



## Sika<sup>®</sup> Beton Kézikönyv

- Alapanyagok
- Európai betonszabvány
- Beton
- Frissbeton
- Megszilárdult beton
- Lőttbeton
- Formaleválasztás
- Utókezelés

## Sika – Hosszú időn át gyűjtött tapasztalat

A Sika már 1910-ben, alapítása évében elkezdte fejleszteni a cement alapú keverékek adalék-szereit. Ekkor a fő célok a következők voltak: lerövidíteni a habarcskeverékek kötési idejét, vízzáróvá tenni azokat, vagy növelni szilárdságukat. E korai sikeres Sika termékek közül némelyek még ma is használatban vannak.

A vízre szükség van a beton bedolgozásához és a cement hidratálásához, de a megszilárdult betonban maradt túl sok víz hátrányos. A Sika ezért már a kezdetekkor olyan termékeket fejlesztett ki, amelyek csökkentik a víztartalmat, miközben megtartják, sőt javítják a bedolgozhatóságot (konzisztenciát).

Dátum	Hatóanyag	Tipikus Sika termék	Fő hatások
1930	Ligninszulfonát	Plastocrete®	Vízcsökkentés 10%-ig
1940	Glukonát	Plastiment®	Vízcsökkentés 10%-ig, plusz késleltető hatás
1960		Sika Retarder®, Fro-V	Késleltető hatás és lég-buborékképzés
1970	Naftalin	Sikament®-NN	Vízcsökkentés 20%-ig
1980	Melamin	Sikament®-300/-320	Vízcsökkentés 20%-ig, plusz csökkentett levegő-tartalom
1990	Vinil kopolimerek	Sikament®-10/-12	Vízcsökkentés 25%-ig
2000	Módosított polikarboxilátok	Sika® ViscoCrete®	Vízcsökkentés 40%-ig, SCC betontechnológia, öntömörödés

1. táblázat: Képlékenyítők és folyósítók hatóanyagainak fejlődése

A Sika vállalat – megalapítása óta – mindenütt jelen volt, ahol cementet, adalékanyagot, homokot és vizet használtak habarcs- vagy beton készítésére, ezért válhatott a tartós szerkezetek gazdaságos építésének megbízható partnerévé.

## Sika – Jelenlét az egész világon

A svájci Baar székhelyű Sika AG a különleges vegyi anyagok területén, az egész világra kiterjedően, egységesen működő vállalat. A Sika vezető szerepet tölt be az építőipari teherhordó szerkezetekhez és az iparban használt tömítő-, ragasztó-, szigetelő-, erősítő- és védőanyagok előállításában.

A Sika termékpalettáján szerepelnek – többek között – a nagy teljesítőképességű betonadalék-szerek, a különleges szárazhabarcsok, a tömítő- és ragasztóanyagok, a szigetelő- és erősítő elemek, a szerkezetmegerősítő rendszerek, az ipari padlók anyagai, valamint a vízszigetelő fóliák.

Sika szerzői csoport:

T. Hirschi, H. Knauber, M. Lanz, J. Schlumpf, J. Schrabback, C. Spirig, U. Waeber

Magyar kiadás:

Asztalos István



# Tartalomjegyzék

<b>1. Alapanyagok</b> .....	5
1.1. Fogalmak .....	5
1.2. Kötőanyagok .....	6
1.3. Beton adalékanyagok .....	8
1.4. Betonadalékszerek .....	12
1.5. Beton kiegészítő anyagok .....	13
1.6. Beton finomrésztartalma .....	15
1.7. Keverővíz .....	16
1.8. Anyagtérfogat számítás .....	18
<hr/>	
<b>2. Európai betonszabvány</b> .....	20
2.1. Fogalom meghatározások a szabványból .....	20
2.2. Környezeti hatásoktól függő kitéti (környezeti) osztályok .....	22
2.3. Konzisztencia szerinti osztályba sorolás .....	25
2.4. Nyomószilárdsági osztályok .....	26
2.5. K-érték elve .....	27
2.6. Klorid tartalom (kloridion-tartalom) .....	29
2.7. Beton megnevezése .....	31
2.8. Megfelelőség ellenőrzése .....	31
<hr/>	
<b>3. Beton</b> .....	32
3.1. Beton legfontosabb alkalmazási területei .....	32
3.1.1. Helyszínen előállított beton .....	33
3.1.2. Előregyártás számára készített beton .....	35
3.2. Különleges betonok .....	37
3.2.1. Szivattyúzható beton .....	37
3.2.2. Közlekedéscélpítési betonok .....	40
3.2.3. Öntömörödő beton (SCC) .....	41
3.2.4. Fagy- és olvastósó-álló beton .....	43
3.2.5. Nagyszilárdságú beton .....	46
3.2.6. Csúszózsarus beton .....	47
3.2.7. Vízáró beton .....	48
3.2.8. Látszóbeton .....	50

3.2.9. Tömegbeton	52
3.2.10. Szálerősítésű beton	54
3.2.11. Nehézbeton	55
3.2.12. Víz alatti beton	56
3.2.13. Könnyűbeton	57
3.2.14. Hengerelt beton	59
3.2.15. Színezett beton	60
3.2.16. Földnedves beton előregyártott betontermékekhez	61
3.2.17. Hő-, illetve tűzálló beton	69
3.2.18. Alagút tübbing beton	70
3.2.19. Monolit földém- és ipari padlóbeton	71
3.2.20. Kopásálló beton	72

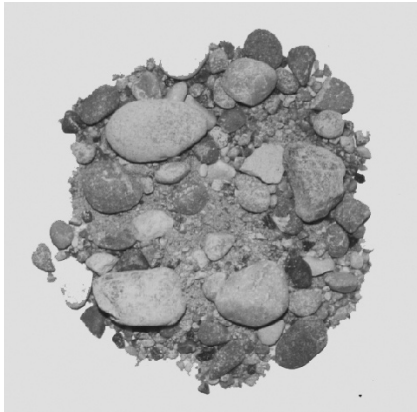
---

<b>4. Frissbeton</b>	74
4.1. Frissbeton tulajdonságai	74
4.1.1. Bedolgozhatóság	74
4.1.2. Késleltetés, meleg időben történő betonozás	75
4.1.3. Kötés-, illetve szilárdulásgyorsítás, hideg időben történő betonozás	79
4.1.4. Konzisztencia	81
4.1.5. Vértés	82
4.1.6. Felületképzés	82
4.1.7. Frissbeton testsűrűsége	83
4.1.8. Levegőtartalom	83
4.1.9. Szivattyúzhatóság	84
4.1.10. Összetartó képesség	84
4.1.11. Frissbeton hőmérséklete	84
4.1.12. Víz/cement tényező	85
4.2. Frissbeton vizsgálatok	85
4.2.1. Bedolgozhatóság	85
4.2.2. Mintavétel	86
4.2.3. Konzisztencia vizsgálata roskadási mértékkel	86
4.2.4. Konzisztencia vizsgálata tömörítési mértékkel	87
4.2.5. Konzisztencia vizsgálata területi mértékkel	88
4.2.6. Frissbeton testsűrűségének meghatározása	90
4.2.7. Légtartalom meghatározása	90
4.2.8. További frissbeton konzisztencia vizsgálati módszerek	91

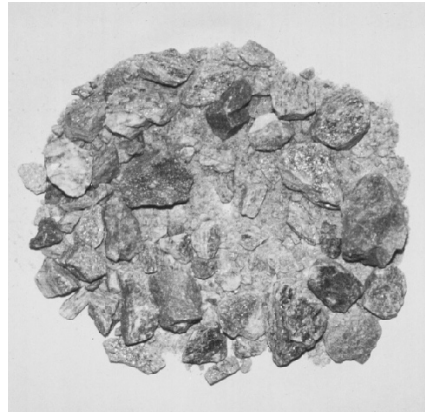
<b>5. Megszilárdult beton</b> .....	93
5.1. Megszilárdult beton tulajdonságai .....	93
5.1.1. Nyomószilárdság .....	93
5.1.2. Nagy kezdőszilárdság .....	95
5.1.3. Vízáróság .....	97
5.1.4. Fagy- és fagyolvastósó-állóság .....	100
5.1.5. Felületképzés .....	101
5.1.6. Zsugorodás .....	102
5.1.7. Szulfátállóság .....	103
5.1.8. Kémiai ellenállóképeség .....	103
5.1.9. Kopásállóság .....	104
5.1.10. Hajlítószilárdság .....	105
5.1.11. Hidratációs hő fejlődése .....	105
5.1.12. Alkáli-adalékanyag reakció .....	106
5.2. Megszilárdult beton vizsgálata .....	107
5.2.1. Próbatestekre és próbatest sablonokra vonatkozó előírások .....	107
5.2.2. Próbatestek készítése és utókezelése* .....	108
5.2.3. Próbatestek nyomószilárdsága .....	110
5.2.4. Vizsgáló berendezések előírásai .....	111
5.2.5. Próbatestek hajlítószilárdsága .....	111
5.2.6. Próbatestek hasító-húzó szilárdsága .....	113
5.2.7. Megszilárdult beton testsűrűsége .....	113
5.2.8. Vízbehatolási mélység nyomás hatására .....	114
5.2.9. Fagy- és fagyolvastósó-állóság .....	115
<hr/>	
<b>6. Lőttbeton</b> .....	116
6.1. Meghatározás .....	116
6.2. Minőségi lőttbeton követelményei .....	117
6.3. Kezdőszilárdság fejlődése .....	117
6.4. Lövési eljárások .....	119
6.5. Vizsgálati, mérési módszerek .....	125
6.6. Sika nedves lövési eljárás .....	127
6.7. Acélhaj erősítésű lőttbeton .....	128
6.8. Szulfátálló lőttbeton .....	129
6.9. Fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbeton .....	129

<b>7. Formaleválasztás</b> .....	130
7.1. Formaleválasztók összetétele .....	130
7.2. Formaleválasztók követelményei .....	131
7.3. Zsaluzatok típusai .....	132
7.3.1. Formaleválasztók nedvszívó zsaluzatokhoz .....	132
7.3.2. Formaleválasztók nem nedvszívó zsaluzatokhoz .....	133
7.4. Használati utasítás .....	133
7.4.1. Formaleválasztó szerek alkalmazása .....	134
7.4.2. A betonozás előtti várakozási idő .....	135
7.4.3. Betonozási munkák .....	136
<hr/>	
<b>8. Utókezelés</b> .....	137
8.1. Általános tudnivalók .....	137
8.2. Utókezelési módszerek .....	139
8.3. Utókezelési intézkedések .....	141
8.4. Utókezelési időtartam .....	142
<hr/>	
Betonadalékszerek és a környezet .....	144
EFCA tagság .....	145
<hr/>	
Tárgymutató .....	146

# 1. Alapanyagok



1. fotó: Gömgölyű szemű adalékanyag



2. fotó: Zúzott adalékanyag

## 1.1. Fogalmak

A beton készítéséhez tulajdonképpen elegendő a három fő alkotórész:

- Kötőanyag (cement)
- Adalékanyag
- Víz

A beton minőségével szemben támasztott folyamatosan növekvő igények (főként a tartósság) és az adalékszerek, valamint a betontechnológia terén elért óriási fejlődések következtében ma már számtalan különféle beton előállítása lehetséges.

■ Közönséges vagy normál beton	A beton legnagyobb szemnagysága > 8 mm Testsűrűsége (kiszárított állapotban) > 2000 kg/m <sup>3</sup> , maximum 2600 kg/m <sup>3</sup>
■ Nehézbeton	Testsűrűsége (kiszárított állapotban) > 2600 kg/m <sup>3</sup>
■ Könnyűbeton	Testsűrűsége (kiszárított állapotban) > 800 kg/m <sup>3</sup> , maximum 2000 kg/m <sup>3</sup>
■ Frissbeton	Megkevert, még bedolgozható és tömöríthető beton
■ Megszilárdult beton	Szilárd állapotú, mérhető szilárdságú beton
■ "Zöld" beton	Frissen bedolgozott beton, a cement kötése már megkezdődött, de még nincs mérhető szilárdsága (előregyártó ipari fogalom)

### 2. táblázat: Legfontosabb betonfajták

További betonfajták a lőttbeton, a szivattyúzható beton, a konténeres bedolgozású beton stb. Ezeket a betonfajtákat a zsaluzatba való bejuttatás, a bedolgozás és/vagy az építéshelyre való kiszállítás határozza meg (lásd a következő fejezeteket).

## 1.2. Kötőanyagok

A **cement** a beton előállításához használt hidraulikus kötőanyag (hidraulikus = vízzel keveredve szilárdul), a cement pép (vízzel kevert cement) a hidratáció (vízfelvétel) által megköt és megszilárdul a levegőn vagy víz alatt.

A legfőbb alapanyagok, pl. a *Portlandcementhez* a mészkő, márga és agyag, amelyeket a meghatározott arányban kevernek. Ez egy nyers keverék, amelyet kb. 1 450 °C-on kiégetve *klinker* keletkezik, amelyet később a jól ismert finomságú cementté őrlnek.

### Cement szabványok

Európában, így Magyarországon is a cementekre az MSZ EN 197-1 szabvány vonatkozik (összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek). A szabvány az általános felhasználású cementeket a 3. táblázat szerinti 5 fő fajtába sorolja.

CEM I	Portlandcement
CEM II	Összetett portlandcementek (legfőképpen portlandcementből állnak)
CEM III	Kohósalakcement
CEM IV	Puccoláncement
CEM V	Kompozitcement

### 3. táblázat: Fő cementfajták

A portlandcementklinkert (K) mellett a 3. táblázat szerinti különböző cementfajták tartalmazhatnak egyéb összetevőket is (lásd a 4. táblázatot).

*A legfontosabb alkotórészek*

Granulált kohósalak	(S)
Szilikapor	(D)
Természetes és ipari (kalcinált) puccolán	(P vagy Q)
Savas és bázikus jellegű pernye	(V vagy W)
Égetett pala (pl. olajpala)	(T)
Mészkő	(L vagy LL)

### 4. táblázat: A cementek legfontosabb alkotórészei

*Mellékalkotórészek*

Ezek általában különlegesen válogatott, szervesetlen, természetes ásványi anyagok, amelyek vagy a klinkergyártásból származnak, vagy előírt alkotórészek – kivéve, ha már főalkotórészként a cementben vannak (Lásd az 5. táblázatot).



**5. táblázat: Cementfajták és összetételük az MSZ EN 197-1 szabvány szerint**

Fő cementfajták			Mennyiségek tömegszázalékban <sup>1</sup>										Mellékalkotórészek
			Főalkotórészek										
			Klinker	Granulált kohósalak	Szilikapor	Puccolán		Pernye		Égetett pala	Mészke		
						természetes	kalcinált	savanyú	bázikus				
Megnevezés	Jelölés	K	S	D <sup>2</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>4</sup>	LL <sup>5</sup>		
CEM I	Portlandcement	CEM I	95–100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
CEM II	Kohósalak-portlandcement	CEM II/A-S	80–94	6–20	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-S	65–79	21–35	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
	Szilikapor-portlandcement	CEM II/A-D	90–94	–	6–10	–	–	–	–	–	–	–	0–5
	Puccolán-portlandcement	CEM II/A-P	80–94	–	–	6–20	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-P	65–79	–	–	21–35	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/A-Q	80–94	–	–	–	6–20	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-Q	65–79	–	–	–	21–35	–	–	–	–	–	0–5
	Pernye-portlandcement	CEM II/A-V	80–94	–	–	–	–	6–20	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-V	65–79	–	–	–	–	21–35	–	–	–	–	0–5
		CEM II/A-W	80–94	–	–	–	–	–	6–20	–	–	–	0–5
		CEM II/B-W	65–79	–	–	–	–	–	21–35	–	–	–	0–5
	Égetettpala-portlandcement	CEM II/A-T	80–94	–	–	–	–	–	–	6–20	–	–	0–5
		CEM II/B-T	65–79	–	–	–	–	–	–	21–35	–	–	0–5
	Mészke-portlandcement	CEM II/A-L	80–94	–	–	–	–	–	–	–	6–20	–	0–5
		CEM II/B-L	65–79	–	–	–	–	–	–	–	21–35	–	0–5
		CEM II/A-LL	80–94	–	–	–	–	–	–	–	–	6–20	0–5
		CEM II/B-LL	65–79	–	–	–	–	–	–	–	–	21–35	0–5
	Kompozit-portlandcement <sup>3</sup>	CEM II/A-M	80–94	6–20								0–5	
		CEM II/B-M	65–79	21–35								0–5	
CEM III	Kohósalak-cement	CEM III/A	35–64	36–65	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM III/B	20–34	66–80	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM III/C	5–19	81–95	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
CEM IV	Puccoláncement <sup>3</sup>	CEM IV/A	65–89	–	11–35				–	–	–	0–5	
		CEM IV/B	45–64	–	36–55				–	–	–	0–5	
CEM V	Kompozit-cement <sup>3</sup>	CEM V/A	40–64	18–30	–	18–30		–	–	–	–	0–5	
		CEM V/B	20–39	31–50	–	31–50		–	–	–	–	0–5	

<sup>1</sup> A táblázat értékei a fő- és mellékalkotórészek összegét tartalmazzák.

<sup>2</sup> A szilikapor aránya legfeljebb 10 tmege% legyen.

<sup>3</sup> Az összetett portlandcement CEM II/A-M-ben és CEM II/B-M-ben, a puccoláncement CEM IV/A-ban és CEM IV/B-ben, valamint a kompozitcement CEM V/A-ban és CEM V/B-ben meg kell adni a megnevezésben a klinker mellett található fő- és mellékalkotórészek eredetét és fajtáját.

<sup>4</sup> A teljes szervesszén-tartalom (TOC) nem haladhatja meg a 0,2 tömeg%-ot.

<sup>5</sup> A teljes szervesszén-tartalom (TOC) nem haladhatja meg a 0,5 tömeg%-ot.

### Szilárdságok

A cementeket a 28 napos szabványos habarcs nyomószilárdság szerint 3 szilárdsági osztályba soroljuk. A 32,5 / 42,5 / 52,5 N/mm<sup>2</sup> értékek a szabványos nyomószilárdságot jelentik. Mindhárom osztályon belül a kezdőszilárdság alapján két további osztályt különböztetünk meg egy normált, jele „N” és egy nagy kezdőszilárdsági osztályt, melynek jele „R”.

Az egyes alkotórészekre vonatkozó részletes információk megtalálhatók az MSZ EN 197-1 szabványban:

- 5. fejezet: Alkotórészek
- 5.1. Általános előírások
- 5.2. Főalkotórészek
- 5.3. Mellékalkotórészek

## 1.3. Beton adalékanyagok

A kavcsok, a kőzúzalékok és a homokok alkotják azt a szemcseszerkezetet, amelyek között a megmaradó teret a kötőanyag pépnek lehetőség szerint teljesen ki kell töltenie. Ezek az adalékanyagok teszik ki megközelítőleg a beton tömeg szerinti 80%-át, ill. térfogat szerinti 70-75%-át. Az adalékanyagok optimális mérete és minősége javítja a beton minőségét.

Az adalékanyagok lehetnek természetesek, mesterségesek vagy korábbi szerkezetekből újra hasznosított anyagok. A jó minőségű beton érdekében ezeket az anyagokat ipari eszközökkel mechanikai folyamatokban feldolgozzák (pl. összekeverik, zúzzák, szitálják, mossák, tisztítják, osztályozzák stb.).

Beton adalékanyagnak mindazok az anyagok alkalmasak, amelyek szilárdsága a tervezett betonminőséghez elegendő, nem befolyásolják károsan a cement szilárdulását, megfelelően erősen tapadnak a cementkőhöz és nem veszélyeztetik a beton ellenállóképességét.

### 6. táblázat: Közönséges és különleges adalékanyagok

Közönséges adalékanyagok	Szemtestsűrűség <sup>1</sup> 2000-3000 kg/m <sup>3</sup>	Természetes előfordulásokból származók, pl. homokos kavics. Gömbölyű szemű (eredeti) vagy tört anyagok, pl. zúzottkő.
Nehéz adalékanyagok	Szemtestsűrűség <sup>1</sup> ≥ 3000 kg/m <sup>3</sup>	Mint pl. barit, vasérc, acél granulátum. Nehéz beton előállításához, pl. sugárvédő beton.
Könnyű adalékanyagok	Szemtestsűrűség <sup>1</sup> ≤ 2000 kg/m <sup>3</sup>	Mint pl. duzzasztott agyagkavics, tufa, polisztirolgyöngy. Könnyűbeton, hőszigetelő könnyűbeton előállításához.
Kemény adalékanyagok	Szemtestsűrűség <sup>1</sup> ≥ 2000 kg/m <sup>3</sup>	Mint pl. kvarc, korund. Kopásálló beton készítésére.
Újrahasznosított adalékanyagok	Szemtestsűrűség <sup>1</sup> kb. 2400 kg/m <sup>3</sup>	Bontott, tört betonból stb.

<sup>1</sup> Kiszárított állapotban, az MSZ EN 1097-6 szerint

## **Szabványos adalékanyagok**

Európában, így Magyarországon is a közönséges és nehéz adalékanyagokat az MSZ EN 12620, a könnyű adalékanyagokat pedig az MSZ EN 13055-1 szabvány tárgyalja. E szabványok igen átfogó jellegűek, ezért az alábbi fogalmakon túl több részlet ismertetése meghaladná jelen kézikönyv terjedelmét. A szabvánnyal kapcsolatos további tudnivalókat a 2. fejezetben adjuk meg.

**Fontosabb fogalmak a szabványból** (kiegészítő magyarázatokkal):

### ■ **Természetes adalékanyag**

Ásványi előfordulásokból származik, csak mechanikai előkészítéssel és/vagy mosáson megy keresztül.

### ■ **Adalékanyag keverék**

Durva és finom szemek (homok) keverékéből összeállított adalékanyag. Az adalékanyag keveréket elő lehet állítani a durva és finom szemek szétválasztása nélkül (osztályozatlan adalékanyag) vagy a durva és finom (homok) frakciók összekeverésével (osztályozott adalékanyag).

### ■ **Újrahasznított adalékanyag**

Olyan adalékanyag, amely korábban szervesetlen építőanyagként (pl. betonként) szolgált, majd mechanikailag feldolgozták.

### ■ **Töltőanyag (kőliszt)**

Olyan adalékanyag, amelynek döntő része áthullott a 0,063 mm nyílású szitán és amelytől különleges tulajdonságok elérését várják.

### ■ **Szemnagyság**

Az adalékanyag frakció méret szerinti megnevezése, amelyet a szita kisebb (d) és nagyobb (D) mérete szerint, d/D-vel jelölnek.

### ■ **Finom adalékanyag (homok)**

A kisebb méretű frakciók megnevezése, ahol D nem nagyobb 4 mm-nél. A finom adalékanyagokat a kő vagy kavics természetes töredezéséből, és/vagy a kő vagy kavics zúzásával vagy az ipari gyártásból származó ásványok feldolgozásával lehet előállítani.

### ■ **Durva homok**

A nagyobb méretű homok frakciók megnevezése, ahol D kisebb, vagy egyenlő 4 mm, d nagyobb, vagy egyenlő 2 mm.

### ■ **Természetes állapotú adalékanyag 0/8 mm**

Természetes (pl. folyami) előfordulásból származó adalékanyagok megnevezése, melyeknél D nem nagyobb, mint 8 mm (osztályozott adalékanyag frakciók összekeverésével is elő lehet állítani).

### ■ **Finomrész**

Az adalékanyag MSZ EN 12620 szabvány szerinti azon része, amely áthullott a 0,063 mm nyílású szitán (más előírások a 0,125, illetve 0,25 mm nyílású szitát veszik alapul).

### ■ **Szemmegoszlás**

Az adalékanyag egyes – szita méret szerinti – szemnagyságainak az egész adalékanyag-mennyiség tömegére vonatkoztatott %-os megoszlása.

## **Áthullott frakciók, szemmegoszlási görbék**

A szemnagyságokat annak a vizsgáló szitának a lyuk-átmérőjében fejezik ki, amin az adott szem éppen áthullott.

Az MSZ EN 933-2 szerint csak négyzögletes lyukú szitát szabad használni.

## 7. táblázat: Az előírt szita típusai

Lyuk méret $\geq 4$ mm	Fém drótháló
Lyuk méret $< 4$ mm	Perforált fém lemez

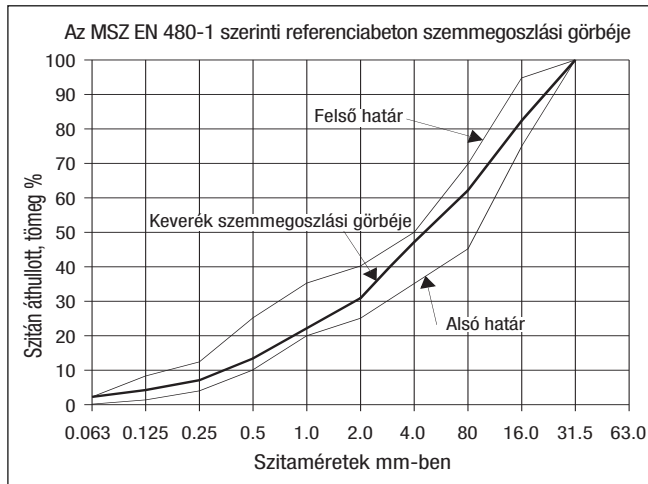
Az egyes sziták lyukméreteit (szita méreteket) az ISO 3310-1 és -2 szabályozza. Példaként választhatjuk az R20 fő-sorozat egyik szabványos szakaszát. Az előírt szita-méretek a következők (lyukméret milliméterben):

Adalékanyag keverék 0-32 mm:

0,063 / 0,125 / 0,25 / 0,50 / 1,0 / 2,0 / 4,0 / 8,0 / 16,0 / 31,5

A szemmegoszlási görbe nem más, mint az áthullott szemek mennyiségét összegző görbe.

Az alábbi példa az MSZ EN 934-2 adalékszer szabványon keresztül mutatja be az MSZ EN 480-1 vizsgálati szabványban, a referenciabetonra előírt szemmegoszlási határgörbéket. Ezek között a határgörbék között helyezkedik el a keverék tényleges szemmegoszlási görbéje.



### 1. ábra: Példa szemmegoszlási görbére

A fentiekben bemutatott homokos kavics szemmegoszlási görbéje frakciónként a 8. táblázat szerinti anyagmennyiségeket tartalmazza.

Összetevő	Szemnagyság mm-ben	%-os részarány a keverékben
Mészkelet	0 – 0,25	2,5
Gömbölyű szemű homok	0 – 1	18,0
Gömbölyű szemű homok	1 – 4	27,5
Gömbölyű szemű kavics	4 – 8	12,0
Gömbölyű szemű kavics	8 – 16	20,0
Gömbölyű szemű kavics	16 – 32	20,0

### 8. táblázat: Szemmegoszlási görbe anyagmennyiségei

A homok és a kavics ebben az esetben mosott anyag volt, ezért a bedolgozhatóság javítására töltőanyagot adtak hozzá.

## **Gyakorlati tudnivalók**

### ■ *Optimális szemalak, zúzott/kerek*

A kocka-, illetve gömbformához közelálló zömök szemek alkalmasabbnak bizonyultak, mint a hosszúkás alakúak, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak a konzisztenciára. A zúzott adalékanyagoknak nagyobb fajlagos felülete miatt – azonos konzisztencia esetén – egy kissé magasabb a vízigénye, azonban az adalékszemek jobb első összekapcsolódása miatt a beton nagyobb nyomó- és különösen nagyobb húzószilárdságot mutat.

### ■ *Túlnyomóan zúzott adalékanyagok*

A kőből, nagyobb darabokból, zúzással nyert anyagok, csak tört felületeket tartalmaznak, míg a zúzott, gömbölyű szemű anyagoknál természetes, lekerekített felületek is előfordulnak.

A zútottkő anyagot ma külföldön főként az alagútépítésben használják. Mottó: „A fejtés helye = A beépítés helye”.

### ■ *Bányahomok*

A szemek alakja – a közettől függően – szögletes és ugyanakkor hosszúkás vagy lemezes. A jó bedolgozhatóságra ez káros hatással van és a bányahomok vízigénye is általában magasabb.

### ■ *Káros szennyezőanyagok*

A termőföldet, humuszt, márgát, gipszet, szulfátokat, kloridokat és alkáliákat tartalmazó adalékanyagok mind potenciálisan károsak és a várható következményeket tisztázni kell.

## **Az adalékanyagok fizikai előírásai**

Az MSZ EN 12620 szabvány a durva adalékanyagokat a következő kategóriákba osztja:

- Hasadásálló
- Kopásálló
- Ellenálló csiszoló és dörzsölő hatással szemben
- Szemtestsűrűség és vízfelvétel
- Halmazsűrűség
- Tartósság

## **Tartósság**

Ez főként a durva adalékanyagok fagyállóságára, fagy- és olvasztósó állóságára vonatkozik, amelynek megfelelőnek kell lennie a meghatározott célra, és szükség esetén ellenőrizni kell.

## **Alternatív adalékanyagok (újrahasznosított anyagok)**

A nagykiterjedésű kavics és homok lerakódások egyidejűleg értékes, nem-megújuló talajvízhordozók. Egyre nehezebbé válik a kavicsok beszerzése az ilyen természetes területekről.

A lehetséges helyettesítők a következők:

- Régi betonok zúzása és feldolgozása, beton granulátum készítése
  - Beton mosóvíz berendezésekből a finom részek újrafelhasználása
- Az újrahasznosított anyagok alkalmasságát minden esetben meg kell vizsgálni.

## 1.4. Betonadalékszerek

A beton adalékszerek olyan folyadékok vagy porok, amelyeket a keverés folyamán kis mennyiségben adnak a betonhoz, általában a cement tartalomhoz viszonyítva. Ezek fizikai és/vagy kémiai úton befolyásolják a friss-és/vagy a megszilárdult beton tulajdonságait.

Az MSZ 4798-1 (EN 206-1) Magyarországon alkalmazandó, európai betonszabvány szerint az MSZ EN 934-2 szabvány határozza meg a betonadalékszereket, és ugyanez írja le azok követelményeit is. A szabvány 3.2. Sajátos fogalom meghatározások c. fejezete a következőket tartalmazza (kissé rövidítve):

### Adalékszerek – meghatározások és hatások

#### ■ *Képlékenyítő*

Lehetővé teszi egy adott betonkeverék víztartalmának csökkentését a konzisztencia befolyásolása nélkül, vagy a víztartalom változtatása nélkül javítja a bedolgozhatóságot, vagy mindkét hatást egyidejűleg kifejti.

#### ■ *Folyósító*

Lehetővé teszi egy adott betonkeverék víztartalmának jelentős csökkentését a konzisztencia befolyásolása nélkül, vagy a víztartalom változtatása nélkül jelentősen javítja a bedolgozhatóságot, vagy mindkét hatást egyidejűleg kifejti.

#### ■ *Stabilizáló*

A keverővíz veszteségét a frissbetonban a vízkiválás (vérzés) csökkentésével mérsékeli.

#### ■ *Légbuborékképző*

Kisméretű, egyenletes eloszlású és meghatározott mennyiségű légbuborékot hoz létre keverés közben, és ezek a buborékok a beton szilárdulása után is megmaradnak.

#### ■ *Kötésgyorsító*

A keverék képlékenyből szilárd állapotba való átmenetének kezdetét időben előbbre hozza.

#### ■ *Szilárdulásgyorsító*

A beton korai szilárdulásának ütemét gyorsítja a kötési idő változtatásával vagy anélkül.

#### ■ *Kötéskésleltető*

A keverék képlékenyből szilárd állapotba való átmenetének kezdetét időben későbbre tolja és tartósítja a konzisztenciát.

#### ■ *Tömítő*

Csökkenti a megszilárdult beton kapilláris-vízfelszívását.

#### ■ *Kötéskésleltető/Képlékenyítő*

A képlékenyítő (főhatás) és a kötéskésleltető (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

#### ■ *Kötéskésleltető/Folyósító*

A folyósító (főhatás) és a kötéskésleltető (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

#### ■ *Kötésgyorsító/Képlékenyítő*

A képlékenyítő (főhatás) és a kötésgyorsító (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

Az egyéb termékcsoportokat, mint pl. a zsugorodáscsökkentőket és korróziós inhibitorokat az MSZ EN 934-2 szabvány (még) nem tartalmazza.

### 9. táblázat: Az adalékszerek adagolása az MSZ EN 4798-1 (EN 206-1) szerint

Megengedett adagolás  $\leq 5\%$  a cement tömegéhez viszonyítva.

Ennél nagyobb adagolás hatását a beton viselkedésére és tartósságára ellenőrizni kell.

---

Kis mennyiségű adagolás  $< 0,2\%$  a cement tömegéhez viszonyítva.

Ez csak akkor megengedhető, ha az adalékiszert a keverővíz egy részében szétoszlatják.

---

Adalékiszter víztartalmának beszámítása a víz/cement tényezőbe.

Ha a folyékony adalékiszter teljes mennyisége  $> 3 \text{ l/m}^3$  a betonban, akkor annak víztartalmát bele kell számítani a víz/cement tényező meghatározásába.

---

Többféle adalékiszter egyidejű használata.

Ha egyidejűleg egynél több adalékisztert alkalmaznak, akkor azok összeférhetőségét előzetes vizsgálattal ellenőrizni kell.

---

A fentiekben felsorolt adalékiszterek hatásait és használatuk módját részletesen a következő fejezetekben tárgyaljuk.

## 1.5. Beton kiegészítő anyagok

A beton kiegészítő anyagok olyan finom szemű anyagok, melyeket általában jelentős arányban adnak a betonhoz (körülbelül 5 – 20 tömeg%-ban). A friss- és/vagy a megszilárdult beton tulajdonságainak javítására, különleges feltételeknek való megfeleltetésre használják ezeket. Az MSZ 4798-1 (EN 206-1) szabvány a szervesetlen beton kiegészítő anyagok két fajtájával foglalkozik:

### I. típus

Közel inert (kémiai reakcióba nem lépő) kiegészítő anyagok, mint pl. a töltőanyagok (mészkőliszt, kvarcliszt) és színező pigmentek.

#### ■ *Pigmentek*

A beton színezésére pigmentált fénoxidokat (főként vasoxidokat) használnak. Általában a cement tömegére vetített 0,5-5%-os mértékben adagolják; ezeknek színtartóknak és stabilaknak kell maradni a lúgos cement környezetben. Bizonyos pigment-típusoknál a keverék vízigénye megnőhet.

#### ■ *Töltőanyagok (mészkőliszt, kvarcliszt)*

A finomrészben szegény keverékeket javítani lehet a kőlisztek adagolásával. Ezeket az inert anyagokat használják a szemmegoszlási görbe javítására. A keverék vízigénye nagyobb lesz, különösen mészkőliszt esetén.

**10. táblázat: A kőlisztek műszaki adatai (DIN 4226-1 szerint)**

Parameter	Kőlisztek		
	Kvarclisz	Mész-kőlisz	Mértékegység
Sűrűség <sup>1</sup>	2650	2600–2700	kg/m <sup>3</sup>
Fajlagos felület	≥ 1000	≥ 3500	cm <sup>2</sup> /kg
Halmazsűrűség (ömlesztett) <sup>1</sup>	1300–1500	1000–1300	kg/m <sup>3</sup>
Izzítási veszteség	0.2	~40	%

<sup>1</sup> Jelenlegi tapasztalati értékek

<sup>2</sup> Ezt a tényezőt a silók stb. feltöltési kapacitásához kell figyelembe venni.

## II. típus

Puccolános (pl. trasz) vagy látens hidraulikus (pl. pernye, szilikapor, kőhósalak) kiegészítő anyagok.

A pernye a széntüzelésű erőművekből származó finom, visszamaradó égéstermék, amelyet mind a cementhez, mind a betonhoz felhasználnak kiegészítő anyagként. A pernye összetétele főként a szén típusától és származási helyétől, valamint az égetési feltételektől függ.

A szilikapor főként az amorf szilícium dioxid gömb alakú részecskéiből áll, amely a szilícium és szilícium ötvözetek gyártásából származik. Fajlagos felülete 18-25 m<sup>2</sup>/gramm és erősen reakcióképes puccolán. A szilikapor szokásos adagolása legfeljebb 5% - 10% a cement tömegére vonatkoztatva.

**11. táblázat: Cementek és puccolánok összehasonlítása**

Tulajdonság	Termék				
	Cementek		Ipari puccolánok		
	CEM I 42.5*	CEM II A-LL 32.5 R*	Pernyék	Szilikapor	Mértékegység
Sűrűség <sup>1</sup>	~ 3100	~ 3000	2200–2600	~ 2200	kg/m <sup>3</sup>
Fajlagos felület	~ 3000	~ 4000	3000–5500	180 000–250 000	cm <sup>2</sup> /kg
Halmazsűrűség (ömlesztett) <sup>1</sup>	~ 1200	~ 1100	1000–1100	300–600	kg/m <sup>3</sup>
Izzítási veszteség	2.4	2.4	≤ 5	≤ 3	%
SiO <sub>2</sub> tartalom			40–55	up to 98	%

<sup>1</sup> Jelenlegi tapasztalati értékek a puccolánokra vonatkozóan

<sup>2</sup> Ezt a tényezőt a silók stb. feltöltési kapacitásához kell figyelembe venni.

<sup>3</sup> Véletlenül kiválasztott, szokásos cementek adatai az MSZ EN 197-1



## 1.6. Beton finomrésztartalma

A beton finomrésztartalma a következőkből áll:

- a cementből,
- az adalékanyag MSZ EN 12620 szabvány szerinti azon részéből, amely áthullott a 0,063 mm nyílású szitán (más előírások a 0,125, illetve 0,25 mm nyílású szitát veszik alapul),
- egyéb beton kiegészítő anyagokból.

A beton finomrésztartalma úgy viselkedik, mint egy kenőanyag a frissbetonban, amellyel javítható a bedolgozhatóság és a vízmegtartó képesség. A keverék szétosztályozódásának veszélye a beépítés folyamán csökken, és a tömörítés könnyebbé válik. A túlságosan nagy finomrésztartalom viszont ragadós betont eredményez. Előfordulhat a nagyobb zsugorodási és kúszási hajlam is (nagyobb víztartalom). A Sika ajánlása szerint a 12. táblázat szerinti finomrésztartalmak váltak be a gyakorlatban.

	<b>Gömbölyű szemű adalékanyag</b>	<b>Zúzott adalékanyag</b>
$D_{\max} = 32$ mm legnagyobb szem- nagyságú betonokhoz	Finomrésztartalom 350 – 400 kg/m <sup>3</sup> között	Finomrésztartalom 375 – 425 kg/m <sup>3</sup> között
$D_{\max} = 16$ mm legnagyobb szem- nagyságú betonokhoz	Finomrésztartalom 400 – 450 kg/m <sup>3</sup> között	Finomrésztartalom 425 – 475 kg/m <sup>3</sup> között

### 12. táblázat: A Sika ajánlása szerinti finomrésztartalmak

Az ennél nagyobb finomrésztartalmak általában az öntömörödő betonoknál (SCC) fordulnak elő.

## 1.7. Keverővíz

A víz betongyártásra való alkalmassága annak származási helyétől függ. Az MSZ EN 1008 a víz következő típusait sorolja fel:

### ■ *Ivóvíz*

Alkalmas a betongyártáshoz. Vizsgálni nem szükséges.

### ■ *Betongyártásból származó újrahasznosított víz (azaz mosóvíz)*

Általában megfelel a betongyártáshoz, de a szabvány „A” mellékletének meg kell felelnie (vagyis mosóvízben lévő szilárd anyagok mennyisége kevesebb kell legyen, mint a betonkeverékben használt szilárd anyagok tömegének 1%-a).

### ■ *Talajvíz*

Alkalmas lehet a betongyártásra, de ellenőrizni kell.

### ■ *Természetes felszíni vizek és ipari folyamatok vizei.*

Alkalmas lehet a betongyártásra, de ellenőrizni kell.

### ■ *Tengervíz vagy félig sós víz*

Lehet, hogy használható vasalatlan beton esetén, de nem alkalmas vasbeton vagy feszített beton gyártáshoz. A beton legnagyobb megengedett kloridtartalmát minden esetben ellenőrizni kell, különösen acélbetéteket vagy más beágyazott fémeket tartalmazó betonok esetén.

### ■ *Szennyvíz*

Nem alkalmas a betongyártáshoz.

A keverék víz a betongyártásból származó újrahasznosított víz és az egyéb forrásokból nyert víz keveréke. A keverék vízre vonatkozóan is az előírásokat kell alkalmazni.

### **Előzetes vizsgálatok (MSZ EN 1008, 1. táblázat)**

A vizet először is elemezni kell olaj- és zsírnymok, habzás (mosószerék!), lebegő anyagok, szagok (pl. ne legyen hidrogén szulfid szaga hidrogén klorid (sósav) hozzáadása után), savtartalom ( $\text{pH} \geq 4$ ) és humuszos anyagok szempontjából.

Azokat a vizeket, amelyek nem felelnek meg az MSZ EN 1008 szabvány 1. táblázatában szereplő egy vagy több követelményének, csak akkor lehet használni, ha megfelelnek a következőkben ismertetett kémiai előírásoknak és a használatuk nem gyakorol negatív hatást a kötési időre és a szilárdság kialakulására (a vizsgálati módszereket lásd az MSZ EN 1008 szabványban).

## Kémiai előírások

### ■ *Kloridok*

A víz klorid tartalmának nem szabad meghaladnia a 13. táblázatban megadott értékeket.

Végfelhasználás	A legnagyobb klorid tartalom mg/l-ben
Előfeszített beton vagy kiöntő habarcs	500
Beton vasalással vagy beépített fém alkatrészekkel	1000
Beton vasalás vagy beépített fém alkatrészek nélkül	4500

### 13. táblázat: Keverővíz klorid tartalmának határértékei

#### ■ *Kén*

A víz kén tartalmának nem szabad meghaladnia a 2 000 mg/l értéket.

#### ■ *Alkáliák*

Amennyiben a betonban alkáli-érzékeny adalékanyagokat használnak, a víz alkália tartalmát vizsgálni kell. Az alkália tartalomnak ( $\text{Na}_2\text{O}$  egyenérték) nem szabad meghaladnia az 1 500 mg/l értéket. Amennyiben ezt a szintet túllépi, a vizet csak akkor lehet használni, ha bizonyítható, hogy intézkedéseket tettek a káros alkáli-kovasav és alkáli-karbonát reakciók megelőzésére.

#### ■ *Káros szennyezőanyagok*

A cukrokat, foszfátokat, nitrátokat, ólmot és cinket vizsgáló minőségellenőrzéseket előzetesen végre kell hajtani. Amennyiben az eredmények pozitívak, akkor vagy az érintett anyag tartalmát kell meghatározni vagy kötési idő és nyomószilárdság vizsgálatokat kell végezni.

Anyag	Legnagyobb tartalom mg/l-ben
Cukrok	100
Foszfátok $\text{P}_2\text{O}_5$ -ben kifejezve	100
Nitrátok $\text{NO}_3^-$ -an kifejezve	500
Ólom $\text{Pb}^{2+}$ -ban kifejezve	100
Cink $\text{Zn}^{2+}$ -ban kifejezve	100

### 14. táblázat: Kémiai elemzések határértékei

#### ■ *Kötési idő és szilárdság*

A kötési idő kezdete a vízzel készített mintákon nem lehet kisebb, mint 1 óra és 25%-nál nagyobb mértékben nem térhet el azon minták kezdeti kötésidjétől, amelyeket desztillált vagy deionizált vízzel készítettek. A kötés vége nem lehet több, mint 12 óra és 25%-nál nagyobb mértékben nem térhet el azon minták kötésének végétől, amelyeket desztillált vagy deionizált vízzel készítettek.

A vízzel készített minták átlagos nyomószilárdsága 7 nap után érje el a nekik megfelelő, desztillált vagy deionizált vízzel készített, minták nyomószilárdságának legalább 90 %-át.

## 1.8. Anyagtérfogat számítás

Az anyagtérfogat számítás célja, hogy számítással határozza meg a beton térfogatát a nyersanyagok térfogatából. Az anyag térfogata az egyes beton-összetevők térfogatát jelenti. A számítás feltételezi, hogy az 1 m<sup>3</sup> frissbeton előállításához tervezett cement, víz, adalékanyag, adalékszer, kiegészítő anyag mennyiségei összekeverve, majd hozzáadva a tömörítés után megmaradó levegőzárványokat, éppen kiadják az 1 m<sup>3</sup> betontérfogatot.

15. táblázat: Számított térfogatok és tömegek 1 m<sup>3</sup> betonhoz

A tervezett betonhoz felhasznált nyersanyagok	Adagolás %-ban	Kg-szükséglet 1 m <sup>3</sup> -hez (keverék-tervezés szerint)	Sűrűség kg/l		Eredmény literben 1 m <sup>3</sup> -hez
<b>Cement</b> Fajta:		kg	3.15 (ellenőrzendő)	→	
<b>További kötőanyag</b> Fajta:		kg		→	
<b>Kiegészítő szilikapor</b> (további kötőanyag)		kg	2.2 (ellenőrzendő)	→	
<b>1. adalékszer</b> Fajta:		kg			
<b>2. adalékszer</b> Fajta:		kg			
<b>Várt vagy tervezett levegő</b> 1 % = 10 l 1 m <sup>3</sup> -en		%	–	→	
<b>Keverővíz</b> v/c = (beleértve az adalékanyagok víztartalmát)		kg	1.0	→	
<b>Teljes térfogat literben adalékanyagok és homok nélkül</b>					↓
<b>Adalékanyagok és homok</b> (száraz állapotban)		kg ↓	2.65 (ellenőrzendő)	←	(= Δ 1000 l-hez)
<b>Az összes beton</b>		kg (1 m <sup>3</sup> -hez)	→ kg/l (a friss beton sűrűsége)	←	<b>1000 l (= 1 m<sup>3</sup>)</b>

→ = a számítás iránya

**Megjegyzés:** Amennyiben az adalékszerek teljes mennyisége a betonban meghaladja a 3 l/m<sup>3</sup>-t, az adalékszer víztartalmát bele kell számítani a víz/cement tényezőbe.

16. táblázat: Példa anyagterfogat számításra

A tervezett betonhoz felhasznált nyersanyagok	Adagolás %-ban	Kg-szükséglet 1 m <sup>3</sup> -hez (keveréktervezés szerint)	Sűrűség kg/l		Eredmény literben 1 m <sup>3</sup> -hez
<b>Cement</b> Fajta: CEM I		kg 325	3.15 (ellenőrzendő)	→	<b>103</b>
<b>További kötőanyag</b> Fajta:		kg		→	
<b>Kiegészítő szilikapor</b> (további kötőanyag)	6	kg 19.5	2.2 (ellenőrzendő)	→	<b>9</b>
<b>3. adalékszer</b> Fajta: ViscoCrete® (cement + szilikaporra számolva)	1.2	kg 4.13			(a víz-tartalomba beleértve)
<b>2. adalékszer</b> Fajta:		kg			
<b>Várt vagy tervezett levegő</b> 1 % = 10 l 1 m <sup>3</sup> -ben		% 3.0	–	→	<b>30</b>
<b>Keverővíz</b> v/c = 0,45 (beleértve az adalékanyagok víztartalmát)		kg 155	1.0	→	<b>155*</b>
<b>Teljes térfogat literben adalékanyagok és homok nélkül</b>					<b>297</b> ↓
<b>Adalékanyagok és homok</b> (száraz állapotban)		kg 1863 ↓	2.65 (ellenőrzendő)	←	<b>703</b> (= Δ for 1000 l)
<b>Az összes beton</b>		kg 2362 (1 m <sup>3</sup> -hez)	→ 2.362 kg/l (a frissbeton sűrűsége)	←	<b>1000 l</b> (= 1 m <sup>3</sup> )

\* Kb. 1 liter vizet kell elméletileg hozzáadni (a közel 25% szárazanyag tartalmú adalékszer helyettesítésére).

## 2. Európai betonszabvány

Az EN 206-1:2000 Európai Beton Szabványt, mint alapszabványt országonként változó átmeneti időszakokkal és időpontban vezették be Európában. Magyarországon először MSZ EN 206-1:2002 számon jelent meg, majd elkészült hozzá a Nemzeti Alkalmazási Dokumentum (NAD) és azt magyarországi alkalmazásra az alapszabvánnyal egybeszerkesztve, MSZ 4798-1:2004 számon adták ki. A továbbiakban ezért az MSZ 4798-1 hivatkozási számot használjuk.

Ezt a szabványt kell alkalmazni a magas- és mélyépítésben helyszínen készült szerkezetekhez, előre gyártott szerkezetekhez és szerkezeti elemekhez felhasznált betonokra, amelyek elkészíthetők a helyszínen, transzportbetonüzemben és betonelemgyárban.

*A szabvány a következő legfontosabb betonfajtákra alkalmazható:*

- közönséges (normál) beton,
- nehézbeton,
- könnyűbeton,
- előfeszített beton.

*A következő európai szabványok vannak előkészítés alatt:*

- löttbeton,
- utakhoz és más közlekedési területekhez alkalmazandó beton (ezek elkészültéig Magyarországon az ÚT jelzetű útügyi műszaki előírások az irányadók).

*A szabvány nem alkalmazható a következő betonokra:*

- sejtésített beton,
- habbeton,
- nyitott üregeket tartalmazó beton („egyszemcsés” beton),
- habarcsok, melyek maximális szemnagysága  $\leq 4$  mm,
- $800 \text{ kg/m}^3$ -nél kisebb testsűrűségű betonok,
- hő- és tűzálló beton,
- szálerősítésű beton.

### 17. táblázat: A betonok gyártó számára történő osztályozása

A betonokat vagy **tervezett betonnak** (a kitéti osztály és előírásainak figyelembevételével) vagy **előírt betonnak** (a beton összetételének megadásával) nevezik.

## 2.1. Fogalom meghatározások a szabványból

### A beton tulajdonságai és az alkalmazók köre

#### ■ *Tervezett beton.*

Olyan beton, amelynek szükséges tulajdonságait és egyéb kiegészítő jellemzőit a gyártó számára előírják, aki felelős azért, hogy a frissbetont az előírt tulajdonságokkal és az egyéb kiegészítő jellemzőkkel készítse el.

#### ■ *Előírt összetételű beton*

Olyan beton, melynek összetételét és az alkalmazandó alkotóanyagokat a gyártó számára előírják, aki az előírt összetételű beton szolgáltatásáért felelős. Magyarországon receptbetonnak nevezik a legfeljebb C16/20 nyomószilárdsági osztályú, előírt szabványos betont.

#### ■ *Környezeti hatások (→ *kitéti osztályok*)*

Azok a kémiai és fizikai hatások, amelyeknek a beton ki van téve, és olyan igénybevételeket jelentenek a betonra, a vasalásra vagy a beágyazott fémre, amelyeket nem vesznek figyelembe teherként a szerkezet méretezésekor.

#### ■ *Műszaki feltételek*

A gyártó számára a teljesítőképességre vagy az összetételre megadott, dokumentált műszaki követelmények végleges gyűjteménye.

#### ■ *Előírt szabványos beton*

Olyan beton, amelyek szilárdsági jele legfeljebb C16/20, és amelynek összetételét a beton alkalmazási helyén érvényes szabvány adja meg (korábban ezt a betont Magyarországon receptbetonnak hívták).

#### ■ *Előíró*

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

#### ■ *Gyártó*

A frissbetont készítő személy vagy szervezet.

#### ■ *Felhasználó (kivitelező)*

Az építmény vagy építményrész kivitelezéséhez a frissbetont felhasználó személy vagy szervezet.

### **A beton vízháztartása**

#### ■ *Teljes víztartalom*

A keveréskor adagolt keverővíznek, az adalékanyagban és az adalékanyag szemcséinek felületén lévő víznek, az adalékszerben lévő víznek, a pépalakban használt kiegészítő anyagban lévő víznek és bármilyen jég adagolásából vagy gőzérlelésből keletkező víznek az összege.

#### ■ *Hatékony víztartalom*

A frissbetonban lévő teljes víztartalomnak és az adalékanyagok által (a beton kötése alatt) felszívott víztartalomnak a különbsége.

#### ■ *Víz/cement tényező*

A frissbetonban lévő hatékony víztartalomnak és a cementtartalomnak a tömeg szerinti aránya. Jele a betontechnológiában:  $x=v/c$ .

### **Rakodás, szállítás, alkalmazási helyszín**

#### ■ *Helyszínen kevert beton*

A beton felhasználója által, saját céljára, az építés helyszínén vagy az előregyártó üzemben készített beton.

#### ■ *Transzportbeton*

Friss állapotban átadott beton, amelyet olyan személy vagy szervezet ké-

szít, aki vagy amely nem a felhasználó. Ez a szabvány transzportbetonként határozza meg:

a felhasználó által nem a helyszínen készített beton;  
a helyszínen, de nem a felhasználó által készített betont.

■ **Szállítmány**

Egy járműben (vagy szállítótartályban) szállított, egy vagy több adagból álló betonmennyiség.

■ **Adag**

A keverőgép egy műveleti ciklusa alatt előállított vagy a folyamatosan működő keverőgépből 1 perc alatt ürített frissbeton mennyisége.

## 2.2. Környezeti hatásoktól függő kitéti (környezeti) osztályok

A környezeti hatásokat a szabvány kitéti (környezeti) osztályokba sorolja. A kitéti (környezeti) osztályok kiválasztása függ a beton felhasználási helyén érvényes előírásoktól. Ez a környezeti osztályozás nem zárja ki a beton felhasználási helyén meglévő különleges feltételek mérlegelését vagy a védőintézkedések alkalmazását, mint pl. a rozsdamentes acél vagy más korrózióálló fém használatát, valamint védőbevonat felhordását a betonra vagy az acélbetétekre, továbbá a betonfedés szükséges mértékének betartását.

A beton a leírt hatások közül egynél többnek is ki lehet téve. Ebben az esetben ezt a tényt a kitéti (környezeti) osztályok kombinációjával kell kifejezni.

### 18. táblázat: Kitéti (környezeti) osztályok Magyarországon

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
<b>1. Nincs korróziós kockázat</b>		
<b>XN(H)</b>	Környezeti hatásoknak nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	Korrózióknak ki nem tett, kis szilárdságú aljzatbetonok, beton alaprétegek.
<b>XOb(H)</b>	Környezeti hatásoknak nem ellenálló beton	Vasalás nélküli, korrózióknak ki nem tett kítőltő és kiegyenlítő beton.
<b>XOv(H)</b>	Környezeti hatásoknak nem ellenálló vasbeton	Legfeljebb 35% relatív páratartalmú száraz helyen lévő belső helyiségben vagy levegő hozzájutásától teljesen elzárt, száraz helyen lévő vasbeton esetén.
<b>2. Karbonátosodás okozta korrózió</b>		
<b>XC1</b>	Száraz vagy állandóan nedves helyen	Csekély relatív páratartalmú épületben lévő beton. Állandóan víz alatt lévő beton.
<b>XC2</b>	Nedves, ritkán száraz helyen	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek. Sokféle alaptest.



Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
XC3	Mérsékelt nedves helyen	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben lévő beton. Esőtől védett, szabadban lévő beton.
XC4	Váltakozva nedves és száraz helyen	Víznek kitett betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba
<b>3. Nem tengervízből származó klorid által okozott korrózió</b>		
XD1	Mérsékelt nedves helyen	A levegőből származó kloridnak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett beton.
XD2	Nedves, ritkán száraz helyen	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó ipari vizeknek, talajvíznek kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett beton.
XD3	Váltakozva nedves és száraz helyen	Hidak azon részei, melyek kloridokat tartalmazó permetnek vannak kitéve, burkolatok, autó parkolók födémjei.
<b>4. Tengervízből származó klorid által indított korrózió (Magyarországon nem használt)</b>		
<b>5. Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül.</b>		
XF1	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges betonfelületek esőnek és fagynak kitéve.
XF2	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útépítési szerkezetek függőleges betonfelületei, fagynak és levegő által szállított jégolvasztó anyag permetének kitéve.
XF3	Nagymértékű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Esőnek és fagynak kitett vízszintes betonfelületek.
XF4	Nagymértékű víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útburkolatok és hídpályalemezek jégolvasztó anyagoknak és azok közvetlen permetének kitéve. Fagynak kitett betonfelületek.
<b>6. Kémiai korrózió talaj vagy talajvíz hatására (következő táblázat szerint)</b>		
XA1	Enyhén agresszív kémiai környezet	Szennyvíz tisztító telepek betonjai, zagy-tárolók.
XA2	Mérsékeltan agresszív kémiai környezet.	Betonra agresszív talajban lévő elemek.
XA3	Erősen agresszív kémiai környezet	Betonra agresszív ipari szennyvíz telepek, erjesztő tartályok, füstgázkivezető betonszerkezetek.

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
-----------------	----------------------------	---

### 7. Koptató hatás okozta igénybevétel

<b>XK1(H)</b>	Könnyű szemcsés anyagok mérsékelt koptató hatása	Könnyű anyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
<b>XK2(H)</b>	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás	Betonút; durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói; gördülő hordalékkal érintkező betonfelületek.
<b>XK3(H)</b>	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta fokozott koptató hatás	Repülőtéri kifutópályák, felszállópályák, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
<b>XK4(H)</b>	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta igen erős koptató hatás	Nehéz tehernek és targoncaforgalomnak kitett csarnokok és raktárak kemény felületű, portmentes ipari padlóburkolata.

### 8. Igénybevétel víznyomás hatására

<b>XV1(H)</b>	Kis üzemi víznyomásnak kitéve ( $\geq 300$ mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,4$ liter/m <sup>2</sup>	Pincefal, csatorna, $\leq 1$ m magas víztároló medence, csapadékszállítók és tározók.
<b>XV2(H)</b>	Kis üzemi víznyomásnak kitéve ( $\leq 300$ mm vastag beton) vagy nagy üzemi víznyomásnak kitéve ( $\geq 300$ mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,2$ liter/m <sup>2</sup>	Vízépítési szerkezetek, $> 1$ m magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.
<b>XV3(H)</b>	Nagy üzemi víznyomásnak kitéve ( $\leq 300$ mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,1$ liter/m <sup>2</sup>	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.

**19. táblázat: Kitéti (környezeti) osztályok a természetes talaj és talajvíz kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően**

Közismert elnevezése	Kémiai jellemző	Mértékegység	XA1 (enyhén agresszív)	XA2 (mérsékelten agresszív)	XA3 (erősen agresszív)
<b>Talajvíz</b>					
Szulfát	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	$\geq 200$ és $\leq 600$	$> 600$ és $\leq 3\ 000$	$> 3\ 000$ és $\leq 6\ 000$
	pH-érték		$\leq 6,5$ és $\geq 5,5$	$< 5,5$ és $\geq 4,5$	$< 4,5$ és $\geq 4,0$
Széndioxid	CO <sub>2</sub>	mg/l	$\geq 15$ és $\leq 40$	$> 40$ és $\leq 100$	$> 100$ telítettségig
	agresszív				
Ammónium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	$\geq 15$ és $\leq 30$	$> 30$ és $\leq 60$	$> 60$ és $\leq 100$
Magnézium	Mg <sup>2+</sup>	mg/l	$\geq 300$ és $\leq 1\ 000$	$> 1\ 000$ és $\leq 3\ 000$	$> 3\ 000$ telítettségig
<b>Talaj</b>					
Szulfát	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	$\geq 2\ 000$ és $\leq 3\ 000$	$> 3\ 000$ és $\leq 12\ 000$	$> 12\ 000$ és $\leq 24\ 000$

## 2.3. Konzisztencia szerinti osztályba sorolás

Az alábbi táblázatokban lévő konzisztencia osztályok között nincs közvetlen kapcsolódás. Az alig földnedves (különleges tömörítési eljárásra tervezett, kis víztartalmú) betonok esetére nincs konzisztencia osztály.

### 20. táblázat: Tömörítési osztályok

Osztály	A tömöríthetőség mértéke (Tömörítési mérték)
C0	$\geq 1,46$
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04
C4	1,10 – 1,04
	$< 1,04$

### 21. táblázat: Területi osztályok

Osztály	Területi átmérő (Területi mérték), mm
F1	$\leq 340$
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6	$\geq 630$

### 22. táblázat: Roskadási osztályok

Osztály	Roskadás (Roskadási mérték), mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	$\geq 220$

### 23. táblázat: Vebe osztályok

Osztály	Vebe-méteres átfarmálási idő, s
V0	$\geq 31$
V1	30 – 21
V2	20 – 11
V3	10 – 6
V4	5 – 3

## 2.4. Nyomószilárdsági osztályok

Az osztályozáshoz vagy a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek vagy a 150 mm élhosszúságú kockák 28 napos nyomószilárdságának jellemző (előírt) értékét kell használni. A zárójelben szereplő értékek a próbatetek Magyarországon szokásos vegyes tárolása esetén érvényesek (az eredeti európai szabvány szerint végig víz alatt kell tárolni a próbateteket).

**24. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok közönséges- és nehéz-betonokra**

<b>Nyomószilárdsági osztály</b>	<b>A hengersizilárdság előírt jellemző értéke</b> $f_{ck,cyl}$ (N/mm <sup>2</sup> )	<b>A kockaszilárdság előírt jellemző értéke</b> $f_{ck,cube}$ (N/mm <sup>2</sup> )
C8/10	8 (10)	10 (11)
C12/15	12 (15)	15 (16)
C16/20	16 (20)	20 (22)
C20/25	20 (25)	25 (27)
C25/30	25 (30)	30 (33)
C30/37	30 (37)	37 (40)
C35/45	35 (45)	45 (49)
C40/50	40 (50)	50 (54)
C45/55	45 (55)	55 (60)
C50/60	50 (60)	60 (65)
C55/67	55 (67)	67 (71)
C60/75	60 (75)	75 (79)
C70/85	70 (85)	85 (89)
C80/95	80 (95)	95 (100)
C90/105	90 (105)	105 (111)
C100/115	100 (115)	115 (121)

**25. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok könnyűbetonokra**

<b>Nyomószilárdsági osztály</b>	<b>A hengersizilárdság előírt jellemző értéke</b> $f_{ck,cyl}$ (N/mm <sup>2</sup> )	<b>A kockaszilárdság előírt jellemző értéke</b> $f_{ck,cube}$ (N/mm <sup>2</sup> )
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

**26. táblázat: Testsűrűségi osztályok könnyűbetonokra**

Testsűrűségi osztály	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D2,0
A testsűrűség tartománya kg/m <sup>3</sup>	≥ 800 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 1200	> 1200 és ≤ 1400	> 1400 és ≤ 1600	> 1600 és ≤ 1800	> 1800 és ≤ 2000

## 2.5. K-érték elve

Amennyiben **II. típusú kiegészítő anyagokat** használunk (trasz, pernye, szilikapor, kohósalak; lásd az 1.5. fejezetben) a k-érték elve lehetővé teszi, hogy ezeket figyelembe vegyük. A víztartalom, azaz a „víz/cement tényező” ebben az esetben a 27. táblázat szerint helyesbíthető.

Cement esetén	„Víz/cement tényező”
Cement és II. típusú kiegészítő anyag esetén	„Víz/(cement + k x kiegészítő anyag) tényező”

### 27. táblázat: Víz/cement tényező k-érték elve szerinti helyettesítése

A k tényleges értéke az adott kiegészítő anyagtól függ.

A k-érték elvét Magyarországon gyártott cementek és hazai kiegészítő-anyagok esetén mindaddig nem lehet alkalmazni, ameddig a nemzeti alkalmazási szabályok vizsgálatokkal nincsenek alátámasztva.

### K-érték elve az MSZ EN 450-nek megfelelő pernyére

A k-érték elvéhez számításba vehető legnagyobb pernyemennyiségnek ki kell elégítenie az alábbi követelményt:

Pernye/cement ≤ 0,33 tömeg szerint

Ha nagyobb mennyiségű pernyét használnak, akkor a többletet nem szabad figyelembe venni víz/(cement + k x pernye) tényező számításához és a legkisebb cementtartalomban.

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementfajtát tartalmazó beton esetén a 28. táblázat szerinti k-értékeket engedik meg:

CEM I 32,5	k=0,2
CEM I 42,5 és nagyobb	k=0,4

### 28. táblázat: K-értéke pernye esetén

Az adott kitéti (környezeti) osztály esetén az arra megengedett legkisebb cementtartalomra vonatkozó követelményt legfeljebb k x (legkisebb cementtartalom – 200 kg/m<sup>3</sup>) mennyiséggel szabad csökkenteni. A (cement + pernye) mennyisége azonban ne legyen kevesebb, mint az előírt legkisebb cementtartalom.

A k-érték elvének alkalmazása nem ajánlatos pernye és szulfátálló CEM I cement kombinációja esetén, ha a kitéti (környezeti) osztály XA2 és XA3 és az agresszív anyag a szulfát.

### ***K-érték elve a prEN 13263:1998-nak megfelelő szilikapor esetén***

A szilikapor legnagyobb mennyisége, amelyet a víz/cement tényezőben és a cementtartalomban számításba szabad venni, elégítse ki az alábbi követelményt:

Szilikapor/cement  $\leq 0,11$  tömeg szerint

Ha ennél több szilikaport alkalmaznak, akkor a többletet nem szabad figyelembe venni a k-érték elve szerinti számításokor.

A 29. táblázat szerinti k-értékeket szabad alkalmazni az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementfajtát tartalmazó betonhoz.

Előírt víz/cement tényező	
$\leq 0,45$	$k= 2,0$
$> 0,45$	$k=2,0$ kivéve az XC és XF kitéti (környezeti) osztályokat, ahol $k=1,0$

### **29. táblázat: K-értéke szilikapor esetén**

Nem engedhető meg, hogy a (cement + k x szilikapor) mennyisége kevesebb legyen, mint az adott kitéti (környezeti) osztályra előírt legkisebb cementtartalom. A legkisebb cementtartalmat legfeljebb  $30 \text{ kg/m}^3$ -rel szabad csökkenteni olyan környezeti hatásnak kitett betonokban, ahol a megengedett legkisebb cementtartalom  $\leq 300 \text{ kg/m}^3$ .

### ***Az MSZ EN 450-nek megfelelő pernye és a prEN 13263:1998-nak megfelelő szilikapor együttes használata***

A vasalt és előfeszített betonok pórus-szerkezetének acélkorróziós szempontból megfelelő lúgossága érdekében, a következő előírásokat kell betartani a pernye és a szilikapor legnagyobb mennyiségeire vonatkozólag:

Pernye  $\leq (0,66 \times \text{cement} - 3 \times \text{szilikapor})$  tömeg szerint  
Szilikapor/cement  $\leq 0,11$  tömeg szerint

## 2.6. Klorid tartalom (kloridion-tartalom)

A betonban lévő kloridionoknak a cement tömegszázalékában kifejezett mennyisége – azaz a betonnak a cementtartalom tömegszázalékában kifejezett kloridtartalma – legfeljebb a 30. táblázatban az adott osztályra megadott mennyiség legyen.

**30. táblázat: A beton legnagyobb kloridtartalma**

A beton alkalmazása	Klorid-tartalom- osztály <sup>a</sup>	A legnagyobb Cl - tartalom a cementtartalom tömeg- százalékában <sup>b</sup>
Nem tartalmaz acélbetétet vagy más beágyazott fémeket, kivéve a korrózióálló emelőfüleket	Cl 1,0	1,0%
Acélbetétet vagy más beágyazott fémeket tartalmaz	Cl 0,20 Cl 0,40 <sup>c</sup>	0,20% 0,40% <sup>c</sup>
Feszített acélbetétet tartalmaz	Cl 0,10 Cl 0,20 <sup>c</sup>	0,10% 0,20% <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Különleges betonfelhasználás esetén az alkalmazott osztály függ a beton felhasználási helyén érvényes utasításoktól.

<sup>b</sup> Ha II típusú kiegészítő anyagot alkalmazunk, és ezt beszámítjuk a cementtartalomba, akkor a cement + teljes mennyiségű kiegészítő anyag tömegszázalékában kifejezett kloridion az a klorid-tartalom, amelyet számításba kell venni.

<sup>c</sup> Kizárólag nedvességtől elzárt térben lévő szerkezetek esetén szabad megengedni.

31. táblázat: Magyarországon a beton összetételére és tulajdonságaira vonatkozó, elfírt határértékek

		Kítéti (környezeti) osztályok												Koptató hatás		Viznyomás hatása									
		Nincs korróziós kockázat			Karbonátosodás okozta korrózió			Nem tengervízből származó klorid-korrózió			Fagyás/olvadási korrózió							Talaj kémiai korrózió							
Kítéti (környezeti) osztály jele	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	KK1(H)	KK2(H)	KK3(H)	KK4(H)	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)	
Legnagyobb v/c	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C25/30	C30/37	C30/37
Legkisebb cement-tartalom (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	260	280	300	300	300	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	310	330	350	370	300	300	300	
Legkisebb (képzett) levegőtartalom (térfogat%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A frissbeton megkövetelt testsűrűsége (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	2350	2350	2380	2390	2360	2360	2400	2360	Legnagyobb megengedett testsűrűség			2260	2270	2280	2370	2380	2380	2400	2400	2360	2390	2410	
A kiszáritott szilárd beton megkövetelt testsűrűsége (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	2260	2270	2310	2330	2290	2290	2350	2290	2180	2200	2230	2290	2290	2320	2330	2310	2340	2330	2360	2360	2270	2310	2350
Egyéb követelmények	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Az MSZ EN 12620:2003 szerinti fajtájú kielégítő fagyás-olvadás állóságú adalekanyag			CEM II	Szulfátálló cement <sup>b</sup>		A homokos kavicsot vagy a zúzottkővet, vagy a különleges adalekanyagot az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.7. szakasz szerinti legyen.					A homokos kavics szemmegoszlása az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.3. szakasz szerinti legyen.			

<sup>a</sup> Ha a betonban nincs mesterséges légbuborék, akkor a beton teljesítményét megfelelő módszerrel meg kell vizsgálni, olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott kítéti (környezeti) osztály esetén a fagyás/olvadás-állóságot bizonyították. Magyarországon XF2, XF3 és XF4 kítéti (környezeti) osztályú betont légbuborékképző szer nélkül készíteni nem szabad.

<sup>b</sup> Ha az SO<sub>2</sub> hatása eredményez XA2 és XA3 kítéti (környezeti) osztályt, akkor lényeges a szulfátálló cement alkalmazása. Ahoi a cementet a szulfátellenállás tekintetében osztályozzák, ott méréslehet vagy jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA2 kítéti (környezeti) osztályban, és az XA1 kítéti (környezeti) osztályban, ha ez megfelelő) és jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA3 kítéti (környezeti) osztályban. Magyarországon az XA1 kítéti (környezeti) osztályban valamennyi MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II fajtájú kohószilárdcement alkalmazható. Az XA2 kítéti (környezeti) osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti MS<sub>2</sub> jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementet vagy S jelű szulfátálló portlandcementet (pl. CEM I 32,5 R-S), az XA3 kítéti (környezeti) osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti S jelű szulfátálló portlandcementet (pl. CEM I 32,5 R-S) vagy S jelű szulfátálló kohószilárdcementet (pl. CEM III/B 32,5 N-S) kell alkalmazni.

<sup>c</sup> A legkisebb szilárdosítási osztály tájékoztató adat.



## 2.7. Beton megnevezése

A beton jele (megnevezése) Magyarországon független attól, hogy a beton tervezett-, előírt szabványos-, esetleg előírt iparági beton. A beton megnevezései megváltoztak az MSZ 4798-1 bevezetésével (pl. egy tenderkiírásban).

*Példa: Szivattyúzott beton födémlemezhez, talajvizet területen*

### 32. táblázat: Az MSZ 4798-1-nek megfelelő jelölés (tervezett beton)

C30/37 – XC4 – 32 – C3 – Cl 0,20 – MSZ 4798-1:2004 – szivattyúzható

**C30/37** – közönséges (normál) beton nyomószilárdsági osztálya: a hengerszilárdság előírt jellemző értéke 30, a kockaszilárdság pedig 37 N/mm<sup>2</sup>

**XC4** – kitéti (környezeti) osztály: váltakozva nedves és száraz helyen

**32** – szemmagysági osztály: az adalékanyag legnagyobb szemmagysága,  $D_{max} = 32$  mm

**C3** – konzisztencia osztály: tömörítési mértékben megadva

**Cl 0,20** – kloridtartalom osztály: a beton megengedett legnagyobb klorid-tartalma (Cl) legfeljebb a cementtartalom 0,20 tömeg%-a lehet

**MSZ 4798-1:2004** – az európai szabványnak Magyarországon is megfelelő beton

**Szivattyúzható** – a betont betonszivattyúval juttatják a zsaluzatba

## 2.8. Megfelelőség ellenőrzése

A megfelelés ellenőrzése azoknak a tevékenységeknek és döntéseknek kombinációját foglalja magában, amelyeket az előzetesen elfogadott megfelelési szabályokkal összhangban kell megtenni a beton előírásoknak való megfelelésének az igazolása érdekében. A megfelelés ellenőrzése szerves része a gyártásközi ellenőrzésnek.

**A megfelelésellenőrzés különbséget tesz a tervezett beton és az előírt beton között. A beton típusától függő, további különböző ellenőrzések is ide tartoznak.**

A megfelelés ellenőrzését végre lehet hajtani az egyes betonokon, és/vagy betoncsaládokon.

### 33. táblázat. A mintavétel legkisebb gyakorisága a nyomószilárdság, a testsűrűség és a víztartalom megfelelésének értékeléséhez

Az első 50 m <sup>3</sup> -ig		Az első 50 m <sup>3</sup> -t követően <sup>a</sup>	
		Gyártás-ellenőrzési tanúsítással	Gyártás-ellenőrzési tanúsítás nélkül
Kezdeti gyártás (35 vizsgálati eredményig)	3 minta	1/200 m <sup>3</sup> vagy 2/termelési hét	1/150 m <sup>3</sup> vagy 1/termelési nap
Folyamatos gyártás <sup>b</sup> (35 vizsgálati eredményt követően)		1/400 m <sup>3</sup> vagy 1/termelési hét	

<sup>a</sup> A mintavételezés folyamatos és ne gyakoribb legyen, mint 1 minta minden 25 m<sup>3</sup>-ből.

<sup>b</sup> Ha az utolsó 15 vizsgálati eredmény szórása nagyobb, mint 1,37 $\sigma$ , akkor a következő 35 vizsgálati eredményre meg kell növelni a mintavételezési gyakoriságot.

A mintavétel legkisebb gyakoriságát  $\geq$  C55/67 esetén meg kell növelni.

# 3. Beton



3. fotó: Konténerből történő betonozás

## 3.1. Beton legfontosabb alkalmazási területei

Ésszerűnek látszik a beton alkalmazási területeit aszerint osztályozni, hogy hol és hogyan állítják elő és mi a felhasználás módja, mivel ezekhez különböző előírások és tulajdonságok tartoznak. Két európai ország 2002. évi cement eladásán keresztül mutatjuk be, hogyan változnak az általános felhasználási módok százalékos megoszlásai a különböző eladási és felhasználási csatornák szerint:

### 34. táblázat: A beton legfontosabb alkalmazási területei

Svájc	Németország
■ Közelítőleg 72% transzport-beton üzemek	■ Közelítőleg 55% transzport-beton üzemek
■ Közelítőleg 17% építőanyag kereskedők	■ Közelítőleg 20% betonárú gyártók
■ Közelítőleg 7% előre-gyártó üzemek	■ Közelítőleg 11% egyéb előregyártó üzemek
■ Közelítőleg 4% egyéb csatornák	■ Közelítőleg 14% egyéb csatornák

### 3.1.1. Helyszínen előállított beton

A transzportbeton üzemek, ahonnan a betont szállítják, mára számos területen olyan széles körben elterjedtek, hogy az építési vállalkozókat gyorsan és megbízhatóan ki tudják szolgálni.

A helyszínen előállított szerkezet jelentős gazdasági és logisztikai előnyökkel jár, különösen nagy építkezéseken, ahol a betonra folyamatosan szükség van. A helyszínen előállított betont különféle változatokban lehet gyártani és sokféle előírásnak kell megfelelnie. Alkalmazását a következő lépésekre lehet felbontani:

#### **Betontechnológiai utasítás (terv) készítése**

A terv készítésénél a betonnal szemben támasztott követelményeket az adott projekt és a munkahely adottságainak megfelelően kell meghatározni. A következő paraméterekről kell intézkedni:

- Szilárdsági követelmények
- Tartóssági követelmények
- Esztétikai követelmények
- Legnagyobb szemmagyság
- Az előállítás módszere
- A bedolgozási sebessége
- A beton konzisztenciája
- Általános peremfeltételek (hőmérséklet, stb.)
- A szállítási módja és időtartama
- Utókezelési és pihentetési időtartam
- A szükséges vizsgálatok meghatározása
- A beton összetételének meghatározása
- Előkészítő vizsgálatok elvégzése
- A beton összetételének szükség szerinti korrekciója

A fenti paraméterek alapján meghatározott különleges betonok részletes adatait a 3.2. fejezetben adjuk meg. A frissbeton tulajdonságait és vizsgálatát részletesen a 4. fejezetben, a megszilárdult beton tulajdonságait és vizsgálatát pedig az 5. fejezetben ismertetjük.

#### **Gyártás**

A gyártás folyamata az eredményül kapott beton számára meghatározó tényező, amely alapvetően az adagolásból és az alapanyagok összekeveréséből áll. A keverés folyamán a következő paraméterek befolyásolhatják a beton tulajdonságait:

- |                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| – A keverő típusa       | – Az alapanyagok hozzáadása          |
| – A keverő mérete       | – A berendezés vezérlése             |
| – A keverés intenzitása | – A keverőmester személye            |
| – A keverési időtartama | – A keverő tisztítása, karbantartása |

A folyósítókat, mint legfontosabb adalékszereket általában a keverővízbe kell bekeverni vagy legkorábban azzal együtt kell a keverékhez hozzáadni. Az egyéb sajátosságokra és adalékszerekre vonatkozó információk az adott Sika termék adatlapján található.

### ■ A helyszín előkészítése

A helyszín előkészítése a következőkből áll:

- Szállítóberendezések telepítése
- Zsaluzás elkészítése (beleértve a formaleválasztó szer alkalmazását)
- Vasalás ellenőrzése
- Zsaluzás ellenőrzése (rögzítés, tömítettség, zsalu nyomás)
- A betonozáshoz szükséges eszközök (vibrátorok, simító eszközök stb.) készenlétbe helyezése

### ■ Szállítás

Amennyiben a betont mixerkocsival szállítják, a következő kiegészítő kritériumokat kell figyelembe venni:

- Szállítás időtartama (forgalmi helyzetek, dugók, stb.)
- A szállítás során szükséges dobfordulatok meghatározása
- Ne hagyja a mixerkocsit a napon állni a várakozási idő alatt
- A maximálisan szállítható betonmennyiségek meghatározása folyós konzisztencia esetén (öntömörödő beton)
- Alapvetően ne adjon utólag a betonhoz vizet vagy külön adag adalék-szert (kivéve, ha ez az előírás)
- Ürités előtt alaposan keverje át még egyszer a betont (a keverési időnek  $m^3$ -ként legalább 1 percnél kell lennie)

### ■ A beton elhelyezése

A beton elhelyezését általában egy korlátozott és meghatározott időszakon belül kell elvégezni. A következő – a beton minősége szempontjából kritikus – tényezők figyelembevétele hozzájárulhat a művelet sikerességéhez:

- Szállítólevél ellenőrzése
- Megfelelő berendezések használata (pl. vibrátorok stb.)
- A beton túlvibrálásának elkerülése
- Folyamatos elhelyezés és tömörítés
- Nagyobb szerkezeti elemeknél utántömörítés
- A betonozás megszakításánál szükséges intézkedésekre legyünk felkészülve
- A bedolgozás szükséges utómunkálatait végezze el (felületképzés, végső ellenőrzés)

### ■ Utókezelés

Az állandó és következetes betonminőség eléréséhez lényeges a körülményeknek megfelelő és szakszerű utókezelés. Ehhez hozzájárulnak még a következő utókezelő intézkedések:

- Általában óvja a károsító időjárási befolyásoktól (közvetlen nap, szél, eső, fagyás, stb.)
- Kerülje el a rezgéseket (felületképzést követően)
- Használjon utókezelő szereket
- Alkalmazzon fólia- vagy hőszigetelő letakarást
- Tartsa állandóan nedvesen vagy locsolja, ha szükséges
- Tartsa fenn az utókezelést a hőmérséklettől függően

Az utókezelésre vonatkozó további információk a 8. fejezetben találhatóak meg.

### 3.1.2. Előregyártás számára készített beton

Az előregyártott betonokat, amelyeket a betonelem előregyártó üzemek használnak elemgyártáshoz a megszilárdulást követően még elszállítják a beépítés helyére. A frissbetont nem kell hosszan szállítani, így jelentősen különbözik a betonszerkezet készítésének folyamata. Az előregyártott szerkezetek készítéséhez használt beton előállításához ipari jellegű betongyártási folyamatra és gondos betonkeverék tervezésre van szükség, továbbá elengedhetetlen a folytonos optimalizálás. Az alábbiakban felsoroltakra figyeljünk a gyártási folyamat során:

#### ■ **Betontechnológiai utasítás (terv) készítése**

A terv készítésénél a betonnal szemben támasztott követelményeket az adott termék sajátosságainak és a használat rendeltetésének megfelelően kell meghatározni. A következő paraméterekről kell intézkedni:

- Szilárdsági követelmények
- Tartóssági követelmények
- Esztétikai követelmények
- Legnagyobb szemmagyság
- Az előállítás módszere
- A bedolgozási sebessége
- A beton konzisztenciája
- Általános peremfeltételek (hőmérséklet, stb.)
- A beton kezelése és az elhelyezés távolsága
- A szükséges vizsgálatok meghatározása
- Az adott betonelem paramétereinek figyelembevétele
- Utókezelés meghatározása
- A beton összetételének meghatározása
- Előkészítő vizsgálatok elvégzése
- A beton összetételének szükség szerinti korrekciója

A fenti paraméterek alapján meghatározott különleges betonok részletes adatait a 3.2. fejezetben adjuk meg. A frissbeton tulajdonságait és vizsgálatát részletesen a 4. fejezetben, a megszilárdult beton tulajdonságait és vizsgálatát pedig az 5. fejezetben ismertetjük.

#### ■ **Gyártás**

A gyártás folyamata az eredményül kapott beton számára meghatározó tényező, amely alapvetően az adagolásból és az alapanyagok összekeveréséből áll. A keverés folyamán a következő paraméterek befolyásolhatják a beton tulajdonságait:

- A keverő típusa
- A keverő mérete
- A keverés intenzitása
- A keverési időtartama
- Az alapanyagok hozzáadása
- A berendezés vezérlése
- A keverőmester személye
- A keverő tisztítása, karbantartása

A folyósítókat általában a keverővízbe kell bekeverni vagy legkorábban azzal együtt kell a keverékhez adni. További információk a vonatkozó Sika termék adatlapokon találhatóak.

#### ■ **Előkészítő munkálatok**

Az előkészítő munkálatok az előregyártó üzemben a következőkből állnak:

- A zsaluzat és a kezeléshez szükséges eszközök készenlébbe helyezése
- Zsaluzás elkészítése (beleértve a formaleválasztó szer alkalmazását)
- Vasalás ellenőrzése
- Zsaluzás ellenőrzése (rögzítés, tömítettség)
- A betonozáshoz szükséges eszközök (vibrátorok, simító eszközök stb.) készenlébbe helyezése

#### ■ **A beton elhelyezése**

A beton elhelyezését általában egy időben korlátozott és meghatározott időszakon belül kell elvégezni. A következő – a beton minősége szempontjából kritikus – tényezők figyelembevétele hozzájárulhat e művelet sikerességéhez:

- Az elhelyezendő beton ellenőrzése
- Megfelelő berendezések használata (pl. vibrátorok stb.)
- A beton túlvibrálásának elkerülése
- Folyamatos elhelyezés és tömörítés
- Nagyon körültekintő utómunkálatok (simítás stb.)
- Végső ellenőrzés

#### ■ **Utókezelés**

Mivel az előregyártás folyamatos termeléssel jár, rövid idő esik a gyártás minden szakaszára, tehát az utókezelésnek itt kiemelt jelentősége van:

- Az utókezelést vegye figyelembe a betontechnológiai tervnél
- Esetleg vegyen figyelembe gőzérlelést
- Kerülje el a rezgéseket (felületképzést követően)
- Használjon utókezelő szereket
- Alkalmazzon fólia- vagy hőszigetelő letakarást
- Tartsa állandóan nedvesen vagy locsolja, ha szükséges
- Tartsa fenn az utókezelést a hőmérséklettől függően

Az utókezelésre vonatkozó további információk a 8. fejezetben találhatóak meg.

## 3.2. Különleges betonok

### 3.2.1. Szivattyúzható beton

A szivattyúzható betont ma sokféle és eltérő körülmények között alkalmazzzák. Lényeges a megfelelő betontechnológiai terv, hogy a betont szétosztályozódás és a vezetékek eldugulása nélkül lehessen szivattyúzni.

#### Összetétel

##### ■ Adalékanyag

- A maximális szemmagyság,  $D_{\max}$  < legyen a csővezeték névleges átmérőjének 1/3-ánál.
- A szivattyúzható keverékben lévő finom habarcs jó összetartó képességgel kell rendelkezzen annak érdekében, hogy megakadályozza a beton szétosztályozódását a szivattyúzás során.

Az európai betonszabvány svájci kiadása (SN EN 206-1:2000) irányértékeket határoz meg a beton finomrésztartalmára ( $\leq 0,125$  mm) vonatkozóan a 35. táblázatnak megfelelően.

$D_{\max} = 8$ mm	$D_{\max} = 16$ mm	$D_{\max} = 32$ mm
450 kg/m <sup>3</sup>	400 kg/m <sup>3</sup>	350 kg/m <sup>3</sup>

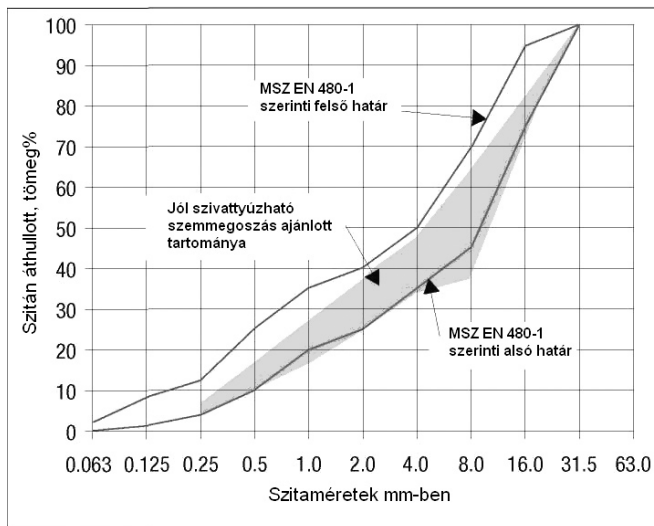
#### 35. táblázat: A beton finomrésztartalma az SN EN 206-1 szerint

A Sika a 36. táblázat szerinti mennyiségeket ajánlja.

$D_{\max}$	Gömbölyű szemű adalékanyag	Zúzott adalékanyag
8 mm	500 kg/m <sup>3</sup>	525 kg/m <sup>3</sup>
16 mm	425 kg/m <sup>3</sup>	450 kg/m <sup>3</sup>
32 mm	375 kg/m <sup>3</sup>	400 kg/m <sup>3</sup>

#### 36. táblázat: A Sika ajánlása a beton finomrésztartalmára

Szemmegoszlási görbe: A szivattyúzható betont, ha lehetséges, különféle egyedi frakciókból kell összeállítani. Fontos, hogy a szemmegoszlási görbe folyamatos legyen. A 4-8 mm közötti frakció mennyiségét alacsonyan kell tartani, de ne legyen lépcsős a görbe.



**2. ábra: Szivattyúzható beton ajánlott szemmegoszlási görbéje**  
**■ Cement**

$D_{max}$	Gömbölyű szemű adalékanyag	Zúzott adalékanyag
<b>8 mm</b>	380 kg/m <sup>3</sup>	420 kg/m <sup>3</sup>
<b>16 mm</b>	330 kg/m <sup>3</sup>	360 kg/m <sup>3</sup>
<b>32 mm</b>	300 kg/m <sup>3</sup>	330 kg/m <sup>3</sup>

**37. táblázat: Szivattyúzható beton ajánlott legkisebb cementtartalma**

**■ Vízkötőanyag tényező**

Túl magas víztartalom esetén szétosztályozódás és vízkiválás jelenik meg a szivattyúzás alatt és ez dugulásokhoz vezethet. A víztartalmat mindig csökkenteni kell folyósítókkal.

**Bedolgozhatóság**

A frissbetonnak mindig képlékeny legyen a konzisztenciája, amely garantálja a jó belső összetartóképességet. Ideális esetben a szivattyúzott beton konzisztenciáját a tömörítési mértékkel kell meghatározni.

**■ A frissbeton konzisztenciája**

Vizsgálati módszer	Konzisztencia osztály	Mértéke
Tömörítési mérték	C2 – C3	1,04 – 1,25
Területi mérték	F3 – F4	420 – 550 mm

**38. táblázat: Szivattyúzható beton ajánlott konzisztenciája**



### **Szivattyúzást segítő szerek**

Nehéz adalékanyagokhoz, változó alapanyagokhoz, nagy szállítási távolságokhoz vagy nagy szintkülönbségű telepítésekhez szivattyúzást segítő szerekre van szükség. Ezek lecsökkentik a sűrűlódást és az ellenállást a csővezetékben, továbbá csökkentik a szivattyú és a csővezeték kopását és növelik a szivattyúzási teljesítményt.

#### **■ A szivattyú csővezetékei**

- Ø 80 – 200 mm (általában Ø 100,125 mm)
- Minél kisebb a cső átmérője (Ø), annál nagyobb a szivattyúzási igény (felület/keresztmetszet).
- A csőkötéseket szorosan kell illeszteni, hogy elkerüljük a nyomás és a finomrésztartalom elvesztését.
- Az első néhány méter lehetőség szerint legyen vízszintes, könyök nélkül vezetve. Ez különösen fontos a felszálló ág előtt.
- Nyáron védjük a csővezetéseket az erős napsugárzástól.

#### **■ Kenő keverékek**

A kenő keverék célja, hogy a csővezeték belső falát egy nagyon finom réteggel vonja be, amely lehetővé teszi a kezdeti könnyű szivattyúzást.

- Hagyományos keverék: Habarcs 0 – 4 mm, cement tartalom, ugyanaz, mint a következő betonhoz vagy kissé magasabb. A mennyiség függ a cső átmérőjétől (Ø) és a vezeték hosszától.

#### **■ A levegő tartalom hatása a szivattyúzott betonra**

A fagy- és olvasztósó álló, mikro méretű légbuborékokat tartalmazó betont akkor lehet szivattyúzni, ha a levegő tartalom < 5%, mivel a nagyobb levegő tartalommal egy „rugózó-hatás” jön létre.

### **39. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

<b>Termék megnevezése</b>	<b>Termék típusa</b>	<b>Alkalmazás célja</b>
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt szilárdság és tömörség, garantált konzisztenciával (bedolgozhatóság) és szivattyúzhatósággal.
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete®</b>	Folyósító adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt szilárdság és tömörség, garantált konzisztenciával (bedolgozhatóság) és szivattyúzhatósággal.
<b>SikaFume® Sika® Silicoll</b>	Szilikapорок	Nagy szilárdság, fokozott tömörség, feljavított szivattyúzhatóság.
<b>SikaPump®</b>	Szivattyúzást segítő szer	Segíti a nehéz adalék anyagok szivattyúzását és védi a berendezést az erős kopástól.
<b>Sika® ST Sika® Control</b>	Stabilizáló adalékszerek	Fenntartja a belső összetartó erőt. Segíti a nehéz adalékanyagok szivattyúzását és védi a berendezést az erős kopástól.

## 3.2.2. Közlekedésépítési betonok

A közlekedési felületek készítéséhez használható betonoknak számos alkalmazási területe van, gyakran használják a fekete, aszfalt burkolatok helyett tartóssága és egyéb előnyei miatt.

Közlekedésépítési betonok alkalmazási területei:

- Hagyományos útépités
- Beton körforgalmak
- Repülőtéri kifutópályák
- Ipari csarnokok padlói

Amikor a betont ilyen alkalmazási területeken használják, akkor a beton réteg egyidejűleg teherhordó és kopóréteggént is működik. A kétféle funkció követelményeinek való megfelelés érdekében a betonnak a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- Nagy húzó-hajlító szilárdság
- Fagy- és olvasztósó-állóság
- Jó csúszásállóság
- Csekély kopás

Az összetétel meghatározó jelentőségű tényező a kívánt tulajdonságok eléréséhez. A különböző összetevők kiválasztásának szempontjai a következők:

### ■ Adalékanyag

- Finomrész szegény keverékek használata
- Egyenletes szemmegoszlási görbe használata
- A zúzott vagy részben zúzott adalékanyagok használata növeli a csúszásállóságot és a húzó-hajlító szilárdságot

### ■ Cement

- Mennyisége 350–370 kg/m<sup>3</sup>, általában CEM I 42,5 (Magyarországon CP burkolati betonok)

### ■ Kiegészítő anyagok

- Szilikaport a nagy forgalmi igénybevételnek kitett felületekhez vagy általában a tartósság növelésére használnak
- A csúszásállóság növelésére szilíciumkarbidot vagy kemény zúzalékot szórnak a felületre.

A közlekedési felületekhez használt beton különleges beton fajta, ezért a következő pontokban leírtakra különösen oda kell figyelni:

- A nagy felületeket általában gépekkel, un. finiszerrel készítik. A konzisztencia a gép típusától függ.
- A csúszásállóság növelhető keresztirányú barázdákkal vagy kefések felületképzéssel.
- Az intenzív és alapos utókezelés elengedhetetlen.

#### 40. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt nyomó- és húzó-hajlító szilárdság. Feljavított konzisztencia.
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete®</b>	Folyósító adalékszer	Vízcsökkentés. Megnövelt nyomó- és húzó-hajlító szilárdság. Feljavított konzisztencia.
<b>SikaFume® Sika® Silicoll</b>	Szilikapor	Nagy szilárdság, fokozott tömörség.
<b>SikaAer® Sika® LP</b>	Légbuborék-képző adalékszer	Légbuborékképzés a fagy- és olvasztósó-állóság növelésére.
<b>Sika Rapid® Sika® BE</b>	Szilárdulásgyorsító adalékszer	A szilárdság korai fejlődésének gyorsítása.
<b>Sika Retarder® Sika® VZ</b>	Kötéskésleltető adalékszer	A kötés kezdetének késleltetése.
<b>Antisol® Sika® NB</b>	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
<b>Rugasol®</b>	Felületi késleltető- és utókezelőszer	Kimosással történő felületi érdesítés és a korai száradás elleni védelem.

### 3.2.3. Öntömörödő beton (SCC)

Az öntömörödő beton (SCC) finomrésztartalma – a nagyobb kötőanyag tartalom és az eltérő szemmegoszlási görbe miatt – nagyobb, mint a hagyományos betoné. Ezek az eltérések, valamint a különlegesen hozzáigazított folyósító adalékszerek páratlan folyékonyt és belső öntömörödő képességet hoznak létre. Az öntömörödő beton új lehetőségeket nyit meg a hagyományos beton alkalmazásokon túl:

- Sűrű vasalású szerkezetekhez
- Igényes geometriai kialakítású szerkezetekhez
- Karcsú elemeknél
- Általában ott, ahol a beton tömörítése nehézkes
- Homogén betonszerkezetet igénylő követelmények esetén
- Gyors építési igények esetén
- Zaj (vibráció) csökkentésének igénye esetén
- Csökkenti az egészségkárosodást (vibráció kiküszöbölésével)

## Összetétel

### ■ Adalékanyag

Előnyben kell részesíteni a kisebb szemnagyságokat, kb. 12 – 20 mm, de elvileg minden adalékanyag-méret lehetséges.

Adalékanyag frakciók	SCC 0/8 mm	SCC 0/16 mm	SCC 0/32 mm
0/4 mm	60%	53%	45%
4/8 mm	40%	15%	15%
8/16 mm	-	32%	15%
16/32 mm	-	-	30%

### 41. táblázat: Példa az adalékanyag szemmegoszlására

SCC 0/4 mm	≥ 650 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/8 mm	≥ 550 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/16 mm	≥ 500 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/32 mm	≥ 475 kg/m <sup>3</sup>

### 42. táblázat: Finomrész tartalom ≤ 0,125 mm (cement és kiegészítő anyagok is)

#### ■ Kötőanyag tartalom

A finomrész tartalom alapján a következő cement és kiegészítő anyag tartalmakat lehet meghatározni, az előírt beton-minőségtől és a használt homoktól függően:

SCC 0/4 mm	550-600 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/8 mm	450-500 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/16 mm	400-450 kg/m <sup>3</sup>
SCC 0/32 mm	375-425 kg/m <sup>3</sup>

### 43. táblázat: Cement és kiegészítő anyag tartalom (összesen)

#### ■ Víztartalom

Az öntömörödő beton (SCC) víztartalma a beton minőségi előírásaitól függ, és azt a következők szerint lehet meghatározni:

S > 200 l/m <sup>3</sup>	alacsony beton minőség
180 - 200 l/m <sup>3</sup>	átlagos beton minőség
< 180 l/m <sup>3</sup>	magas beton minőség

### 44. táblázat: Víztartalom

#### ■ Beton Adalékszerek

Ezen víztartalmak beállításához és a homogenitás biztosításához, valamint a viszkozitás beállításához különleges, **Sika® ViscoCrete®** típusú folyósítót irányozzunk elő.

### Az öntömörödő beton (SCC) bedolgozása

#### ■ Zsaluhéj

Az öntömörödő beton fogadására szolgáló zsaluhéjnak tisztának és hézagmenteseknek kell lennie. A zsaluhéjra ható nyomások nagyobbak lehetnek, mint a normál, vibrátorral tömörített betonoknál. A zsaluhéjra ható

nyomás függ a beton viszkozitásától, a betonozás sebességétől és a betöltési ponttól. A zsaluzat általános tervezésekor a beton teljes hidrosztatikus nyomását figyelembe kell venni.

### ■ Az elhelyezés módja

Az öntömörödő beton elhelyezése hasonlóan történik, mint a hagyományos betoné. Az öntömörödő betont sem szabad 1,50 m-nél nagyobb magasságból szabadon ejteni. Nagyon jó eredményt lehet elérni a betöltési lehetőségek és felületi megjelenés vonatkozásában a zsaluzat alulról való feltöltésével. Ezt a zsaluzat lábához csatlakozó csúszdával vagy betonozó csövekkel lehet elérni.

### 45. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® ViscoCrete®-5 Neu	SCC folyósító (transzportbetonhoz)	A szilárdság és tömörség növelése. Erős vízcsökkentés. Az önterülés, öntömörödés segítése, az összetartó képesség fokozása.
Sika® ViscoCrete®-20 HE	SCC folyósító (előregyártáshoz)	
SikaFume®	Szilikapor	Nagy szilárdság, megnövelt tömörség.
Sika® Silicoll		Segíti a bevitt légbuborékok stabilitását.
Sika® ST	Stabilizáló	Az összetartó képesség fokozása.
Sika® Control	adalékszer	Pótolja a finomrésztartalmat.
SikaAer®	Légbuborékképző	Légbuborékok bevitelére. Fagy- és olvasztósó
Sika® LP	adalékszer	álló SCC előállítására.
Sika® Rapid, Sika® BE	Szilárdulásgyorsító	Kötéskésleltető Az SCC kötési és szilárdulási
Sika® Retarder, Sika® VZ		folyamatának szabályozása.
Antisol®	Útókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
Sika® NB		

## 3.2.4. Fagy- és olvasztósó-álló beton

Mindig fagy- és olvasztósó-álló betont kell használni, ha a beton felületek ki vannak téve az időjárás hatásainak (nedvességnek) és a felület hőmérséklete a fagypontra alá eshet.

- Építészeti látszóbeton homlokzatoknál
- Hídszerkezeteknél
- Alagút portál területeken
- Közlekedési felületeknél
- Támfalaknál

A légbuborékképzők hozzáadásával, a keverési folyamat közben kis méretű, gömbölyű, zárt légbuborékok keletkeznek a betonban, illetve annak finomhabarcs részében (cement, finomrész, víz). Ennek az a célja, hogy biztosítsa a megszilárdult beton fagy- és olvasztósó-állóságát (azáltal, hogy helyet teremt a megfagyó víz kiterjedésének).

### **A légbuborékok típusa, mérete és eloszlása**

A közönséges (normál) betonban lévő légzárványok általában túl nagyok (> 0,3 mm) ahhoz, hogy megnöveljék a beton fagyással, olvadással szembeni ellenállását. A **hatékony légbuborékokat** különleges légbuborékképző adalékszerekkel vezetjük be a betonba. A légbuborékok fizikai úton jönnek létre a keverési folyamat során. Hatásuk teljes kifejtéséhez nem szabad, hogy túl messze legyenek egymástól. A „hatékony távolságot” az un. **távolsági tényezővel** határozzuk meg.

### **Gyártás/Keverési idő**

A nagymértékű fagy- és olvasztósó-állóság biztosításához a nedves keverési időt a szokásos betonhoz képest meg kell növelni, miután a légbuborékképzőt a betonba teszik. A keverési időt 60 – 90 másodpercre kell növelni annak érdekében, hogy a légbuborék-tartalom 100 %-os mértékben létrejöhessen.

### **A légbuborékok szükséges mennyisége**

A megfelelő fagyállóság eléréshez a cementkőnek körülbelül 15% légbuborékot kell tartalmaznia. Az évek hosszú tapasztalata azt mutatja, hogy elegendő hatékony légbuborék akkor van a betonban, ha a vizsgálati eredmények (légtartalom mérő edény) a következő légtartalmakat mutatják:

- A beton maximális szemnagysága,  $D_{\max} = 32$  mm: 3 – 5%
- A beton maximális szemnagysága,  $D_{\max} = 16$  mm: 4 – 6%

A 7% vagy annál nagyobb légtartalommal rendelkező betonokat csak részletes vizsgálat és tesztelés után szabad beépíteni.

### **A légbuborékképződést befolyásoló tényezők**

#### **■ Szemszerkezet**

A légbuborékok legfőképpen a 0,25 - 0,5 mm méretű homokfrakció körül helyezkednek el. A nagyobb szemcsék nem gyakorolnak hatást a légbuborékképződésre. A homok összetevők finom részei vagy a cementek és bizonyos finom kiegészítő anyagok gátolhatják a légbuborékképződést.

#### **■ Konzisztencia**

Az optimális légbuborékképződést a kissé képlékenytől a képlékeny tartományig lehet elérni. A többletvízzel képlékenyített beton a légbuborékokat kevésbé jól és kevesebb ideig tartja meg, mint az eredeti beton.

#### **■ Hőmérséklet**

A légbuborékképzési képesség csökken, ha a frissbeton hőmérséklete növekszik és megfordítva.

#### **■ Szállítás**

A levegő tartalom megváltozására számítani lehet szállítás közben. A szállítás módjától és az útközben keletkező rezgésektől függően keverési vagy szétosztályozódási folyamatok történhetnek a betonban. A légbuborékos betont beépítés előtt újból meg kell keverni és a mértékadó levegő tartalmat csak ekkor kell meghatározni.

### ■ A légbuborékos beton tömörítése

Szakszerű vibrálás esetén mindenképp a beépítés során „csapdába ejtett” levegő legnagyobb része távozik el a betonból, beleértve a beton durva légzárványait is. A kifejezett túlvibrálás 10 – 30%-kal csökkentheti a mesterségesen létrehozott légtartalmat. A szétosztályozódásra érzékeny beton ekkor elveszítheti majdnem az összes légtartalmát, illetve ez felületi habzáshoz vezet.

### ■ Finomrész helyettesítés

1% bevezetett levegő beton m<sup>3</sup>-enként helyettesíthet kb. 10 kg finomrészt (< 0,2 mm). A légbuborékok javíthatják a durva, finomrész szegény keverékek bedolgozhatóságát.

### A légbuborékos beton tervezése

A pontos követelmények, mint a szilárdság, a levegő tartalom és a vizsgálati módszerek meg kell adni. A nagyobb projekteknel előzetes vizsgálatokat kell végrehajtani a tényleges feltételek között. A betonozási munkák során a levegő tartalmat a telepen és a bedolgozás előtt ellenőrizni szükséges.

A légbuborékok jellemzői	Forma: gömbformájú és zárt Méret: 0,02 – 0,30 mm Távolsági tényezők: ≤ 0,20 mm fagyálló ≤ 0,15 mm fagy- és olvasztósó-álló
Pozitív mellékhatások	Javul a bedolgozhatóság Megszakítja a betonban lévő kapilláris pórusokat (vízzáróság) Javul a frissbeton összetartó képessége
Negatív hatások	A mechanikai szilárdság csökken (nyomószilárdság)

### 46. táblázat: Légbuborékos beton jellemzői

### 47. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A kapilláris porozitás csökkentése, és ezáltal kevesebb víz bevitel
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszer	A kapilláris porozitás csökkentése, és ezáltal kevesebb víz bevitel
SikaAer® Sika® LP	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékképzés a fagy- és olvasztósó-állóság biztosítására
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikaport	A cementkő tömörségének fokozására, valamint az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás javítására.

## 3.2.5. Nagyszilárdságú beton

### Nagy nyomószilárdság

A nagy nyomószilárdságú ( $> 60 \text{ N/mm}^2$ ) betonokat a nagy teljesítőképességű betonok közé sorolják és számos különböző szerkezetben használják. Gyakran alkalmazzák nagy teherbírású pillérek készítésére és előregyártó üzemek számos egyéb termékében.

### Hagyományos nagyszilárdságú beton keverékek

A hagyományos nagyszilárdságú beton gyártásában a bedolgozhatóság mellett különös gondot kell fordítani a keverékekre és az alapanyagokra.

- Nagyszilárdságú adalékanyagok használata, megfelelő szemalakkal (szögletes) és csökkentett szemnagysággal ( $< 32 \text{ mm}$ ).
- A víztartalom nagyon erős csökkentése következtében nagy tömörségű és ezáltal nagy szilárdságú a cementkő.
- Erősen szilárdságnövelő, különleges kötőanyagok használata az adalékanyag szemcsék felületéhez történő jó tapadás érdekében (szilikapor).
- Képlékeny betonkonzisztencia használata betonadalékszerek segítségével, a teljes légtelenítés biztosítására.

CEM I 52,5	450 kg/m <sup>3</sup>
Szilikapor	45 kg/m <sup>3</sup>
Adalékanyagok zúzott mészkő	0-16 mm
Víz/cement tényező <sup>1</sup>	0,28
7 napos szilárdság	95 N/mm <sup>2</sup>
28 napos szilárdság	110 N/mm <sup>2</sup>
90 napos szilárdság	115 N/mm <sup>2</sup>

<sup>1</sup> A k-érték elve alapján meghatározva (lásd a 2.5. fejezetet)

### 48. táblázat: Beton recept minta

#### Újszerű nagyszilárdságú beton keverékek

A hagyományos beton keverékek mellett számos különböző, alternatív nagyszilárdságú beton (és habarcs) recept kifejlesztésére került sor. Mindegyikben közös a nagyszilárdságú összetevők és a minimális víztartalom utáni kutatás. Különleges adalékanyag szemcséket és szemmegeloszlásokat nagy hatású folyósítókkal együtt használnak fel ennek elérésére. A szilárdság további növelését segítették elő az új szárítási és szilárdítási technikák is (mint pl. a nyomással történő szilárdítás). Az ilyen módon készített betonok, melyek inkább habarcsnak tekinthetők, elérhetik akár a  $150 - 200 \text{ N/mm}^2$ -nél nagyobb szilárdságokat is.

Különös gondot fordítsunk a következőkre:

- A nagyszilárdságú beton mindig nagy tömörségű beton is egyben.
- Tehát a nagyszilárdságú betonok utókezelése még fontosabb (nem elegendő a betonban lévő nedvességtartalom)



- A nagyszilárdságú beton rideg is, a szilárdsága és a megnövelt me-revsége miatt (hatás a nyírási tulajdonságokra)
- A víztartalom 0,38 alá csökkentésével egyes cement szemcsék ada-lékanyagként viselkednek, mert nem lehet az egész cementet hidratálni.
- A nagyszilárdságú betonban a portlandcement mellett nagy mennyi-ségű hidraulikus és puccolános anyagot használunk, amelyeknek kiváló utószilárdulási tulajdonságaik vannak.

#### 49. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® FM	Nagy hatású	A víztartalom maximális csökkentése és ezzel a cementkő szilárdságának növelése
Sika® ViscoCrete®	folyósító adalékszer	A cementkő további tömörítése, szilárdítása, és az adalékanyag valamint a cementkő közti tapadás javítása.
SikaFume®	Szilikapor	
Sika® Silicoll		
Antisol®	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
Sika® NB		

### 3.2.6. Csúszózsalus beton

A csúszózsalus építéstechnológia esetén a zsaluzatot folyamatosan moz-gatják a betonozási folyamattal egyidejűleg a nap 24 órájában. A zsaluzat, a munkapadozattal és a belül vagy kétoldalt rögzített függőállvánnyal együtt van rögzítve az emelőkerethez a fal közepén. A hidraulikusan működtetett emelőgép – a hőmérséklettől függően – óránként 15 – 30 cm-es sebes-séggel emeli a zsaluzatot. A felül csőhüvelyben elhelyezett emelőkereteket a már megszilárdult beton támasztja alá. A keretek és a hüvelyek is folya-matosan emelkednek. Ezeket a munkákat a gyakorlatban kizárólag erre szakosodott vállalkozók hajtják végre.

A csúszózsalus építéstechnológia gyors és hatékony. A módszer különö-sen alkalmas az egyszerű, állandó keresztmetszetű és magas létesítmé-nyekhez, mint például:

- magas raktárak, silók,
- torony- és kémény szerkezetek,
- akna szerkezetek.

Mivel a zsaluzat magassága általában csak 1,20 m körül van, és a haladási teljesítmény óránként 20 – 30 cm, ez azt jelenti, hogy az alatta lévő beton kora mindössze 4 – 6 óráig és elég merevnek kell lenni ahhoz, hogy önhordó legyen (korai, zöld szilárdság). Mindazonáltal nem szilárdulhat meg annyira, hogy valamely része az emelkedő zsaluzathoz ragadjon („leválások”). A problémamentes csúszózsaluszás fő követelménye, hogy a betonozás azo-nos magasságban egyidőben történjen és azután ezek a rétegek egy ütem-ben szilárduljanak. Tehát a hőmérsékletnek és az optimális víz/cement tényezőnek nagy a befolyása.

## Összetétel

### ■ Adalékanyag

- 0-32 mm, vagy 0-16 mm sűrű vasalás esetén.
- Habár a csúszózsalsú beton főképpen daruzott beton, a finomrésztartalomnak olyannak kell lennie, mint a szivattyúzható betonnál.

### ■ Cement

- Legalább 300 kg/m<sup>3</sup>
- CEM I 42,5 sűrű vasalás és a nagyobb geometriai méretek esetén, CEM I 52,5 kisebb méreteknél (tornyoknál, kéményeknél).

## Bedolgozhatóság

Legjobban bedolgozhatónak a kissé képlékeny beton bizonyult, 35 – 41 cm területi mértékkel (F2 konzisztencia osztály) és alacsony víztartalommal.

## Különös gondot fordítson arra, hogy

a 14 cm-nél kisebb falvastagság problémát okozhat (leválások, az emelőkerek lehorgonyzása, stb.)

A frissen kiszaluzott felületeket amennyire csak lehetséges védeni kell a szélről és napsugárzástól, stb.

## 50. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, víz-csökkentés
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®</b>	Folyósító adalékszerek (magasabb hőmérsékletek, nagyobb folyósítóerő)	Nagyobb szilárdság és tömörség, erős vízcsökkentés, nagyobb kezdőszilárdság
<b>SikaFume®</b>	Szilikapor	Nagy szilárdság, nagyobb tömörség, finomrész pótlás
<b>Sika® Silicoll Sika® ST Sika® Control</b>	Stabilizáló adalékszer	Az összetartó képesség fokozása, finomrész pótlás
<b>SikaAer® Sika® LP</b>	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékok bevitel. Fagy- és olvasztósó álló csúszózsalsú beton előállítás
<b>Sika® Rapid, Sika® BE Sika® Retarder, Sika® VZ</b>	Szilárdulásgyorsító, kötés-késleltető adalékszer	A csúszózsalsú beton kötési és szilárdulási folyamatának szabályozása.

## 3.2.7. Vízáró beton

A vízáró beton normál körülmények között egy tömör beton. A tömör beton eléréséhez megfelelő szemmegoszlási görbét kell előállítani és csökkenteni kell a kapilláris porozitást. A vízáróság vizsgálatát az 5.1.3. fejezetben tárgyaljuk.

A kapilláris porozitás csökkentéséhez a következő intézkedések szükségesek:

- a víz/cement tényező csökkentése,
- a pórusok további lezárása puccolános anyagokkal.

A vízzáróságot befolyásolja továbbá a beton kiszáradással szembeni védelme, azaz megfelelő utókezelése.

### **Összetétel**

#### **■ Adalékanyagok**

- Egyenletes szemmegoszlási görbe
- Az adalékanyagok finomrésztartalma alacsony legyen
- A megfelelő finomrésztartalom eléréséhez szükséges a kötőanyag tartalomhoz való igazodás

#### **■ Cement**

Az MSZ 4798-1 szabvány szerinti legkisebb cementtartalomnak való megfelelés

#### **■ Kiegészítő anyagok**

Használjon puccolános vagy látens hidraulikus kiegészítő anyagokat

#### **■ Víz/cement tényező**

Alacsony víz/cement tényező a kapilláris porozitás csökkentésére

### **Bedolgozás**

■ A vízzáró beton előállításához ajánlatos a kissé képlékeny, képlékeny betonkonzisztencia használata.

■ Lényeges a munkahézag nélküli, egy ütemben történő betonozás. Fontos még a beton gondos és egyenletes tömörítése.

### **Utókezelés**

■ Elengedhetetlen az azonnali és alapos utókezelés; lásd a 8. fejezetben.

### **51. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

<b>Termék megnevezése</b>	<b>Termék típusa</b>	<b>Alkalmazás célja</b>
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, víz- és kapilláris porozitás csökkentése
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®</b>	Folyósító adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, erős víz csökkentés, a kapilláris porozitás csökkentése
<b>SikaFume® Sika® Silicoll</b>	Szilikapорок	Nagy szilárdság, nagyobb tömörség
<b>Sika® DM Sika® Hydrofuge HW</b>	Tömítő adalékszerek	A kapilláris porozitás csökkentése
<b>SikaAer® Sika® LP</b>	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékok bevitele, a kapilláris pórusok megszakítása, a vízfelvétel csökkentése
<b>Antisol® Sika® NB</b>	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.

## 3.2.8. Látszóbeton

A modern építészetben a betont nemcsak mechanikai tulajdonságai miatt alkalmazzák, hanem egyre gyakrabban használják formai elemként, esztétikai okokból is. Ez azt jelenti, hogy a felületképzéssel szemben magasabb követelményeket támasztunk. Számos módja van annak, hogy különleges hatásokat érjünk el ezen a területen:

- Alkalmos betonkeverék kiválasztása.
- A zsaluzat anyagának és típusának meghatározása (a zsaluzatnak a legteljesebb mértékben hézagmentesnek kell lennie).
- Helyes fajtájú és mennyiségű formaleválasztó szer használata. A formaleválasztó szer felhordási módjának helyes kiválasztása.
- Szükség esetén stuktúrált zsalubetétek használata.
- Adott esetben utólag, kőszerűen megmunkált felületek készítése.
- Pigmentek használatával színes felületek is előállíthatók.
- A bedolgozás legyen megfelelő (betöltés, tömörítés, stb.).
- Az utókezelés legyen gondos és alapos.

A fentiekben felsorolt tényezőkön kívül még az alábbiak betartása fontosak a betonkeverék készítésénél:

### ■ Adalékanyag

- Használjon finomrészben gazdag keverékeket.
- A minimális finomrésztartalom ugyanaz, mint szivattyúzható beton esetén (lásd a 3.2.1. fejezetet).
- Válasszon kiegyensúlyozott szemmegoszlási görbét.
- Lehetőség szerint használjon gömbölyű szemű adalékanyagot.
- Vegye figyelembe az adalékanyagban lévő színeltéréseket.

### ■ Cement

- Alapvetően bármilyen fajta cement alkalmazható.
- Vegye figyelembe a cement látszóbeton felületre gyakorolt hatását.
- Mennyisége általában  $> 300 \text{ kg/m}^3$ .

### ■ Kiegészítő anyag

- Használjon különleges kiegészítő anyagokat a beton tulajdonságainak szükség szerinti javítására.

### ■ Víz

- Az építészeti látszóbeton víztartalmával kapcsolatban nagy gondosságra és következetességre van szükség (kerülje a víztartalom ingadozását).
- Előzze meg a vízkiválást, mert az lecsorgás következtében foltosodást okozhat

### **Beépítés**

A betont 300 - 500 mm-es egyenletes rétegekben dolgozza be. Minden réteget össze kell vibrálni az alatta lévővel (jelölje a vibrátoron).

Megfelelő méretű rúdvrátort használjon:

< 20 cm falvastagság	Rúdtátmérő $\emptyset \leq 40$ mm
20 – 40 cm falvastagság	Rúdtátmérő $\emptyset 60$ mm
> 50 cm falvastagság	Rúdtátmérő $\emptyset 80$ mm

### **52. táblázat: Rúdvibrátor használata látszóbetonhoz**

A beépítési konzisztencia képlékeny, kissé képlékeny legyen.

Az állandó minőség érdekében gondolja át öntömörödő beton (SCC) alkalmazását.

Válasszon megfelelő betöltési módszert és sebességet.

### **Utókezelés**

Írjon elő gondos és alapos utókezelést a 8. fejezetben leírtak szerint.

Vegye számításba be az aktuális időjárási viszonyokat.

### **Óvintézkedések**

Jelentős kötésekképződést okozhat új, kezeletlen fa zsaluzat esetén a facukor felületi kiválása, amely felületi elszíneződéshez és porzáshoz vezet. Amennyiben a beton víztartalma beépítéskor túl nagy, ez buborékos felületet, hólyagosodást eredményezhet.

A nem megfelelően tömörített beton felületén a vibrálás hatására un. vibrációs porozitás jelenhet meg, kemény, vastag cement filmmel.

Amennyiben a betonozási rétegek túl vastagok, fennáll a veszélye annak, hogy a levegő az elégtelen vibráció miatt nem tud eltávozni.

Túl sok formaleválasztó szer felhordása megakadályozza a (vibráció által keltett) légbuborékok eltávozását.

### **53. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

<b>Termék megnevezése</b>	<b>Termék típusa</b>	<b>Alkalmazás célja</b>
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Javítják a konzisztenciát és a bedolgozhatóságot
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®</b>	Folyósító adalékszerek	Javítják a konzisztenciát és a bedolgozhatóságot
<b>Sika® PerFin</b>	Felületminőség javító szerek	Javítja a felület minőségét, csökkenti a felületi buborékképződést
<b>Sika® ColorCrete®</b>	Folyékony beton festékek	Felület színezése, bedolgozhatóság javítása
<b>Sika® TR, Separol® Sika® Separol®</b>	Formaleválasztó szerek	Megkönnyítik a kiszalasztást és a zsaluzat tisztítását
<b>Rugasol®</b>	Felületi kötés késleltető szerek	Látszó adalékanyagú betonfelületek készítése kimosással

## 3.2.9. Tömegbeton

A tömegbeton alatt a nagyon vastag szerkezeteket (> 80 cm) értjük. E szerkezeteknek nagy méretei vannak, ami általában azt jelenti, hogy nagy mennyiségű betont kell beépíteni rövid idő alatt. Ez különösen jó tervezést és hatékony folyamatokat igényel.

### A tömegbeton felhasználásai:

- Nagy terhelésű szerkezetek alapozásai
- Vízépítési szerkezetek
- Felúszás (ált. talajvízben) elleni szerkezetek, illetve alapozások
- Sugárvédő nehéz- és hidrátbetonok
- Kitöltő betonok

### Ezeknél a nagytömegű szerkezeteknél a következő legfontosabb problémák merülnek fel:

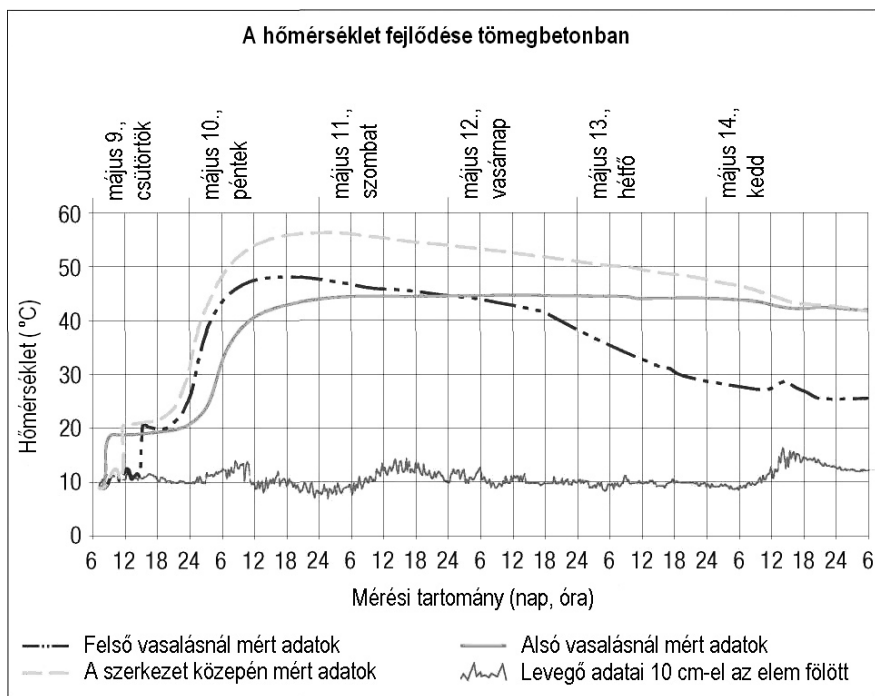
- Nagy hőmérséklet-különbségek jönnek létre a belső rétegek és külső felület között a kötés és szilárdulás során.
- Nagyon nagyok a maximális hőmérsékletek.
- Kiszáradás következtében nagy különbségek jönnek létre a nedvességtartalomban belül és kívül, ezáltal erős a zsugorodás.
- A beton plasztikus ülepedése, illetve zsugorodása következtében repedések jönnek létre a felső vasbetétek felett és bemélyedések azok alatt.

### Kockázatok

Mindezek a folyamatok repedéseket és cementkő hibákat okozhatnak. Úgynevezett „térkép-repedések” jelenhetnek meg, ha a külső és belső hőmérséklet különbsége nagyobb, mint 15 °C vagy ha a külső rétegek kiszáradása következtében azok összehúzódnak. A „térkép-repedések” általában csak néhány centiméter mélyek és később újra összezáródnak, ha a hőmérséklet-különbség megszűnik.

### Óvintézkedések

- Használjon alacsony hőfejlesztésű cementeket
- Dolgozzon kis víztartalommal (víz/cement tényező csökkentése)
- A lehető legnagyobb szemmagyságot használja (pl.  $D_{max}=50$  mm  $D_{max}=32$  mm helyett)
- Szükség esetén az adalékanyagokat, hogy alacsony legyen a frissbeton kiindulási hőmérséklete.
- A betont rétegesen építse be (rétegvastagság < 80 cm)
- Késleltesse az alsó rétegek kötését, hogy ezáltal biztosítható legyen a legfelső réteggel való összevibrálás
- Használjon hőszigetelő módszereket az utókezelésben
- Biztosítsa az illesztési fugák és a betonozási munkahézagok helyes megtervezését és kiosztását, hogy ezáltal lehetővé váljon a hőeloszlás és a hőmozgás



**3. ábra: A hidratációs hő mérése egy 160 cm vastag alaplemezben, három szinten**

**54. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Erős vízcsökkentés
Sika Retarder® Sika® VZ	Kötéskésleltető adalékszer	A kötési folyamat meghosszabbítása
Antisol® Sika® NB	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.

## 3.2.10. Szálerősítésű beton

A friss- és a megszilárdult beton számos különféle tulajdonságát hatékonyan lehet befolyásolni szálak hozzáadásával. A szálaknak számtalan különféle típusa van, különféle anyagjellemzőkkel és formákkal. Nagyon fontos a különböző alkalmazási területekhez a megfelelő szálak kiválasztása. A szálak tényleges anyagának kiválasztása mellett azok alakja ugyan csak fontos tényezője a sikeres felhasználásnak.

### Szálerősítésű betont a következő célokra használnak

- Ipari padlók
- Lőttbeton
- Vékony falú szerkezetek (előregyártás)
- Tűzálló szerkezetek

### Szálerősítésű beton tulajdonságai

- Szerkezetek szívósságának javítása
- Hajlító- és húzószilárdság növelése
- Későbbi repedezettséggel szembeni ellenállás
- Repedés eloszlás javítása
- Zsugorodás csökkenése a beton fiatal korában
- Beton tűzállóságának javítása
- Bedolgozhatóság befolyásolása

### Betonkészítés

A szálerősítésű betonok gyártásánál a szál gyártójának utasításait kell követni. A szálak nem megfelelő időben való hozzáadása, vagy helytelen bekeverése nagy problémákat okozhat, sőt akár használhatatlanná is teheti a szálakat.

- Tegyen eleget a gyártó által előírt hozzáadási időpontnak (azaz a betongyárban vagy a mixekocsiban)
- Tartsa be a keverési időtartamot (a szálak csomósodása, ill. törése)
- Ne lépje túl az ajánlott maximális szál-tartalmat (jelentős romlás a bedolgozhatóságban)
- A szálak általában növelik a keverék vízigényét (ezt egyenlítsé ki folyósítóval)

### Szál típusok

- Acél szál
- Műanyag szál
- Üveg szál
- Szén szál
- Természetes szálak



## 3.2.11. Nehézbeton

A nehézbetont (> 2600 kg/m<sup>3</sup>) általában sugárvédelemre használják. A nehézbeton mértékadó tulajdonságai a következők:

- Egyenletes sűrűség és térbeli zártág (tömörség)
- Repedésektől, öntési hibáktól mentes (fészekmentesség)
- A nyomószilárdság gyakran csak másodlagos követelmény a szerkezet nagy méretei következtében
- Légpórusoktól mentes, amennyire csak lehetséges
- Tartsa alacsony szinten a zsugorodást

### **Összetétel**

#### ■ Adalékanyag

– Használjon baritokat, vasércet, nehézfém salakokat, ferro-szilíciumokat, acél-granulátumot vagy -sörétet

#### ■ Cement

– Számoljon a hidratációs hő fejlődésével, amikor a cement típust és a tartalmat megválasztja

#### ■ Víztartalom

– Törekedjen kis víz/cement tényezőre

### **Bedolgozhatóság**

A teljesen zárt beton-test biztonságos előállításához, alaposan át kell gondolni a beépítést (tömörítést).

### **Utókezelés**

Az utókezelés módszerének megválasztásánál figyelemmel kell lenni a nagy tömegű szerkezet következtében létrejövő jelentős mértékű hőfejlődésre. Az utókezelést egyébként a 8. fejezetben leírtak szerint kell elvégezni.

### **55. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

<b>Termék megnevezése</b>	<b>Termék típusa</b>	<b>Alkalmazás célja</b>
<b>Sika® BV</b>	Képlékenyítő	Vízcsökkentés
<b>Plastiment®</b>	adalékszerek	A bedolgozhatóság javítása
<b>Sika® FM</b>	Folyósító	Erős vízcsökkentés
<b>Sika® ViscoCrete®</b>	adalékszerek	A bedolgozhatóság javítása
<b>SikaPlast®</b>		
<b>SikaFume®</b>	Szilikapорок	Nagyobb tömörség
<b>Sika® Silicoll</b>		
<b>Sika® Control</b>	Zsugorodást csökkentő szer	A zsugorodás csökkentése
<b>Antisol®</b>	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
<b>Sika® NB</b>		

## 3.2.12. Víz alatti beton

Ahogy a neve is mutatja a víz alatti betont a víz szintje alá építik be.

### **Víz alatti betont a következő célokra használnak**

- Kikötői, hajórakodói létesítmények
- Hidak folyóban álló pilléralapjai
- Vízépítési műtárgyak
- Metró szerkezeti rendszerek
- Mélyaknák instabil talajban, ahol a vízszint belső süllyesztése hidraulikus talajtöréshez vezethet, stb.

### **Összetétel (Szemmagyság: 0/32 mm)**

#### **■ Adalékanyag**

- Szivattyúzható betonokhoz alkalmas adalékanyagot használjon (lásd 3.2.1. fejezetet)
- A finomrész mennyisége (lásd 1.6. fejezetet) a cementtel együtt legyen  $> 400 \text{ kg/m}^3$

#### **■ Cement**

- A legkisebb cement tartalom  $350 \text{ kg/m}^3$  legyen

### **Különleges követelmények**

A víz alatti beton bevált bedolgozási módszere, amelynek során a beton minimális veszteséggel elhelyezhető az ún. betonozó tölcserés módszer. Ennek során a betont egy  $\emptyset 20 - 40 \text{ cm}$  átmérőjű csövön keresztül juttatják be a már beépített betonba. A csövet folyamatosan emelik, de az alsó végének elég mélyen bele kell merülnie a betonba, hogy megakadályozza a víz visszaáramlását a csőbe.

Manapság egy másik szokásos módszer, hogy egy megfelelően módosított betonkeveréket szivattyúznak szokásos betonszivattyún keresztül. A beton szállító cső végét itt is elegendő mélységben kell a frissbetonban tartani.

Egyéb fontos szempontok

- Ahogy a víz áramlási sebessége nő, úgy jelenhet meg egyre több kimosódás. A legjobb, ha nincs áramlás.
- Kerülje a nyomáskülönbségeket a csőben (vízszint különbség az aknában).

### **Különleges víz alatti beton**

Előre durva kő zsákokat vagy sodronyhálókat ún. gabionokat helyeznek el, amit azután később meg lehet tölteni a módosított cement szuszpenzióval (zsák módszer).

56. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika® BV</b>	Képlékenyítő	Javítják a konzisztenciát
<b>Plastiment®</b>	adalékszerek	Csökkentik a víztartalmat
<b>Sika® FM</b>	Folyósító	Javítják a konzisztenciát
<b>Sika® ViscoCrete®</b>	adalékszerek	Csökkentik a víztartalmat
<b>SikaPlast®</b>		
<b>Sika® ST</b>	Stabilizáló	Javítják az összetartó képességet
<b>Sika® Control</b>	adalékszerek	Megakadályozzák a finomrésztartalom kimosódását Alkalmazhatók álló- és kismértékben folyó vízben
<b>Sika® UW</b>	Adalékszer víz alatti betonok előállításához	Javítja az összetartó képességet Megakadályozza a finomrésztartalom kimosódását Alkalmazható erősen folyó vízben

### 3.2.13. Könnyűbeton

Könnyűbeton alatt kis testsűrűségű ( $< 2000 \text{ kg/m}^3$ ) betont és habarcsot kell érteni. Vagy kisebb testsűrűségű adalékanyagokat használnak, vagy mesterséges légzárványokat (buborékokat) hoznak létre a testsűrűség csökkentésére. A választott módszer legfőképpen a könnyűbeton alkalmazási területétől és a megkívánt tulajdonságoktól függ.

#### Könnyűbetont a következő célokra használnak

- Hőszigetelés
- Könnyűszerkezetes építési mód (födémek, falak, hídgerendák)
- Előregyártott termékek (pl. virágládák)
- Kiegészítő betonok
- Kitöltő betonok

#### Könnyűbeton tulajdonságai

- A frissbeton testsűrűségének csökkentése
- A megszilárdult beton testsűrűségének csökkentése
- Amikor a könnyűbetont kis teherbírási követelményekkel kitöltő betonnak használják (legfontosabb követelmény az alaktartóság), akkor általában nagy porozitású betonokat és habarcsokat készítenek (habbeton)
- Amikor a könnyűbetonnak jó mechanikai tulajdonságokra (nyomószilárdságra) van szüksége, akkor különleges adalékanyagokat használnak, amelyek porózusak, de alaktartók (könnyű adalékanyagok, nagy hézagterfogatú betonok).

### Könnýűbeton készítése

- A porózus könnýű adalékanyagokat, mint pl. a duzzasztott agyagkavicsot előzetesen be kell nedvesíteni, hogy a keverés folyamán megakadályozzuk a túl sok víz elszívását a betonból.
- A konzisztencia ne legyen túlságosan folyós a szétosztályozódás veszélye miatt.
- Azoknál a könnýűbetonoknál, melyek testsűrűsége  $< 1600 \text{ kg/m}^3$ , nehézségek léphetnek fel a szivattyúzásnál
- A rúdvrátórok helyes kezelése különösen fontos (gyors bemeállítás, lassú kiemelés) a bezáródó levegő elkerülése céljából.
- Az utókezelést azonnal meg kell kezdeni és alaposan kell elvégezni. Megfelelő módszerek, a nedvesen tartás és fóliával való letakarás vagy az utókezelőszerezrel való beszórás. Megfelelő utókezelés nélkül a száradási különbségek miatt nagy a repedésképződés veszélye.
- A habbetonok zsugorodása gyakran jelentős és kicsi az alaktartásuk.

### Könnýűbeton előállításához használt anyagok

- Duzzasztott agyagkavics
- Duzzasztott polisztirol gyöngy
- Gyaluforgács (fűrészpor)
- Különleges légbuborékképző adalékszerek, amelyek nagy mennyiségű stabil légbuborékot hoznak létre
- Habképző adalékszerek

### Testsűrűség

A betonreceptek és a felhasznált alapanyagok függvényében a következő testsűrűségi osztályokat és tulajdonságokat lehet elérni.

Alapanyag	Testsűrűség	Tulajdonság
Adalékanyag	$> 1800 \text{ kg/m}^3$	Jó mechanikai tulajdonságok
Duzzasztott agyagkavics	$> 1500 \text{ kg/m}^3$	Korlátozott mechanikai tulajdonságok
Légbuborék-képzők	$> 1200 \text{ kg/m}^3$	Mechanikai tulajdonságok nélkül (könnyen előállítható habbeton)
	$> 1500 \text{ kg/m}^3$	Habbeton alacsony szintű mechanikai tulajdonságokkal
Habképzők	$> 800 \text{ kg/m}^3$	Mechanikai tulajdonságok nélkül, mint pl. kitöltő habarcs
Duzzasztott polisztirol gyöngy	$> 800 \text{ kg/m}^3$	Csekély mechanikai tulajdonságok

### 57. táblázat: A könnýűbetonok testsűrűsége

#### Sejtbeton

Duzzadást okozó kiegészítőket (pl. alumínium port) kevernek a habarcsba, hogy sejtbetont nyerjenek. A sejtbetont általában iparilag állítják elő. A sejtbeton nem igazán beton, valójában inkább habarcs.

**58. táblázat: Alkalmazható Sika termékek**

<b>Termék megnevezése</b>	<b>Termék típusa</b>	<b>Alkalmazás célja</b>
<b>SikaAer® és Sika® SB</b>	Légbuborékképző és habképző adalékszerek	Habbeton előállítására, melynek levegőtartalma elérheti a 40%-ot.
<b>Sika® SB</b>	Habképző adalékszerek	Habbeton előállítására, melynek testsűrűsége akár 400-2000 kg/m <sup>3</sup> között változhat.
<b>SikaPump®</b>	Szivattyúzást segítő szer	Könnnyűbeton szivattyúzhatóságának és összetartó képességének javítására
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Könnnyűbeton tömörségének és bedolgozhatóságának javítására.
<b>Sika® FM</b>	Folyósító adalékszerek	Könnnyűbeton tömörségének és bedolgozhatóságának javítására.
<b>Sika® ViscoCrete®</b>		
<b>SikaPlast®</b>		
<b>Sika® ST</b>	Stabilizáló adalékszer	A vérzés és a szétosztályozódási hajlam csökkentésére.

### 3.2.14. Hengerelt beton

A hengerelt beton olyan betonfajta, amit a szokásos (aszfalt) útburkolat készítő berendezésekkel készítenek és azután sima felületű, vibrátoros hengerekkel szinteznek és tömörítenek. A hengerelt betont legfőképpen az USA-ban használják (de Németországban is) gátépítéseknel, nagy felületek (autóparkoló) és útfelületek építésére. A beton összetétele hasonló a közönséges (normál) betonéhoz. Földnedves konzisztencia, zúzott adalékanyag ajánlatos a jó korai szilárdság érdekében.

A durva anyagot, a homokot, a kötőanyagot (szabványos cement) és a víztartalmat egyeztetni kell. Különösen a víztartalmat kell állandó értéken és pontosan betartani, hogy a hengerezés a lehető legjobb tömörséget hozza létre.

## 3.2.15. Színezett beton

A színezett betont pigmentált fémoxidok (főként vasoxidok) hozzáadásával állítják elő. A pigmentek por alakban, mint kis portartalmú finom granulátumok vagy folyadék formában használhatók.

Adagolásuk általában a cement tömegére vetítve 0,5 – 8,0%. Nagyobb adagolások esetén figyelemmel kell lenni a beton minőségére.

### Szokásos színek a következők

- Vasoxid sárga
- Vasoxid vörös/barna
- Krómoxid zöld
- Fehér (titán-dioxid; általános fehéritő, világosító)
- Fekete (vasoxid fekete; Megjegyzés: a szénfekete károsan befolyásolhatja a légbuborékok képződését)

### A színezést fokozni lehet

- Világos színű adalékanyag használatával
- Fehér cement használatával

A por alakú pigmenteket a cement után adjuk a keverékbe és szárazon keverjük meg (kb. 1 percig). A víz hozzáadása után a keverési idő további 1 perc legyen. A színes pigmentek, mindenekeelőtt a por alakúak növelhetik a vízigényt (mindenekeelőtt a sárga: hosszúkás szálak), használjunk folyósító szereket. A betont gondosan utókezeljük.

A színezett beton színét csak megszilárdult és kiszáradt állapotban lehet megbízhatóan elérni és ez a következő tényezőktől függ:

- A színező anyag típusától, mennyiségétől és finomságától
- A cement típusától
- Az adalékanyagoktól
- A betonkeverék összetételétől

A színezett beton használatával kapcsolatos további információkat a 3.2.8. fejezetben (Látszóbeton) adjuk meg.

### 59. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A szilárdság és tömörség növelése Vízcsökkentés, optimalizált pigment eloszlás (a felületeken)
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	A szilárdság és tömörség növelése Erős vízcsökkentés, optimalizált pigment eloszlás (a felületeken)
Sika® ColorCrete®	Folyékony festék színezett beton előállításához	Beton, illetve látszóbeton felületek színezése

## 3.2.16. Földnedves beton előregyártott betontermékekhez

### **Általános tudnivalók**

A földnedves betont kisméretű előregyártott betontermékek gyártásához használják.

- Betonkő burkolatok, térkövek
- Szegélyek
- Járdalapok
- Kertészeti termékek
- Csövek

A fő alkalmazás a betonkő burkolatok, térkövek.

A földnedves beton különleges jellemzői a következők:

- Azonnal kivehető a zsaluból
- Állékony még a hidratáció előtt
- Alaktartó közvetlenül a tömörítés után (zöld szilárdság)

A folyamat előnyei a következők:

- Termékfajtánként csak egy forma szükséges (kis tőkebefektetés)
- Az összes termékhez csak egy tömörítő berendezés szükséges
- Termékváltáskor a forma gyorsan cserélhető (rugalmas gyártás)

### **Földnedves betontechnológia**

Hogyan lehet ezeket a különféle frissbeton jellemzőket technológiailag elérni?

- Finomrész szemmegoszlási görbe (maximális nagyság 8 mm, víztartalommal kapcsolatos magas követelmények)
- Kis víz/cement tényező (0,35 – 0,40)
- Alacsony kötőanyag tartalom
- Nagyszilárdságú cement (42,5 R)
- Cement kiegészítő anyagok (pernye, mészkő liszt)

Ez alacsony cementpép tartalmat és ezáltal szemcsés konzisztenciát eredményez a friss állapotban. Az eredmények:

- Nehéz tömöríteni
- Csekély légbuborékképződés
- Érzékeny a korai vízleadásra, kiszáradásra

A szilárdság a betontechnológia általános szabályai szerint fejlődik és hasonló a nagyszilárdságú betonokéhoz.

Anyag/m <sup>3</sup>	C 45/55	Földnedves magbeton
Konzisztencia (tömörítés nélkül)	Folyós (terülés: 56 cm)	Szemcsés, széteső
Adalékanyag	1860 kg	1920 kg
Homok 0/2	38%	55%
Kavics 2/8	18%	45%
Kavics 8/16	44%	-
k-érték	4,14	3,10
Kötőanyag összesen (cement és kiegészítők)	360 kg	320 kg
Cement	100%	75%
Pernye	-	25%
Víz	162	kg 120 kg
Víz/kötőanyag tényező	0,45	0,38
Betonadalékszer		
(cementtömegre vetítve)	1,5% (folyósító)	0,4% (képlékenyítő)
Pórus(lég)tartalom	1,5%	3,9%
Frissbeton testsűrűsége	2,38 kg/dm <sup>3</sup>	2,36 kg/dm <sup>3</sup>
Nyomószilárdság 1 napos korban	Kb. 33 N/mm <sup>2</sup>	Kb. 33 N/mm <sup>2</sup>
Nyomószilárdság 28 napos korban	Kb. 68 N/mm <sup>2</sup>	Kb. 68 N/mm <sup>2</sup>

#### 60. táblázat: A szabványos- és földnedves beton összehasonlítása

A szabványos betonnal való összehasonlítás jelzi a földnedves konzisztencia okát:

- Sűrűbb az alacsonyabb víz/cement tényező következtében (merek)
- Az adalékanyag szemcsék felületén közel 40 – 50%-kal kisebb nedvességtartalmú a cementpép, kevesebb a kötőanyag, alacsonyabb a víz/cement tényező és finomabb az adalékanyag

#### Beton burkolókövek és kisméretű betonárak gyártási eljárása

Ezt a szemcsés betont nem lehet tömöríteni a szokásos vibrátoros eszközökkel. Speciális gépekre van szükség, amelyek vibroprésként működnek: a betont egyidejűleg sajtolják és vibrálják.

- Mozgatható tojógéppel történő gyártás (a tömörítés közvetlenül a gyár padlójára történik).
- Többsoros gyártás (korábbi tömegtermelés, frissen gyártott termékeket közvetlen egymás tetejére rakják (fennállt az egész rakat összeomlásának veszélye).
- Gyártólapos eljárás (modern tömeggyártás, a gépek helyhez kötöttek, folyamatos gyártást tesznek lehetővé, a termékeket fa vagy acélgyártólapokra tömörítik, szállítják és kb. 24 óráig magasraktárban érlelik).



A beton burkolóköveket gyakran két rétegben gyártják:

- **Magbeton** = a burkolókő alsó betonrétege, amelynek a statikus terhelést kell hordania
- **Kopóréteg** vagy **feltétbeton** = a burkolókő felső finombeton rétege, amely vonzó megjelenést ad az elemnek és főleg a tartósságért (kopás, fagyás, stb.) felel.  
Bizonyos területeken a beton burkolóköveket monolit betonból is gyártják, ez esetben valamivel finomabb magbetont használnak.

### **Betonáru minősége**

#### **Betonáru követelményei**

- Gazdaságosság
- Zárt felületek és éles szélek
- Megfelelő „zöld beton” szilárdság
- Fokozott tömörség
- Nagy korai és végszilárdság
- Megfelelő fagy- és olvasztósó-állóság
- Minimális hajlam a kivirágzásra és elszíneződésre
- Homogén és egyforma színezés

#### **A betonáru minőségét befolyásoló tényezők**

A földnedves beton minősége legnagyobb részt a beton tervezésén és a gyártáson múlik. A tömörítés létfontosságú és a gyártási eljárástól, valamint a keveréktervezéstől függ.

#### **Folyamat tényezők**

- A gyártóformák állapota
- A tömörítési gyártólapok állapota
- A betöltési módszer
- Tömörítési idő és intenzitás
- A frissbetontermékek érlelése közötti klimatikus viszonyok
- A szabadtéri tárolás időjárási körülményei és időtartama

#### **Betontechnológiai tényezők**

- Az adalékanyagok típusa, mennyisége és szemmegoszlási görbéje
- A cement típusa, mennyisége és finomsága
- A frissbeton víztartalma
- A kiegészítő anyagok adagolása
- Az adalékszerek adagolása
- A keverés sorrendje

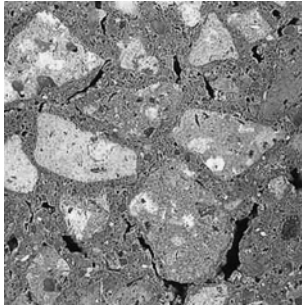
Az állandó minőség eléréséhez minden tényezőt állandó értéken kell tartani.

#### **Tömörítés**

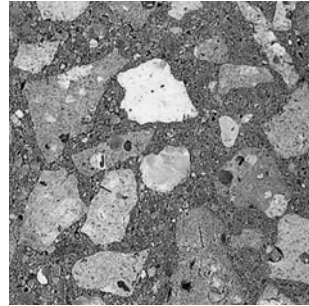
A tömörítés minősége a fent említett tényezőktől függ. A tömöríthetőség általában a következő esetekben javul:

- a tömörítési energia növelése (időtartam, frekvencia, stb.),
- a víztartalom növelése,

- nagyobb kötőanyag tartalom,
  - adalékszerek hozzáadása (tömörítés segítők) esetén.
- Mintegy 3,5 – 5,0 térfogat% pórustartalommal kell számolni a keverék tervezésénél



4. fotó:  
Adalékszerek nélkül



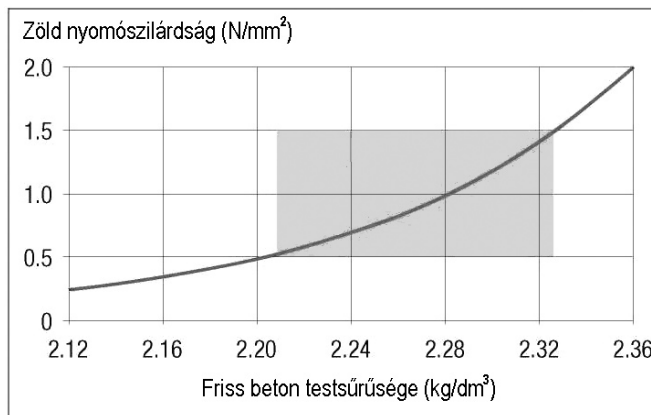
5. fotó:  
0,4% **SikaPaver® C-100 Eco**  
adalékszerrel

Az adalékszerek lehetővé teszik a gyorsabb és intenzívebb tömörítést. Megtakarítást lehet elérni tehát ezáltal a tömörítési időben, továbbá homogénebb betont lehet előállítani.

### Zöld szilárdság

A földnedves beton a tömörítés után azonnal kiszaluzható. Az újonnan formázott beton termékek jó zöld szilárdsággal rendelkeznek tehát megtartják a formájukat. A szabványos burkolóköveknél (térkő) ez a zöld szilárdság kb. a 0,5-1,5 N/mm<sup>2</sup> tartományban van.

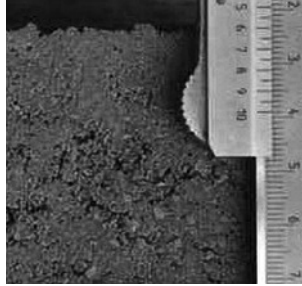
Ebben az időpontban a cement még általában nem kezdett hidratálódni (a szilárdság fejlődése). Ezt a hatást a talajmechanika törvényeiből lehet levezetni (látszólagos kohézió)



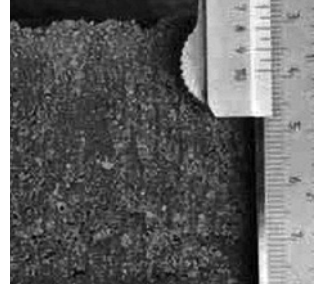
4. ábra: A zöld szilárdság alakulása a testsűrűség függvényében

### Az élek minősége

A elégtelen tömörítés fészkeséget és durva felületet okoz. Az adalékszerek javítják a tömöríthetőséget. Az intenzív tömörítés az adalékanyag szemcséket közelebb nyomja egymáshoz. A cement pép ekkor a felületre nyomódik, és függőlegesen eloszlik az élek felé a kiszaluzáskor (a forma felemelésekor). Ez a folyamat segít a sima felület kialakításában. A különleges adalékszerek fokozzák a pépképződést.



6. fotó: Durva felület adalékszer nélkül



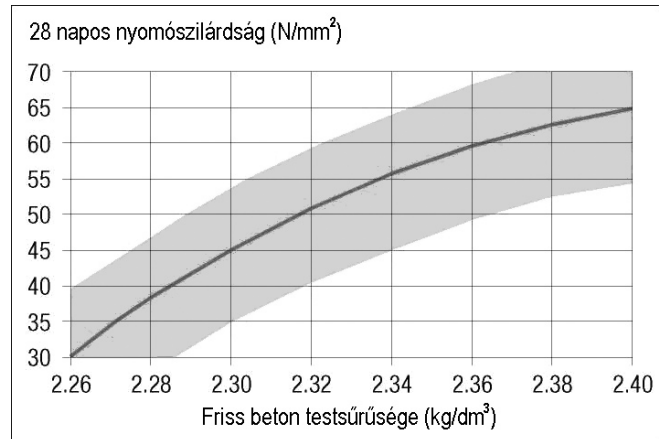
7. fotó: Sima felület 0,25% SikaPaver® HC-210-el

Ez a kenőfilm (cementpép) csökkenti a súrlódást is a tömörített beton és a minta között, ami meghosszabbítja a zsalu élettartamát.

### Szilárdság

A földnedves beton burkolóköveket a gyártás után, mintegy 24 órán keresztül, állványokon tárolják egy utókezelő kamrában. Ezután el kell viselniük a rakatképzés során fellépő igénybevételeket. Ezért a korai szilárdság alapvető követelmény.

Általában a szilárdság növekszik a testsűrűség növekedésével.

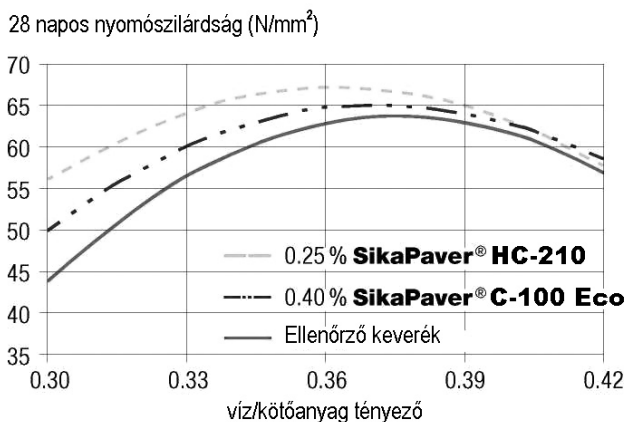


5. ábra: A nyomószilárdság alakulása a testsűrűség függvényében

Mindazonáltal ha túllépjük az optimális víztartalmat, a szilárdság romlik a növekvő testsűrűség ellenére is. Ez a szilárdságsökkenés a kapillaris pórusok miatt jelenik meg, amelyek a víztöbblet hatására alakulnak ki és semlegesítik a kismértékű testsűrűség növekedést. Minél több cement kiegészítőt használnak, és minél alacsonyabb a cement tartalom, annál gyakrabban és hamarabb lép fel ez a jelenség – még viszonylag alacsony víz/cement tényező esetén is.

Nagyon fontos tehát az optimális víztartalom megtalálása és betartása az aktuális alapanyagokhoz és a használt betonkeverékhez.

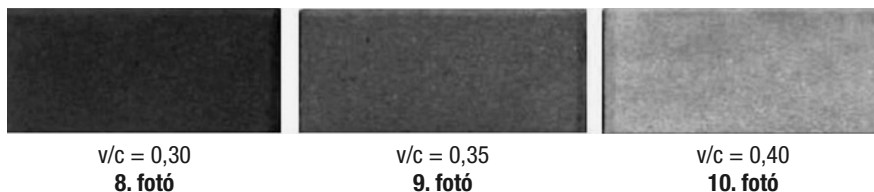
A **SikaPaver®** adalékszer technológiával az eredmények szórási tartománya minimalizálható, miközben a szilárdság tovább növekszik. A beton keverékek erőteljesebbek, lehetővé teszik a végtermék előírásainak elérését az alapanyagok elkerülhetetlen változásai – pl. a víztartalom – ellenére. A betonkeverék optimalizálható.



**6. ábra: A SikaPaver® termékek hatása a nyomószilárdságra**

### Színezett beton

Ma az előregyártott betonárúk 80%-a színezett. Fontos figyelembe venni azt a tényt is, hogy a cementkő színe is változik a víz/cement tényező függvényében (világosabb vagy sötétebb szürke). A víztartalom olyan kismértékű változása, mint 0,02 víz/cement tényező, már szabad szemmel is világosan látható. A szín intenzívebbé válik a cementkő világosabbá válásával.



v/c = 0,30  
**8. fotó**

v/c = 0,35  
**9. fotó**

v/c = 0,40  
**10. fotó**

## Kivirágzás

A kivirágzás problémája jól ismert; ezek a fehér só kivirágzások különösen a sötétre színezett termékek látványát rontják. A legrosszabb eset az, amikor változik a kivirágzás intenzitása, ami általános esetnek tekinthető. Még ma sincs költség-hatékony módja a jelenség teljes megszüntetésének. Mi okozza a kivirágzást?

- Szabad kalcium-hidroxid  $\text{Ca(OH)}_2$
- Vízzel töltött kapilláris pórusok (egészen a beton felületéig)
- A beton felületén álló víz
- Csekélyebb párolgási sebesség (összel – télen)
- Nem tökéletes hidratáció

Ez azt jelenti, hogy a kivirágzás általában akkor jelenik meg, ha a terméket szabad téren, egymásra rakva tárolják.

A kalcium-hidroxid a nedvességben lévő kalcium ionok koncentrációjának gradiense (helytől függő mennyiségi változása) miatt szállítódik beton felületére. A víz az elsődleges szállító közeg. Minél több víz tud felszívódni a megszilárdult betonba, annál nagyobb a többlet kalcium ionok szállításának esélye, ami a kivirágzás valószínűségét növeli.

A következő lépésekkel lehet megelőzni/csökkenteni a kivirágzást:

- Kis párolgási sebesség a tárolás folyamán (huzatmentesség)
- Korlátolatlan levegő (széndioxid) keringés a szilárdulás kezdetén
- CEM III cement használata
- Tömör betonszerkezet (cementkő tartalom + tömörítés)
- Esőtől és páralecsapódástól való védelem, és a levegő keringésének szellőztetéssel való fenntartása

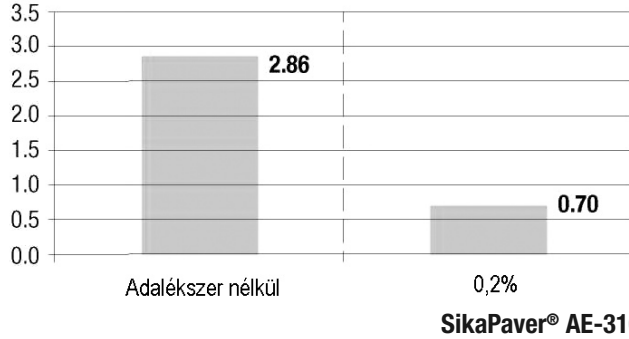


11. fotó: Térkövek raktározása

## Víztaszító adalékszerek használata mind a kopórétegben, mind a magbetonban

A SikaPaver® víztaszító adalékszer technológia segítségével a betonkövek kapilláris vízfelszívása nagymértékben csökken, ami a kivirágzás esélyét jelentősen csökkenti.

Kapilláris vízfelvétel 4 napon belül, %-ban



7. ábra: A SikaPaver® AE-310 hatása a vízfelvétele

**Vonatkozó szabványok, előírások**

- MSZ EN 1338 Beton útburkoló elemek
- MSZ EN 1339 Beton járdalapok
- MSZ EN 490 Beton tető- és idomcserepek tetőfedésre és falburkolásra
- MSZ EN 1916 Vasalatlan, acélszálás és vasalt betoncsövek és idomok
- MSZ EN 1917 Vasalatlan, acélszálás és vasalt betonból készült tisztító- és ellenőrző aknák

61. táblázat: SikaPaver® tömörítést segítő adalékszerek hatásai

	SikaPaver® C-100 Eco	SikaPaver® HC-210	SikaPaver® AE-310
Térkitöltő hatás javítása	0	00	0
Tömörítő hatás javítása	0	000	00
Bedolgozhatósági idő-tartam növelése	0		
Él- és pépképző hatás javítása		00	00
Tapadás csökkentése		0	00
Kezdőszilárdság növelése (24 óráig)	0	00	0
Végyszilárdság növelése (28 napon)	0	000	00
Kivirágzás és vízfelvétel csökkentése			000
Színintenzitás fokozása			00

62. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa
SikaPaver® C-100 Eco	Költség-hatékony tömörítést segítő
SikaPaver® HC-210	Erős pépképző hatású adalékszer
SikaPaver® AE-310	Kivirágzást csökkentő, színfokozó szer

## 3.2.17. Hő-, illetve tűzálló beton

Maga a beton nem tud égni, de bizonyos hőmérsékletek felett először elveszti víztartalmát, majd mechanikai tulajdonságait, végül az alakját is. Különleges intézkedések nélkül a normálbeton +80 °C hőmérsékletig a tekinthető hőállóknak. A mérsékelten hőálló beton +200 °C -tól +500 °C-ig, a hőálló beton +500 °C -tól +800 °C-ig terjedő hőmérsékleti hatásoknak áll ellen. A tűzálló beton olyan betont jelent, amely + 800 °C feletti hőmérsékleti hatásoknak is ellenáll. Vasbeton- illetve feszített beton esetén figyelembe kell venni a feszítő- illetve vasbetét tulajdonságait, valamint azt is, hogy a betonok hőtágulása kisebb, mint az acélbetéteké.

### A hő-, illetve tűzálló beton felhasználási területei

- Zárt létesítmények vész-területei tűzálló betonok (alagút vészkijáratok)
- Az infrastruktúra mérnöki szerkezetei hőálló betonok
- A teherhordó szerkezeti elemek vagy azok burkolata tűzálló betonok

### A hő-, illetve tűzálló beton tulajdonságai

- A frissbeton a bedolgozás időtartama alatt általában úgy viselkedik, mint a normálbeton.
- A megszilárdult betonban a szokásosnál kissé lassabban fejlődik a szilárdság, de a tulajdonságok itt is ugyanazok, mint a normálbetonnál.

### A hő-, illetve tűzálló beton gyártása

- A beton gyártása nem különbözik a normálbeton gyártásától.
- A keverési folyamatot figyelni kell az általában bevitt szálak következtében.
- A beton jövőbeni tűzállósága szempontjából előnyös, ha a lehető legjobban ki tud száradni.

### A hő-, illetve tűzálló beton gyártásához szükséges alapanyagok

- A maximális tűzállóság elérése a felhasznált adalékanyagok összetételén alapszik.
- A tűzállóságot jelentősen meg lehet növelni különleges adalékanyagok használatával.
- A különleges műanyag szálak (PP) használata jelentősen megnöveli a tűzállóságot.
- A granulált kohósalak használata megnöveli a cementkő tűzállóságát.

### A beton tűzben való viselkedésének mechanizmusa

A kapilláris pórusokban lévő és a felületeken adszorbeálódott víz a forráspont feletti (> +100 °C) hőmérsékleten elkezd párologni. A gőznek nagyobb térre van szüksége, ezért nyomást gyakorol a betonra. A cementkő +700 °C körüli hőmérsékleteken kezd el változni. Az adalékanyagok hő hatására történő változása leginkább eredetüktől függ. A homokos kavics (kvarc) tönkremenetele +600 °C körül robbanásszerűen történik. A beton +1200 °C körül kezd „megolvadni”.

63. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A vízcsökkentés következtében kevesebb felesleges víz van a betonban
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	A jelentős vízcsökkentés következtében kevesebb felesleges víz van a betonban

### 3.2.18. Alagút túbging beton

A modern alagútépítési módszerek az instabil kőzetben, illetve talajban megkívánják a gyors és azonnal terhelhető burkolatokat a teljesen kibányászott alagútszakaszban. Erre a feladatra előregyártott vasbeton elemeket, ún. túbgingeket használnak, amelyek közvetlen teherviselő elemként és burkolatként is szolgálnak.

#### Gyártás

A nagy darabszám és a jelentős súly (darabonként több tonna) miatt az alagút túbgingeket majdnem mindig az alagút bejárata közelében, külön e célra létesített előregyártó berendezésekkel gyártják. A túbgingeknek nagy pontossági követelményeket kell teljesíteniük. A nehéz acél zsaluzat ezért alapvető követelmény.

Mivel a kiszaluzás már 5 – 6 óra múlva bekövetkezik, és ekkorra a betonnak már  $>15 \text{ N/mm}^2$  nyomószilárdságot kell elérnie, ennek a kezdőszilárdságnak a gyors kialakulása lényeges követelmény.

E követelmény teljesítésének számos módja van. Az ún. gőzöléses hőkezelési eljárásban a betont 28-30 °C-ra melegítik fel a keverés folyamán (meleg vízzel vagy gőzzel), majd beöntik a sablonba és rövid időn belül elvégzik a felületképzést. Ezután kb. 5 órán keresztül egy gőzölő kamrában vagy alagútban 50-60 °C-on érlelik, hogy elérje a kiszaluzáshoz szükséges szilárdságot.

#### Összetétel

##### Adalékanyag

- Normál körülmények között az MSZ EN 480-1 szerinti 0-32 mm szemmegeloszlás

##### Cement

Cement tartalom 325 vagy 350 kg/m<sup>3</sup>

CEM I 42,5 vagy 52,5

##### Bedolgozás

A frissbetonkeverék a nagy hőmérséklet miatt gyorsan köt, amely megnehezíti a szakszerű tömörítést és a felületképzést.

A gyors és iparosított folyamat következtében a frissbeton konzisztenciáját kissé képlékenyre lehet beállítani. A megkívánt kezdőszilárdságot csak a kis értékű,  $< 0,48$  víz/cement tényezővel lehet elérni.



### Különleges követelmények

A frissen kiszaluzott tübbingeket letakarással vagy utókezelőszer felhordásával, mint pl. **Antisol**<sup>®</sup> kell utókezelni.

Mindazonáltal a változó talajkörülmények között a maximális tartósság és az optimális utókezelés kombinációjának elérése céljából a tübbingek felületeit gyakrabban a kiszaluzás után azonnal a speciális **Sikagard**<sup>®</sup> védőbevonattal kezelik. Ezzel a kémiai támadások elleni plusz védelemmel különlegesen tartós betonfelületeket érnek el ezeknél a tübbingeknél.

### 64. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika</b> <sup>®</sup> <b>ViscoCrete</b> <sup>®</sup> <b>-20 HE</b>	Folyósító adalékszer	Megnövelt kezdőszilárdság és vízzáróság, javuló konzisztencia
<b>SikaFume</b> <sup>®</sup> <b>Sika</b> <sup>®</sup> <b>Silicoll</b>	Szilikapor	Nagy szilárdság, javuló vízzáróság Megnövelt szulfátállóság
<b>SikaAer</b> <sup>®</sup> <b>Sika</b> <sup>®</sup> <b>LP</b>	Légbuborékképző adalékszer	Levegő bevitel, fagy- és fagyol-vasztósó-álló beton előállítása
<b>Antisol</b> <sup>®</sup> <b>Sika</b> <sup>®</sup> <b>NB</b>	Utókezelőszerek	Utókezelés
<b>Sikagard</b> <sup>®</sup>	Védőbevonatok	Kémiai támadások elleni védelem

## 3.2.19. Monolit földem- és ipari padlóbeton

A monolit földemek és ipari padlóbetonok az építés helyszínén előállított beton- és vasbeton szerkezetek. Az ipari padlóbetonok fő jellemzője a kopásállóság, az egyenletes minőség és gyors elkészíthetőség. Ezek a padlószerkezetek sokszor vákuumozással készültek. A monolit földemek és ipari padlóbetonok teljes egészében ugyanazzal a kiváló minőséggel rendelkeznek és készítésük különösen gazdaságos.

### Összetétel

A beton keveréket bármilyen egyedi követelményhez alkalmazni lehet (vízzáró beton, fagyálló beton, stb.)

### Bedolgozás

Szokásos bedolgozás és merülő vibrátorral való tömörítés. Simítás vibrogerendával. A bedolgozási folyamat végén a felületet gépi úton lesimítják

### Utókezelés

Az utókezelést a lehető legkorábban el kell kezdeni, amelynek szokásos módja **Antisol**<sup>®</sup> utókezelőszer permetezésével és letakarással történik. (Figyelem! A megfelelő utókezelőszer kiválasztása attól is függ, hogy milyen burkolat jön a felületre.)

### Megjegyzések

- Vizsgálja meg az acélszalak használati lehetőségét a monolit beton lemezek kialakításánál.
- A felületképzés javítására ajánljuk a **Sikafloor®** termékcsalád kéreg-erősítő termékeinek, az ún. beszóró anyagoknak a használatát, amit a felületre szórva besimítanak a felületképzés során.
- A bedolgozhatóság meghosszabbítására használt betonadalék-szerek nem mindig alkalmasak a monolit padlóbetonokhoz.

### 65. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Javuló szilárdság, vízzáróság, be-dolgozhatóság és zöld szilárdság
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®</b>	Folyósító adalékszerek	Javuló szilárdság és vízzáróság Jó bedolgozhatóság Jó zöld szilárdság
<b>SikaRapid® Sika® BE</b>	Kötésgyorsító adalékszerek	A kötési folyamat szabályozása alacsony hő-mérsékleten
<b>Sikafloor®-1/-2/-3</b>	Kéreg-erősítő termékek	Megnövelt kopásállóság Színezési lehetőség
<b>Sikafloor® -ProSeal</b>	Utókezelő és felület-keményítő a kéreg-erősítő termékekhez	Vízvesztés csökkentése Szilárdulás segítése
<b>Antisol®, Sika® NB</b>	Utókezelőszerek	Vízvesztés csökkentése

## 3.2.20. Kopásálló beton

A kopásálló betont – gazdaságossági megfontolásból – általában kétrétegű kopásálló betonburkolatok felső rétegeként alkalmazzák (természetesen az egyrétegű alkalmazás is lehetséges). A kopásálló beton nagy koptató hatásnak kitett, cementkötésű ipari padlók és forgalmi területek felső rétege, amelynek legkisebb vastagsága 20 mm. A kopóréteg készülhet friss aljzatbetonra és megszilárdult rétegre. Ha megszilárdult aljzatbetonra (azaz a régi betonra) készítik, akkor azt tapadóhíddal kell összekötni. A kopásálló beton testsűrűsége > 2100 kg/m<sup>3</sup> legyen. Amennyiben a kopóréteg vastagsága meghaladja az 50 mm-t, akkor általában egy könnyű hegesztett hálót (legalább Ø 4,0 x 100 / Ø 4,0 x 100) is be kell építeni.

### Összetétel

#### ■ Adalékanyag

- 0 – 4 mm szemmagyság 30 mm rétegvastagságig
- 0 – 8 mm szemmagyság 30 – 100 mm rétegvastagság esetén

#### ■ Cement

- 400-500 kg/m<sup>3</sup>

### Tapadás az alapfelülethez

Ha a kopásálló betont, mint kopóréteget alkalmazzák, akkor a megszilárdult aljzatbetonra történő beépítése előtt egy tapadóhidat kefélnek a mattnedves (előnedvesített) alapfelületbe.

A kopásálló beton kopóréteget, mint „nedveset a nedvesre” hordják fel az elkészített tapadóhídra és gondosan tömörítik, simítják és gépi simítóval képezik a felületet.

A kopásállóságot tovább javítja, ha száraz beszóró anyagot, kéregerősítő alkalmaznak a felületképzési művelet során. A keverékbe adagolt polipropilén szálak (PP) gátolják a zsugorodási repedések kialakulását.

### Utókezelés

Mindig alkalmazzon utókezelő szereket (későbbi bevonat vagy burkolat esetén mechanikailag eltávolítandó) és takarja le a felületet, lehetőleg több napra.

### 66. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
<b>Sika® BV Plastiment®</b>	Képlékenyítő adalékszerek	Javuló szilárdság, vízzáróság, bedolgozhatóság és zöld szilárdság
<b>Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®</b>	Folyósító adalékszerek	Javuló szilárdság és vízzáróság Jó bedolgozhatóság Jó zöld szilárdság
<b>SikaRapid® Sika® BE</b>	Kötés gyorsító adalékszerek	A kötési folyamat szabályozása alacsony hőmérsékleteken
<b>SikaCem® -810</b>	Habarcsvjavító adalékszer és tapadóhíd	Javuló szilárdság és kopásállóság Tapadóhíd régi betonra
<b>Sikafloor® -1/-2/-3</b>	Kéregerősítő termékek	Kopásállóság nő, színezhető
<b>Sikafloor® -ProSeal</b>	Utókezelő és felületkeményítő a kéregerősítő termékekhez	Vízvesztés csökkentése Szilárdulás segítése
<b>Antisol®, Sika® NB</b>	Utókezelőszer	Vízvesztés csökkentése

# 4. Frissbeton

## 4.1. Frissbeton tulajdonságai

### 4.1.1. Bedolgozhatóság

A konzisztencia meghatározza a frissbeton viselkedését a keverés, mozgatás, szállítás és helyszíni beépítés során, valamint a tömörítés és felületképzés alatt is. A bedolgozhatóság tehát egy viszonylagos tulajdonság és alapvetően a konzisztencia határozza meg.

#### 67. táblázat: Bedolgozhatósági követelmények

■ A frissbeton költség-hatékony mozgatása, szállítása és beépítése	
■ Lehetőleg kissé képlékeny konzisztencia („folyékonyság”), folyósítók használata	
■ Jó összetartó képesség	
■ Csekély legyen a szétosztályozódás veszélye, a felületképzés könnyű legyen (jó simíthatóság)	
■ Meghosszabbított bedolgozhatóság	→ a kötés késleltetése/ meleg időben történő betonozás
■ A kötési folyamat gyorsítása	→ a kötés és szilárdulás gyorsítása/ hideg időben történő betonozás

## 4.1.2. Késleltetés, meleg időben történő betonozás

A betont meg kell védeni a kiszáradástól a mozgatás alatt.

Magas hőmérsékleten csak akkor lehet betonozni, ha meghozzák a szükséges különleges védőintézkedéseket. Ezeknek a betonkészítés kezdetétől az utókezelés végéig folyamatosan jelen kell lenniük. A különleges intézkedések a külső hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a szél erősségétől, a frissbeton hőmérsékletétől, a hőfejlődéstől és a hőelnyeléstől, valamint a betonozás méreteitől függnnek. A különleges intézkedések meghozatala elengedhetetlen, ha a beton hőmérséklete mozgatás és bedolgozás közben meghaladja a +30 °C-ot.

### Lehetséges nehézségek, szükséges feladatok

Ha a levegő hőmérséklete +25 °C fölé emelkedik, a késleltetés nélküli betonnal történő munkavégzés nehézségeket okozhat.

- A hidratáció a cementnek vízzel történő kémiai reakciója. Ennek folyamata az érintkezéssel azonnal megkezdődik és folytatódik a kötésen keresztül a szilárdulásig (korai szilárdulás) egészen a cementpép teljes megkötéséig.
- Magas hőmérsékleten minden kémiai reakció felgyorsul.

Ez az építési folyamat számára azt jelenti, hogy a beton korai kötése (mevedése) megnehezíti, adott esetben lehetetlenné teszi a betonozási munkálatokat.

Mindenek előtt ez azt jelenti, hogy kifogástalan, szakszerű tömörítés ebben az esetben már nem lehetséges.

Normál ellenintézkedésnek tekinthető a kötés késleltető mellékhatású folyósítók használata vagy a folyósító adalékszerek kötés késleltetővel való kombinálása.

### Késleltetési fogalmak és adagolási táblázatok

*A késleltetés célja:* A bedolgozhatóság időtartamának egy adott hőmérsékleten történő meghosszabbítása.

*A bedolgozhatóság időtartama:* Az a keverés utáni időtartam, amely alatt a betont még kifogástalanul lehet vibrálni.

*Késleltetés nélkül:* A kötés egy bizonyos idő után biztosan elkezdődik.

*Késleltetéssel:* A kötés csak egy megadott idő után kezdődik el.

### Biztonságosan késleltetni csak előzetes vizsgálatok után lehet!

Szerkezeti elem és késleltetés	Mértékadó hőmérséklet
Közepes betonkeresztmetszetek	Frissbeton hőmérséklete
Kis betonkeresztmetszetek	Levegő hőmérséklete a beépítés helyén

A magasabb hőmérséklet (frissbeton, vagy levegő hőmérséklet) kritikus lehet közepes betonkeresztmetszeteknél hosszabb, kis betonkeresztmetszeteknél rövidebb késleltetés esetén.

### Késleltetés nélküli betonok

A kötés kezdete leginkább a cement típusától függ. Pl. egy CEM II/A-LL 32,5 R típusú cement kb. 10%-al később kezd kötni, mint egy CEM I 42,5 N típusú cement.

### 68. táblázat: Szerkezeti elemek és a mértékadó hőmérséklet

Az alábbi tájékoztató táblázat adagolási irányértékeket tartalmaz CEM I 42,5 N-S cementtel készített betonhoz (régí jelölés S-54 350 pc):

<b>Sika® VZ 2 adagolása %-ban a cement tömegére vetítve</b>					
<b>A beton bedolgozhatósági ideje órákban</b>	<b>Beton hőmérséklete (°C)</b>				
	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
3	-	-	-	0,2	0,3
5	-	-	0,2	0,3	0,4
7	-	0,2	0,3	0,4	-
9	0,2	0,3	0,4	-	-
12	0,4	0,7	-	-	-

CEM II/B-S és CEM III/A cementek esetén a fent megadott értékek csökkenthetők.

CEM I 42,5 R cement esetén a megadott értékeket 0,3 %-kal növelni kell.

Példa: 300 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42,5 N-S cement; 20 °C betonhőmérséklet;

9 óra bedolgozhatóság: 0,4%/100\*300 kg = 1,2 kg **Sika® VZ 2**/m<sup>3</sup>.

Szárazabb beton esetén, továbbá ha nagyobb a cementtartalom – az előzetes vizsgálatoktól függően az adagolás nagyobb is lehet.

#### **69. táblázat: Sika® VZ 2 adagolási táblázat**

##### **Befolyásoló tényezők**

A késleltetést különböző tényezők befolyásolják:

**A hőmérséklet hatása** (lásd a mértékadó hőmérsékletet)

- A hőmérséklet növekedése csökkenti, a hőmérséklet csökkenés növeli a késleltetés időtartamát

Közelítő ökölszabály:

+20 °C alatt minden fok kb. 1 órával növeli a késleltetési időt.

+20 °C fölött minden fok kb. 0,5 órával csökkenti a késleltetési időt.

**Biztonságosan késleltetni csak előzetes vizsgálatok után lehet!**

##### **A víz/cement tényező hatása**

A 300 kg/m<sup>3</sup> cement tartalom és 1% **Sika® Retarder®** adagolása esetén:

- A víz/cement tényező 0,01-el történő növelése további fél óra késleltetést okoz

### **Sika® FM, Sika® ViscoCrete®, SikaPlast® kombinációja**

- A Sika® késleltetők egy nem késleltető folyósítóval kombinálva a késleltetést kissé növelik.
- A Sika® késleltetők egy késleltető mellékhatású folyósítóval kombinálva a késleltetést hozzáadódva növelik.

A nagyobb projekteknél az előzetes vizsgálatokat mindig végre kell hajtani.

### **A cement hatása**

A különféle cementek hidratációs folyamata változhat a különböző alapanyagok és őrlési finomságok következtében. A késleltető hatás mértéke ugyancsak érzékeny ezekre a változásokra, amelyek 1% adagolás fölött jelentősek is lehetnek.

A tendencia:

- Tiszta, finom portlandcementek esetén a késleltető hatás csökken
- Durrább cementek és egyes heterogén cementek esetén a késleltető hatás növekszik

A biztonság kedvéért:

- Előzetes vizsgálatok szükségesek
- 1% fölötti adagolásnál előzetes vizsgálatok mindig szükségesek

### **A beton tömegének hatása**

Amennyiben a teljes betonmennyiség késleltetett, és a mértékadó hőmérsékletek azonosak, a tömeg mértéke nem befolyásolja a késleltető hatást. A különböző időpontban egymás mellé kerülő betonok esetén az érintkezési zónában megváltozhat a beton késleltetése az eltérő mértékadó hőmérsékletek következtében. Például egy éjszakai alacsonyabb hőmérsékletű földémbeton mellé betöltött magasabb hőmérsékletű beton az érintkezési zónában a késleltető hatás csökkenését fogja okozni.

### **A késleltetett beton jellemzői**

- Szilárdulás

Amikor a késleltetés megszűnése után megkezdődik a szilárdulás, annak üteme gyorsabb lesz, mint a nem késleltetett betonnál lenne.

- Zsugorodás/kúszás

A zsugorodás vagy kúszás végső értéke kisebb lesz, mint a nem késleltetett betonnál lenne.

- Korai zsugorodás

A késleltetés időtartama alatt fellépő vízvesztés (felületi párolgás) következtében létrejövő korai zsugorodás zsugorodási repedéseket okozhat. A késleltetett beton vízvesztés elleni védelme ezért rendkívül fontos! Lényeges a helyes utókezelés!

## **Késleltetett betonnal készülő betonozási példák**

### **1. Éjszakai késleltetés**

- Alaplemezek
- Födémek, gerendák, stb.

A normál napi betonozás vége felé 3 db 1,20 m széles, növekvő késleltetésű sávot öntenek.

1. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás 1/3-a
2. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás 2/3-a
3. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás vagy az előzetes vizsgálatok alapján meghatározza

A betonozást éjszakára felfüggesztik, majd következő reggel folytatják a betonozást:

1. sáv: (az előző napi 3. mellett) a fő adagolás 1/3-a

### **2. Késleltetés az egyidejű kezdeti kötés érdekében**

Ez történik nagy felületű hidaknál, alaplemezeknél, stb.

Fontos előkészítő műveletek:

- Pontos betonozási program meghatározása a mérnökkel és a kivitelezővel egyeztetve
- Ennek alapján a munka szakaszokra osztása és ütemterv készítése
- A cél: minden munkaszakasz betonja egyszerre kössön
- Amikor meghatároztuk az időket, meg kell határozni az egyes szakaszok adagolásait is az előzetes vizsgálatok és a pontos hőmérsékleti információk alapján

### **Előzetes vizsgálatok**

Az előzetes vizsgálatok csak a késleltetett szakasz beton összetételére vonatkoznak:

- Ugyanazzal a víz/cement tényezővel és cementtel, ugyanazzal az adagolással

A vibrálási képességet (összevibrálhatóság) a helyszínen kell ellenőrizni, adagolásonként számos beton mintával (minimum 20 literes edényekben) a bedolgozási körülményeknek megfelelő hőmérsékleti viszonyok között.

Az eljárás, az un. „vödörös-módszer”:

- Határozza meg a késleltető adagolását a táblázatból
- Töltsön meg legalább 5 edényt ezzel a beton keverékkel
- Vibrálja az első edény tartalmát 2 órával korábban a feltételezett kezdeti kötésnél
- Vibrálja a következő edényt egy órával később minden esetben (mindegyik edény tartalmát csak egyszer vibrálja)
- Amikor a következő edény tartalmát nem lehet tovább vibrálni, a beton elkezdett kötni.
- Jegyezze fel az így nyert időket és ellenőrizze, hogy megegyeznek-e az előrejelzésekkel (a táblázatban)
- Amennyiben a különbségek túl nagyok, ismételje meg a vizsgálatot a megváltoztatott adagolással.



## A késlettetett betonnal kapcsolatos intézkedések

### Zsaluzat

Az első ízben használt fa zsaluzat láthatatlan szennyeződései felületi foltosodást, porzást, stb. okozhatnak, főként a csomók környékén a facukor felületi kiválása miatt.

Az erősen nedvszívó fa zsaluzat, amely nem eléggé nedvesített és nincs kellőképpen kezelve formaleválasztó szerrel, túlságosan sok vizet szív el a beton felületéről. A következmény: leváló vagy morzsolódó részek és porló felület. A fentiekben említett károsodások késlettetett beton esetén felerősödnek, mert a negatív hatások fellépése tovább tart.

A szakszerűen előkészített és **Sika® Separol®** formaleválasztó szerrel megfelelően kezelt fa zsaluzat késlettetett beton esetén is szép és tiszta betonfelületet eredményez.

### Tömörítés és utókezelés

A késlettetett betont gondosan kell tömöríteni. A következő szakaszt (azaz a másnap reggelit) össze kell vibrálni az előző réteggel. A késlettetett területeket együtt kell tömöríteni, és a felületeket együtt kell kialakítani.

Az utókezelésnél nagyon fontos, hogy a késlettetett, tömörített és azt követően szilárduló beton a lehető legkevesebb nedvességet veszítse el.

A késlettetett felületek (padlók, stb.) legjobb módszere a következő:

■ Takarja a felületet műanyag fóliával vagy hőszigetelő takaróval.

A késlettetett területeken, amelyeket később újra kell vibrálni:

■ Teljes takarás műanyag fóliával vagy nedves jutavászonnal. Védje a felületet a huzattól. A felület további nedvesítése kimosódásokat okozhat a késlettetett betonban.

## 4.1.3. Kötés-, illetve szilárdulásgyorsítás, hideg időben történő betonozás

A betont a teljes beépítési folyamat alatt meg kell védeni az esőtől és a fagytól. Fagy esetén csak akkor lehet betonozni, ha meghozzák a szükséges különleges védőintézkedéseket. Ezeknek a betonkészítés kezdetétől az utókezelés végéig folyamatosan jelen kell lenniük.

A különleges intézkedések a külső hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a szél erősségétől, a frissbeton hőmérsékletétől, a hőfeljődéstől és a hőelnyeléstől, valamint a betonozás méreteitől függnek.

A szükséges különleges védőintézkedések nélkül az elhelyezés és a beépítés során a friss beton hőmérséklete +5 °C-nál nem lehet hidegebb. A keverő vizet és az adalékanyagokat szükség esetén elő kell melegíteni.

### Helyzetelemzés

Az alacsony hőmérséklet késletteti a beton kötését. A -10 °C alatti hőmérsékletnél a cement kémiai folyamatai leállnak (felmelegedés után azonban bizonyos mértékig folytatódnak). Veszélyes helyzet akkor lép fel, ha a beton kötés közben, azaz egy bizonyos minimális szilárdság elérése előtt megfagy. Ekkor a szerkezeti struktúra károsodik, a szilárdság csökken és a minőség romlik.

Azt a minimális szilárdságot, amelyet elérve a beton károsodás nélkül túlélhet egy fagyási folyamatot: az un. 10 N/mm<sup>2</sup> fagyási szilárdságnak nevezzük. A fő cél az kell legyen, hogy ezt a minimális fagyási szilárdságot minél hamarabb elérjük.

A frissbeton hőmérsékletét ( $t_{\text{beton}}$ ) a következő egyenlettel lehet becsülni:

$$t_{\text{beton}} = 0,7 \times t_{\text{adalekanyag}} + 0,2 \times t_{\text{víz}} + 0,1 \times t_{\text{cement}}$$

## Intézkedések

### 1. Minimális hőmérséklet

Az MSZ 4798-1 szerint a frissbeton hőmérséklete a leadás (ürítés) időpontjában általában, vagy ha az átlagos környezeti hőmérséklet +2 °C-nál nagyobb, ne legyen +5 °C-nál kevesebb. Ha az átlagos környezeti hőmérséklet kisebb, mint +2 °C, akkor a bedolgozott betonkeverék hőmérsékletének, az átlagos környezeti hőmérséklettől függően +10 °C és +30 °C között kell lennie. A frissbeton szükséges hőmérséklete az MSZ 4798-1 szabvány L6.1. fejezete szerint számítható. Ezek a minimális hőmérsékletek azért fontosak, hogy a kötés egyáltalán megtörténjen. A betont az elhelyezés és a beépítés során meg kell védeni a hővesztéstől (lásd védőintézkedések).

### 2. A víz/cement tényező csökkentése

A lehető legkisebb víztartalom a korai szilárdulást gyorsítja. Ezáltal kevesebb nedvesség van jelen, ami megfagyjon. A folyósítók kis víz/cement-tényezőt tesznek lehetővé, miközben megtartják a jó bedolgozhatóságot.

### 3. Szilárdulásgyorsítás

A Sika® FS 1 vagy Sika® Ö 1 fagyásgátlók használatával fokozható a kötéshő, gyorsítható a hidratáció. Ezáltal gyorsabban elérhető a fagy káros hatásának már ellenálló, un. fagyási szilárdság. A Sika® Rapid-1 szilárdulásgyorsító használatával biztosíthatók a nagy korai szilárdsági követelmények.

## 70. táblázat: A 10 N/mm<sup>2</sup> érték elérésének ideje 0 °C –on napokban

Beton	Idő napokban		
	Ell. keverék 1%	Sika® FS 1 1%	Sika® Rapid-1
CEM I 300 kg/m <sup>3</sup> v/c = 0,40	4	2	1
CEM I 300 kg/m <sup>3</sup> v/c = 0,50	8	4	2

### 4. CEM I 52,5 használata

Közismert, hogy a finomabbra őrölt, nagy értékű cementek gyorsítják a beton korai szilárdulását. A kis v/c-tényezőt lehetővé tevő folyósítók garantálják a legjobb bedolgozhatóságot.

## A helyszínen hozott védőintézkedések

1. Nem lehet betonozni fagyott beton mellé vagy fagyott betonra.
2. A vasalás hőmérséklete 0 °C-nál magasabb legyen.
3. Töltse a betont gyorsan és azonnal védje meg a hővesztéstől és párolgástól (ugyanolyan fontos, mint nyáron). A hőszigetelő takarók a legalkalmasabbak erre a célra.

### 71. táblázat: Példa

A külső hőmérséklet  $-5\text{ °C}$  és a frissbeton hőmérséklete  $+11\text{ °C}$

Szerkezeti elem	Időtartam (óra), mialatt a beton hőmérséklete $+5\text{ °C}$ alá esett	
beton födém, vtg.: $d=12\text{ cm}$ fa zsaluzat	kb. 4 óra szigetelő takarók nélkül	kb. 16 óra szigetelő takarókkal

- Födémek esetén: fűtse a zsaluzatot alulról, ha szükséges.
- Ellenőrizze a levegő és a beton hőmérsékletét és a szilárdság fejlődését rendszeresen (pl. egy Schmidt-kalapáccsal).
- Tegyé későbbre a zsaluzat és az állványzat lebontását.

Következtetés: A téliesítési intézkedéseket jó előre meg kell szerveznie az összes érdekelt félnek.

### 72. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® FM, SikaPlast® Sika® ViscoCrete®	Folyósító adalékszerek	A fagyási szilárdság gyors elérése a víz-csökkentés következtében
Sika® FS 1 Sika® Ö 1	Fagyásgátló adalékszerek	A fagyási szilárdság gyors elérése
Sika® Rapid-1	Szilárdulásgyorsító adalékszer	A nagyon nagy korai szilárdság igen gyors elérése

## 4.1.4. Konzisztencia

A bedolgozhatósággal szemben a frissbeton konzisztenciáját – vagy alakíthatóságát – mérni lehet. Az MSZ 4798-1 szabvány – a vizsgálati módszertől függően – 4 féle konzisztenciaosztályt határoz meg, amelyek a földnedvestől az önthetőig 4-6 konzisztencia osztályba sorolják a frissbetonokat (lásd a 2.3. fejezetet).

### 73. táblázat: A konzisztencia célértékeinek tűrései az MSZ 4798-1 szabvány szerint

Vizsgálati módszer	Tömörítési mérték			Területi mérték	Roskadási mérték		
	$\geq 1,26$	1,25...1,11	$\leq 1,10$		$\leq 40\text{ mm}$	50... 90 mm	$\geq 100\text{ mm}$
A célértékek tartományai				Minden érték			
Tűrés	$\pm 0,10$	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$	$\pm 30\text{ mm}$	$\pm 10\text{ mm}$	$\pm 20\text{ mm}$	$\pm 30\text{ mm}$

A konzisztencia vizsgálatok általában azon beton ellenőrző paraméterek között vannak, amelyeket az adott alkalmazásokhoz elvégzett előzetes vizsgálatokban állapítanak meg.

### **A konzisztenciát befolyásoló tényezők**

- Szemalak/szemmegoszlás
- Cement tartalom/típus
- Víztartalom
- Kiegészítő anyagok használata
- Betonadalékszerek használata
- Hőmérsékleti feltételek
- Keverési idő/intenzitás
- Mérés ideje

### **A vizsgálatok ideje és helye**

A frissbeton konzisztenciáját az átadás időpontjában kell meghatározni, azaz a helyszínen a beépítés előtt (a bedolgozhatóság ellenőrzése). Amennyiben a konzisztenciát mind a keverési folyamat után (gyártási konzisztencia ellenőrzés), mind a helyszínen a beépítés előtt megméri, akkor a konzisztencia változását össze lehet hasonlítani a frissbeton korának függvényében.

*Amennyiben a betont egy mixerkocsiban szállítják, szabad a konzisztenciát véletlenszerű mintán ellenőrizni, amit kb. 0,3 m<sup>3</sup> anyag kibocsátása után vesznek.*

## **4.1.5. Vérzés**

A víz megjelenése a felületen a beton szétosztályozódását jelenti. A vérzés gyakran az adalékanyagban lévő finomrészek hiányának eredményeképpen alacsony cementtartalmú vagy magas víztartalmú keveréknél jelenik meg.

### **Következmények**

- Egyenetlen, porzó, porózus felületek.
- A betonfelület ellenállása nem megfelelő a környezeti hatásokkal és a mechanikai kopással szemben.
- A felület „kivirágzik” vagy felhősödik.

### **A vérzés csökkentése**

- A víztartalom csökkentése
- A finomrész tartalom ellenőrzése
- **Sika® Control vagy Sika® ST** stabilizáló adalékszer használata
- A szemmegoszlási görbe optimalizálása

## **4.1.6. Felületképzés**

A bedolgozás során gondoskodni kell arról, hogy a betont ne tömörítsék túlságosan hosszú ideig, hogy megelőzzék a túl sok víz és cementpép feljövését a felületre.

A felületképzést nem szabad túl korán elkezdni. Meg kell várni, amíg a felület mattnedvessé válik.

A felület kopásállóságát általában javítani lehet, ha a felület simítóval történő simítását másodszor, illetve harmadszor is elvégzik.

## 4.1.7. Frissbeton testsűrűsége

A frissbeton testsűrűsége alatt a friss, szokás szerint tömörített beton  $m^3$ -kénti tömegét kell érteni  $kg/m^3$ -ben kifejezve, beleértve a benne maradt légzárványokat is.

Adott mennyiségű cement és adalékanyagok esetén a frissbeton kisebb testsűrűsége kisebb szilárdságot jelez, mivel a testsűrűség csökken, ha a víz- és levegő tartalom megnő.

### A frissbeton testsűrűsége csökken

- a víztartalom növekedésével
- a légtartalom növekedésével

### A frissbeton testsűrűsége növekszik

- a cement tartalom növekedésével
- a víz/cement tényező csökkenésével
- a légtartalom csökkenésével

A frissbeton testsűrűségének meghatározását az MSZ EN 12350-6 szabvány szerint lásd a 4.2.6 fejezetben.

## 4.1.8. Levegőtartalom

Minden beton tartalmaz légzárványokat. Még gondos tömörítés esetén is a bennmaradó levegőtartalom, 32 mm legnagyobb szemnagyságnál 1-2 térfogat%. Ez a jellemző bennmaradt levegőtartalom 4 térfogat%-ra is nőhet, a betonban lévő finomrésztartalom által.

### A légzárványok különböző típusai

- Tömörítési légzárványok
- Nyitott és zárt kapilláris pórusok
- Gélpórusok
- A fagy- és fagyolvasztósó-állóság javítására mesterségesen bevitt légbuborékok
- Könnyűbeton előállítás céljából bevitt jelentős mennyiségű légbuborék
- A beton vagy a habarcs légtartalmát mesterségesen növelni lehet a légbuborékképző vagy habképző adalékszerekkel. A mesterséges légtartalom növelés termékei:
- **SikaAer®**, **Sika® LP** légbuborékképző adalékszerek 4-6 térfogat% levegőtartalom elérésére fagy- és fagyolvasztósó-állóság céljából.
- **Sika® SB** habképző adalékszerek jelentősebb mennyiségű levegőtartalom elérésére könnyűbeton előállítás céljából.

A frissbeton légtartalmának meghatározását az MSZ EN 12350-7 szabvány szerint lásd a 4.2.7 fejezetben.

## 4.1.9. Szivattyúzhatóság

A beton szivattyúzhatósága alapvetően a keverék összetételétől, a felhasznált adalékanyagoktól és a szállítás módjától függ. A szivattyúzott beton szállításával és bedolgozásával kapcsolatban jelentősen csökkenteni lehet a szivattyú nyomását és növelni a kimenő teljesítményt a szivattyúzást segítő szerek szakszerű hozzáadásával, különösen a zúzott-, az újrahatszósított- és az erősen nedvszívó adalékanyagoknál.

A keverék tervezés finomítása (lásd a 3.2.1. fejezetet) és a szivattyúzást segítő szerek **SikaPump®** használata lecsökkentheti a csőfal és a beton közötti súrlódási ellenállást, ami végső soron kisebb szivattyúzási nyomást és a nagyobb kimenő teljesítményt eredményez. Járulékos haszonként könnyelhető el a csőfal kisebb kopása.

## 4.1.10. Összetartó képesség

A keverék összetartó képessége a frissbeton keveréknek az a tulajdonsága, hogy mozgatás közben nem osztályozódik szét. Az összetartó képesség hiánya szétosztályozódáshoz, az alkotóanyagok különválásához és megnehezített bedolgozáshoz vezet.

### Az összetartó képesség javításának módszerei

- A finomrésztartalom növelése (cement + finom homok, lásd az 1.6. fejezetet)
- A víztartalom csökkentése → folyósító adalékszerek használata → **Sika® FM, Sika® ViscoCrete®, SikaPlast®**
- Stabilizáló adalékszerek használata → **Sika® ST**
- Légbuborékképző adalékszerek → **SikaAer®, Sika® LP**

## 4.1.11. Frissbeton hőmérséklete

A frissbeton hőmérsékletének nem szabad sem túl alacsonynak sem túl magasnak lennie. A beton minél hamarabb érje el a fagyási szilárdságot és ne szenvedjen károsodást a fagytól a korai időszakban.

- A frissbeton hőmérséklete nem csökkenhet  $+5\text{ °C}$  alá a mozgatás és bedolgozás során.
- A frissen bedolgozott betont meg kell védeni a fagytól. A fagyállóságot kb.  $10\text{ N/mm}^2$  nyomószilárdságon éri el.
- A túl magas betonhőmérsékletek beépítési problémákat és a megszáradt beton tulajdonságainak romlását okozhatják. A frissbeton hőmérséklete nem emelkedhet  $30\text{ °C}$  fölé a mozgatás és beépítés során.

### Óvintézkedések alacsony hőmérsékleten

→ Lásd a hideg időben történő betonozásnál (4.1.3. fejezet)

### Óvintézkedések magas hőmérsékleten

→ Lásd a meleg időben történő betonozásnál (4.1.2. fejezet)

## 4.1.12. Víz/cement tényező

A víz/cement tényező ( $v/c$ ) a víz: cement tömeg szerinti aránya a frissbetonban. Számítása úgy történik, hogy a teljes vízmennyiség tömegét ( $v$ ) elosztjuk a hozzáadott cement tömegével ( $c$ ). A  $k$ -érték elve (lásd 2.5. fejezetet) – Magyarországon csak korlátozással – megengedi a II. típusú kiegészítő anyagok figyelembevételét.

A víz/cement tényező egyenlete tehát:

$$v/c = \frac{v}{c} \text{ vagy } \frac{v}{c_{\text{egy.}}} = \frac{v}{c + (k \times \text{II. típusú kiegészítő anyag})}$$

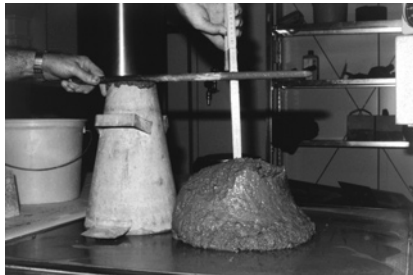
A keverék hatékony víztartalmát a frissbetonban lévő teljes vízmennyiség ( $v_0$ ) és az adalékanyagban elnyelt vízmennyiség ( $v_g$ ) különbségéből számítjuk ( $v_g$ -t az MSZ EN 1097-6 szerint határozzuk meg).

A víz/cement tényező egyenlete ennek figyelembevételével:

$$v/c = \frac{v_0 - v_g}{c}$$

A szükséges víz/cement tényezőt jelentősen befolyásolják a használt adalékanyag szemek (gömbölyű szemű vagy zúzott) és azok megoszlása. A víz/cement tényező kiválasztását befolyásolják a környezeti hatások is (kitéti osztályok) az MSZ 4798-1 szerint.

## 4.2. Frissbeton vizsgálatok



12. fotó: Roskadás mérése



13. fotó: Öntömörödő beton vizsgálata

### 4.2.1. Bedolgozhatóság

A „bedolgozhatóság” a frissbeton viselkedését jelenti a keverés, kezelés, szállítás és a beépítési helyen történő betöltés során, valamint a tömörítés és felületképzés alatt is. Ez a tulajdonság a frissbeton alakíthatóságát fejezi ki. Ezt az ún. „konzisztenciát” mérhető számokkal határozzák meg.

Az MSZ 4798-1 szabvány a konzisztenciát 4-6 osztályba sorolja a mérési módszertől függően. Ezek szolgálnak a földnedvestől az önthetőig terjedő konzisztencia meghatározására és mérésére (lásd a 2.3. fejezetet: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás).

**A konzisztencia vizsgálatokat a frissbeton rendszeres megfigyelésére használják.** A vizsgálat gyakoriságát a szerkezet fontossága alapján kell megállapítani és úgy kell elrendezni, hogy az adott betonminőséget következetesen el lehessen érni.

Az MSZ 4798-1 szabvány 8., 9. és 10. fejezetei részletes információkat adnak ezekről a megfelelőségi ellenőrzésekről.

## 4.2.2. Mintavétel

A frissbeton vizsgálatokhoz elvégzendő mintavételről: **az MSZ EN 12350-1 szabvány (A frissbeton vizsgálata. – 1. rész: Mintavétel)** intézkedik.

■ **Összeállított minták:**

Olyan betonmennyiségek, melyek bizonyos számú egyedi mintából állnak, amelyeket egyenletesen vételeztek a keverőből vagy egy betonadagból és utána alaposan összekevernek.

■ **Véletlenszerű minták:**

Egyedi minták, melyeket a keverő vagy a betonadag egy részéből vételeznek, és amelyeket ezután alaposan összekevernek.

■ **Egyedi minták:**

Egyes, megfelelő helyről vett minta.

A véletlenszerű vagy összeállított mintavételezés felőli döntés annak céljától függ. A minta teljes mennyisége legalább a vizsgálathoz szükséges beton mennyiség **1,5-szerese legyen** (egy 60 liter úrtartalmú tele talicska normál körülmények között elegendő).

## 4.2.3. Konzisztencia vizsgálata roskadási mértékkel

**Alapelv:**

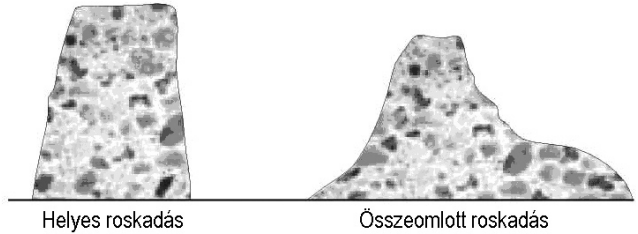
**A frissbetont kb. három egyforma vastagságú rétegben egy alul, felül nyitott kúp alakú formába töltik és tömörítik. A tömörítés rétegenként 25 egyforma és egyenletes szúrkálás legyen a tömörítő rúddal. Amikor a formát felemelik a roskadás mértéke megadja a beton konzisztencia osztályba sorolását. A roskadási mérték a forma magassága és a formából kivett frissbeton kúp magassága közti különbség milliméterben.**

**Szabvány: MSZ EN 12350-2 A frissbeton vizsgálata. – 2. rész: Roskadásvizsgálat**

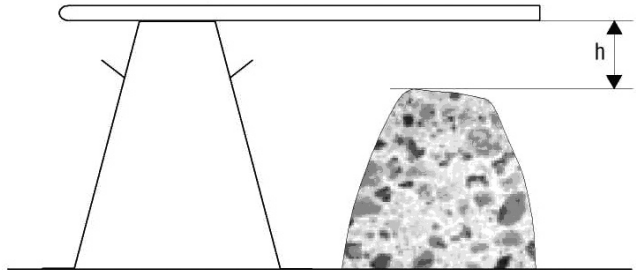
Az egész folyamatnak a formába töltéstől és a forma felemeléséig 150 másodpercen belül végbe kell mennie. A vizsgálat csak akkor érvényes, ha a visszamaradó roskadó kúp nagyjából érintetlen és szimmetrikus marad a forma eltávolítása után, azaz a beton kúp formájában állva marad (vagy kúpra emlékeztető testben). Amennyiben a beton összeomlik (lásd a következő oldal ábráját) egy másik mintát kell venni. Amennyiben két minta összeomlik két egymást követő vizsgálatban, akkor a beton nem rendelkezik a roskadási vizsgálathoz szükséges képlékenységgel és összetartó képességgel.



### A roskadás alakja



### A roskadás mérése



### 8. ábra: A roskadás jellemzői és mérése

A roskadási osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

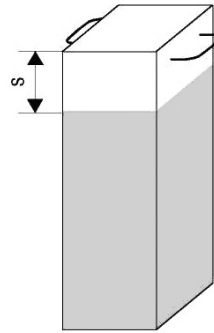
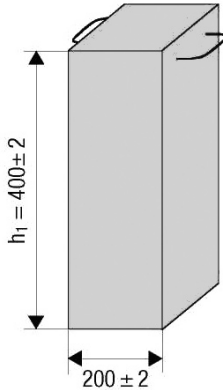
## 4.2.4. Konzisztencia vizsgálata tömörítési mértékkel

### Alapelv:

*A frissbetont óvatosan egy acél négyzet alapú hasáb vizsgáló-tartályba helyezik. A tömörítést el kell kerülni. Amikor a tartály teljesen tele van, a beton felesleget lehúzzák róla a tartály felső élével egy magasságban. Ezután a betont tömörítik, pl. egy rúdvráttórral (max. rázófej átmérő 50 mm). A tömörítés után a beton felület és a tartály felső éle közötti távolságot lemérik mind a négy oldal közepén. A mért értékek átlagát használják a tömörítési mérték meghatározásához.*

## MSZ EN 12350-4 szabvány

Tartály méretek	Alaplemez Magasság	200 x 200 mm 400 mm	(±2) (±2)
--------------------	-----------------------	------------------------	--------------



Méretek mm-ben

**9. ábra: Beton a tartályban  
Tömörítés előtt**

**Tömörítés után**

Tömörítési mérték:  $c = \frac{h_1}{h_1 - s}$  (mértékegység nélküli érték)

A tömörítési osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

### 4.2.5. Konzisztencia vizsgálata területi mértékkel

#### **Alapelv:**

*Ez a vizsgálat a frissbeton konzisztenciáját egy vízszintes acéllemezen méri a beton szétterülésével. A frissbetont először egy kúp alakú formába töltik (2 rétegben), közben a tömörítő rúddal tömörítik (rétegenként 10-szer) és lesimítják a forma tetejével egy szintbe. Ezután a formát óvatosan eltávolítják függőlegesen felfelé. A lemezen lévő betont, miután felvette szabad alakját a lemezzel együtt, annak egyik éle mentén kézzel vagy gépi úton 15-ször egymás után ütközésig fel-emelik, majd leejtik. A beton szétterülésének átmérőjét két egymásra merőleges irányban megméri.*

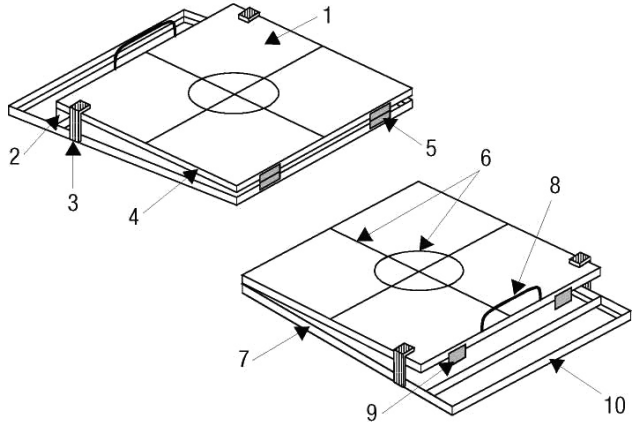
### MSZ EN 12350-5 szabvány

A területi osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

#### 10. ábra: Terülmérő asztal

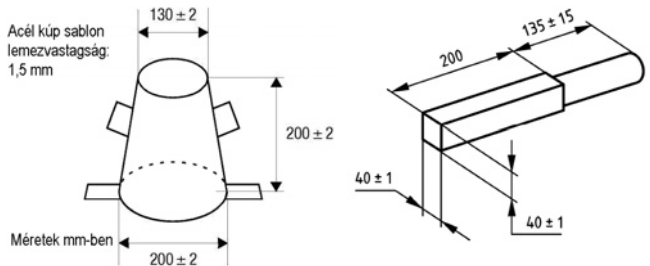
Méretei:  $700 \pm 2 \times 700 \pm 2$  mm

Tömege:  $16 \pm 0,5$  kg



1 Fémlemez vastagság min. 2 mm	6 Kereszt és $210 \pm 1$ mm kör alakú vésett jelzés
2 Emelési magasság $40 \pm 1$ mm-ben korlátozva	7 Asztal alsó kerete
3 Felső ütköző	8 Fogantyú
4 Asztal mozgó része	9 Alsó ütköző
5 Oldható csuklópántok (kívül)	10 Lábtámasz

#### 11. ábra: Terülmérő kúp és tömörítő rúd



## 4.2.6. Frissbeton testsűrűségének meghatározása

### **Alapelv:**

**A frissbetont egy merev vízzáró tartályban tömörítik, majd lemérik a tömegét.**

### **MSZ EN 12360-6 szabvány**

A tartály legkisebb méretének legalább a legnagyobb durva adalékanyag névleges mérete ( $D_{max}$ ) négyszeresének kell lennie, de nem lehet kisebb, mint 150 mm. A tartály térfogata legalább 5 liter legyen. Felső élének és az alaplapjának párhuzamosnak kell lennie.

(A 8 liter űrtartalmú légtartalom mérő edények is alkalmasnak bizonyultak erre a célra).

A betont mechanikusan tömörítik egy rúdvráttorral, vagy egy vibrátor-asztalon, vagy kézzel egy rúddal vagy egy döngölővel.

## 4.2.7. Légtartalom meghatározása

Két vizsgálati módszer van, amely ugyanazon az elven működő berendezést használ (Boyle-Mariotte törvénye): ezek a vízoszlop- és a nyomáskiegyenlítéses módszerek. Az alábbi leírás a **nyomáskiegyenlítéses módszert** ismerteti, mert ezt gyakrabban használják.

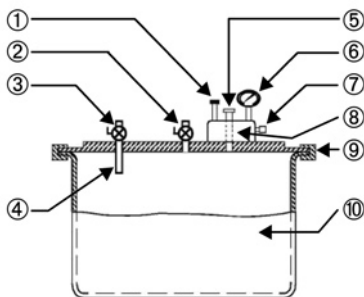
### **Alapelv:**

**Az ismert térfogatú levegőt ismert nyomáson kiegyenlítik a beton mintában lévő ismeretlen térfogatú levegővel egy szorosan tömített kamrában. Az eredményül kapott nyomást a nyomásmérő műszer átkalibrálja a betonminta levegő tartalmának százalékává.**

### **MSZ EN 12360-7 szabvány**

#### **12. ábra: Nyomáskiegyenlítéses módszert használó mérőberendezés**

- 1 Szivattyú
- 2 "B" szelep
- 3 „A” szelep
- 4 Tágulási csövek kalibrációs ellenőrzés céljából
- 5 Fő levegőszelep
- 6 Nyomásmérő
- 7 Levegő kiengedő szelep
- 8 Légtér
- 9 Szorítóbilincs tömítés
- 10 Tartály



A légtartalom mérő berendezések tartályai általában 8 liter űrtartalmúak. A tömörítést rúdvrátórral vagy vrátórasztalal lehet elvégezni. Rúdvrátórok használatal esetén biztosítani kell, hogy a mesterségesen létrehozott légbuboréktartalmat ne hajtsa ki a túlzott vrátálás.

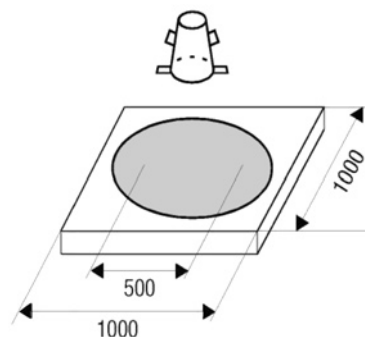
Egyik módszer sem alkalmas a könnyű adalékanyagból, a granulált kohósalakból vagy a nagy porozítású adalékanyagból készített betonoknál történő mérésre.

## 4.2.8. További frissbeton konzisztencia vizsgálati módszerek

Az utóbbi években a fent leirtakon túl új vizsgálati módszereket fejlesztettek ki az öntömörödő betonokra. Ezek még nem szerepelnek a szabványokban, de hatékonyak mutatkoznak a gyakorlatban. A mindennapi használatban lévő vizsgálati módszereket az alábbiakban ismertetjük.

### A roskadási terület mérése

Ténylegesen a roskadás- és a területmérés kombinációja, mert ugyanazt a kúpot használják, mint a roskadásmérésnél. A roskadási kúpot megtöltik betonnal egy, a területméréshez használ fémlemeznel nagyobb lapon, lehúzzák, majd lassan leemelik. A mérés szokásos módszere az, hogy megméri az időt másodpercben, amikor a lepény átmérője eléri a  $\varnothing 50$  cm kört és ezután két egymásra merőleges irányban megméri a lepény átmérőjét annak mozgása végén.



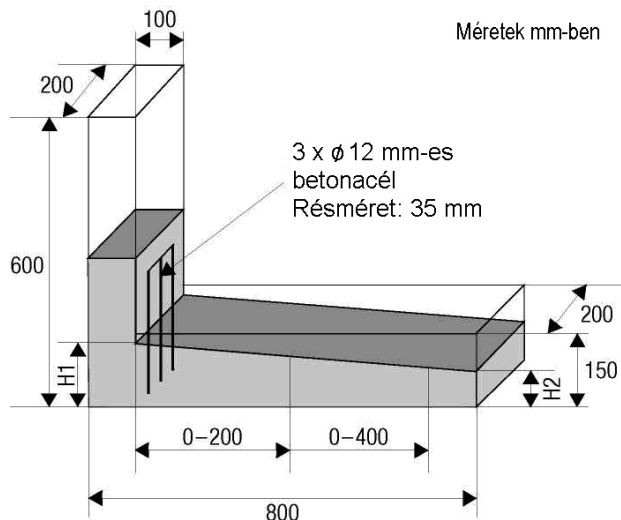
13. ábra: Roskadási területmérő eszköz

a beton legnagyobb szemnagyságától függő darabszámú és távolságú – bordázott acél van erősítve, hogy szimulálja a folyási viselkedést a vasalás körül.

### Az L-doboz

Az L-doboz a függőlegestől a vízszintes felé irányuló folyási viselkedés elemzésére alkalmas. Itt ismét a szokásos módszer az első 50 cm vízszintes elérésének idejét mérni és ugyancsak a csatorna túlsó oldalának elérési idejét, továbbá a beton mélységét a túlsó oldalon lévő kivezetőnél. A folyási sebességet a 2 különböző mérési ponton, pl. elektronikusan is lehet mérni.

#### 14. ábra: L-doboz kialakítása és méretei

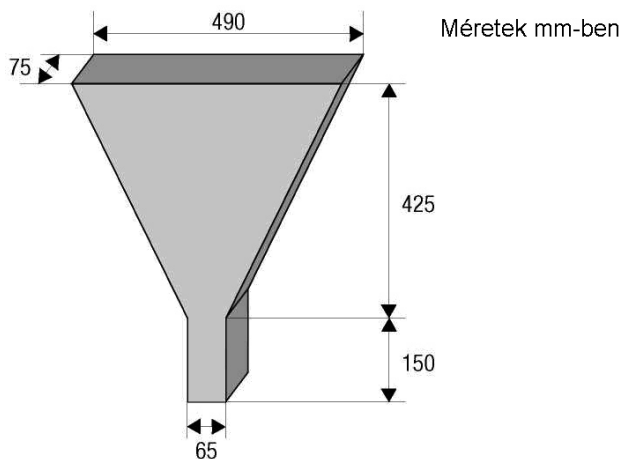


A függőleges és a vízszintes csatorna csatlakozásához – ahol az átfolyás történik – az ábrán látható vasalást szokták elhelyezni.

Ez a módszer is mind laboratóriumi, mind helyszíni használatra alkalmas.

#### A V-tölcsér

A tölcser alján lévő lemez zárva van, amikor a betont betöltik. Ezután kinyitják a lemezt és a kifolyás időtartamát mérik.



#### 15. ábra: V-tölcsér kialakítása és méretei

Ez a módszer alkalmasabb laboratóriumi, mint helyszíni használatra, mivel a kifolyási tölcser általában egy állványhoz rögzítik. Magyarországon szokás a helyszínen is használni.

# 5. Megszilárdult beton

## 5.1. Megszilárdult beton tulajdonságai

### 5.1.1. Nyomószilárdság

**Nyomószilárdság osztályok az MSZ 4798-1 szerint**

**Lásd a 2.4 fejezetben**

A megszilárdult beton egyik fontos tulajdonsága a nyomószilárdság. Értékét külön előállított mintadarabokon (kockákon vagy hengereken) vagy a szerkezetből vett magmintákon nyomásvizsgálatokkal határozzák meg. A nyomószilárdságot befolyásoló fő tényezők a cement típusa, a víz/cement tényező és a hidratáció foka, amelyre főként az utókezelés időtartama és módszere hat. A beton szilárdsága tehát a hidratált cement szilárdságából, az adalékanyagok szilárdságából, a két összetevő közötti tapadásból és az utókezelésből származik. A nyomószilárdság fejlődésének tájékoztató értékeit az alábbi táblázatban adtuk meg.

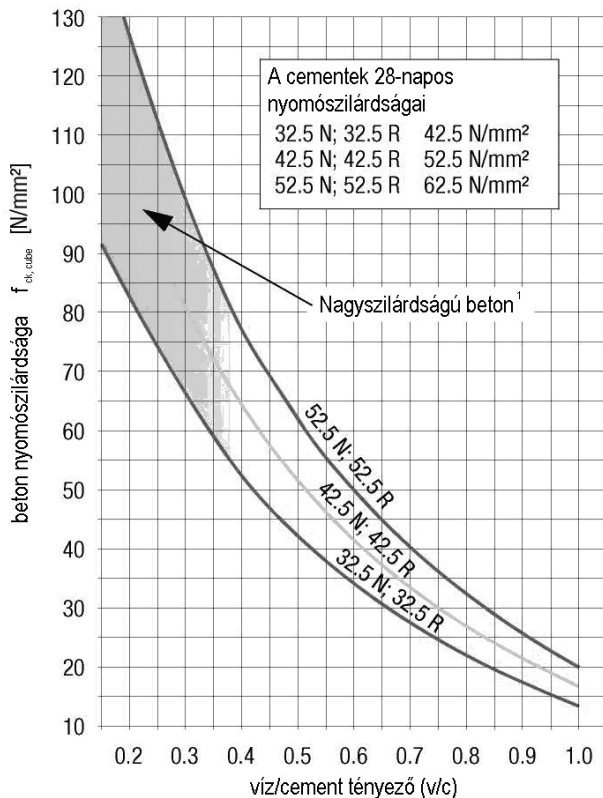
**74. táblázat: A szilárdság fejlődése a betonban (Tájékoztató értékek<sup>1</sup>)**

Cement szilárdsági osztályok	Folyamatos tárolás hőmérséklete	3 nap N/mm <sup>2</sup>	7 nap N/mm <sup>2</sup>	28 nap N/mm <sup>2</sup>	90 nap N/mm <sup>2</sup>	180 nap N/mm <sup>2</sup>
32,5 N	+20 °C +5 °C	30...40 10..20	50...65 20...40	100 60...75	110...125	115...130
32,5 R; 42,5 N	+20 °C +5 °C	50...60 20...40	65...80 40...60	100 75...90	105...115	110...120
42,5 R; 52,5 N 52,5 R	+20 °C +5 °C	70...80 40...60	80...90 60...80	100 90..105	100...105	105...110

<sup>1</sup> A 28 napos nyomószilárdság 20 °C folytonos tárolásnál megfelel a 100%-os értéknek.

**16. ábra: A beton nyomószilárdsága, a cement szabványos szilárdsága és a víz/cement tényező közötti összefüggés**

(A német Cement Kézikönyv 2000, 274. oldala szerint)



<sup>1</sup> Nagyszilárdságú betonnál a cement szabványos nyomószilárdságának kisebb a jelentősége

*Megjegyzések a diagrammhoz:*

- $f_{ck,cube}$ : - 150 mm élhosszúságú kockán mért 28 napos szilárdság
- Az MSZ 4798-1 szerint kizsalzás után 7 napig vízben, majd levegőn tárolva

Az utókezelésnek a nyomószilárdságra gyakorolt hatását lásd a 8. fejezetben.



## 5.1.2. Nagy kezdőszilárdság

Nagy kezdőszilárdság alatt órákkal (max. 24 órával) a beton gyártása utáni nagy nyomószilárdságot értjük.

### **Nagy kezdőszilárdságú beton előregyártott szerkezetekhez**

A nagy kezdőszilárdság gyakran fontos az előregyártott szerkezeteknél.

A nagyobb korai szilárdság a következőket jelenti:

- Korábbi kizsaluzás
- A zsaluzat gyorsabb forgási ciklusa
- Az előregyártott szerkezetek korábbi kezelése
- A cement gazdaságosabb használata
- Kevesebb hőenergia, stb.

### **Nagy kezdőszilárdságú transzportbeton**

Ezzel kapcsolatban gyakran fordulnak elő szöges ellentétben álló követelmények. Egyrészt gyakran van szükség hosszú bedolgozási időre (szállítás/beépítés), másrészt a korai szilárdságot már 6 óra után igénylik. Ezeket a követelményeket csak a legújabb fejlesztésű folyósítókkel, kötésgyorsítókkal és különleges betonkeverékek használatával lehet elérni.

### **Nagy kezdőszilárdságú transzportbetonok használata**

Minden transzportbeton alkalmazás esetén, amelynél nagy korai szilárdságot igényelnek, a következőkre lehet szükség:

- Rövid kizsaluzási idők, különösen télen
- Korai terhelhetőség (közlekedésépítési betonok, alagút belső héjbetonok, vízszintes teherhordó szerkezetek stb.)
- Csúszózsálas betonozás
- Korai felületképzés (pl. műkő beton a tél folyamán)
- Kisebb mértékű téliesítési intézkedések

### **Nagy kezdőszilárdságú betont befolyásoló tényezők**

A szilárdság fejlődését és a bedolgozhatóságot (konzisztencia) a következő tényezők befolyásolják:

- Cement típusa és mennyisége
- A beton-, a környezet- és az alapfelület hőmérséklete
- Víz/cement tényező
- Szerkezeti elem méretei
- Utókezelés
- Adalékanyag összetétele
- Betonadalékszerek

75. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése, típusa	5 °C	10 °C	20 °C	30 °C
	óra: N/mm <sup>2</sup>	óra: N/mm <sup>2</sup>	óra: N/mm <sup>2</sup>	óra: N/mm <sup>2</sup>
<b>Referenciabeton:</b>	CEM: 350 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 350 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>
	18: 0	12: 0	9: 2	6: 5
	24: 2	18: 3	12: 5	9: 9
	48: 10	24: 14	18: 17	12: 13
<b>Sika® FS 1</b> fagyásgátló	CEM: 350 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	
	Adag: 1%	Adag: 1%	Adag: 1%	
	18: 1	12: 2	9: 3	
	24: 3	18: 5	12: 6	
<b>Sika® Rapid-1</b> szilárdulásgyorsító	CEM: 350 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 300 kg/m <sup>3</sup>
	Adag: 1%	Adag: 1%	Adag: 1%	Adag: 1%
	18: 1	12: 3	9: 4	6: 12
	24: 4	18: 7	12: 10	9: 16
<b>Sika® ViscoCrete-20 HE</b> folyósító, nagy kezdőszilárdsággal			CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>	CEM: 325 kg/m <sup>3</sup>
			Adag: 0,4%	Adag: 0,8%
			24: 27	24: 34

### Szilárdság vizsgálatok

Annak érdekében, hogy a szerkezet korai szilárdságáról megbízható adatokat nyerjünk a mintákat nagy gondossággal kell előállítani. A következő módszerek és eszközök alkalmasak:

- Lehetőleg olyan mintákat kell előállítani, amelyeknek méretei illeszkednek a szerkezethez és ezekből a fúrt magmintákat röviddel a vizsgálat előtt kell venni.
- Másik lehetőség, hogy ugyanolyan tárolási körülmények között kell a mintákat előállítani. Fontos, hogy tudatában legyünk, a korai szilárdságok jóval kisebbek a kis méretek miatt.
- Különleges lengőkalapácsos készüléket is lehet alkalmazni a szerkezeten. Nem megfelelő a korai szilárdság vizsgálatát beton vizsgálató Schmidt-kalapáccsal végezni.

### Beton összetétele

Csak általános információt lehet adni, mivel a pontos összetétel főként a különleges követelményektől függ.

- **Cement típus:** Használjon CEM I 52,5-et CEM I 42,5 helyett. A szilikapor gyorsítja a szilárdság kialakulását, a pernye azonban hajlamos késleltetni azt.
- **Cement tartalom:**  $D_{\max}=32$  mm szemnagyság esetén növelje meg kötőanyag tartalmat 300-ról 325-350 kg/m<sup>3</sup>-re.
- **Beton hőmérsékletek:** Amennyiben lehetséges, növelje meg a hőmérsékletet a magas szintű előírásokhoz.

- **Szemmegozslási görbe:** Kis finomrész tartalmú görbékét válasszon, általában a homoktartalom csökkentésével, hogy csökkentse a víz-igényt.
- **Víz/cement tényező:** Alaposan csökkentse a víztartalmat folyósító használatával.
- **Gyorsítás:** Gyorsítsa fel a szilárdság kialakulását szilárdulásgyorsítóval (**Sika® Rapid-1**) a végszilárdság csökkentése nélkül.
- **Utókezelés:** Tartsa meg a hidratációs hőt a betonban a hővesztés- és kiszáradás elleni védelemmel.

### 5.1.3. Vízáróság

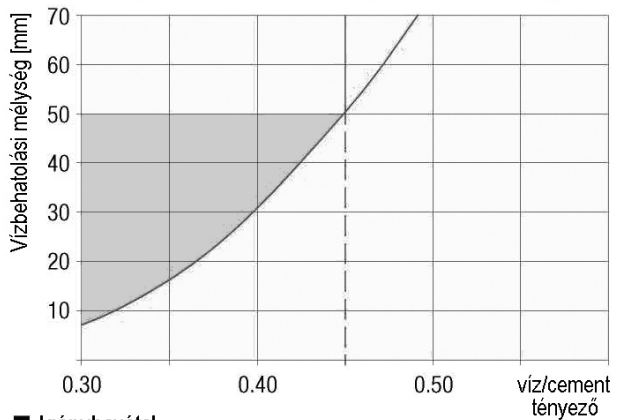
A vízárósággal jellemezzük a betonszerkezet ellenállását a víz behatolásával szemben.

A beton vízáróságát a hidratált cement vízárósága (kapilláris porozitása) határozza meg.

#### A vízáróság meghatározása az MSZ EN 12390-8 szerint

- A víz maximális behatolása a betonba: 50 mm.
- Követelmény: Jó betonminőség és korrektt műszaki megoldások a csatlakozások, hézagok kialakítására.

(Sika Schweiz AG szabványos keverék-tervezés)



#### ■ Igénybevétel

Víznyomás

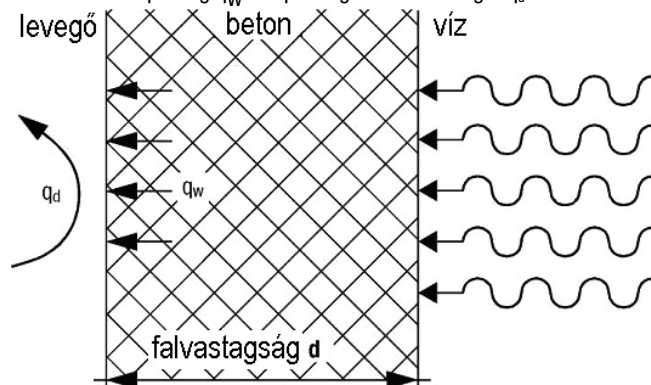
#### ■ Vizsgálat

Maximális behatolási mélység mérése (MSZ EN 12390-8)

17. ábra: A víz/cement tényező és a vízbehatolási mélység összefüggése

### A vízzáróság meghatározása

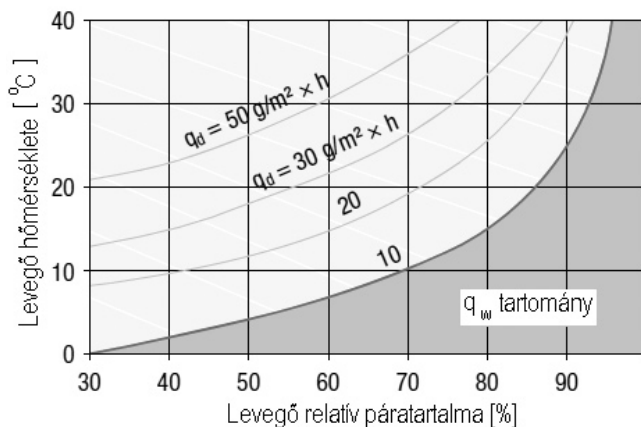
■ Vízvezető képesség  $q_w < \text{elpárolgatott víz térfogat } q_d$



Minél nagyobb a „d”, annál nagyobb a vízzáróság.

### 18. ábra: A vízzáróság fogalma

■ A vízzáró szerkezetek ajánlott tartománya:  $q_w \leq 10 \text{ g/m}^2 \times \text{h}$



### ■ Igénybevétel

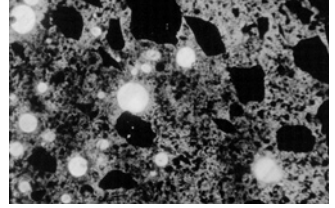
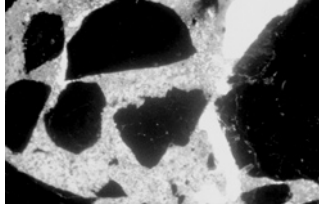
Változó víztelítődés a vízzel való tartós kapcsolat miatt

### ■ Vizsgálat

A  $q_w$  vízvezető képesség mérése

### 19. ábra: A levegő hőmérsékletének és a levegő relatív páratartalmának hatása a vízzáróságra

## A kapillaris pórusok és üregek redukálása vízcsökkentéssel



**14. fotó:**

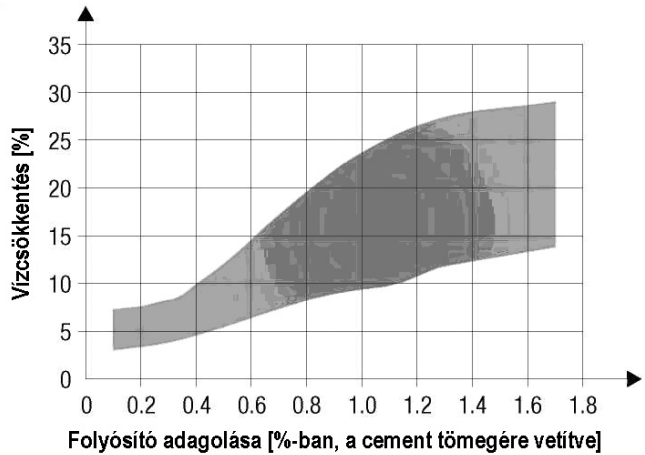
**Nagy v/c tényező > 0,60**

Nagy pórusok a finom homok és a finom részek hiánya miatt.

**15. fotó:**

**Kis v/c tényező > 0,40**

Nagyon tömör cementkő



**20. ábra: Vízcsökkentés %-ban Sika® folyósító használatával**

A megfelelő hidratálás a vízzáró beton számára elsődleges fontosságú. Ezért lényeges a beton helyes utókezelése (lásd a 8. fejezetet).

## 5.1.4. Fagy- és fagyolvasztósó-állóság

### Fagyhatás

A beton szerkezetek fagy által okozott károsodására általában akkor lehet számítani, ha azok nedvességgel átitatottak, és ebben az állapotukban gyakori fagyás/olvadás ciklusok érik. A konkrét károsodás annak a víznek ciklikus megfagyása és felolvadása következtében jelenik meg, amelyet a kapilláris szívó hatás következtében nyelt el a beton. Ezután következik be a károsodás a külső betonrétegekben a víz tényleges növekedése [jég] miatt.

### Fagyállóság feltétele

- Fagyálló adalékanyagok
- Tömör betonszerkezet és/vagy
- Mikro méretű légbuborékokban gazdag beton
- Alapos és azonnali utókezelés
- Lehetőség szerint a beton hidratációs foka minél nagyobb legyen (nem jó ötlet közvetlenül a fagyos időszakok előtt betonozni).

### Vizsgálati módszerek

A beton fagyállóságának vizsgálatára jelenleg érvényes európai szabvány még nem áll rendelkezésre (a prEN 12390-9:2002 irányadó lehet). Magyarországon az MSZ 4798-1 szerint legalább 28 napos, de legfeljebb 35 napos korú és vízzel telített próbatesteken vizsgálható a fagy- és fagyolvasztósó-állóság.

- Fagyállóság („A” eset)

A fagyasztási-olvasztási ciklusok száma XF1 környezeti osztályban legalább 50, az XF3 környezeti osztályban legalább 100 legyen. A próbatestek tömegvesztése legfeljebb 5 tömeg%, nyomószilárdság-csökkenése pedig legfeljebb 20% lehet.

- Fagy- és olvasztósó-állóság („B” eset)

A próbatestek 5 oldalára gumiréteget és hőszigetelést kell ragasztani, 6. oldalán pedig 3%-os 3 mm mélységű NaCl oldat álljon. A fagyasztási-olvasztási ciklusok száma 56 legyen. A próbatestek tömegvesztésének átlaga az XF2 környezeti osztályban legfeljebb 500 g/m<sup>2</sup>, az XF4 környezeti osztályban pedig legfeljebb 250 g/m<sup>2</sup> lehet.

### Fagy- és fagyolvasztósó-állóság

Télen a közlekedési felületek csúszásmentesítése érdekében főként jégolvasztó sókat használnak (általában NaCl-ot). A betonfelület ennek hatására – hőelvonás következtében – nagyon gyorsan lehűl. A fagyott és nem-fagyott rétegek közötti kölcsönhatások szerkezeti meghibásodásokat, leválásokat okoznak a beton felületén.

### Fagy- és fagyolvasztósó-állóság feltételei

- Fagyálló adalékanyagok
- Tömör és mikro méretű légbuborékokban gazdag beton
- Alapos és gondos és utókezelés
- Kerülje el a felületen a finomhabarcs feldúsulásokat
- Betonozzon minél korábban az első fagyás/olvadás igénybevétel előtt, hogy a beton addigra ki tudjon száradni.

## 5.1.5. Felületképzés

A beton felületével szemben különféle változó, de magas követelményeket szoktak támasztani a vízzáróságtól kezdve a megjelenésig bezárólag. Ahhoz, hogy ezek a követelmények teljesíthetők legyenek, a szerkezetet és annak kivitelezését részletesen meg kell tervezni.

Az összes tartóssági követelmény teljesítéséhez egy lehetőség szerint minél tömörebb felület szükséges. A károsító hatások mindig kívülről befelé irányulnak. A túlvibrálás vagy a nem megfelelő utókezelés gyengíti ezt a felületi zónát. A megjelenéssel szemben támasztott magas követelmények elvezetnek az ún. látszóbeton fogalmához.

### Beton felületek esztétikai megjelenése

Látszóbeton → lásd a 3.2.8. fejezetet.

### Mosott beton felület

A mosott beton felületű látszóbeton népszerű felületképzési lehetőség, pl. támfalaknál, homlokzati paneleknél, kerti berendezéseknél, stb. Az adalékanyag struktúrája a cementfilm lemosásával jelenik meg a felületen. Ehhez felületi készletetésre van szükség, amelynek néhány milliméter mélységig hatékonyan kell lennie.

A helyesen megtervezett mosott betonnal a durva adalékanyag szemek 2/3 részben mindig benne vannak a cementkőben.

### 76. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Rugasol®	Felületi kötési- és leltető szerek	Látszó adalékanyagú betonfelületek készítése kimosással

### Megjegyzések

- A maximális szemnagyságot esztétikai okok miatt hozzá kell igazítani az elem méreteihez (pl. 0-16 mm karcsú elemekhez).
- A cement tartalom az adalékanyag összetételétől függően 300-450 kg/m<sup>3</sup> legyen (finom adalékanyag → több cement)
- Víz/cement tényező 0,40-0,45 között legyen (→ Sika® FM, Sika® ViscoCrete®, SikaPlast® folyósítóval)
- Általában növelje a betonfedést 1 cm-rel.

A Sika vízzáró betonról alkotott álláspontja szerint a fogasságok és a munkahézagok mentén létrejövő vízátfolyások veszélye mosott beton esetén jelentősen megnő.

## 5.1.6. Zsugorodás

Zsugorodás alatt a beton rövidülését vagy térfogatának csökkenését értjük. A zsugorodási alakváltozás időbeli lefolyását és nagyságát főként a kiszáradás kezdete, a környezeti feltételek és a beton összetétele befolyásolja.

### A zsugorodás időbeli alakulása a következőképpen történik:

- A fiatal beton kémiai töppedése/zsugorodása csak a reakciótermékek és az alapanyagok térfogatának különbségéből adódik. A zsugorodás csak a cementkővet érinti, az adalékanyagokat nem.
- A fiatal beton plasztikus zsugorodása a kötés és szilárdulás korai fázisától függ. A kötés kezdete után a beton párolgással vizet veszít, amely térfogatcsökkenéshez vezet és a beton minden irányból meg rövidül. A deformáció általában megáll, ha a beton eléri az 1 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságot.
- Száradási zsugorodás → a szilárduló beton lassú kiszáradása okozza, azaz minél gyorsabban csökken a szabad víz mennyisége a struktúrában, annál jobban zsugorodik a beton.

### A zsugorodás mértékét befolyásoló tényezők

- A betonozási fázisok és munkahézagok megtervezése
- Optimalizált keverék tervezés
- Lehetőség szerint kis víztartalom (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Zsugorodás csökkentése (→ **Sika® Control-40**) a hidratáció megkezdése után
- A víz eltávozásának megelőzése a zsaluzat és az alapfelület előnedvesítésével
- Utókezelés: letakarás műanyag fóliával, hőszigetelő, illetve vízmegtartó takarókkal (juta, geotextília) vagy folyékony utókezelőszerekkel való permetezés **Sika® NB**, **Antisol®**.

I. szakasz	II. szakasz	III. szakasz
<b>Kémiai zsugorodás</b>	<b>Plasztikus zsugorodás</b>	<b>Száradási zsugorodás</b>
Után-tömörítés	Vízvesztés csökkentése	Utókezelés
kb. 4-6 óra	kb. 1 N/mm <sup>2</sup>	

77. táblázat: A zsugorodás időbeli alakulásának szakaszai



## 5.1.7. Szulfátállóság

A szulfáttartalmú víz időnként a talajból jön vagy oldódik a talajvízben és megtámadhatja a megszilárdult betont.

### Hatásmechanizmus

A szulfáttartalmú víz reakcióba lép a cementben lévő trikálcium-alumináttal ( $C_3A$ ) és ettringit (bizonyos körülmények között taumazit) jön létre, amely térfogatnövekedéshez vezet és nagy belső nyomást okoz a betonban, miáltal repedezések és leválások jelennek meg.

### Intézkedések

- Lehetőség szerint tömör beton struktúra, azaz csekély porozitás → **SikaFume®**, **Sika® Silicoll**
- Kis víz/cement tényező  $\leq 0,45$  (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Használjon kis trikálcium-aluminát ( $C_3A$ ) tartalmú cementet
- Létesítménynek megfelelő utókezelés

**Megjegyzés:** A különleges követelményeket minden létesítménynél projektre szabottan kell tisztázni. A természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziós határértékeit kitéti osztályonként a 2.2. fejezet és a 19. táblázat tartalmazza.

### Vizsgálati módszer

ASTM C 1012

## 5.1.8. Kémiai ellenállóképesség

A betont megtámadhatják a vizekben és a talajban lévő szennyezőanyagok vagy a gázok (azaz levegő). Veszélyek léphetnek fel használat közben is (tartályokban, ipari padlóknak, stb.).

- A felszíni és talajvizek, károsító talajszennyező anyagok, a levegő szennyezések, és növényi vagy állati anyagok kémiai úton megtámadhatják a betont.
- A kémiai támadásokat két típusba lehet besorolni:
  - Oldószer támadás: a lágy víz, savak, sók, lúgok, olajok és zsírok, stb. okozzák.
  - Duzzadási támadás: főképpen a vízben oldható szulfátok hatásai (szulfát duzzadás) okozzák, lásd az 5.1.7. fejezetet.

Lásd a 2.2. fejezetet és a 19. táblázatot.

### Intézkedések

- A lehetőség szerint minél tömörebb beton struktúra, azaz alacsony porozitás → használjon Sika szilikapor technológiát → **SikaFume®**, **Sika® Silicoll**
- Kis víz/cement tényező  $\leq 0,45$  (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Növelje a betonfedést legalább 1 cm-rel.

A beton csak a nagyon gyenge savakkal szemben ellenálló. A közepes erősségű savak károsítják a betont.

A betont tehát különleges védőbevonattal kell ellátni közepesen és erősen agresszív savak támadása esetén. Schleifend

## 5.1.9. Kopásállóság

### Kopási igénybevételek

A beton felületeket gördülő igénybevételek (kerekek/forgalom), csiszoló hatások (csúszás/abroncsok) és/vagy ütések (nagy súlyok/ledobott anyagok) éri. A cementkő, az adalékanyagok és ezek tapadása együttesen igénybevétel alatt állnak. A támadás tehát elsődlegesen mechanikai.

### A jobb kopásállóság feltételei

A hidratált cementkő kopásállósága kisebb, mint az adalékanyagé, különösen porózus cementkő esetén (nagyobb víztartalom). Ugyanakkor ha a víz/cement tényező csökken, a hidratált cement porozitása ugyancsak csökken és az adalékanyagokhoz való tapadása javul.

- Víz/cement tényező  $\leq 0,45$  az ideális
- A cementkő tömörségének javítása, valamint az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás javítása (**SikaFume®**, **Sika® Silicoll**).
- A megfelelő szemmegoszlási görbe és legnagyobb szemmagyság ( $D_{max}$ ) kiválasztása, alapos utókezelés
- A kopásállóság további növeléséhez különleges adalékanyagokat is kell használni

### 78. táblázat: Kopásálló beton összetétele

Szabványos habarcs-homok keverék	Szemmagyság
Rétegvastagság 30 mm	0-4 mm
Rétegvastagság 30-100 mm	0-8 mm
Cement tartalom 400-500 kg/m <sup>3</sup>	

Amennyiben a réteg vastagsága meghaladja az 50 mm-t, akkor általában egy könnyű hegesztett hálót (legalább  $\emptyset 4,0 \times 100 / \emptyset 4,0 \times 100$ ) is be kell építeni.

### Tapadás az alapfelülethez és felületképzés

- Beépítés előtt egy tapadóhidat kefélnek a mattnedves (előnedvesített) alapfelületbe.
- A kopásálló beton kopórétegét, mint „nedveset a nedvesre” hordják fel az elkészített tapadóhídra és gondosan tömörítik, simítják és gépi simítóval képezik a felületet.

### Utókezelés

**Sika® Antisol®** utókezelőszerral (Ezt mechanikailag el kell távolítani, ha egy későbbi időpontban a felületre további réteget, burkolatot hordanak fel) és takarja le a felületet, lehetőleg több napra.

## 5.1.10. Hajlítószilárdság

A betont általában nyomó igénybevételre használják és a húzó igénybevételeket a betonacélok veszik fel. Maga a beton is rendelkezik valamennyi hajlítószilárdsággal, amely erősen függ a keverék összetételétől. Döntő tényező az adalékanyag szemek és a cementkő közötti tapadás. A beton hajlítószilárdsága kb. 2-7 N/mm<sup>2</sup>.

### A hajlítószilárdságot befolyásoló tényezők

#### A hajlítószilárdság növekszik

- A cement nyomószilárdságának növelésével (CEM 32,5; CEM 42,5; CEM 52,5)
- A víz/cement tényező csökkentésével
- Zúzott adalékanyagok felhasználásával

#### Alkalmazási terület

- Acélhaj beton
- Pálya beton
- Héj beton

#### Vizsgálati módszer

- MSZ EN 12390-5, lásd 5.2.5 fejezetet.

## 5.1.11. Hidratációs hő fejlődése

A vízzel érintkezve megkezdődik a cement kémiai reakciója. Ezt a cement hidratációjának nevezzük.

A szilárdulás kémiai folyamata a megszilárdult cementkő kialakulásának, azaz a betonnak az alapja. A keverővízzel lefolytatott kémiai reakció új vegyületeket hoz létre a klinkerásványokból → hidratáció.

Elektronmikroszkóp alatti megfigyeléssel a hidratációs folyamat három fázisát tudjuk megkülönböztetni, amely erősen exotermikus, azaz hőenergia kibocsátással jár.

### A hidratáció 1. fázisa

#### Általában a keverést követő 4 – 6 óráig tart

A képlékeny cement pépben lévő gipsz jelenlétében a trikalcium-aluminát (C<sub>3</sub>A) triszulfáttá (ettringitté) alakul, amely egy vízben oldhatatlan réteg, amely kezdetben gátolja a többi összetevő átalakulási folyamatát. A 2 – 5% gipsz hozzáadásának tehát késleltető hatása van. A cementszemcsékből kinövő tűkristályok, amelyek ebben a fázisban jönnek létre, összekötik a különálló cementszemcséket és ezáltal a beton merevedését okozzák.

### A hidratáció 2. fázisa

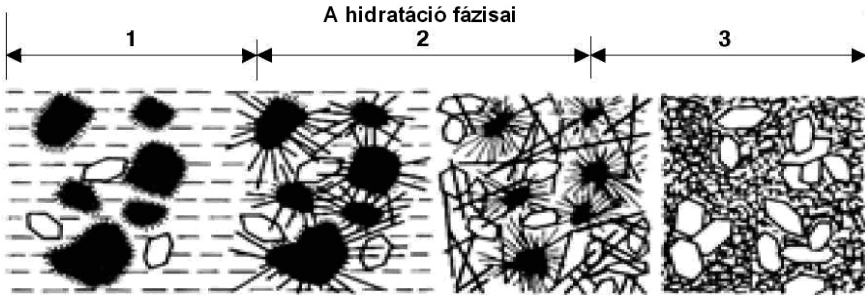
#### Általában a keverést követő 4 – 6 órától egy napig tart

Néhány óra múlva megkezdődik a klinkerásványok erőteljes hidratációja, különösen a trikalcium-szilikátoké (C<sub>3</sub>S), amelyek hosszú, egymásba fonódó kalcium-szilikát-hidrát kristályokat képeznek és amelyek tovább szilárdítják a struktúrát.

### A hidratáció 3. fázisa

#### Kb. egy nap után

A cementkő szerkezete és struktúrája kezdetben még hézagos. Ahogy a hidratációs folyamat előre halad, a hézagok kitöltődnek további hidratációs termékekkel és a szilárdság tovább növekszik.



A hidratációs fázisok sematikus ábrázolása és a struktúra cement-hidratáció következtében létrejövő fejlődése

21. ábra: A cement-hidratáció sematikus ábrázolása

## 5.1.12. Alkáli-adalékanyag reakció

A cementből származó alkáliák ( $\text{Na}_2\text{O}$  és  $\text{K}_2\text{O}$ ) és az adalékanyagok reakciója (AAR = Alkali-Aggregate Reaction), amely a beton pórus oldatainak az adalékanyagokkal történő reakcióját jelenti. Ez a folyamat térfogatnövekedéssel jár és a beton repedezését, majd teljes tönkremenetelét okozza. Az adalékanyagok típusától függően a reakció formája és sebessége változó lehet:

- Alkáli-kovász reakció (ASR = Alkali-Silica Reaction) vulkanikus adalékanyagokban.
- Alkáli-karbonát reakció (ACR = Alkali-Carbonate Reaction) mészkő adalékanyagokban.
- Alkáli-szilikát reakció kristályos adalékanyagokban.

### Alkáli-adalékanyag reakció

E reakció veszélye akkor áll fenn, ha alkáliakra érzékeny adalékanyagokat használunk. A problémát nyilvánvalóan megoldja, ha nem használjuk ezeket az adalékanyagokat, de ez sokszor megvalósíthatatlan gazdasági és ökológiai okok miatt. Alkalmas cementek és nagyértékű betontechnológia használatával ezt a reakciót meg lehet akadályozni vagy legalábbis csökkenteni lehet annak veszélyét.

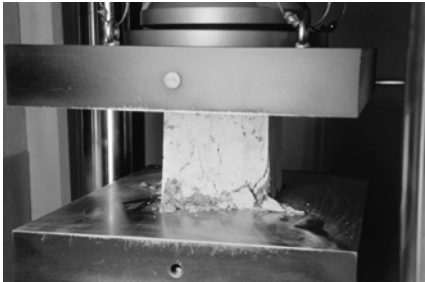
A pontosan lejátszódó folyamatokat részletesen kell elemezni. Leegyszerűsítve a folyamatot, az alkáli ionok vízelnyelés útján behatolnak az adalékanyagokba és belső nyomást generálnak, amely az adalékanyag és később a cementkő repedezését és „szétrobbanását” okozza, aminek hatására a beton teljesen tönkremegy. Ezt egyszerű kifejezéssel élve a nyomás hatására a robbanás hatásának lehet leírni. Ennek tartama és intenzitása

a cement reakcióképességétől, az adalékanyagok típusától és porozításától, a beton porozításától és az alkalmazott védekező intézkedésektől függ.

#### **Intézkedések a következők:**

- A portlandcement részleges felváltása kohósalakkal vagy egyéb olyan kiegészítő anyagokkal (szilikapor, pernye), amelyeknek  $\text{Na}_2\text{O}$ -egyenértéke (alkáli-tartalma) csekély.
- Az adalékanyagok alkáli-adalékanyag reakció potenciáljának elemzése és azok osztályba sorolása (kőzettani elemzés, mikrobár vizsgálat, teljesítőképesség ellenőrzés stb.).
- Az adalékanyagok cseréje vagy részleges cseréje (a rendelkezésre álló adalékanyagok keverése).
- Akadályozza meg vagy csökkentse a beton nedvességgel való érintkezését (szigetelés, elterelés stb.).
- Tervezze meg a beton vasalását a repedések jó elosztására (csak nagyon finom repedések jelenjenek meg).
- Vízáró beton tervezése a nedvesség behatolásának minimalizálására.

## **5.2. Megszilárdult beton vizsgálata**



**16. fotó: Betonkocka törése**



**17. fotó: Fúrt magminta**

*A megszilárdult beton vizsgálatait az MSZ EN 12390 szabvány sorozat szabályozza.*

### **5.2.1. Próbatestekre és próbatest sablonokra vonatkozó előírások**

#### **Szabvány: MSZ EN 12390-1**

Fogalom meghatározások a szabványból:

- Névleges méret:

Az általában szokásos próbatestméret.

- Előírt méret:

A szabvány alkalmazója által, a névleges méret megengedett tartományából kiválasztott és a számítások alapjául szolgáló próbatest méret mm-ben.

**79. táblázat: A próbatetek használható névleges méretei (mm-ben)**

Kockák <sup>1</sup>	Élhossz	100	150	200	250	300
Hengerek <sup>2</sup>	Átmérő	100	113 <sup>3</sup>	150	200	250
Hasábok <sup>1,4</sup>	Homlokfelület élhossz	100		150	200	250

<sup>1</sup> Az előírt méretek nem különbözhetnek a névleges méretektől.

<sup>2</sup> Az előírt méretek a névleges méretek 10%-án belül legyenek.

<sup>3</sup> Ez 10 000 mm<sup>2</sup> teherátadási felületet ad.

<sup>4</sup> A hasábok hossza  $L \geq 3,5 d$  legyen

**80. táblázat: A próbatetek megengedett tűrései**

Megengedett tűrések	Kockák	Hengerek	Hasábok
Előírt méret	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$
A fedlap és az alaplap közti előírt méret	$\pm 1,0\%$		$\pm 1,0\%$
A teherátadó felületek egyenletessége	$\pm 0,0006 d$ , mm-ben	$\pm 0,0005 d$ , mm-ben	
Az oldalak merőlegessége az alaplaphoz viszonyítva	$\pm 0,5$ mm	$\pm 0,5$ mm	$\pm 0,5$ mm
Magasság		$\pm 5\%$	
A hasító vizsgálatra használt hengereknél a hengerpalást egyenestől való megengedett eltérése		$\pm 0,2$ mm	
A támaszokon lévő felület egyenessége hajlító vizsgálatoknál			$\pm 0,2$ mm
A terhelést átadó felület egyenessége hajlító-szilárdság vizsgálatoknál			$\pm 0,2$ mm

**Próbatessz sablonok**

A sablonoknak víztömörnek kell lenniük és nem lehetnek nedvszívók. A hézagokat megfelelő anyaggal lehet tömíteni.

**Kalibrált sablonok**

Ezeket acélból vagy öntvényből, mint referencia anyagból kell készíteni. Amennyiben más anyagokat használnak, akkor azok hosszú távú összehasonlíthatóságát az acél vagy öntvény sablonokkal bizonyítani kell.

A kalibrált sablonokra vonatkozó mérettűrések szigorúbbak, mint a fent megadott próbatetekre megengedett tűrések.

**5.2.2. Próbatetek készítése és utókezelése\***

**\*Megjegyzés:** Ajánlott, hogy ezt a szabványt alkalmazzák minden összehasonlító beton-vizsgálatra, nemcsak a szilárdsági vizsgálatokra.

**Szabvány: MSZ EN 12390-2**

**A próbatetek készítésére vonatkozó megjegyzések**

■ Toldókeret

A beton sablonokba való betöltése egyszerűbb egy toldókeret segítségével, *de ennek használata opcionális.*

#### ■ Tömörítés

Rúdvrátór legalább 120 Hz frekvenciával (7200 rezgés percenként). (rázófej átmérő  $\leq$  a próbatest legkisebb méretének  $\frac{1}{4}$ -e).

Vagy

Vibrátorasztal legalább 40 Hz frekvenciával (2400 rezgés percenként).

Vagy

$\emptyset$  16 mm köracél döngölő, hossza kb. 600 mm, lekerekített sarkokkal.

Vagy

Acél tömörítő rúd, négyszögletes vagy kerek, kb. 25 x 25 mm, hossza kb. 380 mm.

#### ■ Formaleválasztó szerek

Ezeket kell használni, hogy megakadályozzuk a beton próbatest sablonhoz való ragadását.

### **Megjegyzések a betöltéshez**

A próbatesteket legalább két rétegben kell betölteni és tömöríteni, de a rétegek nem lehetnek 100 mm-nél vastagabbak.

### **Megjegyzések a tömörítéshez**

*Vibrátorral történő tömörítés esetén, a teljes tömörítést akkor érjük el, ha már több nagyobb légbuborék nem jelenik meg a felszínen és a felszínnek fényes, sima kinézete van. Kerülje a túlvibrálást (légbuborékok kiengedése!). Kézi tömörítés rúddal vagy döngölővel: Az egy rétegre eső ütések száma a konzisztenciától függ, de legalább 25 ütés rétegenként.*

### **A próbatestek azonosítása**

Fontos a kiszaluzott próbatestek világos és tartós címkézése, különösen, ha ezután hosszabb ideig tárolásra kerülnek.

### **A próbatestek tárolása**

A próbatesteknek legalább 16 órát, de 3 napnál nem hosszabb ideig a sablonban kell maradniuk  $20 (\pm 2)$  °C vagy meleg időjárású országokban  $25 (\pm 5)$  °C hőmérsékleten. Meg kell védeni őket a fizikai vagy időjárási hatásoktól és a kiszáradástól.

A kiszaluzás után a mintadarabokat a vizsgálat megkezdéséig  $20 (\pm 5)$  °C hőmérsékleten vízben, vagy  $20 (\pm 2)$  °C hőmérsékleten és  $\geq 95\%$  relatív páratartalmú klímaszekrényben kell tárolni.

Magyarországon szabad a próbatesteket vizsgálatukig vegyesen tárolni, azaz 7 napos korig  $20 (\pm 2)$  °C hőmérsékletű vízben, majd  $\geq 55\%$  relatív páratartalmú,  $20 (\pm 5)$  °C hőmérsékletű levegőn.

## 5.2.3. Próbatetek nyomószilárdsága

### **Szabvány: MSZ EN 12390-3**

Vizsgáló berendezés: MSZ EN 12390-4 szerinti nyomószilárdság vizsgáló berendezés.

### **A próbatest előírásai**

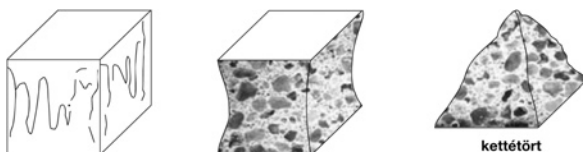
A próbatetek kocka, henger vagy hasáb alakúak legyenek. Meg kell felelniük az MSZ EN 12390-1 szerinti méretpontossági előírásoknak.

Amennyiben a próbatetek a tűréshatárokat túllépik, azokat külön kell választani és adaptálni kell vagy szűrni a szabvány „B” melléklete szerint (tájékoztató). A „B” melléklet részletesen megadja, hogyan kell meghatározni a geometriai méreteket.

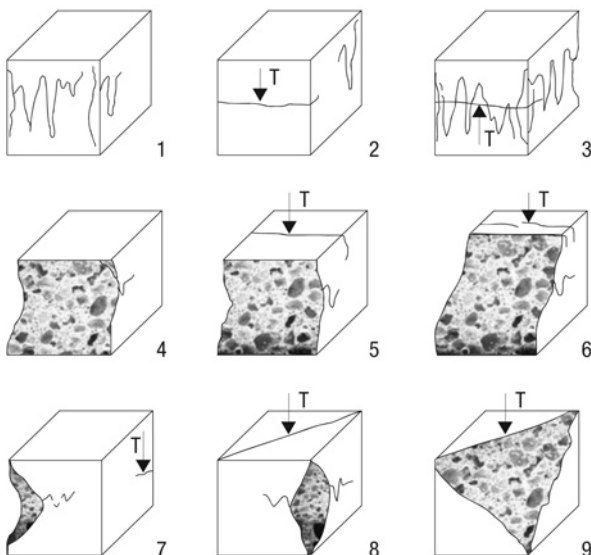
Az „A” mellékletben (tájékoztató) leírt egyik módszert használjuk az adaptációra (vágás, marás vagy kiegyenlítő anyag felhordása). A próbakockákat a készítési irányára merőlegesen kell vizsgálni.

A vizsgálat végén értékelni kell a törés típusát. Amennyiben az szokatlan, ezt rögzíteni kell a típuszámmal.

### **22. ábra: Szabványos törésminták (illusztrációk a szabványból)**



### **23. ábra: Szokatlan kocka törésminták (illusztrációk a szabványból)**



T = Feszültség okozta repedés



## 5.2.4. Vizsgáló berendezések előírásai

### **Szabvány: MSZ EN 12390-4**

Ez a szabvány főképpen mechanikai adatokat tartalmaz: nyomólapok, erőmérés, erőszabályozás, erőátvitel. A részletes információt lásd a szabványban.

### **Alapelv**

A próbatestet egy felső mozgatható nyomólap (gömbcsukló) és egy alsó nyomólap közé helyezik és tengelyirányú nyomóerőt alkalmaznak, amíg a törés megtörténik.

### **Fontos megjegyzések**

A próbatesteket pontosan be kell igazítani a nyomás síkjához képest. Az alsó nyomólapot tehát pl. el kell látni központosító hornyokkal.

A vizsgáló berendezés külső ellenőrzésének részeként (a minőségbiztosítási rendszer értelmében) a beton törőgépet **kalibrálni** kell a kezdeti összeszerelés után (vagy szétszerelés és újra összeszerelést követően), de legalább évente egyszer. Ezt egy olyan alkatrész cseréje után is el kell végezni, amely befolyásolja a vizsgálati jellemzőket.

## 5.2.5. Próbatestek hajlítózilárdsága

### **Szabvány: MSZ EN 12390-5**

### **Alapelv**

A hajlítónyomatékot hasáb alakú próbatesteken vizsgáljuk a felső és alsó görgőkön keresztül történő terheléssel.

#### ■ Hasáb méretek:

Szélesség = magasság =  $d$

Hossz  $\geq 3,5 d$

Kétféle vizsgálati eljárást alkalmaznak:

#### ■ Kétpontos terhelés alkalmazása

Terhelés **felül 2 hengeren keresztül**, egymástól „ $d$ ” távolságban (mindkettő távolsága  $\frac{1}{2}d$  a hasáb közepétől).

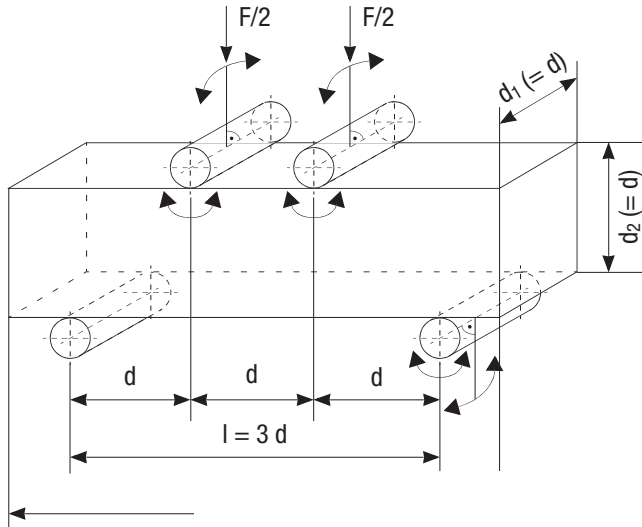
A referencia módszer a kétpontos terhelés alkalmazása.

#### ■ Központos terhelés alkalmazása

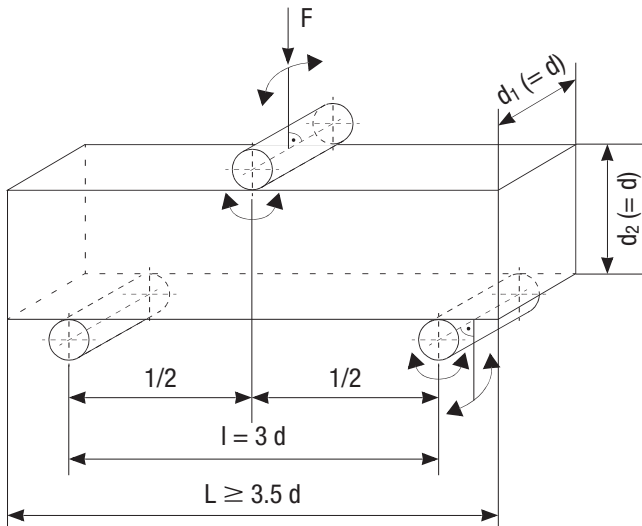
Terhelés **felül 1 hengeren keresztül**, a hasáb közepén.

Mindkét módszernél az alsó hengerek  $3d$  távolságban vannak egymástól (mindegyik  $\frac{1}{2}d$  távolságra a hasáb közepétől).

24. ábra: Kétpontos terhelés



25. ábra: Központos terhelés



A vizsgálati eljárások elemzése kimutatta, hogy a központos terhelés mintegy 13%-kal nagyobb eredményt ad, mint a kétpontos terhelés. A terhelést a próbatetek készítés kori bedolgozás irányára merőlegesen kell alkalmazni.

## 5.2.6. Próbatetek hasító-húzó szilárdsága

**Szabvány: MSZ EN 12390-6**

### Alapelv

A hengeres próbatetet a hossza mentén szűk területre alkalmazott nyomóerőnek tesszük ki. Az ennek eredményeként nyert merőleges húzóerő a próbatest húzásra való tönkremenetelét okozza.

### Próbatetek

A próbatetek legyenek henger alakúak az MSZ EN 12390-1-nek megfelelően, de kifűrt magok esetén el kell fogadni a hosszúság / átmérő = 1 arányt.

Amennyiben a vizsgálatokat kocka vagy hasáb alakú próbatesteken hajtják végre, a terhelés közvetítésére szabad acél íves közdarabokat használni (a hagyományos sík lapok helyett).

Az eltört próbatetek kinézetét meg kell vizsgálni és bármilyen rendelkezésére, valamint a vizsgálati eljárás típusát fel kell jegyezni.

## 5.2.7. Megszilárdult beton testsűrűsége

**Szabvány: MSZ EN 12390-7**

### Alapelv

A szabvány leírja a megszilárdult beton testsűrűségének meghatározási módszerét.

A testsűrűséget a tömegből (súlyból) és a térfogatból számoljuk, amit a megszilárdult beton próbatest segítségével határozzunk meg.

### Próbatetek

Legalább 1 liter térfogatú próbatestre van szükség. Amennyiben az adalékanyag legnagyobb névleges szemnagysága ( $D_{\max}$ ) 25 mm-nél nagyobb, a próbatest minimális térfogatának  $50 D_{\max}^3$ -nél nagyobbak kell lennie, ahol  $D_{\max}$  az adalékanyag legnagyobb szemnagysága. (Példa:  $D_{\max}=32$  mm, ez legalább 1,64 literes térfogatot igényel.)

### A tömeg meghatározása

A szabvány 3 állapotot határoz meg, amelyben a próbatetek tömegét meg lehet vizsgálni:

- Ahogy a próbatestet szállították
- Vízrel telített próbatest
- Szárító szekrényben kiszáritott próbatest (állandó tömegre)

### A térfogat meghatározása

A szabvány 3 módszert határoz meg a próbatest térfogatának megállapítására:

- Vízkiszorítással (referencia módszer)
- A ténylegesen mért tömegből számítással
- A ellenőrzött megadott tömegből számítással (kockák esetén)

A vízkiszorítással végzett térfogat meghatározás a legpontosabb módszer és az egyetlen módszer, amely alkalmas a szabálytalan alakú mintákhoz.

### **Vizsgálati eredmény**

A testsűrűséget a próbatest segítségével kapott tömegeből és térfogatból számítjuk:

$$\rho = m/V$$

$\rho$  = testsűrűség kg/m<sup>3</sup>-ben

m = a próbatest tömege a vizsgálat idején kg-ban

V = a megfelelő módszerrel meghatározott térfogat m<sup>3</sup>-ben

Az eredményt 10 kg/m<sup>3</sup> pontossággal kell megadni.

## **5.2.8. Vízbehatolási mélység nyomás hatására**

**Szabvány: MSZ EN 12390-8**

### **Alapelv**

A megszilárdult beton felületét nyomás alatt lévő vízzel terhelik. A vizsgálati időszak végén a próbatestet széthasítják és megméri a legnagyobb vízbehatolást.

### **Próbatestek**

A próbatestek lehetnek kockák, hengerek vagy hasábok, amelyek minimális él-hossza vagy átmérője 150 mm.

A próbatesten a vizsgálati terület egy 75 mm átmérőjű kör (a víznyomás szabad alulról vagy felülről alkalmazni).

### **Vizsgálat feltételei**

- A víznyomást nem szabad simított vagy felületképzett felületre alkalmazni (a vizsgálat céljára előnyben részesítendő egy zsaluzott oldalsó felület) A jegyzőkönyvnek meg kell adnia a víznyomás irányát a próbatest készítésekor alkalmazott bedolgozási irányhoz viszonyítva (derékszögben vagy párhuzamosan).
- A víznyomásnak kitett felületet egy drótkéfével érdesíteni kell (lehetőleg közvetlenül a mintadarab kizsaluzását követően).
- A próbatestnek legalább 28 napos korúnak kell lennie a vizsgálat idején.

### **Vizsgálat**

Állandó víznyomást kell alkalmazni 72 órán keresztül: 500 (± 50) kPa (5 bar).

A próbatesten rendszeresen ellenőrizni a nedves területeket és a mérhető vízvesztésüket.

A vizsgálat után a próbatesteket azonnal el kell távolítani és felhasítani a nyomás irányában. Hasításkor a víznyomásnak kitett területnek alul kell lennie.

Amennyiben a hasított felületek kissé szárazak, a víz behatolási irányát meg kell jelölni a próbatesten.

A maximális behatolást a vizsgálati terület alatt kell mérni és 1 mm pontossággal kell megadni.

## 5.2.9. Fagy- és fagyolvastósó-állóság

### **Szabvány: prEN 12390-9 (előszabvány)**

A szabvány leírja, hogyan kell a beton fagyállóságát vízzel, valamint fagy- és olvasztósó-állóságát NaCl oldattal („sós vízzel”) vizsgálni. Egy meghatározott ciklus számú fagyás/olvadás után azt a beton mennyiséget mérik meg, amely a felülettől elvált.

### **Alapelv**

A mintadarabokat ismételten lehűtik, részben  $-20\text{ °C}$  alá majd felmelegítik  $+20\text{ °C}$ -ra vagy még jobban (vízben, vagy közönséges só oldatban). Az eredményül kapott anyagleválás jelzi a beton meglévő fagyállóságát vagy fagy- és olvasztósó-állóságát (lásd az 5.1.4 fejezetet).

Három módszer van leírva:

- Lemez vizsgálati módszer
- Kocka vizsgálati módszer
- CD/CDF vizsgálati módszer
- A lemez vizsgálati módszer a referencia módszer.

### **Fogalom meghatározások az előszabványból**

#### ■ Fagyállóság:

Ismételt fagyás/olvadás ciklusoknak való ellenállás vízzel érintkezve

#### ■ Fagy- és olvasztósó-állóság:

Ismételt fagyás/olvadás ciklusoknak való ellenállás olvasztószerrel érintkezve

#### ■ Leválások:

Anyagvesztés a beton felületén a fagyás/olvadás ciklusok hatása következtében

#### ■ Belső szerkezeti károsodás:

A betonon belüli repedezések, amelyek nem láthatók a felületen, de, amelyek megváltoztatják a beton jellemzőit, mint pl. a dinamikus rugalmassági modulus (E) csökkenése.

## 6. Lőttbeton



18. fotó: Munkagödör partfal megtámasztása lőtt betonnal



19. fotó: Zárt építési módszerű (NATM) alagút fejtés utáni nedves eljárású lőtt beton biztosítása

### 6.1. Meghatározás

A lőttbeton vagy más néven lövellt beton a betonszivattyúzás különleges formája, melynek során a betont a beépítés helyére nyomásálló csőben szállítják, majd nagy erővel lövik fel a felületre. Ennek hatására a beton rögtön tömörített is lesz.

#### Felhasználási terület

- A lőttbetont főképpen a következő célokra használják:
- Fejtések biztosítására alagútépítésnél
- Kőzet- és rézsű szilárdítás
- Nagyértékű megtámasztások (pl. munkagödör)
- Javítási és felújítási munkák

## 6.2. Minőségi lőttbeton követelményei

- A gazdaságosság javítása a visszahullási veszteségek csökkentésével
- A nyomószilárdság növelése
- Vastagabb lőtt rétegek a belső összetartó erő növelésével
- A vízzáróság javítása
- A fagy- és olvasztósó-állóság fokozása
- A tapadó- és húzószilárdság növelése

### 81. táblázat: Hogyan lehet a minőségi lőttbeton követelményeit elérni?

MIT	HOGYAN	Alkalmazható Sika termékek
Kezdőszilárdság	Kötésgyorsító	<b>Sigunit®-49 AF, Sigunit®-L53 AF</b>
Végyszilárdság	Folyósító, SiO <sub>2</sub> , alkáli-mentes kötésgyorsító	<b>Sika® ViscoCrete® SC-305, SikaTard®-930, SikaFume® HR/TU, Sika® Silicoll, Sigunit®-L53 AF</b>
Szulfátállóság	Folyósító, SiO <sub>2</sub>	<b>SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll</b>
Kémiai ellenálló-képesség	Folyósító, SiO <sub>2</sub> , műanyag szálak	<b>Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll</b>
Kopásállóság	Folyósító, SiO <sub>2</sub> , acél szálak	<b>SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll</b>
Vízzáróság	Folyósító a kis víz/cement tényező érdekében	<b>SikaTard®, Sika® ViscoCrete®</b>
Kis visszahullás	SiO <sub>2</sub> , szivattyúzást segítő	<b>SikaFume®, SikaPump®</b>
Hosszú bedolgozási idő	Kötéskésleltető	<b>SikaTard®</b>
Nagy alkalmazási teljesítmény	Folyósító, szivattyúzást segítő (nedves szórás)	<b>SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaPump®</b>
Nagyfokú rugalmasság és késleltetés a fennakadások a kezelésében	Kötéskésleltető	<b>Sika® ViscoCrete®, SikaTard®</b>

## 6.3. Kezdőszilárdság fejlődése

A lőttbeton minőségét leginkább annak tulajdonságai határozzák meg. Az MSZ EN 14487 és 14488 szabánysorozat foglalkozik a lőttbetonokra vonatkozó különleges előírásokkal. Az MSZ 4798-1 szabvány általános előírásait kell alkalmazni a lőttbetonra, ahol az megfelelő.

Gyakran használják Európában a lőttbeton kezdőszilárdságának meghatározására az Osztrák Beton Egyesület lőttbeton műszaki irányelvének J1, J2 és J3 kezdőszilárdsági osztályait.

### J1 kezdőszilárdsági osztály

Vékony rétegekben, száraz alapfelületre alkalmazott lőttbeton tartószerkezeti követelmények nélkül.

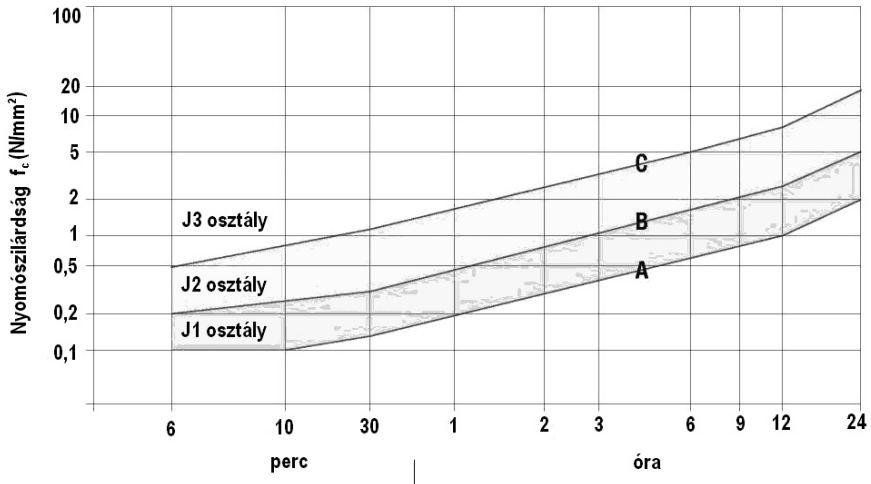
### J2 kezdőszilárdsági osztály

Vastagabb rétegekben, beleértve a fej fölé, nagy teljesítménnyel, csekély vízbetörés mellett történő alkalmazást. A frissen lőtt beton következő munkák általi igénybevétele.

### J3 kezdőszilárdsági osztály

Biztosítási munkákhoz vagy erős vízbetörések esetén. Csak különleges helyzetekben alkalmazható, a megnőtt porképződés miatt.

26. ábra: Lőttbeton kezdőszilárdsági osztályok az idő függvényében



Az „A” és „B” görbe között: J1 osztály  
A „B” és „C” görbe között: J2 osztály  
A „C” görbe fölött: J3 osztály

Forrás: Lőttbeton műszaki irányelvek, Osztrák Beton Egyesület



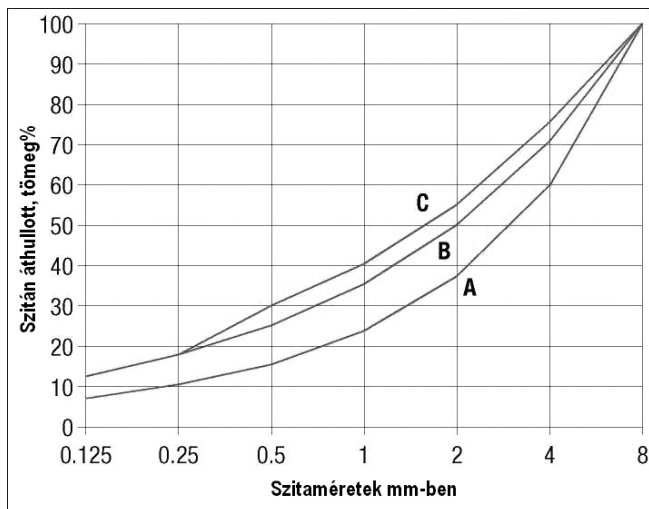
## 6.4. Lövési eljárások

### Száraz lövési eljárás

A vékony sugarú eljárásban (levegővel történő szállítás) a földnedves alapkeveréket sűrített levegővel szállítják és a szórófejben vízzel vagy víz és kötésyorsító keverékével nedvesítik és ezt a keveréket lövik a felületre. Az alapkeverékben az adalékanyagok nedvesség tartalma nem haladhatja meg a 6%-ot, mivel a tényleges szállítási teljesítmény a kéreg- és hidképződés miatt erősen lecsökkenhet és megnő az eltömődés veszélye.

**82. táblázat: Különálló adalékanyag frakciókból számított szemmegoszlás**

Részarány	Összetevő	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	„A” szemmegoszlási tartomány	7	10,4	15,6	23,9	37,5	60,4	100
	„B” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	25	35,4	50	70,7	100
	„C” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	30	40,4	55	75,7	100
<b>100%</b>	<b>0-8 mm</b>	<b>5,8</b>	<b>12,5</b>	<b>19,0</b>	<b>28,0</b>	<b>40,5</b>	<b>62,2</b>	<b>100</b>



**27. ábra: Szemmegoszlási görbe ábrázolása**

### Cement tartalom:

1000 liter száraz keverék előállításához 280 kg cementet és 800 liter adalékanyagot adagoltak.

1250 liter száraz keverék előállításához 350 kg cementet és 1000 liter adalékanyagot adagoltak.

### 83. táblázat: Példa 1 m<sup>3</sup> száraz keverék tervezésére

Száraz lőttbeton, 0-8 mm szemnagyságú adalékanyag 1000 liter, lőttbeton nyomószilárdsági osztálya C 30/37, CEM I 42,5 cement 350 kg, szilikapor 20 kg

Cement		350 kg
<b>SikaFume® HR/TU</b> szilikapor		20 kg
0-4 mm frakció (4% nedvességtartalom)	(55%)	kb. 680 kg
4-8 mm frakció (2% nedvességtartalom)	(45%)	kb. 560 kg
<b>Nedves száraz keverék m<sup>3</sup></b>		kb. 1540 kg*

\* Kiadóssági vizsgálatlall ellenőrizni kell

#### Adalékszerek:

Folyósító hatású készletelő:

**SikaTard®-930**, adagolás 0,2-2,0%

Kötésgyorsító (alkáli-mentes és nem mérgező):

**Sigunit®-L53 AF**, adagolás 3-6%

#### Az 1 m<sup>3</sup> száraz keverékből a falon marad:

**Sigunit®-L53 AF-el** 0,58-0,61 m<sup>3</sup>

(Visszahull 16-20%)

A lőttbeton cement tartalma a falon 450 -460 kg/m<sup>3</sup>

#### Nedves lövési eljárás

A nedves lövési eljárásn belül két különböző módszer van, nevezetesen a vastag- és vékony sugarú eljárás. A vastag sugarú eljárásnál az alapkeveréket vastag sugárban szivattyúzzák a szórófejhez egy lőttbeton szivattyúval, majd sűrített levegővel egy átalakítóban diszpergálják és vékony sugárba átalakítva lövik. A kötésgyorsítót általában a sűrített levegőben adják hozzá az átalakító előtt. Ez biztosítja, hogy a lőttbeton a kötésgyorsítóval egyenletesen nedvesített legyen.

A vékony sugarú eljárásnál ugyanazt az alapkeveréket átszivattyúzzák a forgórészen, és mint a száraz eljárásnál sűrített levegővel továbbítják (levegővel történő szállítás). A kötésgyorsítót egy külön fúvókán keresztül, sűrített levegővel adják hozzá.

Feltételezve, hogy ugyanazokat a követelményeket írták elő az alkalmazott betonra, mindkét módszer – a vastag- és a vékony sugarú eljárás is – ugyanazt az alapkeveréket igényli a szemmegoszlás, a víz/cement tényező, az adalékszerek, a kiegészítő anyagok és a cement tartalom tekintetében.

**84. táblázat: Különálló adalékanyag frakciókból számított szem-  
megoszlás**

Részarány	Összetevő	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	„A” szemmegoszlási tartomány	7	10,4	15,6	23,9	37,5	60,4	100
	„B” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	25	35,4	50	70,7	100
	„C” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	30	40,4	55	75,7	100
<b>100%</b>	<b>0-8 mm</b>	<b>5,8</b>	<b>12,5</b>	<b>19,0</b>	<b>28,0</b>	<b>40,5</b>	<b>62,2</b>	<b>100</b>

**85. táblázat: Példa 1 m<sup>3</sup> nedves keverék tervezésére**

Nedves lőttbeton, 0-8 mm szemmagyságú adalékanyag 1000 liter,  
lőttbeton nyomószilárdsági osztálya C 30/37, CEM I 42,5 cement 425 kg,  
szilikapor 20 kg, acélhaj 40 kg

Cement	425 kg	135 l
<b>SikaFume® HR/TU</b>	20 kg	9 l
<b>Adalékanyagok</b>		
0-4 mm frakció 4% nedvességtartalom (55%)	967 kg	358 l
4-8 mm frakció 2% nedvességtartalom (45 %)	791 kg	293 l
Keverő víz (v/c= 0,48)	155 kg	155 l
Légtartalom (4,5%)		45 l
Acélhaj	40 kg	5 l
<b>Lőttbeton</b>		<b>1000 l</b>
<b>Testsűrűség egy m<sup>3</sup>-re</b>	<b>2398 kg</b>	

**Adalékszerek:**

Folyósító hatású készletetű:

**SikaTard®-930**, adagolás 0,2-2,0%

Kötésgyorsító (alkáli-mentes és nem mérgező):

**Sigunit®-L53 AF**, adagolás 3-6%

**Az 1 m<sup>3</sup> száraz keverékből a falon marad:**

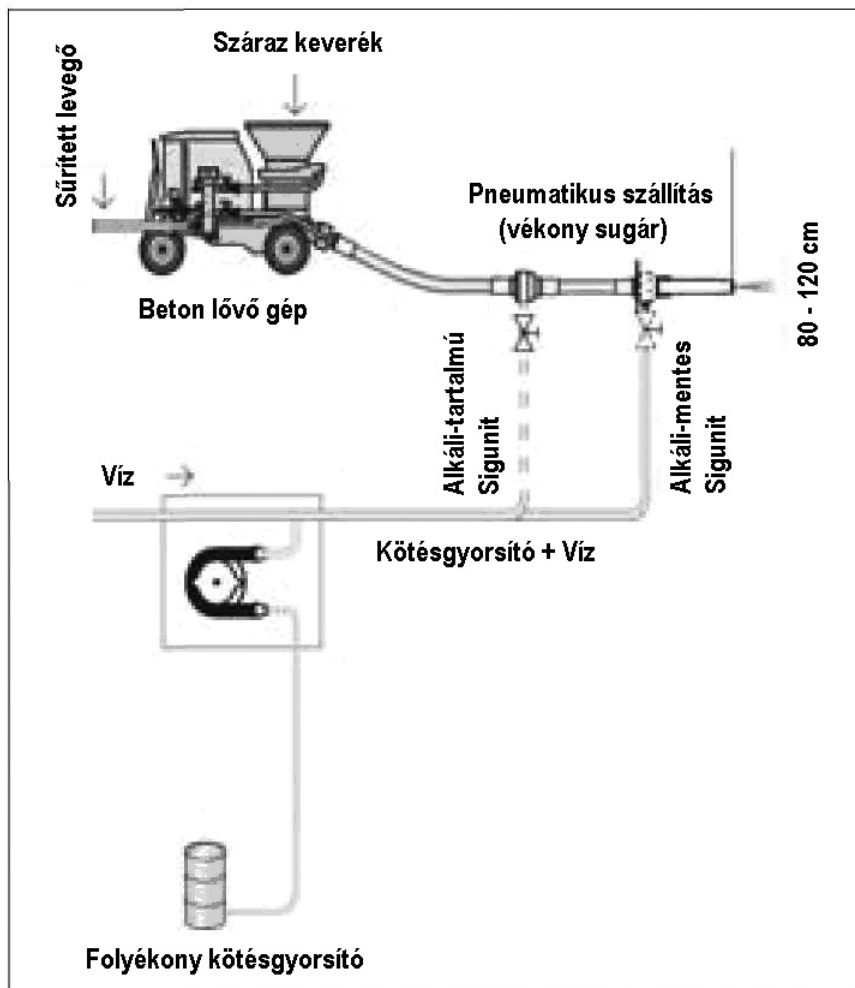
**Sigunit®-L53 AF-el** 0,90-0,94 m<sup>3</sup>

(Visszahull 5-10%)

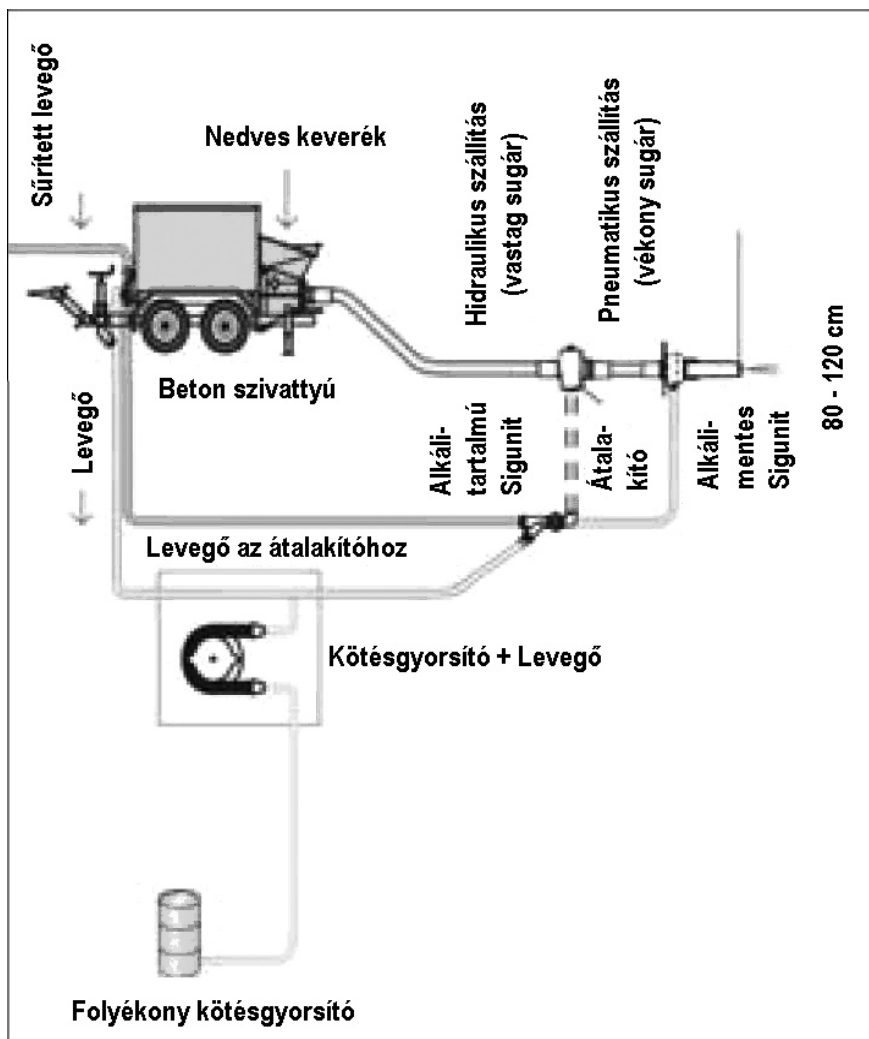
A lőttbeton cement tartalma a falon 450 -470 kg/m<sup>3</sup>

A lőttbeton acélhaj tartalma a falon 30 -36 kg/m<sup>3</sup>

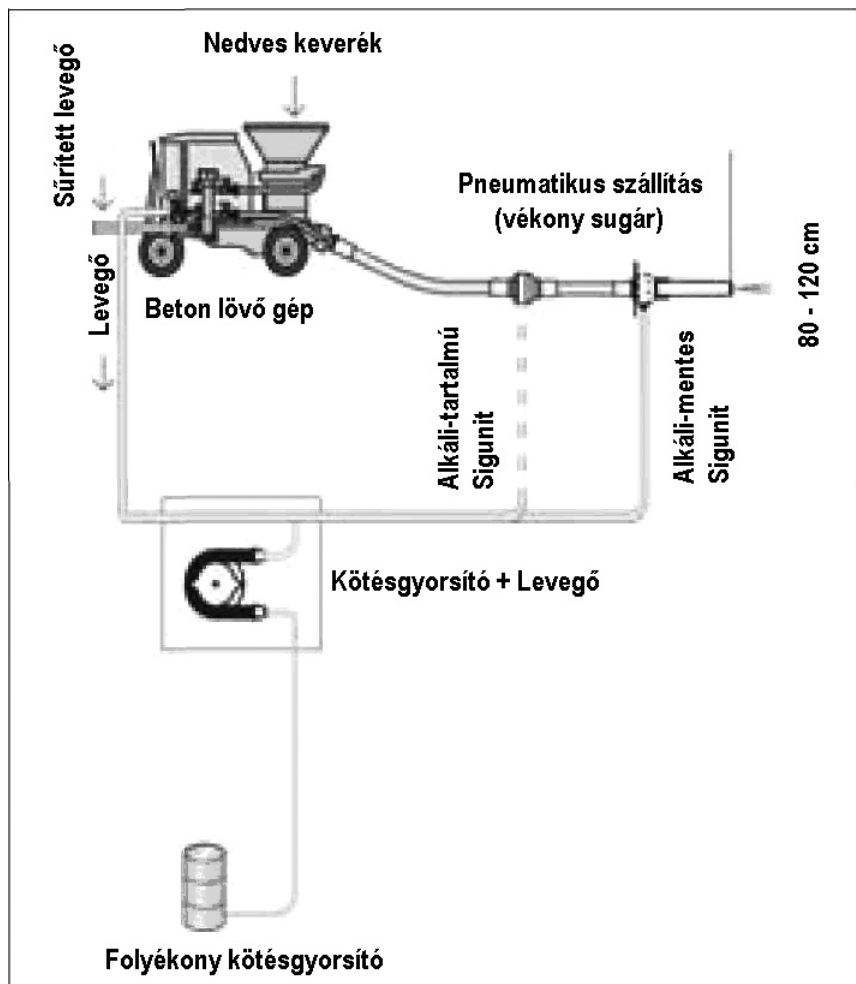
28. ábra: Száraz eljárású beton lövő gép



29. ábra: Vastag sugarú nedves eljárású beton lövő gép



30. ábra: Vékony sugarú nedves eljárású beton lövő gép



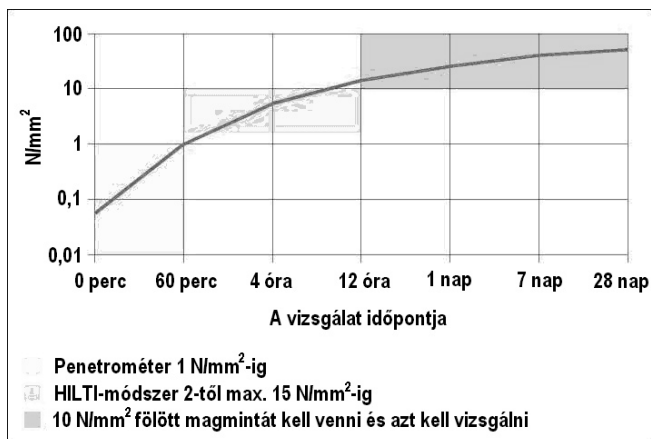
## 6.5. Vizsgálati, mérési módszerek

### Kezdőszilárdságok meghatározása

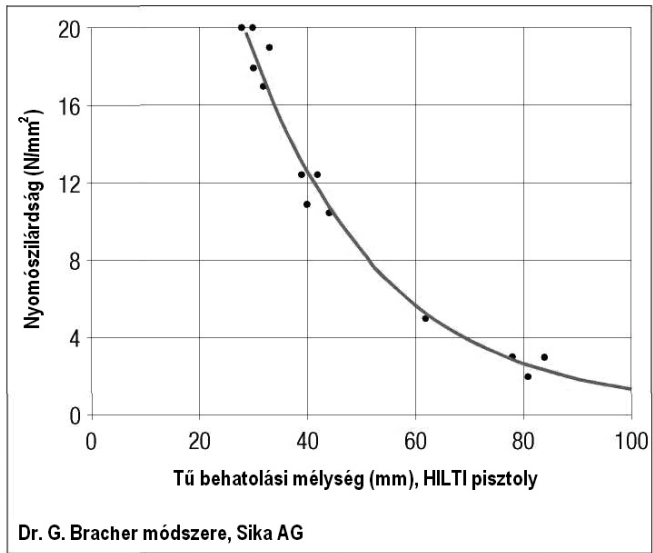
A nagyon korai szilárdságok meghatározására (a  $0 - 1 \text{ N/mm}^2$  tartományban) a Proctor- vagy penetrométer-tűt használják.

A  $2 - 10 \text{ N/mm}^2$  nyomószilárdsági tartomány mérésére a következő módszerek ismertek:

- **Kaindl/Meyco:** a belőtt csavarok kihúzó erejével történő meghatározás.
- **HILTI (Dr. Kusterle):** a HILTI DX 450L szögbelövő géppel való szögbelövés után a szögek behatolási mélységével (I) és a kihúzó erővel (P) történő meghatározás (lövési energia és szögmetert szabványosítva).
- **Egyszerűsített HILTI-módszer (Dr. G. Bracher, Sika AG):** a HILTI DX 450L szögbelövő géppel való szögbelövés után a szögek behatolási mélységével (I) történő meghatározás (lövési energia és szögmetert szabványosítva). Az előírt kezdőszilárdság meghatározása ezzel a módszerrel  $\pm 2 \text{ N/mm}^2$  pontosságú.



31. ábra: A kezdőszilárdságok meghatározása



**32. ábra: A szilárdság fejlődése 1-től x napig**

10 N/mm<sup>2</sup> fölött magmintát lehet venni a vizsgálati mintából. Az  $\emptyset$  és a magasság értéke 50 mm. Az átlagot 5 magmintából számítják.



## 6.6. Sika nedves lövési eljárás

		Ajánlott átlagos adagolási tartomány
Meghosszabbított nyitott idejű folyósító és stabilizáló	<b>Sika® ViscoCrete® SC-305</b> <b>SikaTard®-930</b>	0,4% – 1,8% 0,2% – 3,0%
Alkáli-mentes kötés gyorsító	<b>Sigunit®-L49 AF</b> <b>Sigunit®-L53 AF</b>	4,0% – 7,0% 3,0% – 7,0%
Szilikapor	<b>SikaFume® HR/TU</b>	5% – 10%

### 86. táblázat: Alkalmazható Sika adalékszerek

#### Folyósító stabilizáló szerrel

A **SikaTard®-930** és **Sika® ViscoCrete® SC-305** segítségével hosszan késleltetett kötésű és stabilizált lőttbeton bedolgozhatósága optimális.

#### Folyósító

##### ■ Sika® ViscoCrete® SC-305

A lőttbetonok folyósítói eltérnek a hagyományos folyósítóktól. Az alábbi kiegészítő követelményeknek is meg kell felelniük:

- Jó szivattyúzhatóság kis víz/cement tényező mellett
- Meghosszabbított nyitott idő
- Jó kombinálhatóság a kiválasztott lőttbeton kötés gyorsítóval, hogy segítse a szilárdság fejlődését

#### Kötés gyorsító

<b>Sigunit®-L49 AF</b>	Alkáli-mentes kötés gyorsító
<b>Sigunit®-L53 AF</b>	Alkáli-mentes kötés gyorsító maximális kezdő-szilárdsággal

### 87. táblázat: Alkalmazható Sika kötés gyorsítók

#### Szilikapor

A szilikaporban lévő  $\text{SiO}_2$  reakcióba lép a kalcium-hidroxiddal, hogy további kalcium-szilikát-hidrátot termeljen. Ezáltal a cementkő tömörebb, keményebb és ellenállóbb lesz. Szilikapor nélkül a lőttbeton mai követelményei, mint a vízzáróság és a szulfátállóság nem könnyen teljesíthetők.

## 6.7. Acélhaj erősítésű lőttbeton

### Meghatározás

Az acélhaj erősítésű lőttbeton, akárcsak a hagyományos vasalt lőttbetonok, cementből, adalékanyagokból, vízből és acélból áll. Az acélhaj hozzáadásával a lőttbeton **homogén vasalást kap**.

### Az acélhaj erősítésű lőttbeton használatának okai:

- Megtakarítás érhető el a beépítésnél és a vasalásnál
- A megnőtt kezdőszilárdság miatt csökken az ülepedés
- A betonacél hálóra való szórásnál fellépő „szórási árnyék” kiküszöbölhető
- Nagyobb a munkabiztonság érhető el azáltal, hogy a vasalás beépítésénél nincsenek kieső részek
- A homogenitása következtében az acélhajjal erősített lőttbeton keresztmetszete bármely pontján ellenállhat a különféle erőknek, amelyek különböző irányból jönnek

**88. táblázat: Ajánlott Sika-recept a nedves, acélhaj erősítésű lőttbetonhoz:**

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement tartalom	425-450 kg/m <sup>3</sup>
■ SikaFume® HR/TU min.	15 kg/m <sup>3</sup>
■ SikaTard®-930	1,2%
■ Sika® ViscoCrete® SC-305	1%
■ Sigunit® -L53 AF	3-6%
■ Acélhaj	40-50 kg/m <sup>3</sup>
■ SikaPump®-Start 1	Szivattyútól függően

### További megjegyzések:

- A cement tartalmat lehetséges, hogy meg kell emelni, mert az acélhajjalas lőttbeton finomrész-tartalmának nagyobbak kell lennie, mint a szabványos nedvesen lőtt betonnak, hogy lehorgonyozza a szálakat.
- A szilikapor hozzáadása segít a lőttbeton kívánt értékeinek elérésében, mert ez is javítja a szálak lehorgonyozását.
- A SikaPump® segédanyag jelentősen javítja a szivattyúzhatóságot (ne keveredjen a betonba).
- A szivattyú vezeték minimális átmérőjének legalább a maximális szálhossz kétszeresének kell lennie.
- Az ajánlott szivattyú tömlő átmérője minimálisan 65 mm legyen.
- A lőttbetonban fellépő szálveszteség 10–20 % közötti.
- Száraz eljárásnál a szálveszteség akár 50%-os is lehet. Ezen kívül a szivattyú töltési kapacitása leromolhat, amely kisebb lövési teljesítményt és nagyobb kötégysorsító felhasználást eredményezhet.
- Az acélhaj erősítésű lőttbeton próbatestjei 10 cm vastag, 60 x 60 cm oldalú lapok.

## 6.8. Szulfátálló lőttbeton

A szokásos 400-450 kg/m<sup>3</sup> cement-tartalmú lőttbetonnak nagy a szulfát-állósága, ha a következőket használjuk:

- Kohósalak-portlandcement **Sika® ViscoCrete® SC-305** folyósítóval vagy
- szabványos portlandcement **Sika® ViscoCrete® SC-305** folyósítóval és **SikaFume® HR/TU** szilikaporral kombinálva >5%-ban hozzáadva, vagy
- CEM III-S cement.

**Követelmény: Víz/cement tényező < 0,50**

**89. táblázat: Ajánlott Sika-recept a nedves lőttbetonhoz:**

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement-tartalom	425 kg/m <sup>3</sup>
■ <b>SikaFume® HR/TU</b>	30 kg/m <sup>3</sup>
■ <b>SikaTard®-930</b>	1,6%
■ <b>Sika® ViscoCrete® SC-305</b>	1,2%
■ <b>Sigunit®-L53 AF</b>	3-5%
■ <b>SikaPump®-Start 1</b>	Szivattyútól függően

## 6.9. Fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbeton

A polipropilén (PP) szálakkal javított lőtt beton fokozott tűzállósággal rendelkezik. Tűz esetén a PP szálak elolvadnak, és szabad utakat hagynak a keletkező gőzök diffúziójának, amivel megakadályozzák a cementkő belső gőzök nyomása általi tönkremenetelét. A megfelelő adalékanyagok lényegesek a hő-, illetve tűzállóság szempontjából. Alkalmasságukat előzetes vizsgálatokkal kell ellenőrizni.

**90. táblázat: Ajánlott Sika-recept fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbetonhoz:**

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement típus	CEM III / A-S
■ Cement tartalom	425 kg/m <sup>3</sup>
■ <b>SikaTard®-930</b>	1,5%
■ <b>Sika® ViscoCrete® SC-305</b>	1,2%
■ <b>Sigunit®-L53 AF</b>	3-6%
■ Polipropilén szálak	2,7 kg/m <sup>3</sup> , típus szerint
■ <b>SikaPump®-Start 1</b>	Szivattyútól függően

## 7. Formaleválasztás



### 20. fotó: Zsaluzott monolit vasbetonszerkezet

A betonfelület minőségét számos tényező befolyásolja. Ezek a beton összetétele, a beton alapanyagai, a használt zsaluzat, a beton tömörítése, a hőmérséklet, az utókezelés és a használt formaleválasztó szerek. Az alábbiakban leírjuk a formaleválasztó szerek hatását és tanácsokat adunk ezek kiválasztásával és helyes használatával kapcsolaitban.

### 7.1. Formaleválasztók összetétele

A formaleválasztó szereket három különböző anyagcsoportból lehet összeállítani (lásd a 33. ábrát).

#### Leválasztófilm-képző szerek

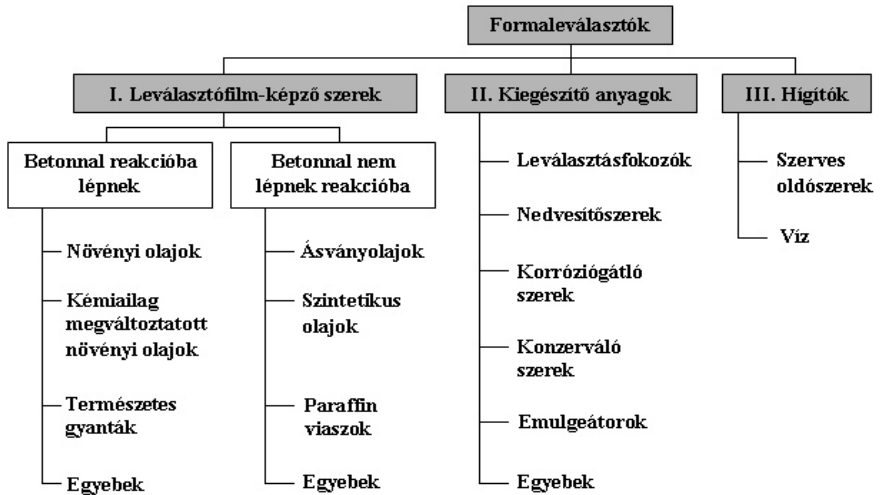
Ezek olyan anyagok, amelyek a leválasztási hatásokért felelős alapanyagok nagy csoportját jelentik. Ezek például a különböző olajok, mint az ásványolajok (fehérolajok, illetve paraffin olajok), szintetikus olajok, növényi olajok, továbbá a paraffin viaszok.

#### Kiegészítők anyagok

Ezekkel az anyagokkal további vagy intenzívebb hatásokat lehet elérni. Ezek közé tartoznak a leválasztásfokozók (főként a zsírsavak vagy származékaik), a nedvesítőszer, a korróziógátló szerek, konzerválószer és az emulzióhoz szükséges emulgeátorok. A ma használatos legtöbb formaleválasztó szer kiegészítő anyagokat is tartalmaz, amelyek közül egyesek kémiai reakcióba lépnek a betonnal (célzott kötőanyagok). Ezáltal sokkal könnyebb a beton leválasztása a zsaluzatról és a termék univerzálisan alkalmazható.

## Hígítók

Ezek a termékek az előzőekben ismertetett leválasztófilm-képző szerek és kiegészítő anyagok viszkozitásának csökkentésére szolgálnak. Segítségükkel – többek között – beállítható a bedolgozhatóság, a rétegvastagság, a száradási idő, stb. A hígítók általában szerves oldószerek (legtöbbször alifás szénhidrogének) vagy emulziók esetén víz.



33. ábra: A formaleválasztók összetétele

## 7.2. Formaleválasztók követelményei

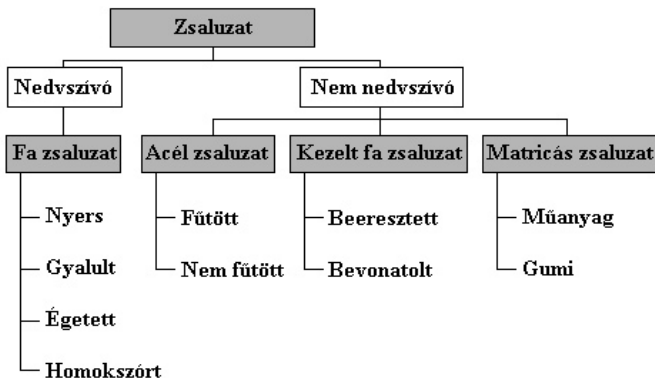
Mind az építés helyszínén, mind az előregyártó üzemben a formaleválasztó szerekkel szemben az alábbi követelményeket támasztjuk:

- A betonok a zsaluzatról könnyen és tisztán leválaszthatók legyenek (a beton nem tapad fel, a zsaluzat nem károsodik)
- A betonfelületek vizuálisan kifogástalanok legyenek (tömör felületi kéreg, egyöntetű szín, csökkentett pórusképződés)
- A beton minősége nem károsodhat a felületen (a kötőanyagok nem lehet túlzott, nem lehet a probléma a bevonatok vagy festékek későbbi felhordásakor)
- A zsaluzat legyen védett a korrózióval és az idő előtti öregedéssel szemben
- Könnyen alkalmazhatóak legyenek

Egyéb fontos követelmény, különösen az előregyártó üzemben, a magas hőállóság, amikor fűtött zsaluzatot vagy meleg betont használnak. A kellemetlen szag keletkezése ugyancsak nem kívánatos, különösen előregyártó üzemben. Az építés helyszínén történő használathoz egy másik fontos követelmény a formaleválasztó szer felhordása után a megfelelő esőállóság és a járhatóság (koptató hatással szembeni ellenállóképesség). Ez utóbbi adott esetben előregyártó üzemben is követelmény lehet.

## 7.3. Zsaluzatok típusai

A megfelelő formaleválasztó szer kiválasztásának legfontosabb szempontja a zsaluzat típusa. A különböző zsaluzat típusokat a 34. ábrán foglaltuk össze.



34. ábra: A zsaluzatok típusai

### 7.3.1. Formaleválasztók nedvszívó zsaluzatokhoz

A korábban nem használt, új, fa zsaluzatoknál a faanyag nedvszívó-képessége igen nagy. Amennyiben a fa zsaluzatot nem helyesen készítették elő, a frissbeton felületén keresztül kiszívja a cementpépből a vizet. Ennek látható eredménye a beton zsaluzatra való feltapadása és a megszilárdult beton későbbi porlása lesz a cement hidratálásának hiánya miatt. A felülettel érintkező beton réteg is károsodhat a zsaluzatban lévő összetevők miatt (pl. a fában lévő facukor). Ez a megszilárdult betonfelület porlásában, szilárdságának csökkenésében és elszíneződésében mutatkozhat meg, és különösen akkor jelenik meg, ha a zsaludeszkákat védelem nélkül szabad téren tárolták és bizonyos ideig közvetlen napsugárzásnak voltak kitéve. Az itt leírt hatások főként akkor jelentkeznek, ha a zsaluzatot először használják, de fokozatosan csökkennek minden egyes következő használattal.

Az új, fa zsaluzatoknál e problémák elkerülésének van egy egyszerű módja, amely hatékonyan bizonyult a gyakorlatban. Az első használat előtt a fa zsaluzatot formaleválasztó szerrel kezeljük és bevonjuk cement péppel. A cementréteget annak megszilárdulása után lekeféljük. Ez után a mesterséges öregítés után néhány betonozási fordulón keresztül egy tömítő hatású formaleválasztó szert kell alkalmazni. Általában egy oldószerben szegény, vagy oldószer-mentes, kémiailag gyengén reaktív formaleválasztó olajat kell használni erre a célra.

Amikor a fa zsaluzatot már több alkalommal használták, a felület nedvszívó képessége fokozatosan lecsökken a felületi tömítettség növekedésével, ahogy felületének pórusait megtöltik a cementpép és a formalevá-

lasztó szer maradványai. A régi fa zsaluzat tehát csak egy vékony formaleválasztó szer bevonatot igényel. Ezen a régebbi zsaluzaton lehet oldószer tartalmú formaleválasztó szereket vagy formaleválasztó szer emulziókat is használni.

### 7.3.2. Formaleválasztók nem nedvszívó zsaluzatokhoz

A felületkezelt vagy szintetikus gyantával módosított fa, műanyag vagy acél zsaluzatok nem nedvszívóak, ezért nem tudják magukba szívni a formaleválasztó szert, a vizet vagy a cement pépet. Ezeknél az anyagoknál különlegesen fontos, hogy a formaleválasztó szert takarékosan, egyenletesen és vékonyan alkalmazzuk. A tócsa-szerű anyag-felhalmozódásokat el kell kerülni. Ezek nemcsak megnövelik a pórusképződést, de a betonfelület elszíneződését vagy porlását is okozhatják.

A zsaluzat felületén szükséges vékony, egyenletes formaleválasztó-film eléréséhez, általában kiegészítő anyagokkal kombinált, kis viszkozitású olajokat alkalmaznak, amelyeket látszóbeton igénye esetén gyakran oldószerekkel is hígítanak. A formaleválasztó szer kiegészítő anyagai javítják a leválasztást (mint pl. a zsírsavak vagy bizonyos nedvesítő szerek) és ugyanakkor a film sima, függőleges zsalu felületekhez történő jobb tapadását is biztosítják. Ez különösen ott fontos, ahol magas zsalu-falak vannak, jelentős a beton betöltési magassága, amely mechanikai kopást okoz a zsalu felületén, vagy ki van téve az időjárási hatásoknak, mert sokat kell várni a formaleválasztó szer alkalmazása és a beton beépítése között.

A fűtött acél zsaluzatok különleges alkalmazást jelentenek. A zsaluzaton kialakult leválasztó filmnek nem szabad elpárolognia a magasabb hőmérséklet miatt. A formaleválasztó szer olyan kell legyen, hogy hő hatására ne jöjjön létre erősödő kémiai reakció (mészszerű képződés) a beton és a formaleválasztó szer összetevői között.

A matricás zsaluzatok, amelyek speciális gumiból vagy szilikon-kaucsukból készülnek, nem mindig igényelnek formaleválasztó szert, mert a beton a sima, víztaszító felületre nem tapad. Amennyiben szükség van formaleválasztó szerre a zsaluzat textúrája vagy növekvő öregedése következtében, oldószereket vagy speciális emulziókat tartalmazó termékeket kell használni a matrica textúrájától függően. Vékony bevonatra van szükség, hogy elkerüljük a formaleválasztó szer tócsákat a matrica mélyebb részében. Alkalmazhatósági próbát kell végrehajtani annak érdekében, hogy meggyőződjünk: a formaleválasztó szer nem fogja a matrica károsodását okozni (dagadás vagy részleges oldódás).

### 7.4. Használati utasítás

Az adott formaleválasztó szer termékinformációján felül van néhány általános használati tanács, amit célszerű figyelembe venni.

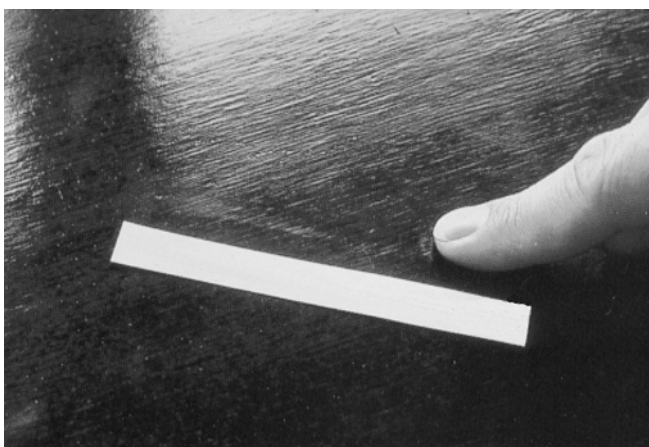
## 7.4.1. Formaleválasztó szerek alkalmazása

A legfontosabb szabály, hogy a lehetséges legkevesebb mennyiséget alkalmazza a lehető legegyszerűbb felhordással. A formaleválasztó szer felviteli módja legfőképpen a termék állagától, konzisztenciájától függ. A kis viszkozitású (hígan folyó) termékeket ajánlatos kisnyomású szóróberendezéssel felhordani (4-5 bar nyomással). A formaleválasztó szer oldószer-tartalmától függő finomságú, legyezőalakú (rés) szórófejet használjon, amely lehetőleg egy golyósszelepes szűrővel van kombinálva, hogy megakadályozza a megfolyásokat, csepegéseket, stb.

### Formaleválasztó helyes felhordási mennyiség meghatározása



21. fotó: Túl sok felhordási mennyiség



22. fotó: Megfelelő felhordási mennyiség



Sima zsalufelületen a megfelelő, egyenletes formaleválasztó szer mennyiséget ún. „ujjpróbával” lehet ellenőrizni. Nem lehet az ujjnyom határozottan látható, illetve nem lehetnek formaleválasztó szer felgyülemlések. A felesleges formaleválasztó szert el kell távolítani a vízszintes zsaluzatról egy gumi- vagy hab lehúzóval és a felületet át kell dörzsölni. Amennyiben túl sok anyagot vittek fel egy függőleges vagy lejtős felületre, a felületen megfolyások fognak megjelenni vagy anyagfelgyülemlések jelennek meg a zsaluzat alján. Ezt is el kell távolítani ronggyal vagy szivaccsal.

A nagyon nagy viszkozitású formaleválasztó szereket (viaszokat, pasztákat) ronggyal, szivaccsal, gumi lehúzóval, ecsettel, stb. kell felhordani. Erre is igaz az, hogy csak a legminimálisabb mennyiséget hordjuk fel a lehető leg-egyenletesebben.

Az időjárás feltételek fontos szerepet játszanak a formaleválasztó szerek alkalmazásában. Nem bölcs dolog esős időben felhordani a formaleválasztót, a zsaluzaton lévő nedvesség tapadást gátló hatása miatt. A nedvszívó zsaluzatok több formaleválasztó szert igényelhetnek erős nap-sütésben vagy szárazság, illetve erős szél esetén. A formaleválasztó emulziók veszélyben vannak fagy, illetve havas idő esetén, mert az emulzió szét-eshet, ha felolvad, mielőtt a betont beöntenék.

## 7.4.2. A betonozás előtti várakozási idő

A betonozás előtt – a formaleválasztó szer felhordása után – szükséges várakozási időt nem lehet általánosan meghatározni, mivel az számos tényezőtől függ, mint pl. a zsaluzat típusától, a hőmérséklettől, az időjárás-tól és a formaleválasztó szer fajtájától. Az oldószer-tartalmú szerek és a víz alapú emulziók előírt várakozási idejét azonban mindig be kell tartani, mert egyébként a kívánt leválasztási hatást nem érjük el. A beton felülete károsodhat, mert a betonba kerülő oldószer, illetve víz maradványok megnövelhetik a pórusok kialakulását.

A párolgási sebesség az oldószer típusától függően változik. Az egyes termékek felhordás utáni várakozási idejét a termék műszaki adatlapja tartalmazza.

A formaleválasztó szerre gyakorolt időjárás hatások vagy egyéb igénybevételek (pl. gyalogos forgalom stb.), továbbá a felhordás és a betonozás közti túlságosan hosszú várakozási idő bizonyos körülmények között csökkentheti a leválasztási hatást. Nedvszívó zsaluzat esetén ez néhány napos időszak után történhet meg. Nem nedvszívó zsaluzatok esetén ennek kisebb a veszélye és a formaleválasztó szer hatása – a környezeti feltételektől függően – általában néhány hétig megmarad.

### 7.4.3. Betonozási munkák

Általában fontos annak biztosítása, hogy a betonozás során a formaleválasztó szer a lehető legkisebb mechanikai igénybevételt szenvedje el. Függetlenül a zsaluzat esetén – amennyiben lehetséges – a betont ne töltsük be átlósan, hogy elkerüljük a formaleválasztó film helyi kopását. A betöltést – amennyire csak lehet – tartsuk távol a zsaluzattól betontölcsérek, csövek, stb. használatával. Tömörítés közben ügyeljünk, hogy a rúdvibrátorok ne menjenek túl közel a zsaluzathoz, és ne érintsék azt. Amennyiben mégis így történik, akkor nagy mechanikai igénybevételt gyakorolnak a zsaluzat felületére, amely a formaleválasztó szer lekopását, és később a beton helyi feltapadását eredményezheti.

#### Összefoglalás

A betonipar nem működhet formaleválasztó szerek nélkül. A szerek helyes kiválasztása és alkalmazása a megfelelő zsaluzattal és betonminőséggel együtt jelentősen hozzájárulnak a vizuálisan egységes és tartós betonfelületek kialakításához. A nem megfelelő, vagy rosszul kiválasztott formaleválasztó szerek, akárcsak az alkalmatlan alapanyagok és azok összetétele hiányosságokat és hibákat okozhatnak a beton felületén.

#### 91. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Az alkalmazás feltételei
<b>Sika® TR 1</b>	Sokoldalú, oldószermentes formaleválasztó és keverőgépvédő	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
<b>Sika® TR 6</b>	Oldószermentes formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
<b>Sika® TR 23</b>	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 80 °C-ig
<b>Separol®</b>	Oldószerben szegény, -10 °C-ig használható formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz
<b>Separol® N</b>	Oldószer tartalmú, -20 °C-ig használható formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
<b>Sika® Separol® AR-2 Eco</b>	Oldószer tartalmú, koptató hatásnak ellenálló formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 80 °C-ig
<b>Sika® Separol® WB-21</b>	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
<b>Sika® Separol® WB-3</b>	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig

## 8. Utókezelés



23. fotó: Utókezelőszer felhordása frissen simított betonfelületre

### 8.1. Általános tudnivalók

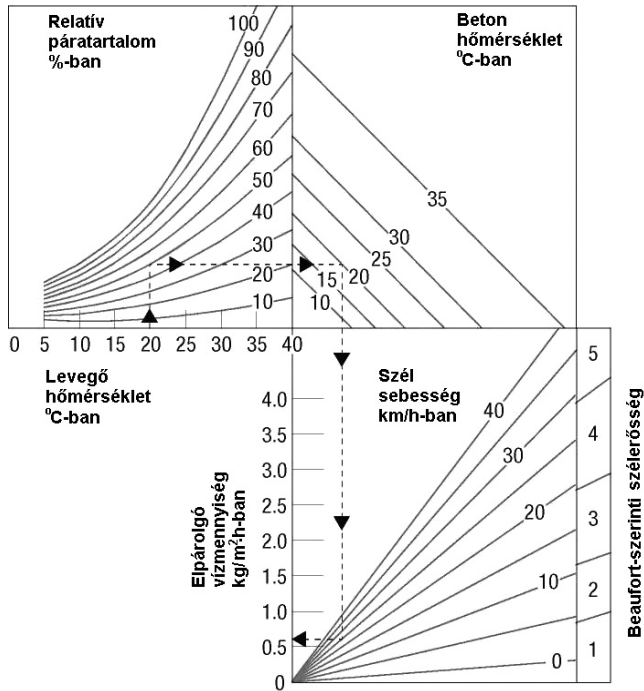
A tartósság fokozása érdekében a betonnak nemcsak „erősnek”, hanem tömörnek is kell lennie, különösen a felületközeli részeken. Minél kisebb a porozitás és minél tömörebb a megszilárdult cementkő, annál nagyobb az ellenállása a külső behatásokkal, igénybevételekkel és támadásokkal szemben. Ennek eléréséhez olyan intézkedéseket kell tenni, amely megvédi a frissbetont, különösen a következőktől:

- korai száradás, a szél, a nap, az alacsony páratartalom, stb. miatt
- szélsőséges hőmérsékletek (hideg, meleg) és károsan gyors hőmérsékletváltozások
- eső
- hőmérsékleti- és fizikai sokkhatások
- kémiai behatások
- mechanikai feszültségek

A túl korai kiszáradás elleni védelem azért szükséges, hogy a beton szilárdságának kialakulását ne befolyásolja a víz eltávozása. A túl korai vízvesztés következményei a következők:

- csekély szilárdság a felületközeli részeken
- porlási hajlam
- nagyobb vízáteresztő képesség
- csökkentett időjárásállóság
- csekély ellenállás a kémiai támadásokkal szemben
- korai ülepedési repedések megjelenése
- megnő a későbbi zsugorodási repedések veszélye

Az alábbi diagram bemutatja a beton négyzetméterenkénti felületi párolgását különböző körülmények között. Az ábrából látható (nyíllal jelölve), hogy 20 °C-os levegő és beton hőmérséklet, 50%-os relatív páratartalmú levegő, átlagosan 20 km/h szélesség esetén 0,6 liter víz tud elpárologni óránként 1 m<sup>2</sup> betonfelületről. Nagyobb betonhőmérsékletek és egyidejűleg nagyobb levegő hőmérsékletek, valamint jelentősebb hőmérséklet-különbségek esetén a víz párolgási sebessége jelentősen megnövekszik. Ugyanilyen körülmények között, de 25 °C beton hőmérséklet esetén 50%-kal nagyobb a párolgás, azaz 0,9 liter víz párolog el 1 m<sup>2</sup> felületről 1 óra alatt.



**35. ábra: A levegő relatív páratartalmának, a levegő és a beton hőmérsékletének, valamint szél sebességének hatása a párolgásra [Forrás: VDZ=Német Cementgyártók Szövetsége]**

### ***Egy példával illusztráljuk ezeket a számokat***

Ha a frissbeton 180 liter/m<sup>3</sup> vizet tartalmaz, akkor 1,8 liter/m<sup>2</sup> víz van az 1 cm vastag felületi rétegben. A 0,6 liter/m<sup>2</sup>•óra párolgási sebesség azt jelenti, hogy a beton az 1 cm vastag rétegben lévő vízzel egyenlő vízmennyiséget veszít el 3 óra alatt és 3 cm vastagsággal egyenértékűt 9 óra alatt. Ez a vastagság meghaladja az európai tervezési szabvány (Eurocode) által külső szerkezetekre előírt legkisebb betonfedés értékét. Az elpárolgott víz „utánpótlása” a beton mélyebb rétegeiből csak korlátozott mértékű lehet.

A vízveszteségnek a felületközeli rétegekben jelentős mértékű negatív hatása van a szilárdságra, a kopásállóságra és a tömörségre.

A *szélsőséges hőmérsékleti hatások* a beton deformálódását okozzák, a hő hatására kitágul, a hideg hatására összehúzódik. Ez a deformáció feszültségeket okoz, amelyek repedésekhez vezethetnek, ugyanúgy, mint a zsugorodás okozta kényszerítő hatás. Nagyon fontos tehát, hogy megakadályozzuk a nagy hőmérséklet-különbségeket (>15 K) a mag és a felület között egy fiatal betonban, valamint a hirtelen hőmérséklet-változásokat a részben megszilárdult betonban.

A *mechanikai feszültségek*, mint pl. a heves rezgések és erős ütések a kötés és a korai szilárdulási időszakában, károsítani tudják a betont, ha a szerkezete fellazul. Az esővíz vagy a folyóvíz gyakran okoz maradandó károsodást a friss- vagy fiatal betonban. Az utómunkálatok folyamán fellépő károsodásokat meg kell akadályozni az élek védelmével és a zsaluzatlan beton felületek letakarásával és a zsaluzott beton felületek kiszaluzás előtti pihentetésével.

A *kémiai támadások*, melyek a talajvízben, a talajban vagy a levegőben lévő anyagoktól származnak, károsíthatják a betont, sőt rendeltetési céljára alkalmatlanná is tehetik, még a megfelelő keverék-összetétel és a helyes bedolgozás esetén is, ha az igénybevétel túl korán éri a betont. Ezeket a károsító anyagokat a lehető leghosszabb ideig távol kell tartani a betontól, pl. árnyékolással, vízelárástással vagy takarással.

## 8.2. Utókezelési módszerek

A korai kiszáradás elleni védőintézkedések a következők:

- Folyékony utókezelő szerek alkalmazása (pl. **Antisol**<sup>®</sup>)
- Zsaluzatban tartás
- Fóliával való letakarás
- Vízmegtartó takarókkal való lefedés
- Vízrel való folyamatos permetezés, vízbe merítés és
- Az összes módszer kombinációja

A *folyékony utókezelő szerek* az utókezelés korszerű eszközei. A folyékony utókezelő szereket, mint pl. az **Antisol**<sup>®</sup>-t, egyszerű eszközökkel lehet a felületre permetezni (pl. kis nyomású permetezőkkal). Ezeket a lehető leghamarabb alkalmazni kell az egész felületre. A zsaluzatból kilátszó beton felületeken azonnal, mielőtt a frissbeton „fényes” felülete „mattá” válik kezelni kell és a zsaluzott felületeken pedig a kiszaluzását követően. Mindegyik fontos, hogy egy egybefüggő, zárt réteg alakuljon ki a felületen és az előírásnak megfelelő mennyiség (g/m<sup>2</sup>) alkalmazásra kerüljön a használati útmutatónak megfelelően. Függőleges beton felületeken több szer felhordására van szükség.

Az **Antisol**<sup>®</sup>-E utókezelőszer pl. tejfehér színű, így felhordáskor könnyű felismerni az esetleges folytonossági hiányokat vagy egyenetlenségeket. Amikor megszárad átlátszó védőfilmet képez.

A *zsaluzatban tartás* azt jelenti, hogy a nedvszívó fa zsaluzatot nedvesen kell tartani, az acél zsaluzatot pedig meg kell védeni a túlmelegedéstől (pl. a közvetlen napfénytől), illetve a hirtelen lehűléstől (pl. késő őszi, téli vagy kora tavaszi időszakban).

A *fóliával való letakarás* a nem zsaluzott, szabadon maradó felületeknél és a zsaluzat eltávolítása után szabaddá váló felületeknél lehetséges: Ez egy egyszerű módja az azonnali védelemnek. A fóliát a még nedves betonra átfedéssel kell lefektetni. Rögzíteni kell a csatlakozásoknál (pl. táblákkal vagy kövekkel leterhelni), hogy megakadályozzuk a víz elpárolgását betonból. A műanyag fólia használata különösen ajánlott a látszóbetonoknál, mivel azok nagymértékben gátolják a nem kívánatos kivirágzást. A fóliának ebben az esetben nem szabad közvetlenül a frissbetonon feküdnie. Az ún. „kérményhatást” is el kell kerülni, amely légáramlás a fólia és a beton felülete között és amely a frissbeton kiszáradását okozhatja.

Amikor a beton felületeket *vízmeztartó takarókkal fedjük le*, mint pl. juta-szövet, nád- vagy szalmagyékény stb. a takarót folyamatosan nedvesen kell tartani, vagy szükség esetén műanyag fóliával kell további védelmet nyújtani a gyors nedvesség veszteség ellen.

A korai száradást meg lehet akadályozni *vízzel való folyamatos permetezéssel, vízbe merítéssel* is. A nedvesség és kiszáradás váltakozása azonban feszültségeket okoz, amelyek repedésekhez vezethetnek a fiatal betonban. Kerüljük el ezért a vízszugárral történő közvetlen locsolást. Ez mikrorepedések létrejöttét eredményezheti, amely esetleg csak később fog megjelenni látható módon a beton felületén. Ha a beton felülete hirtelen kihűl a víz kisebb hőmérséklete miatt, miközben a beton hidratációs hő termel, különösen tömegbeton szerkezeteknél ez komoly belső feszültségeket, majd repedéseket okoz. Megfelelő eszközök lehetnek a szórófejekkel ellátott vagy perforált tömlők, amelyeket a kerti füvek locsolására szoktak használni. A vízszintes felületeket víz alatt lehet utókezelní, ahol ez lehetséges (pl. a beton felület szélén létesített agyaggát segítségével).

### 8.3. Utókezelési intézkedések

Módszerek	Intézkedések	Külső hőmérséklet (°C)				
		-3 °C alatt	-3-tól +5 °C-ig	+5-től +10 °C-ig	+10-től +25 °C-ig	+25 fölött
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel és nedvesítés. Fa zsaluzat nedvesítése, acél zsaluzat napfénytől való védelme.					X
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel.			X	X	
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel és hőszigetelés. Hőszigetelő zsaluzat – pl. fa – használata, ha szükséges.		X*			
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás és hőszigetelés. Munkaterület lezárása (sátor) vagy fűtés (hősugárzó, -légbefúvó). Tartsa a beton hőmérsékletét legalább 3 napig +10 °C-on.	X*	X*			
Víz	Nedvesen tartás, folyamatos permetezéssel vagy vízbemerítéssel				X	

\* Az utókezelés és a kiszaluzhatóság meghosszabbodik a fagyos napok számával.  
A betont legalább 7 napig meg kell védeni a csapadéktól.

#### 92. táblázat: Hőmérséklettől függő utókezelési módszerek és szükséges intézkedések

Alacsony hőmérsékleteken nem elég, ha csak a vízvesztéseket akadályozzuk meg a beton felületén. A túlhűlés kiküszöbölésére hőszigetelni is kell. Ezen intézkedéseket elő kell készíteni és megfelelő időben kell azokat alkalmazni. Ezek legfőképpen az időjárási viszonyoktól, a szerkezeti elem típusától és méreteitől, valamint a zsaluzattól függenek.

A vízzel való utókezelés fagy körüli hőmérsékleten nem megengedett. A rövid, fagyos időszakokban hőszigetelő letakarások, mint pl. deszkazsaluzat, száraz nád- és szalmagyékények, hőszigetelő építési táblák és műanyagpaplanok megfelelő védelmet nyújtanak. A letakarást lehetőleg műanyag fóliával meg kell védeni mindkét oldalán a nedvességtől. A fóliára kasirozott műanyag paplanok a legalkalmasabbak és könnyű a kezelésük. Erős fagyok és hosszú fagyos időszakok esetén a frissbeton körül fűteni kell a levegőt és a beton felületeknek nedvesnek kell maradniuk. A jó tömítettség is fontos (pl. az ajtó és ablak nyílásokat be kell zárni és zárt munkasítrakat kell használni).

## 8.4. Utókezelési időtartam

Az utókezelés időtartamát úgy kell meghatározni, hogy a felületközeleli rétegek elérjék azt a szerkezeti szilárdságot és tömörséget, amely szükséges a beton tartósságához és a vasalás korrózióvédelméhez. A szilárdság kifejlődése szoros összefüggésben van a beton összetételével, a frissbeton hőmérsékletével, a környezeti feltételekkel, a beton méreteivel és a szükséges utókezelés időtartamát is ezek a tényezők befolyásolják.

Az európai szabványosítási folyamat részeként, szabványos európai szabályozásokat készítenek elő a beton utókezelésére vonatkozóan. Az európai tervezet alapelvei benne vannak a DIN 1045-3 német szabványban. Ennek az a lényege, hogy a beton utókezelését addig kell folytatni, amíg az a nyomószilárdság legkisebb jellemző értékének ( $f_{ck}$ ) 50%-át el nem éri. A szükséges utókezelési időtartam meghatározásához a betongyártónak információt kell adnia a beton szilárdságának alakulásáról. Az információ a 2 és 28 napos nyomószilárdság arányára vonatkozik (20 °C-on) és elvezet a szilárdságfejlődés gyors, közepes, lassú vagy nagyon lassú osztályba sorolásáig. A DIN 1045-3 szerint előírt minimális utókezelési időtartam ezeken a szilárdságfejlődési arányokon alapul. Az alábbi táblázat a minimális utókezelési időtartamot a beton szilárdságának alakulása és a beton felületi hőmérsékletének függvényeként mutatja be.

### Utókezelési módszerek

#### 93. táblázat: Utókezelési módszerek a DIN 1045-3 és az MSZ 4798-1 szerint

DIN 1045-3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Levegő relatív páratartalma <math>\geq 85\%</math></li><li>- Zsaluzatban tartás</li><li>- Párazáró fóliával való letakarás</li><li>- Vízmegtartó takarókkal való lefedés</li><li>- Víz-film fenntartása a felületen</li><li>- Utókezelőszer</li></ul>
MSZ 4798-1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Beton nedvesen tartása<ul style="list-style-type: none"><li>- Permetezés</li><li>- Elárasztás</li><li>- Letakarás nedvesen tartott anyagokkal</li></ul></li><li>- Keverővíz elpárolgásának megakadályozása<ul style="list-style-type: none"><li>- Zsaluzatban tartás</li><li>- Letakarás ponyvával vagy műanyag fóliával</li><li>- Párazáró bevonat felhordása</li></ul></li></ul>



**94. táblázat: Utókezelési időtartamok a DIN 1045-3 előírásai szerint**

A kitéti (környezeti) osztályokat lásd a 2.2. fejezetben

<b>Kitéti osztályok</b>	X0; XC1	XC2-XC4; XD1-XD3; XF1-XF4; XA1-XA3
<b>Az utókezelés szükséges legkisebb időtartama</b>	12 óra	Amíg a felülethez közel eső beton szilárdsága el nem éri az $f_{ck}$ előírt jellemző érték legalább 50%-át
<b>A legkisebb utókezelési időtartam egyszerűsített meghatározása</b>	Ha a DIN 1045-3 német szabvány 2. táblázatában (lásd alább) meghatározott időszakot betartják, a szükséges szilárdságot elértnek kell tekinteni	

**DIN 1045-3 német szabvány 2. táblázata**

Felületi, illetve levegő hőmérséklet (T)	Az utókezelés szükséges legkisebb időtartama napokban, a beton $r^1$ szilárdságfejlődésének kifüggvényében			
	$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$	$r < 0,15$
$T \geq 25 \text{ °C}$	1	2	2	3
$25 > T \geq 15 \text{ °C}$	1	2	4	5
$15 > T \geq 10 \text{ °C}$	2	4	7	10
$10 > T \geq 5 \text{ °C}$	3	6	10	15

<sup>1</sup> A közbenső értékeket szabad interpolálni.

Az  $r$  érték ( $r = f_{CM,2}/f_{CM,28}$  – a beton átlagos nyomószilárdságának aránya 2 és 28 nap után) mutatja a betonszilárdság értékének fejlődését és azt alkalmazási vizsgálattal kell megállapítani.

<b>A legkisebb utókezelési időtartam pontos meghatározása</b>	Megengedhető a szerkezet szükséges szilárdságfejlődésének pontos meghatározása (pl. érleléssel)	
<b>Általánosan alkalmazandó követelmények</b>	Bedolgozhatóság 5 órán túl	→ Meg kell határozni az utókezelési időtartam meghosszabbítását
	Hőmérséklet $5 \text{ °C}$ alatt	→ $T < 5 \text{ °C}$ alatti időtartamot nem lehet az előírt utókezelési időtartamba beleszámítani
	Hőmérséklet $0 \text{ °C}$ alatt	→ Téliesítési intézkedéseket kell hozni, amíg a beton el nem érte legalább a $10 \text{ N/mm}^2$ nyomószilárdságot.

# Betonadalékszerek és a környezet

A betonadalékszerek folyadék vagy por formájú kiegészítői a betontechnológiának. Cementtömegre vetített kis mennyiségben adják hozzá a betonhoz általában különleges követelmények elérése céljából:

- A tartósság növelése céljából
- A bedolgozhatóság javítására
- A cement kötési és szilárdulási folyamatának megváltoztatására

Az adalékszerek hatása mindig javítja a beton tulajdonságait. Mennyiségben kifejezve, a folyósítók és a képlékenyítők manapság a használt adalékszerek 80%-át teszi ki (Magyarországon ez az arány 2008-ban 66% volt).

**Mekkora a betonadalékszerek kimosódásának, biológiai lebomlásának vagy kipárolgásának mértéke?**

**A képlékenyítők és folyósítók nem mérgezőek, vízben oldódnak és biológiailag lebomlanak.**

A porított beton mintákon végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a kis mennyiségű képlékenyítők és folyósítók és azok bomlástermékei elvileg lúgos hatásúak. Mindazonáltal ezek az anyagok biológiailag jól lebomlanak és nem okoznak semmilyen talajvíz szennyezést. Még a legszélsőségesebb körülmények között is csak kis mennyiségű szerves karbon oldódik a vízbe.

- A vizsgálat következtetése: a képlékenyítők és folyósítók nem szennyezik a környezetet.

**Összefoglalva: mennyire környezetbarátok a képlékenyítők és folyósítók?**

**A betonadalékszerek megfelelnek az alkalmazásuknak és helyesen használva ártalmatlanok az emberre, állatokra és a környezetre.**

A képlékenyítők és folyósítók műszaki előnye a betonelőállítók és az építőipari szakemberek számára nagyobb jelentőségű, mint a használat során fellépő kis mennyiségű, de ellenőrizhető kibocsátások. A betonadalékszerek érdemben környezetbarátok, mert elhanyagolható mértékű levegő, talaj és talajvíz szennyeződést hoznak csak létre.

**Lásd a következő kiadványokat:**

- „Environmental Compatibility of Concrete Admixtures”  
Report by the Association of Swiss Concrete Admixtures Manufacturers (FSHBZ)  
July 1995
- EU Project ANACAD  
Analysis and Results of Concrete Admixtures in Wastewater Final report BMG Engineering AG Zürich  
February 2000

# EFCA tagság

A Sika tagja az EFCA-nak, a Betonadalékszerek Európai Szövetségének.

A Sika adalékszerek megfelelnek az EFCA környezeti minőségi szabvány-nak.



# Tárgymutató

A	
Acélhaj erősítésű lóttbeton	128
Acélhaj	128
Adalékanyagok	8
- Beton adalékanyagok	8
- Kőzúzalékok	11, 37
- Fagyálló adalékanyag	100
- MSZ EN 12620	9
- Gömbölyű szemű	11, 38
Adalékszerek	12
Adalékszerek adagolása	13
Alagút tübbing beton	70
Alkáli-adalékanyag reakció	106
Alkáli-mentes kötőgyorsító	117, 127
Anyagterfogat számítás	18

B	
Bedolgozhatóság	74, 85
- Követelmények	74
- Időtartama	75
Behatolási mélység	125
Belső öntömörödő képesség	41
Beszóró anyagok	72
Beton	32
- Előírt	21
- Fagy- és olvasztósó álló	43
- Fagyálló	43
- Hő-, ill. tűzálló	69
- Közlekedésépítési	40
- Nagy kezdőszilárdság	95
- Nagyszilárdság	46
- Öntömörödő	41, 91
- Színezett	60
- Tervezett	20
- Víz záró	48
Beton adalékanyagok	8
Betonadalékszerek	12
- Környezet	144
- MSZ EN 934-2	12
Betonadalékszerek és a környezet	144
Betonfajták	5
Beton felület	101
Beton fő alkotórészei	5
Beton hőmérséklete	84
Beton hőmérséklet esése	81
Beton jele	31
Beton kiegészítő anyagok	13
Beton megnevezése	31
Betonozó tölcéses módszer	56

Beton összetétele	30
Burkoló kövek, térkövek	61-68

C, CS	
Cementfajták	7
Cement mellékkalkotórészek	6
Csőfal kisebb kopása	84
Csúszózsalsal beton	47

E, É	
Ettringit	103
Előregyártás	35
Előregyártott szerkezetek	35
Előzetes késleltetési vizsgálatok	78
Éjszakai késleltetés	78

F	
Facukor	51
Fagy- és fagyolvasztósó-állóság	100, 117
Fagy- és olvasztósó-álló beton	43
Fagyálló adalékanyagok	11, 100
Fagyállóság	100, 117
Fagyási szilárdság	80
Fagyhatás	100
Fajlagos felület	14
Fejtések biztosítása	116
Felületi kötőanyagkezelés	101
Felületképzés	82
Finomrésztartalom	15
Folyósítók	12
Formaleválasztók	130
- Felhordási egyenletesség	134
- Felhordási mennyiség	134
Frissbeton	74
Frissbeton hőmérséklete	84
Frissbeton testsűrűsége	83
- Meghatározása	90

G	
Gélpórusok	83
Gőz	69
Gőzöléses hőkezelési eljárás	70

H	
Hajlítószilárdság	105, 111
Halmazsűrűség	11, 14
Hasábok	108
Hasító-húzószilárdság	113
Helyszínen előállított beton	33
Hengerelt beton	59
Hideg időben történő betonozás	79
Hidratáció fázisai	105

Hidratációs hő	105
HILTI módszer	125
Homok	9
Hőmérséklet-különbségek	138-139
Hővesztesség	80

## I

Inert kiegészítő anyagok	13
lövíz	16

## J

Járdalapak	61-68
------------	-------

## K

Kapillaris porozitás	48
Kenő keverékek	39
Keverési időtartam	33, 35, 44
Keverővíz	16
Kémiai ellenállóképesség	103
Kémiai töppedés/zsugorodás	102
Képlékenyítők	12
K-érték elve	27
- Pertye	27
- Szilikapor	28
Késleltetés adagolási táblázata	76
Késleltetési időpont-eltérések	77
Késleltetési táblázat	76
Későbbi repedezettség	54
Kiegészítő anyagok	13, 27
Kitétí osztályok	22
Kivirágzás	67
Kizsaluzási idők	95
Klorid tartalom	29
Kockák, próbatestek	107-108
Kohósalakcement	6-7
Konzisztencia	81-92
- Vizsgálata	85-92
Konzisztencia célértékei	81
Konzisztencia osztályok	25
Konzisztencia vizsgálatok	85-92
Kopásálló beton	72
Kopásállóság	104
Kopási igénybevételek	104
- Csiszoló	104
- Gördülő	104
- Ütés	104
Korai felületképzés	95
Könnyű adalékanyagok	8
Könnyűbeton	5, 57
Környezeti hatásoktól függő kitétí osztályok	22
Kötésgyorsítók	12, 117
- Alkáli-mentes	117
Kötéskésleltetők	12, 75-79

Kötőanyagok	6
Közlekedési felületek	40
Kritikus hőmérséklet	75

## L

Látszóbeton	50
L-doboz	91
Legkisebb cementtartalom	27, 30
Lengőkalapács	96
Letakarás	71, 73, 139
Levegőtartalom	83
- Meghatározása	90
Légbuborékképzők	12
Légbuborékok	44
- Jellemzői	44
- Hatékony	44
Légzárványok	83
Lőttbeton	116
- Fokozott hő-, illetve tűzálló	129
- Kezdőszilárdsági osztályok	117-118
- Stabilizáló	127
- Stabilizált	127
- Szulfátálló	129
Lövési eljárások	119

## M

Magas hőmérséklet	75
Megfelelőség ellenőrzése	31
Megszilárdult beton	93
Megszilárdult beton testsűrűsége	113
Megtámasztások (munkagödör)	116
Meleg időben történő betonozás	75
Mészkióliszt töltőanyag	13-14
Mikro méretű légbuborékok	100
Minimális hőmérséklet	80
Mintavétel	86
Monolit földem- és ipari padlóbeton	71
Mosott felületű látszóbeton	51, 101
Mosóvíz	16
MSZ 4798-1	20
MSZ EN 197-1	6
MSZ EN 206-1	20
MSZ EN 934-2	12
MSZ EN 12620	9

## N, NY

Nagy kezdőszilárdságú beton	95
Nagyszilárdságú beton	46
Nedveset a nedvesre	73
Nedves lövési eljárás	120
Nedvszívó zsaluzat	132
Nehéz adalékanyagok	8
Nehézbeton	55

Nyomószilárdság	93, 110	Szítán áthullott mennyiség	10
Nyomószilárdsági osztályok	26	Szivattyúzható beton	37
<b>O, Ö</b>			
Osztály (kitéti) jele	22	Szivattyúzhatóság	84
Öntömörödő beton	41, 91	Szulfátálló löttbeton	129
Összetartó képesség	84	Szulfátállóság	103
Összevibrálás	52	<b>T</b>	
<b>P</b>			
Párolgás	138	Talajvíz	16
Pernye	14, 27	Tapadóhíd	104
Plasztikus zsugorodás	102	Tapadó-húzószilárdság	117
Polipropilén szálak	69, 129	Taumazit	103
Portlandcement	6-7	Terhelés: kétpontos, központos	111
Próbatestek	108	Területi mérték	25, 81
- Hasábok	108	- Vizsgálat	88
- Hengerek	108	Téli intézkedések	80-81
- Kockák	108	Térkép-repedések	52
- Tárolása	108-109	Térkövek	61-68
- Utókezelése	108-105	Tömegbeton	52
Puccolánok	14	Tömítők	12
<b>R</b>			
Rendszeres megfigyelés	86	Tömörítési légzárványok	83
Roskadási mérték	25, 81	Tömörítési mérték	25, 81
- Vizsgálat	86	- Vizsgálat	87
Rúdvrátró mérete	51	Törésminták	110
Nyomószilárdság	93, 110	Tranzportbeton	33
<b>S, SZ</b>			
SCC	41, 91	Tűzállóság	54, 69, 129
Schmidt-kalapács	81	<b>U</b>	
Sika nedves lövési eljárása	127	Utókezelés	137
Stabilizálók	12, 82	Utókezelési időtartam	142
Szabványos adalékanyagok	9	Utókezelési intézkedések	141
Szálerősítésű beton	54	Utókezelési módszerek	139
Száradás	137	Utókezelőszerek	139
Száradási zsugorodás	102	<b>V</b>	
Száraz keverék	119	v/c tényező	85
Száraz lövés	119	Vékony sugarú eljárás	120
Szemcseszervezet	8	Vézés	82
Szemmegoszlás	9	Vibráció kiküszöbölése	41
Szemmegoszlási görbék	10	Vibrációs porozitás	51
Szemnagyság	9	Visszahullás	117
Szétoosztályozódás	82, 84	Víz alatti beton	56
Szilárdság fejlődése	93	Vízbehatolási mélység	114
Szilárdulásgyorsítók	12, 79-81	Víz/cement tényező	85
Szilikapor	14, 28	V-tölcsér	92
Színezett beton	60	Vizzáró beton	48-49
Színezés	60	Vízzáróság	97-99
Szita méretek	10	Vizsgáló berendezések	111
<b>Z, ZS</b>			
		Zúzott adalékanyagok	11, 37-38
		Zsalu nyomások	42
		Zsugorodás	102



## **Megoldások Sika rendszerekkel**

---

**Beton- és habarcs technológia**

---

**Hézag-tömítési rendszerek**

---

**Betonjavítás, megerősítés és felületvédelem**

---

**Vízszigetelési, és tömítési rendszerek**

---

**Padlóbevonati- és ragasztási rendszerek**

---

**Acélkorrózió- és tűzvédelem**

---

**Műanyag tetőszigetelő rendszerek**

---

**Alagútépítési termékrendszerek**

---

**Kapcsolódó gépek és berendezések**

---

---

**Sika beton- és habarcsadalékszerek**

---

**Sika lőtöbétón rendszerek és berendezések**

---

**Sika vízszigetelési rendszerek**

---



# Világszerte közel vagyunk Önhez

A Sika egy világszerte jelenlévő cég, a különleges- és építési vegyi anyagok területén. Leányvállalatain keresztül, több, mint 70 országban végez gyártást, eladást és műszaki tanácsadást.

A Sika piacvezető a globális- és technológiai piacon a tetőszigetelések, tömítések, ra-

gasztások, vízszigetelések, szerkezetmegerősítések, valamint az épületek- és a mérnöki műtárgyak állagmegóvása területén. A Sikanak több, mint 10 000 alkalmazottja van világszerte, így jól ki tudja szolgálni ügyfeleit.



## **Sika Hungária Kft.**

1117 Budapest,  
Prielle Kornélia u. 6.  
Telefon: (+36 1) 371 2020  
Fax: (+36 1) 371 2022  
E-mail: [info@hu.sika.com](mailto:info@hu.sika.com)  
[www.sika.hu](http://www.sika.hu)

Szállításainkat mindig az aktuális Általános Üzleti Feltételeink szerint végezzük. Használat és alkalmazás előtt mindig kérje a termék érvényben lévő műszaki- és biztonsági adatlapját.

## **Beton Üzletág**

### **Termékrendelés:**

**Boross Márta**, logisztikai ügyintéző  
Telefon: (+36 1) 382 7345  
Mobil: (+36 20) 222 3558  
Fax: (+36 1) 382 7344 E-mail:  
[boross.marta@hu.sika.com](mailto:boross.marta@hu.sika.com)

### **Műszaki tanácsadás:**

**Asztalos István**, üzletágvezető  
Telefon: (+36 1) 382 7340  
Mobil: (+36 20) 943 3620  
E-mail: [asztalos.istvan@hu.sika.com](mailto:asztalos.istvan@hu.sika.com)  
**Német Ferdinánd**, műszaki tanácsadó,  
Dél-Magyarország,  
Mobil: (+36 20) 983 1661  
E-mail: [nemet.ferdinand@hu.sika.com](mailto:nemet.ferdinand@hu.sika.com)  
**Tóth László**, műszaki tanácsadó,  
Észak-Magyarország,  
Mobil: (+36 20) 444 6359  
E-mail: [toth.laszlo@hu.sika.com](mailto:toth.laszlo@hu.sika.com)



**KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI  
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva  
rendszeres felügyelettel  
ISO 14001 szerint



**MINŐSÉGÜGYI  
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva  
rendszeres felügyelettel  
ISO 9002 szerint

