton, 1997. (a) 7. – 8. szám, pp. 10-12.

Erdélyi Attila: A durva adalékanyag fajtájának hatása a nagyszilárdságú beton zsugorodására és kúszására (cikkismertetés) Beton, 1997. (b) 11. szám, pp. 8-11.

Erdélyi Attila: A finom adalékanyag (homok) fajtájának hatása a nagyszilárdságú beton mechanikai tulajdonságaira (cikkismertetés) Beton, 1998.(a) január, pp. 8-9.

Erdélyi Attila: Feszített híd tervezése és építése C 100 betonból Japánban (cikkismertetés) Beton, **1998.** (b) március, 18-19.

Erdélyi Attila: Nagyteljesítményű (NT) cementpépek tartóssága klorid-oldatban (cikkismertetés) Beton, **1998.** (c) április, pp. 8-9.

Erdélyi Attila: Nagyteljesítményű (HP = high performance) betonok mikro-szerkezete és nedvességtechnikai tulajdonságai (cikkismertetés). Beton, **1998.** október, pp. 12-15.

Hochleistungsbeton – inkl. Checkliste –**MERKBLATT** ÖVB,– der Österreich-ischen Betonverein **1999.** *ápr.* (Kiegészítés a DIN 1045/ 0788-hoz B65 és B115 közt, továbbá a DAf stb. „Richtlinie" [1995.08.] alkalmazása Ausztriában) [Szerzői társulás] pp. 1–12. Bécs.

Erdélyi Attila: Nagy kezdőszilárdságú betonok mérési eredményei. Beton, **2000.** 5. szám, pp. 22-23.

DIN 1045–2:2001–*07* (a DIN EN 206 német kiegészítése) „H" függelék (kötelező (pp. 44–45: *kiegészítő előírások NSZ- betonokhoz.* Berlin, DIN)

Erdélyi Attila – **Szegőné** Kertész Éva: Nagyteljesítményű (NT) hídszegély betonok gyártásának ipari tapasztalatai (ÁKMI Kht.-nál elnyert pályázati kutatás alapján). Cementipar, **2001.** november p3. Beton, 2001. 3. szám, pp. 7-9.

Betontechnische Daten – Beton nach DIN EN 206 – Heidelber Zement Group – HTC Leimen (Németország) **2002.** *jan.-i* kiadás pp. 154.

prEN 1992-1-1 (Draft for Stage 49) „EC2" – 2.3.4. fejezet, pp. 20–52. **2002.** július.

Erdélyi Attila – **Szegőné** Kertész Éva: Nagyteljesítményű (NT) hídszegély betonok gyártásának laboratóriumi és ipari tapasztalatai Beton, **2002.** 3. szám, pp. 3-5.

Lindlbauer hídelem katalógus **2003.** 02., Bécs.

Proceedings of the Int. Workshop on Selfcompacting concrete=**SCC 1998.** aug. 23–26. **Kochi** Univ. of Technology – Jap. Soc. of Civ. Eng. **JSCE** pp. 1–399 + CD (Cemkut Kft.)

Hori, A. – **Kida**, T. et al: *Study on SCC with Expansive Additives* (ÖTB – duzzadó kiegészítő anyaggal) Proc. JSCE **1998.** PP. 218–227.

HU, Ch. – **Barcelo**, L.: Investigation of SCC for Building Constr. JSCE **1998.**, pp. 228–242.

DAfStb: Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtline ÖTB-irány-elvek Berlin, **2001.** jún. Kiegészítés a DIN 1045:**1998.**07-hez)

Német F.: *Öntömörödő beton* (Műszaki tájékoztató). Stabiment kiadvány, **1999.**

Paschmann, H.: Selbstverdichtendes Beton (ÖTB) TH Aachen – Betonwerk und Fertigteiltechnik (BFT) **1999**/1, pp. 31–42.

Szautner CS.: *Öntömörödő beton*. BETON, **2000.** /12. pp. 20–21.

Steigenberger, J.: *SCC–Beton* (ÖTB – öntömörödő beton) Österreichischer Betonverein, Schriftenreihe Heft 43/**2000**, pp. 11–14.

Droll, K.: (Dyckerhoff Inst. Baustofftechnologie) *Selfcompacting concrete* **Concrete Technology** CPI=Concrete Plant International, **2000.** No.6/dec. pp. 50.

Linsel, S. – **Dehn**, F.: *Selbstverdichtender Stahlfaserbeton* (Öntömörödő acélrost-beton) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 177–188.

Erdélyi A.: Öntömörödő beton. (Szerk.: Balázs Gy.: Beton és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése) Műegyetemi Kiadó, **2002.** jún. pp. 91–100.

Kirshdorfer Zementwerk (Linz): *Selbstwerdichtender Beton mit Spezialbinder SC60* pp. 1–4. (üzemi tájékoztató) **2002.**

Dalmi D.: Öntömörödő beton alkalmazása egy csepeli csarnok oszlopainak vasbeton köpenyezésére.(Szerk.: Balázs Gy.: Beton és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése) Műegyetemi Kiadó, **2002.** jún. pp. 563–573.

Erdélyi A. – **Migály** B.–Dné **Hudák** G.: *Öntömörödő beton alkalmazása I.* Beton, **2003.** 3. sz. (a). pp. 10–11.

Erdélyi A. – **Migály** B.–Dné **Hudák** G.: *Öntömörödő beton alkalmazása II.* Beton, **2003.** 4. sz. (b). pp. 3–6.

Erdélyi A. – **Migály** B.–Dné **Hudák** G.: *Öntömörödő beton alkalmazása III.* BETON , **2003.** 6. sz. (c) pp. 11–13.

Zsigovics I.: Öntömörödő beton – a betontechnológia új forradalma, 1.* Vasbetonépítés, **2003.**/1. pp.17–24.

Erdélyi A. – **Nemes** R.: *A beton tartóssága, új szilárdsági és konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2000 szerint*. Építési Piac **2003.** november XXXVII. évf. 9. szám. pp. 20–25.

Erdélyi Atilla – **Máhr** Géza: Nagy kezdőszilárdságú betonok mérési eredményei BETON, **2000**/5. szám pp. 22–23.)

Neville, A. M: Properties of Concrete, Longman Group Ltd. **1995.**

Jackson N. – **Dhir** R.K: Civil Engineering Materials **1988.**;

Ujhelyi J. **1995**: MÉASZ ME 04.19. 16. fejezet.

Grube, **Horst**: Definition der verschiedenen Schwindarten beton, **2003.**/ 12. sz. pp. 589–603.

Balázs Gy. – **Erdélyi** A.: Rostbetonok. Építőanyag, XXII. **1970.** júl. pp. 246–256.

Szabó Iván: *Acélhajbeton,* Műszaki Kiadó **1976.**, ISBN 963-10-1447-9 pp. 1–166.

Kiss Rita: *A beton erősítésére használt természetes és mesterséges szálak.* Mélyépítéstud. Szemle, **1991**/11. sz. pp. 421–424.

ASTM C 1116–**1991**: *Fiber–Reinforced Concrete and Schotcrete* (Szálerősítésű beton és lőtt beton) Book of ASTM Standard, Vol.04.02. pp. 585–592.

Westin, I. – **Peterson**, Ö. – **Nordin** A. *Stälfiber-armerade industrigolv* (Acélszálas ipari padlók) CBI Rapport **1992**/6. Stockholm.

Richtlinie für Faserbeton (osztrák műszaki irányelv rostbetonokhoz, Szerzői munkaközösség, Bécs, **1992. RLF.**

Erdélyi A.: *The toughness of steel fibre reinforced concretes* (Acélrost erősítésű betonok szívóssága) Per. Politechnica Civil Engineering,. Vol. 37. No. 4. pp. 329–344. **1993.**

Kausay T.: *Száltípusok a beton erősítésére,* BETON, **1994**/10.sz. pp. 9–11.

Erdélyi A.: Acélrost erősítésű betonok. Beton II. évf. 3. sz. pp. 4–13. **1994.**

Erdélyi A.: Acélszálerősítésű beton (rostbeton, acélhajbeton). Beton III. évf. 4. sz. pp. 1–6. **1995.**

Erdélyi A.: Acélrost erősítésű betonok szívóssága (OTKA 016 683) Építőanyagok Tanszéke, Tudományos Közlemények 37. ünnepi (Balázs Gy. 70 éves) szám pp. 99–105. **1996/a.**

Erdélyi A. – **Lipták** A.: Betonacélok – Az acélbetétek követelményrendszere és választéka MÉASZ Betonévkönyv **1998/1999.** (ÉTK) pp. 34–54.

Erdélyi A.: Acélszál-erősítésű gerendák hajlítási szívóssága (OTKA 16683/1995) **1999.** március 4–5. Budapest, Budapesti Műszaki Egyetem – *fib* SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK KONFERENCIA, Műegyetemi Kiadó (szerk.: Balázs L. Gy.)

Balázs L. GY. – **Polgár** L.: *Szálerősítésű betonok múltja, jelene, jövője.* Vasbetonépítés, **1999**/1. pp. 3–10.

Linsel, S. – **Dehn**, F.: *Selbstverdichtender Sahlfaserbeton* (Öntömörödő acélrost-beton) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 177–188.

Wörner, J.-D.: *Kunstofffaserverstärkter Beton* (Műszálas rostbeton) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 153–162.

Orgass, M. – **Dehn**, F.: *Industriefussböden aus Stahlfaserbeton* (Acélrostbeton ipari padlók) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 213–221.

Schneider, U. – **Horváth**, J. – **Dehn**, F.: *Faserbewehrte ultrahochfeste Betone* (Acél, ill. PP szálakkal erősített igen nagyszilárdságú betonok) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 189-től.

Bergmeister, K.: *Verwendung von Kohlenstofffasern im Betonbau.* **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 121-től

Schneider, H. – **Weisse**, H. – **König**, G. – **Holsc**, K.: *Faserbewehrter Leichtbeton* (Rostos könnyűbeton) **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 163-tól.

Nemegeer, D. – **Vanbrabant**, J. – **Stang**, H.: *Durability Corrosion Resistance of Cracked Fibre Reinforced concrete* (Tartósság: acélszálerősítésű repesztett betonok korrózióállósága) [Brite–Euram program] **Innovationen** im Bauwesen–Faserbeton Lipcse, **2002.** pp. 41–63.

Erdélyi Attila: *Szálerősítésű rostbetonok osztrák irányelvei* (előadás: Fortatech®–Fibre Szimpózium – VULKÁN Kft. és CEMKUT, Debrecen, **2003.** 03. 05.

Erdélyi Attila: *Acélszál erősítésű betonok tartóssága OTKA T01 2883*. Vasbetonépítés, **2004.** 1. sz. pp. 12–15.

Dr. Magyari Béla: Az összetétel hatása a szálerősítésű beton és habarcs tulajdonságaira **1999.** márc. 4. SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK KONFERENCIA, Műegyetemi Kiadó (szerk.: Balázs L. Gy.)

Dr. Magyari Béla: Concrete withGlass Metal Reinforcement 13 th Congress of IABSE. Helsinki, **1988.** p. 21.

MSZ EN 1008:2002

CEN Report CR 1901: „Regional specifications for the avoidance of damaging alkali silica reactions in concrete".

Betontechnische Daten **2003.** Heidelberger Zement.

Richtlinie für die Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton u. Restmörtel, Richtlinie des DAfStb., **1995.** aug.;

Zugabewasser für Beton, **1996** Merkblatt des Deutschen Beton Vereins e. V. [DBV]

Erdélyi Attila – **Máhr** Géza: Nagy kezdőszilárdságú betonok mérési eredményei BETON, **2000**/5. szám pp. 22–23.)

Dr. Ujhelyi János: Beton- és habarcstechnológia. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, **1973.**

Dr. Buday Tibor: Betonozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, **1977.**

MSZ 4798-1:2004
Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ 18287-1:1990
Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. Los Angeles-vizsgálat

MSZ 18287-6:1984
Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbahalmazon. Mikro-Deval-vizsgálat

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

MSZ EN 933-1:1998
Kőanyaghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Szitavizsgálat

MSZ EN 933-3:1998/A1:2004
Kőanyaghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A szemalak meghatározása. Lemezességi szám

MSZ EN 933-4:2000
Kőanyaghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: A szemalak meghatározása. Szemalaktényező

MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004
Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)

MSZ EN 1097-2:2000
Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása

MSZ EN 1097-3:2000
Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagtérfogat meghatározása

MSZ EN 1097-6:2001
Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása

MSZ EN 1367-1:2000
Kőanyaghalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 1. rész: A fagyállóság meghatározása

MSZ EN 1367-2:1999
Kőanyaghalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás

MSZ EN 1744-1:2001
Kőanyaghalmazok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kémiai elemzés

MSZ EN 12620:2003
Kőanyaghalmazok (adalékanyagok) betonhoz

MSZ EN 13055-1:2003
Könnyű kőanyaghalmazok. 1. rész: Könnyű kőanyaghalmazok (adalékanyagok) betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz

MSZ CR 1901:2000
Regionális előírások és ajánlások a beton alkáli-kovasav reakció okozta károsodásának elkerülésére. CEN jelentés

MÉASZ ME-04.19:1995
Beton és vasbeton készítése. Műszaki előírás. 3. fejezet. A beton alapanyagai

ÚT 2-3.201:2000
Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények. Útügyi műszaki előírás

ÚT 2-3.204:1993
Útépítési beton burkolatalapok. Követelmények. Útügyi műszaki előírás

ÚT 2-3.210:2000
Pályalemezekből visszanyert beton újrafelhasználása („másodbeton”). Útügyi műszaki előírás

MSZ 4737-1:2002
Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ EN 197-1:2000
Cement. Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei
ÚT 2-3.207:2003
Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Tervezési előírások. Útügyi műszaki előírás
prEN 1992-1-1:2003
Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings (Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1. 1. rész: Általános előírások és az épületre vonatkozó szabályok)
MSZ ENV 13670-1:2000
Betonszerkezetek kivitelezése. 1. rész: Általános előírások
MSZ EN 13369:2003
Általános szabályok előre gyártott betontermékekre
fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata:
Bontott építési törmelék adalékanyagú betonok készítése. Beton- és vasbetonépítési irányelv

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

Jegyzet:

DUNA-DRÁVA CEMENT

BEREMEND

Értékesítés
7827 Beremend, Pf.: 20
Tel.: +36-72-574-600
Fax: +36-72-574-666
Internet: www.duna-drava.hu

Szállítás, ügyfélszolgálat
Tel.: +36-72-574-610, -611, -612
Fax: +36-72-574-667, -668

Szállítás, fuvarszervezés
Tel.: +36-72-574-607, -608
Fax: +36-72-574-665

VÁC

Értékesítés
2600 Vác, Kőhídpart dűlő 2.
Tel.: +36-27-511-700
Fax: +36-27-511-766
Internet: www.duna-drava.hu

Szállítás, ügyfélszolgálat
Tel.: +36-27-511-649

Váci fuvarszervezés
Tel.: +36-27-511-750
Fax: +36-27-511-771

www.duna-drava.hu