



EURÓPAI UNIÓ  
STRUKTURÁLIS ALAPOK



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
GYŐR



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM  
Pollack Mihály Műszaki Kar

# É P Í T Ő N Y A G O K II.

PMATNB 132 segédlet a PTE PMMK építőmérnök hallgatói részére

*„Az építész- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése”*

HEFOP/2004/3.3.1/0001.01

## **ÉPÍTŐANYAGOK II.**

Dr. Orbán József

Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar,  
Anyagtan és Geotechnika Tanszék  
<orbanj@witch.pmmf.hu>

2007

Részletes tantárgyprogram:		
Hét	Ea/Gyak./Lab.	Témakör
1.	2 óra előadás	Betonok kötőanyagai, mész és gipsz. Erőművi pernyék építőipari alkalmazása.
	2 óra gyakorlat	Az anyagok fizikai tulajdonságainak meghatározása, mérőeszközök ismertetése.
2.	2 óra előadás	Cement gyártása, ásványi összetétele, szilárdulása, tulajdonságai és fajtái.
	2 óra gyakorlat	Mész és gipsz kötőanyagok fizikai és mechanikai tulajdonságainak vizsgálata.
3.	2 óra előadás	Betonok adalékanyagai, szemmegoszlási tulajdonságai és javítási módszerei.
	2 óra gyakorlat	Cement tulajdonságainak és kötőképességének meghatározása.
4.	2 óra előadás	Friss beton tulajdonságai. Konzisztencia, bedolgozási tényező, telítettség.
	2 óra gyakorlat	A beton adalékanyagainak vizsgálata és minősítése.
5.	2 óra előadás	Betonok vizsgálata, jelölése és minősítése az MSZ 4798 szerint.
	2 óra gyakorlat	Adalékanyagok szemmegoszlásának tervezése.
6.	2 óra előadás	Betonok jellemző- és átlagos nyomószilárdsága. Nyomószilárdsági osztályok.
	2 óra gyakorlat	I. ZH. Adalékanyagok szemmegoszlásának tervezése, számítási példa.
7.	OKTATÁSI SZÜNET	
8.	2 óra előadás	A betonok összetételének tervezése matematikai módszerrel és táblázattal.
	2 óra gyakorlat	Friss betonok tulajdonságainak vizsgálata, konzisztencia és telítettség.
9.	2 óra előadás	A beton készítésének technológiája. Betonkeverés-, szállítás és tömörítés eszközei
	2 óra gyakorlat	Beton adalékszerek tulajdonságainak betontechnológiai vizsgálata.
10.	2 óra előadás	A betonok szilárdítási módszerei, Gőzölési diagram. Fagy hatása a friss betonra.
	2 óra gyakorlat	Betonok összetételének tervezési módszerei. Számítás, táblázat, grafikon.
11.	2 óra előadás	Beton adalékszerek alkalmazása. Plasztifikátorok és kötőanyagok szabályozók.
	2 óra gyakorlat	Betonok összetételének meghatározása, számítási gyakorlat.
12.	2 óra előadás	A megszilárdult beton tulajdonságai. A tulajdonságokat befolyásoló tényezők.
	2 óra gyakorlat	Betonok tulajdonságainak meghatározása, roncsolásos vizsgálatok.
13.	2 óra előadás	Roncsolás mentes betonvizsgálatok. A betonok megfelelése MSZ 4798 szerint.
	2 óra gyakorlat	Betonok roncsolás mentes vizsgálatai, mérőeszközök bemutatása.
14.	2 óra előadás	Különleges betonok és különleges betontechnológiák.
	2 óra gyakorlat	II. ZH. Betonok összetételének tervezése.
15.	2 óra előadás	Beton- és vasbetonszerkezetek korróziója és védelme. Üzemi előregyártás.
	2 óra gyakorlat	Pótlások. Gyakorlati jegy lezárása.

**TARTALOMJEGYZÉK:**

<b>1. A beton kötőanyagai</b>	<b>5</b>
<b>2. Építési mész</b>	<b>5</b>
<b>3. Építési gipsz</b>	<b>7</b>
<b>4. Cementek</b>	<b>8</b>
4.1 Cementek kémiai és ásványi összetétele	9
4.2 Cementek szilárdulása	10
4.3 Portlandcementek tulajdonságai	11
4.4 Cementek fajtái és felhasználásuk	11
<b>5. A beton adalékanyagai</b>	<b>13</b>
5.1 Adalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai	13
5.2 A szemmegoszlás minősítése	15
<b>6. Frissbeton</b>	<b>18</b>
6.1 Víz-cement tényező	18
6.2 A frissbeton konzisztenciája	19
6.3 A frissbeton telítettsége	22
6.4 Építőiparban alkalmazott szerkezeti acélok	22
<b>7. Betonok jelölése és minősítése</b>	<b>23</b>
7.1 Jellemző nyomószilárdság, előírt érték	24
7.2 Vasbeton szerkezetek méretezési elve	26
7.3 Tervezendő nyomószilárdság	28
<b>8. A betonok összetételének tervezése</b>	<b>29</b>
8.1 Kiindulási adatok meghatározása	30
8.2 Betonösszetétel tervezése táblázattal	33
<b>9. A beton készítése</b>	<b>35</b>
<b>10. A beton adalékszerei</b>	<b>43</b>
<b>11. A megszilárdult beton tulajdonságai</b>	<b>48</b>
11.1 A beton hidrotechnikai tulajdonságai	48
11.2 A beton szilárdsági tulajdonságai	49
11.3 A beton tulajdonságait befolyásoló tényezők	51
11.4 A beton megfelelése	54
<b>12. Különleges betonok</b>	<b>56</b>
12.1 Hőszigetelő betonok	56
12.2 Könnyűbetonok	58
12.3 Különleges betonok	59
<b>13. Különleges betontechnológiák</b>	<b>63</b>
<b>14. A beton és vasbeton korróziója</b>	<b>69</b>
<b>15. Üzemi előregyártás</b>	<b>73</b>

## 1. A beton kötőanyagai

### Kötőanyagok fogalma

Folyékony, vagy pépszerű állapotból

- kémiai és fizikai folyamatok hatására
- meghatározott idő alatt szilárdulnak
- megfelelő szilárdságot érnek el
- adalékanyagot összeragasztják

### Kötőanyagok osztályozása

Levegőn szilárduló nem hidraulikus

- építési mész
- építési gipsz
- égetett magnézia

Gyengén hidraulikus kötőanyagok

- hidraulikus mész (márgás mészkő)
- románcement (égetett márga)
- mészpuccolánok (mész + trasz + klinker)
- kohósalak és pernye (hidraulitok)

Hidraulikus kötőanyagok (víz alatt is)

- portland (szilikát) cementek
- aluminát cementek
- különleges cementek

## 2. Építési mész

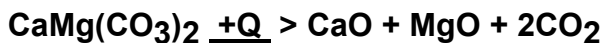
Mész előállítása:  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{+Q} \text{CaO} + \text{CO}_2$

égetőkemencék (900 ÷ 1100C°)

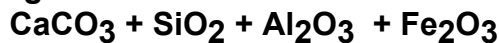
akna, forgódobos, fluodizációs

Szennyeződések:

dolomitos mészkő:



márga:



$\text{CaO} \times \text{SiO}_2$  és  $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$  keletkezik

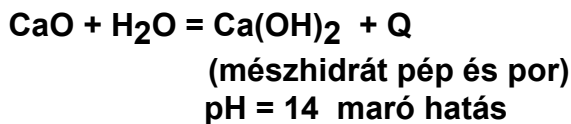
csökken a mész kiadóssága

**Darabos égetett építési mész: CaO****Minősége függ:**

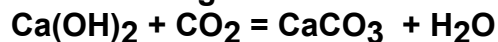
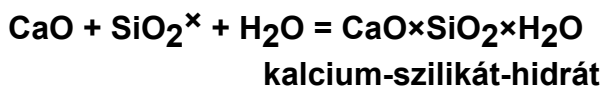
- égetési C°
- mészkődarabok Dmm
- szennyezettség %

**Minőségi jellemzők:**

- vegyi összetétel
- portartalom
- oltási idő
- oltási maradék
- mész-szaporaság
- mézspép területe

**A mész oltása:****Építőiparban használt mészfajták:**

- építési mész: 28, 25, 20 liter pép/10kg
- építési dolomitos mész: 25, 20- as
- őrlött égetett építési mész
- mészhidrát por (32% víz)

**Mész szilárdulása és kötése****Szilárdulás levegőn:****Cementszerű kötés:****A puccolán reakció feltételei:**

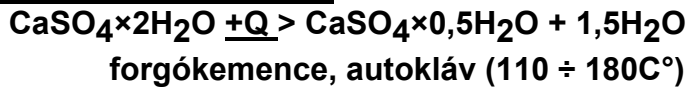
- finom (őrölt) reakcióképes  $\text{SiO}_2^x$
- magas C° és nyomás (autokláv)

**A mész felhasználási területei:**

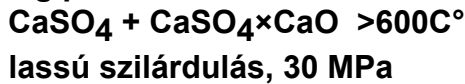
- falazó- és vakoló habarcsok
- sejtbetonok készítése (pórusbeton)
- talajszilárdítás, stabilizálás
- mészhomok téгла, szilikalcit
- cementgyártás alapanyaga

### 3. Építési gipsz

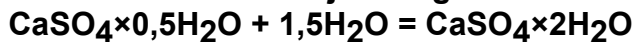
#### Előállítása gipszkőből:



#### Esztrich gipsz:



#### Gipsz szilárdulása és tulajdonságai



#### Tulajdonságai:

- + gyors kötés és szilárdulás
- + közepes szilárdság
- + alacsony testsűrűség
- + jó hőszigetelő képesség
- + tűzállóság
- magas vízfelvétel, oldódás, nem fagyálló
- betonacél korrózió

#### A gipsz minősítő tulajdonságai:

- őrlési finomság 0,2 szitán (I. II. III.)  
durva, középfinom, finom
- kötési idő kezdete és vége (A B C)  
gyorsan-, közepesen- és lassan kötő
- nyomószilárdság hasábon (G-2. G-25)

#### Gipszek felhasználása:

- gipszes habarcsok kötőanyaga
- díszítő elemek, műmárvány
- hő- és hangszigetelő anyagok
- portlandcement kötésszabályozása
- fémszerkezetek tűzvédelmi burkolata
- dermesztett beton zsaluzata
- válaszfalelem, álmennyezet, térelem

### Erőművi pernyék

#### A pernyék építőipari alkalmazása:

- hidraulikus cement-kiegészítők
- pernye gázbeton falazó-elemek
- beton adalék- és kötőanyag (C4, C6)
- pernye-mész kötőanyagú soványbeton
- pernyebeton
- hőszigetelő pernyebetonok

## 4. Cementek

Finomra őrölt hidraulikus kötőanyagok, vízzel péppé keverve levegőn és víz alatt kőszerűen megszilárdulnak.

### Cementek osztályozása:

**Portland vagy szilikát cementek:**

- 80% mészkő + 20% agyag
- zsugorodási hőmérsékleten égetik
- klinkert 4 ÷ 6% gipszkővel őrlik
- kohósalak és pernye hidraulit (10 ÷ 40 %)
- hidratációkor stabil vegyületek keletkeznek  
 $3\text{CaO} \times 2\text{SiO}_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$  és  $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$

**Alumínát cementek:**

- mészkő + bauxit, ill. timföld nyersliszt
- bauxit cementben 40% CaO és 40%  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- gyors hidratáció, nagy kezdőszilárdság
- instabil vegyületek keletkeznek  
 $3\text{CaO} \times 2\text{Al}_2\text{O}_3 \times 9\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$

**Különleges cementek:**

- különleges tulajdonságúak (gyorskötő)
- eltérő összetétel (fehércement, duzzadó)
- kiegészítő anyagúak (légpórusos)

### A cementgyártás fázisai

**Nyersanyag termelés**

- mészkő és agyag fejtése, törése

**Nyersanyag előkészítés**

- száraz eljárás, lisztté őrlik
- nedves eljárás, iszappá őrlik
- homogenizálás, granulálás

**Klinkerégetés**

- szárítás, előmelegítés, kalcinálás
- zsugorítás (1450 ÷ 1550 °C) olvadékfázis
- hűtés (200 °C) klinker, üveges olvadék (akna- és forgókemence, ciklon, rostély)

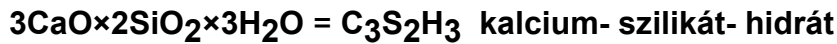
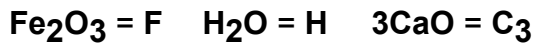
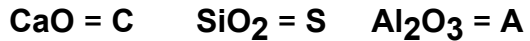
**Cement őrlése**

- golyós- és csőmalom
- klinker + 4% gipszkő + hidraulitok
- fajlagos felület: 240 ÷ 400 m<sup>2</sup>/kg    D = 5 ÷ 30 μm

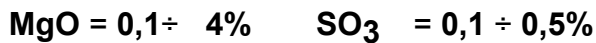


#### 4.1 Cementek kémiai és ásványi összetétele

Szilikátkémiai rövidítések:



Pc. klinker oxidos összetétele:



Portlandcement modulusai:



Portlandcement klinkerásványai:



nagy kezdőszilárdság, hidratációs hő



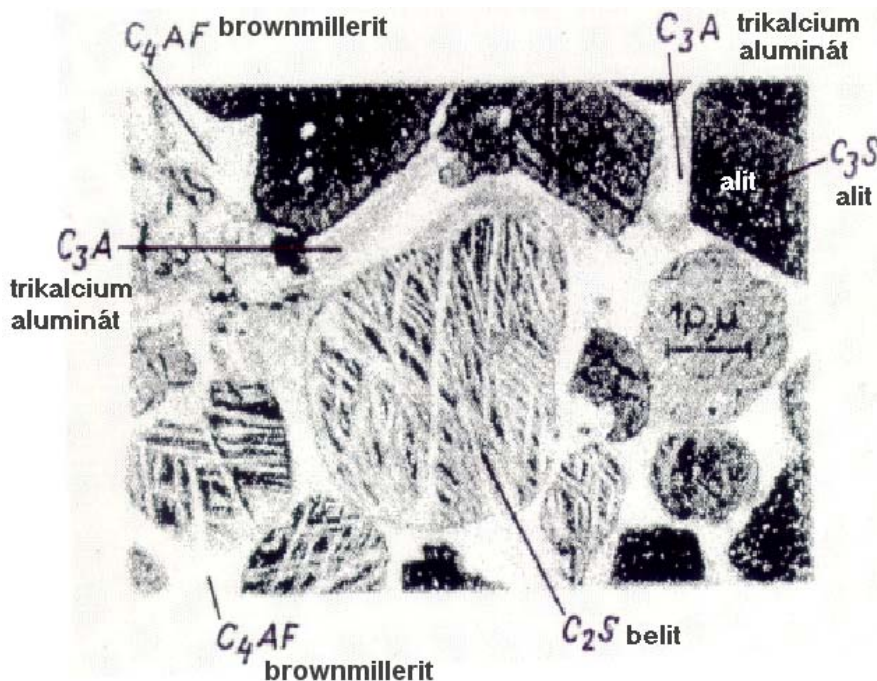
lassan szilárdul, kicsi hidratációs hő



növeli a zsugorodást és a duzzadást



kémiai ellenálló képességet növeli



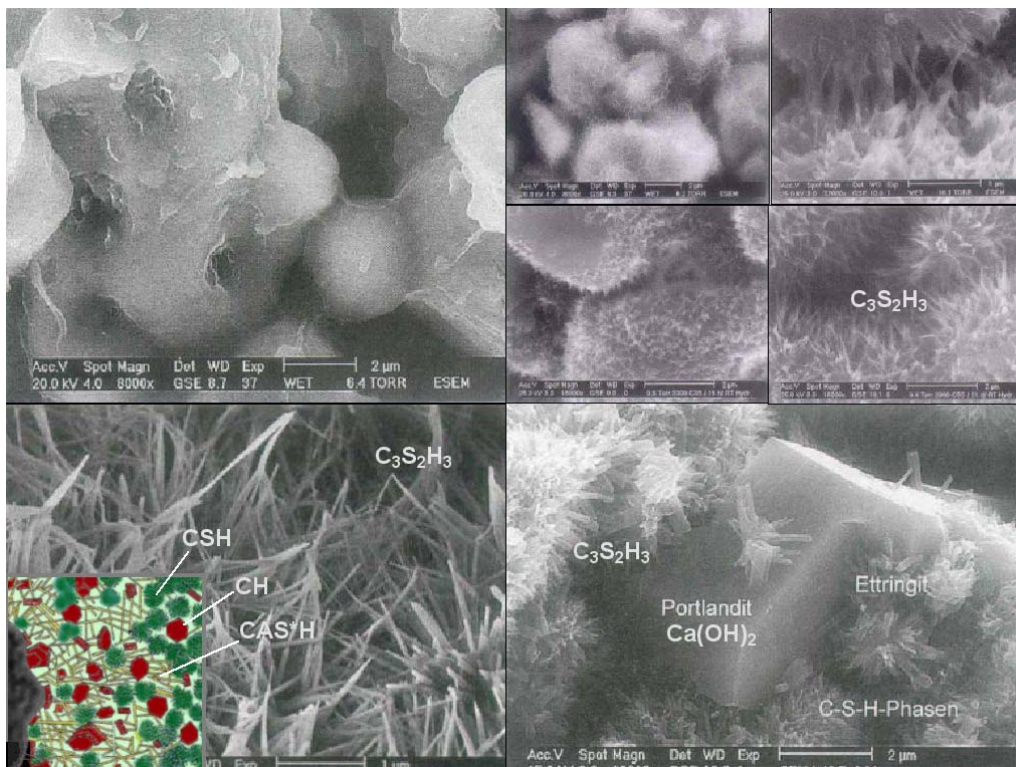
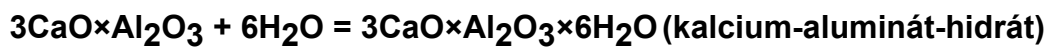
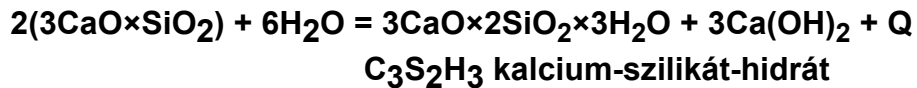
Portlandcement klinkerásványai

## 4.2 Cementek szilárdulása

### A cement hidratációja:

- a cement kémiai reakciója vízzel
- a klinkerásványokból hidrátok keletkeznek
- a kémiai reakció termékei (kristályai)
- összekötik a cementszemcséket (kötőerő)
- hidratáció ..> kötés ..> szilárdulás (cementkő)

### Klinkerásványok reakciója vízzel:



### A cementhidratáció fő jelenségei:

- kolloidiális oldat keletkezik ( $h = 10\mu\text{m}$ )
- cement felületén gélréteg jön létre
- gélrétegből kristályok válnak ki, átfonódás
- cementpép megdermed, kőszervé válik
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  szabadul fel, lúgos,  $\text{pH} > 12,6$
- $\text{CaCO}_3$  és CSH  $\text{pH} > 11,2$  korrózió védelem!
- csökken a kapilláris porozitás (vízzárás)
- hidratációs hő keletkezik
- kötés lassítás és gyorsítás, utószilárdulás

### 4.3 Portlandcementek tulajdonságai

#### Őrlési finomság

- Blaine készülék, fajlagos felület:  $m^2/kg$
- finomsággal növekszik: vízigény, zs %, Q sebessége, kezdeti szilárdulás

#### Kötési idő

- Vicat féle készülék (kezdeti és vége)
- betontechn. szempontok (45p ÷ 12ó)
- befolyásolják: °C v/c  $m^2/kg$  vegyszer

#### Térfogat állandóság

- cementlepeny (víz- és főző próba)
- zsugorodást növeli: magas  $m^2/kg$ ; v/c
- duzzadás: szabad MgO; CaO % gipsz %

#### Szilárdság

- hasáb próbatest:  $4 \times 4 \times 16$  cm
  - 1/3 cement/homok v/c=0,5 képlékeny
  - 28 napos hajlító és nyomószilárdság
- CEM II/A-V 32,5  $f_{ck} = 32,5$  N/mm<sup>2</sup>**

### 4.4 Cementek fajtái és felhasználásuk

#### Cementek jelölései:

- I Portlandcement : CEM I 42,5N; CEM I 42,5R CEM I S\*32,5N  
 II Kohósalak pc : CEM II/A-S 42,5N CEM II/A-S 32,5R  
 II Pernye pc : CEM II/A-V 42,5N CEM II/A-V 32,5R

#### CEM - Európai cement

I; II - cement fajta: I - portlandcement

II - kohósalak és pernye pc.

A; B - hidraulit mennyiség (> 5; >20%)

S; V - kohósalak és pernye (hidraulit)

M(V-L) – kompozit (pernye és mészkőpor)

32,5 - nyomószilárdság  $f_{ck}$  (N/mm<sup>2</sup>)

R - nagy kezdőszilárdság (Rapid)

N - normális szilárdulású

S\* - szulfátálló (AM = 0,54)

**Cementek alkalmazási területei:****Portlandcementek:****CEM I 42,5N és R**

- C25 ÷ C50 vb. nagy kezdőszilárdság
- vízzáró, fagyálló, kopásálló, fesztített

**CEM I S\* 32,5N**

- szulfátos talajvizes környezet
- agresszív környezeti hatás

**Kohósalak pc:****CEM II/A-S 42,5N**

- C25 ÷ C50 beton és vb. szerkezetek
- előregyártás, f 100, vízzáró

**CEM II/A-S 32,5R**

- C12 ÷ C40 beton és vb. szerkezet
- f 50, transzport- és tömegbeton

**Pernye pc:****CEM II/A-V 42,5N**

- C25 ÷ C50 beton és vb. szerkezetek
- előregyártás, f 150, vízzáró

**CEM II/A-V 32,5R**

- C12 ÷ C40 beton és vb. szerkezet
- f 50, transzport- és tömegbeton

**Kompozit cementek****CEM II/A - M(V-L) 42,5 N****CEM II/B - M(V-L) 32,5N**

- vízzáróbeton, víz alatti betonozás
- nyári melegben; tömegbeton; f 50

**Különleges cementek:**

- tűzálló timföld és duzzadó aluminát cementek
- légpórusos és hidrofób cementek
- kis kötэшőjű cementek
- fehér és színes cementek

## 5. A beton adalékanyagai

### Különböző szemnagyságú anyagok halmaza

- természetes és mesterséges
- folyami kavics és zúzalék
- zúzalékok (mészkő, bazalt)
- könnyű betonok adalékanyagai
- hőszigetelő betonok adalékanyagai

### Szemnagyság szerinti csoportosítás:

- agyag < 0,002 mm
- iszap 0,002 ÷ 0,02 mm
- por 0,02 ÷ 0,063 mm
- homokliszt 0,063 ÷ 0,125 mm
- finomhomok 0,125 ÷ 1 mm
- durva homok 1 ÷ 4 mm
- apró kavics 4 ÷ 8 mm
- durva kavics 8 ÷ 32 mm
- nagyszemű kavics > 32 mm

### Az adalékanyag tulajdonságai:

- közetfizikai jellemzők (geológia)
- tisztaság (agyag-iszap tartalom %, Cl, S)  
f < 1%, 3%, 6%
- szilárdság (szétaprózódás)
- tömeg jellemzők (testsűrűség, hézagterfogat.)
- szemalak és felület (zömök, lemezes, sima)
- víztartalmi jellemzők (n%, nf%, v%, v<sub>10</sub> %)
- szemszerkezeti tulajdonságok

### 5.1 Adalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai

- szemmegoszlás (szemmegoszlási görbe)
- legnagyobb névleges szemnagyság d<sub>max</sub>
- finomsági modulus (m)
- szemmegoszlási görbe lefutása

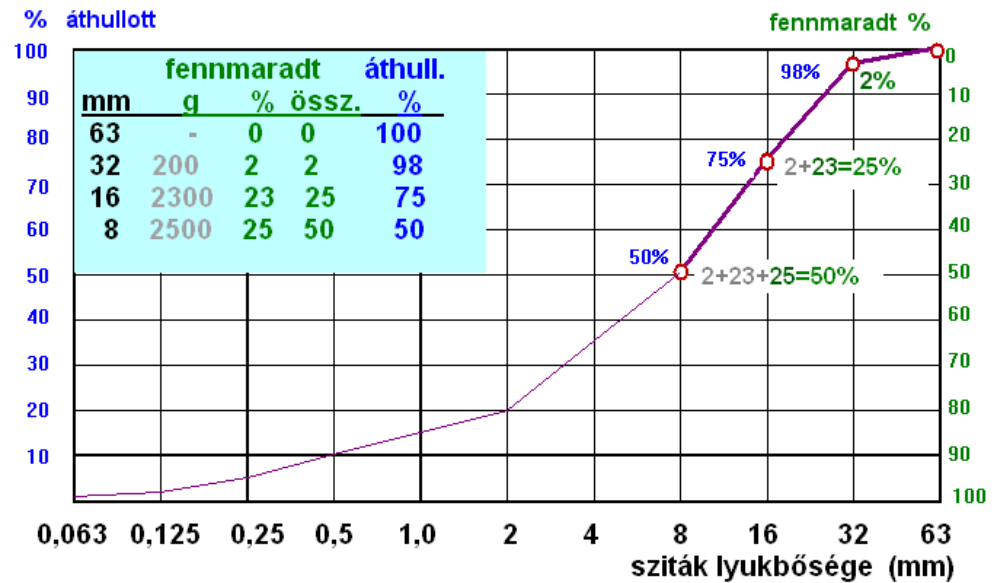
### Szemmegoszlás meghatározása

#### Szitavizsgálat:

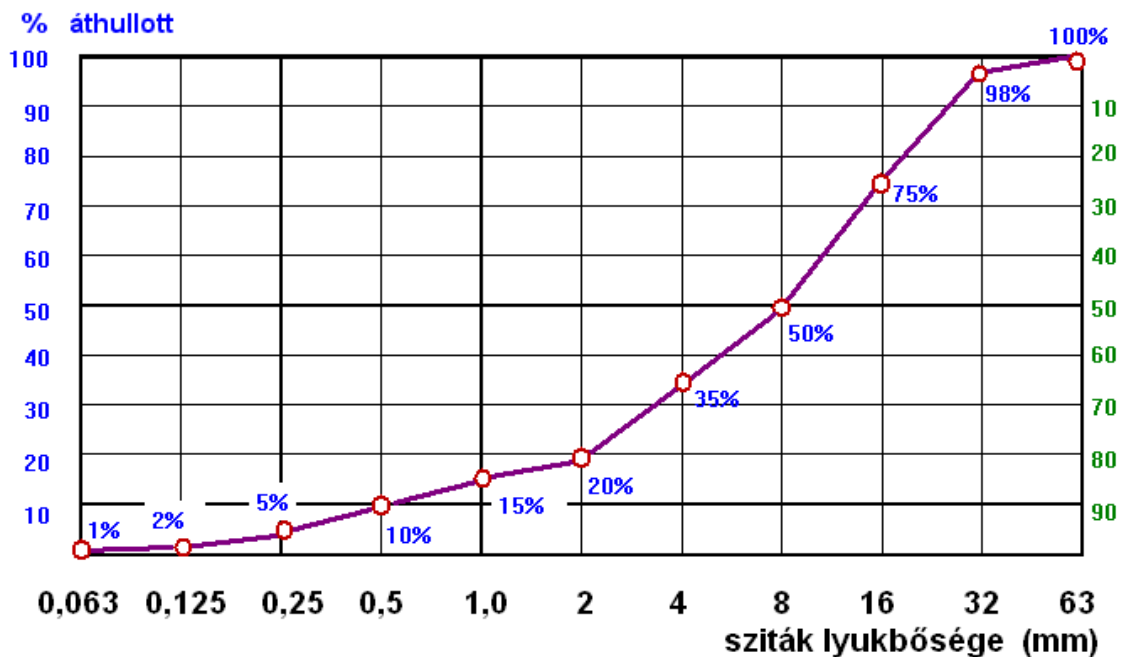
szitasorozat: 0,063 0,125 0,25 0,5 1 2 4 mm

rostasorozat: 8 16 32 63 125 mm

- adalékanyag kiszárítása (10.000g)
- rostálás
- rostákon és szitákon fennmaradt m%
- számítás (áthullott tömeg m%)



- szemmegoszlási görbe (megrajzolása)
- szemmegoszlás minősítése (jellemzése)



### A szemmegoszlási görbék jellemzői:

Homok- és kavicsstartalom: 4 mm rosta m%

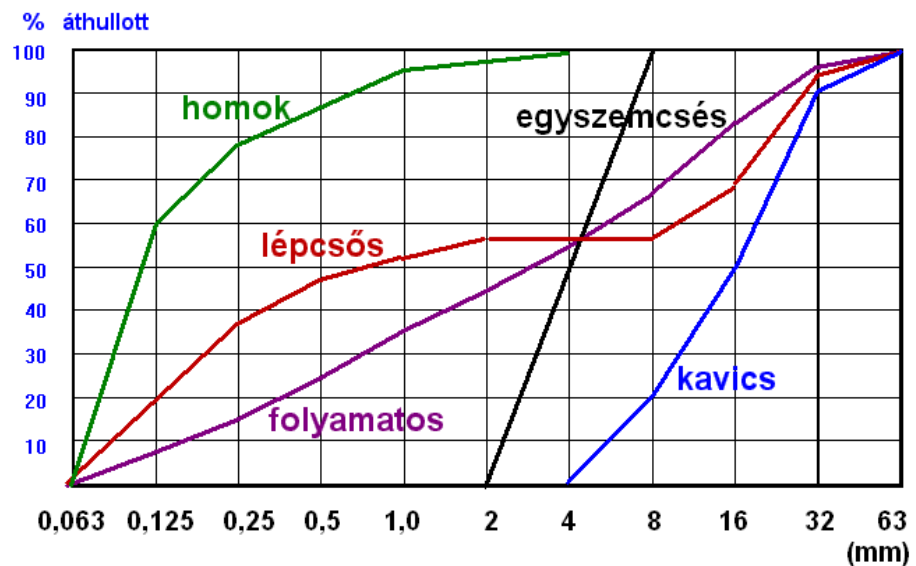
~ szemmegoszlási görbe

d<sub>max</sub>. legnagyobb névleges szem nagyság:

- rosta méret (fennmaradt m% < 5%)
- a legkisebb szerkezeti méret 1/3, 1/4
- a betonacél távolság között áthull. 90%
- feszített vb. szerkezet: d<sub>max</sub> < 24 mm

### Szemmegoszlási görbe lefutása: (grafikon)

- folyamatos, lépcsős és egyszemcsés
- homok és kavics



### Betontechnológiai jellemzők:

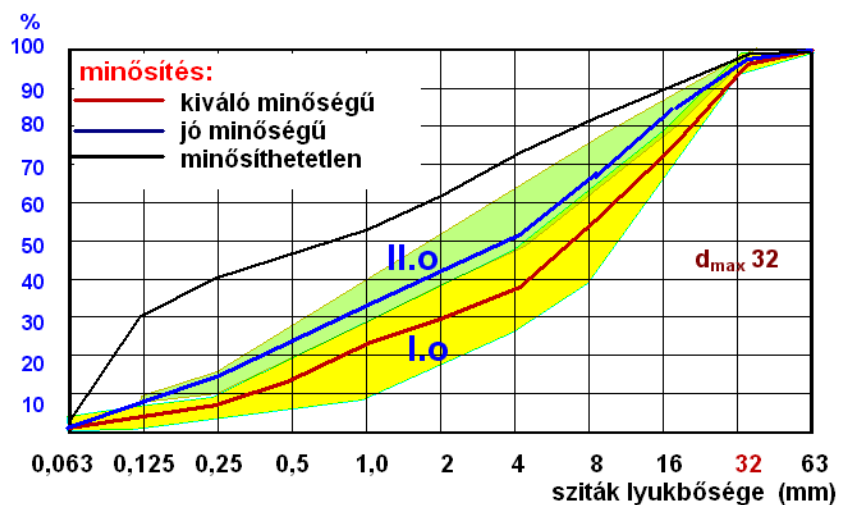
- hézagterefogat ( $225 \div 300 \text{ liter/m}^3$ )
- fajlagos felület (vízigény)
- cementpép igény (telítettség)
- finomrész tartalom ( $<0,25 \text{ mm}$ )  
cement + agyagiszap + por + liszt + finomhomok  $> 400 \text{ kg/m}^3$

### 5.2 A szemmegoszlás minősítése

#### Minősítés határgörbék alapján:

I. oszt. kiváló minőségű

II. oszt. jó minőségű  
minősíthetetlen

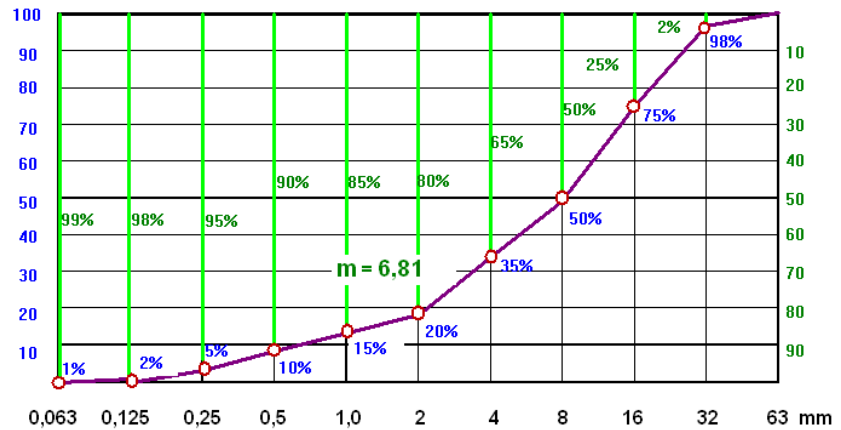


**Minősítés finomsági modulus alapján:**

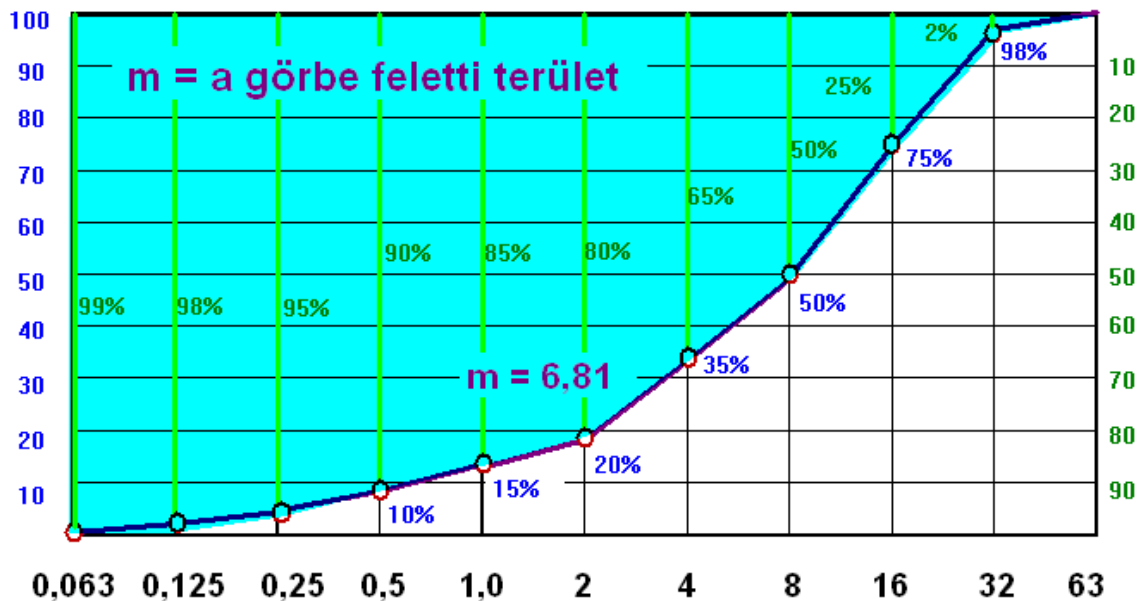
- a szitákon fennmaradt m% -ok összege/100
- finomsági modulus m értelmezése

A szitákon  
fennmaradt m%:

63 mm	0%
32	2
16	25
8	50
4	65
2	80
1	85
0,5	90
0,25	95
0,125	98
0,063	99
	<b>681%</b>



finomsági modulus:  $m = \text{fennmaradt m\%} / 100 = 681 \% / 100 = 6,81$

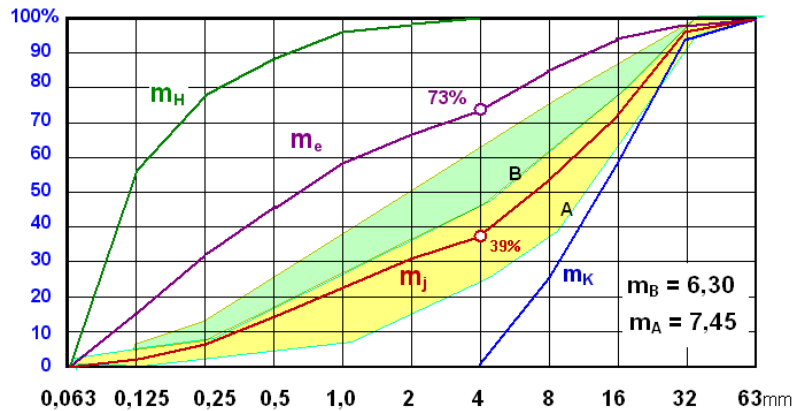
**Szemmegoszlás javítása**

A szemmegoszlás javításának módszerei:

1. Méreten felüli szemcsék leválasztása
2. Hiányzó frakció pótlása
3. Homok, illetve kavics hozzákeverése
4. Homok és kavics frakcióra bontással és megfelelő arányú keveréssel

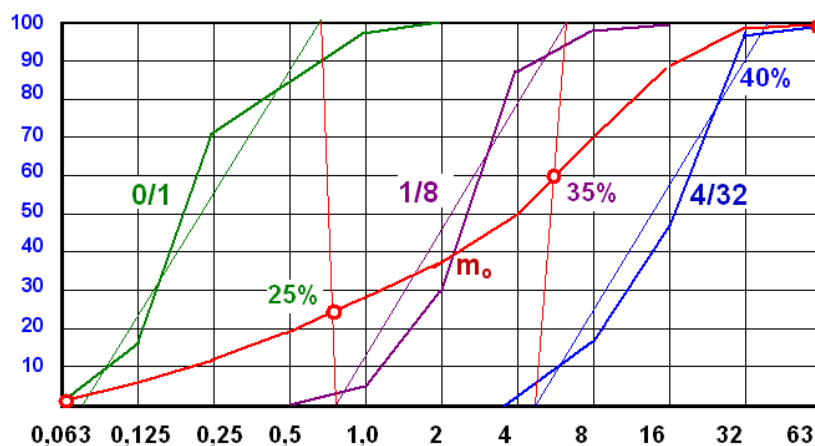


- ~ eredeti szemmegoszlás:  $m_e$
- ~ szétválasztás: homok  $m_H$  és kavics  $m_K$
- ~ javítandó szemmegoszlás (követelmény görbe):  $m_j$
- ~ új keverési arányok kiszámítása:  $a_H, a_K$
- ~ javított szemmegoszlás ellenőrzése



$m_e = 4,2$	$a_H + a_K = 1 \quad 100\%$
$m_H = 2,8$	$a_H \cdot m_H + a_K \cdot m_K = m_j \times 1$
$m_K = 8,4$	<hr/>
$m_j = 6,8$	$a_H = \frac{m_K - m_j}{m_K - m_H} = 0,39 \quad a_H = 39\%$
	$a_K = 61\%$

**Előírt szemmegoszlás előállítása több frakcióból**



**Egymást átfedő frakciók:**

- $0/1$  mm - finom homok frakció : 25%
- $1/8$  mm - gyöngykavics frakció : 35%
- $4/32$  mm - kavics frakció : 40%
- $m_o$  - követelmény görbe

## 6. Frissbeton

### Betonkeverék:

- megkevert nyers beton
- cementkötés még nem észlelhető
- zsaluzatba még nem dolgozták be

### Frissbeton:

- betömörített kiindulási anyag
- tulajdonságai befolyásolják a megszilárdult beton tulajdonságait

### A betonkeverék jellemzői:

- keverési arány
- víz-cement tényező
- bedolgozási tényező
- konzisztencia

### Keverési arány

A betonalkotók tömegaránya,  
a cement tömegéhez viszonyítva  
cement : víz : adalék = 1 : 0,5 : 5

### 6.1 Víz-cement tényező

A víz és a cement tömegének aránya:  $X = V/C$

$$V = V_{kev.} + V_{ad.fel.} - V_{ad.1ó.} - V_{pár.} \text{ (lit./m}^3\text{)}$$

$V_{kev.}$  - betonkeveréshez használt víz

$V_{ad.fel.}$  - nedvesség tartalom  $V_f$  m%

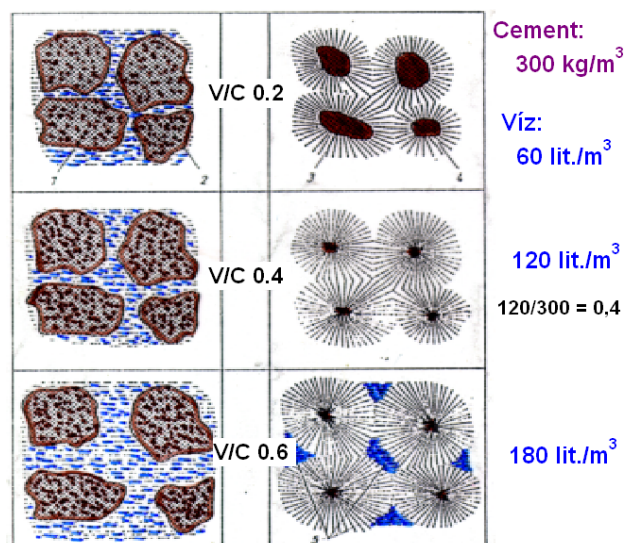
$V_{ad.1ó.}$  - 1órás vízfelvétel m%

$V_{pár.}$  - párolgási veszteség (lit./m<sup>3</sup>)

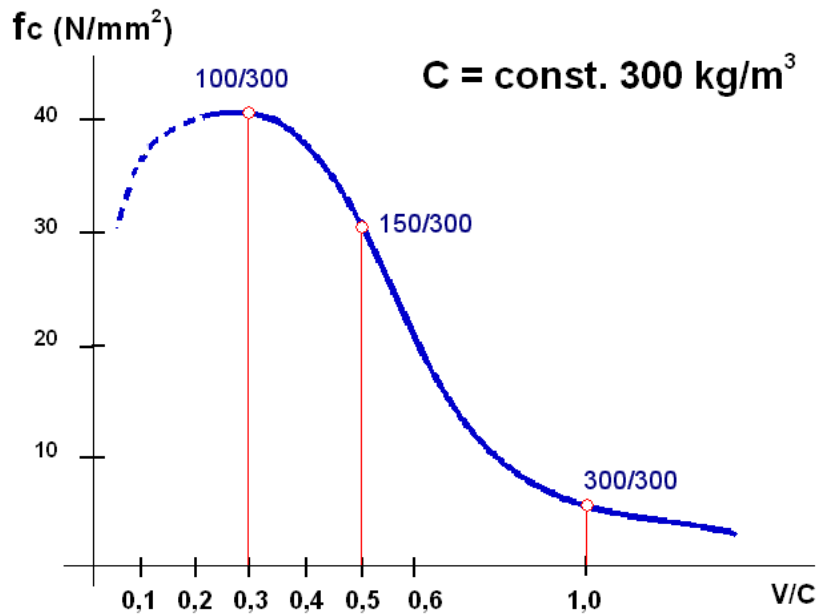
$$C = \text{cement tömege kg/m}^3$$

### A víz-cement tényező hatása:

- ~ a cement hidratációjára
- ~ a beton szilárdságára
- ~ a beton zsugorodására



### V/C hatása a beton nyomószilárdságára



Bedolgozási tényező:

$$\beta = V_{\text{áda}}(\text{adalék}) / V_{\text{frissbeton}} \quad \beta > 1 \div 1,2$$

Befolyásoló tényezők:

- adalékanyag hézagterfogata
- konzisztencia (vízmenyiség)
- bedolgozás mértéke (levegő tartalom)

### 6.2 A frissbeton konzisztenciája

Konzisztencia:

- a friss betonkeverék mozgékonyága
- bedolgozási munkaigénye, folyékonyága
- mérőeszközzel vizsgálva, számszerű adat

Konzisztenciák jelölései MSZ 4714: AFN - alig földnedves

FN - földnedves

KK - kissé képlékeny

K - képlékeny

F - folyós

Ö - önthető

Konzisztencia osztályok:

Roskadási osztályok: S1; S2; S3; S4; S5

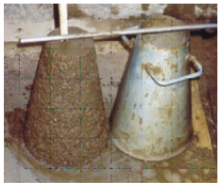
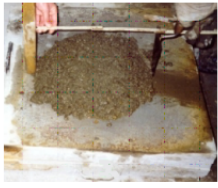

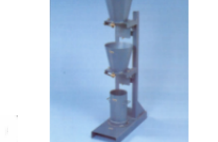
Területi osztályok : F1; F2; F3; F4; F5; F6

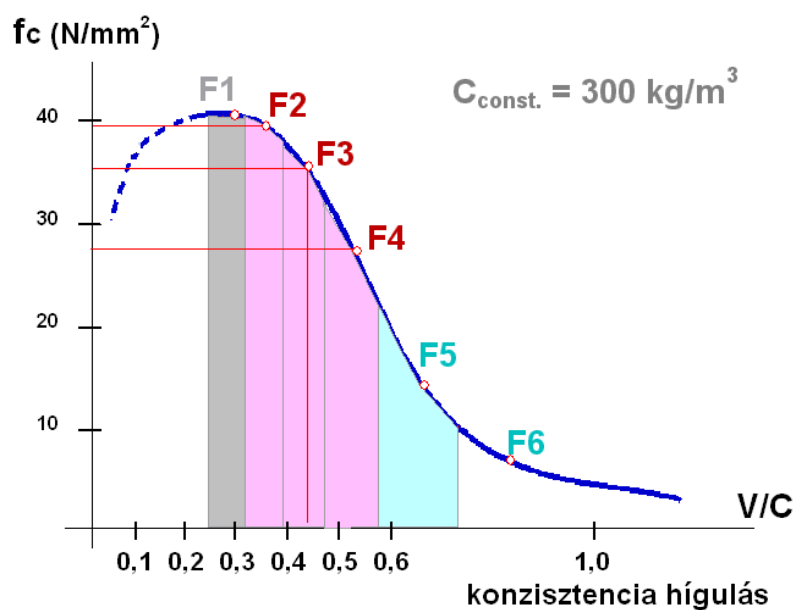
VEBE osztályok : V0; V1; V2; V3; V4

Tömörítési osztályok: C0; C1; C2; C3

**Konzisztenciamérő eszközök:**

1. Abrams-féle roskadásmérő kúp
2. Területst mérő ejtőasztal
3. Átformálási ütésszám mérő
4. Glanville-féle tömörödés mérő
5. Vebe méter, vibrációs átformálási idő
6. Gráf-féle behatolásmérő

Konzisztencia	MSZ 4714 szerint	Konzisztencia osztályok	MSZ 4798-1 szerint
	Roskadás (mm)	Roskadási osztályok	Roskadási mérték, mm
	KK 20 - 40	S1	10 - 40
	K 41 - 100	S2	50 - 90
	F > 100	S3	100 - 150
		S4	160 - 210
		S5*	220 ≤
	Terület (cm)	Területi osztályok	Területi mérték, mm
	FN < 35	F1*	≤ 340
	KK 36 - 42	F2	350 - 410
	K 43 - 50	F3	420 - 480
	F > 50	F4	490 - 550
		F5	560 - 620
		F6*	630 ≤
	Átformálás (sec)	VEBE osztályok	VEBE-méteres átformálási idő, s
		V0*	≥ 31
	FN 50 - 21	V1	30 - 21
	KK 20 - 8	V2	20 - 11
	K 7 - 3	V3	10 - 6
		V4*	5 - 3
	Tömörödés	Tömörítési osztályok	Tömörítési mérték
	FN 0,70 - 0,75	C0*	≥ 1,46
	KK 0,76 - 0,85	C1	1,45 - 1,26
	K 0,86 - 0,92	C2	1,25 - 1,11
	F 0,93 - 0,97	C3	1,10 - 1,04



**Konzisztencia hatása a beton szilárdságára és a bedolgozhatóságára**

**Konzisztenciát meghatározzák:**

- ~ az alkalmazott tömörítési módszer
- ~ a vb. szerkezet mérete, alakja, helyzete
- ~ a vasalás sűrűsége, betonacél-távolság
- ~ zsaluzat (fém, fa, műanyag)

**A bedolgozott frissbeton**

- A frissbeton jellemzői:**
- testsűrűség
  - betonösszetétel
  - zöldszilárdság
  - szétosztályozódás
  - telítettség

Készítési testsűrűség:  $\rho$  t(friss)

$$\rho \text{ t(friss)} > \rho \text{ t(légszáraz)} > \rho \text{ t(száraz)}$$

$$2380 \text{ kg/m}^3 > 2320 \text{ kg/m}^3 > 2290 \text{ kg/m}^3$$

**Betonösszetétel:**

- tervezett és tényleges
- tömeg és térfogat szerinti

**A beton tömeg szerinti összetétele:**

$$C : V : A = 1,0 : 0,5 : 5 \quad \rho = 2380 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{víztartalom} \quad : (2380 : 6,5) \times 0,5 = 183 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{cementtartalom} \quad : (2380 : 6,5) \times 1,0 = 367 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{adalékanyag} \quad : \frac{2380 : 6,5}{2,63} \times 5,0 = 1830 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Összesen} \quad : 2380 \text{ kg/m}^3$$

**A beton térfogat szerinti összetétele:**

$$\text{a víz térfogata} \quad 183 : 1,0 = 183 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{cement térfogata} \quad 367 : 3,1 = 118 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{adalékanyag térf.} \quad 1830 : 2,63 = 694 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{levegőtartalom} \quad \underline{\hspace{10em}} = 5 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{Összesen} \quad : 1000 \text{ liter}$$

**A levegőtartalom függ: - konzisztenciától**

- a bedolgozás mértékétől
- szemszerkezet hézagterfogatától (Vh)
- a cementpép telítettségétől

**Zöldszilárdság:  $0,2 \div 0,5 \text{ MPa}$  (kohézió)**

**Szétosztályozódás:**

- adalékanyag leülepedése szállításkor
- szegregálódás zsaluzatba öntéskor
- cementlé felúszása vibráláskor

### 6.3 A frissbeton telítettsége

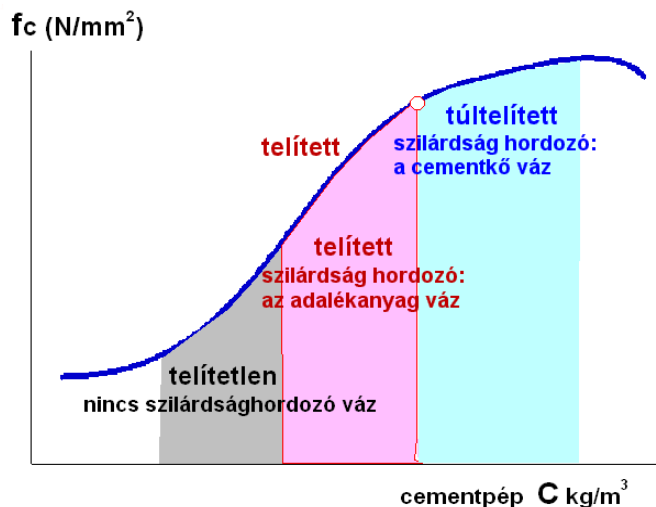
Telítettség mértéke:

- telítetlen beton (telítettség < 100%)
- telített beton (telítettség = 100%)
- túltelített beton (telítettség > 100%)

A telített frissbetonban a cementpép:

- az adalékanyag-váz hézagait éppen kitölti
- adalékanyag szemcsék felületét bevonja

Telítettség hatása a beton szilárdságára



Az adalékanyag hézagterfogata:  $V_h$

- megállapítása vizes adalékanyaggal (nedvesítés, tömörítés, felöntés)
- szemszerkezettől függően: 220 ÷ 300 lit./m<sup>3</sup>

Példa (telítetlen):  $V_h = 260$  lit./m<sup>3</sup>

víz	:	135 kg/m <sup>3</sup>	:	1,0	=	135 liter
cement	:	262 kg/m <sup>3</sup>	:	3,1	=	84 liter
<u>adalékanyag</u>	:	<u>1946 kg/m<sup>3</sup></u>	:	<u>2,63</u>	=	<u>740 liter</u>
összesen	:	2343 kg/m <sup>3</sup>				959 liter

Cementpép hiány:  $260 - (84 + 135) = 41$  lit./m<sup>3</sup> frissbeton

Telítettség mértéke:  $100(260 - 41) : 260 = 84\%$

Példa (túltelített):  $V_h = 260$  lit./m<sup>3</sup>

víz	:	180 kg/m <sup>3</sup>	:	1,0	=	180 liter
cement	:	460 kg/m <sup>3</sup>	:	3,1	=	148 liter
<u>adalékanyag</u>	:	<u>1766 kg/m<sup>3</sup></u>	:	<u>2,63</u>	=	<u>672 liter</u>
összesen	:	2406 kg/m <sup>3</sup>				1000 liter

Cementpép többlet:  $(180 + 148) - 260 = 68$  lit./m<sup>3</sup>

A túltelítettség mértéke:  $100(260 + 68) : 260 = 126\%$

## 7. Betonok jelölése és minősítése

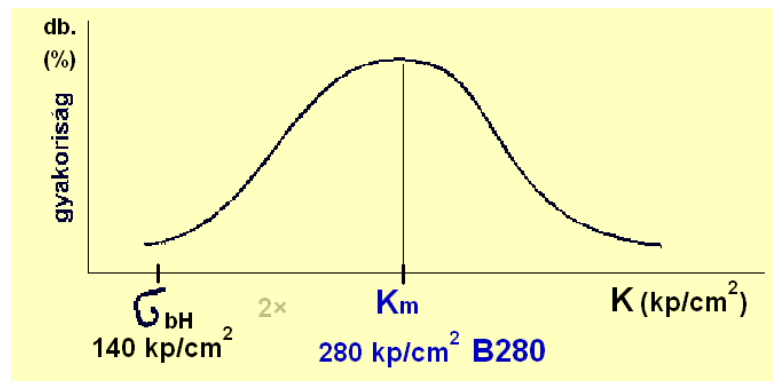
### A B280 és C16/20 jelölések értelmezése:

- dimenzió változás ( $\text{kp/cm}^2$ ,  $\text{N/mm}^2$ )
- próbatestek alakja és mérete változott
- átlagszilárdság helyett minősítő (küszöb, előírt) szilárdság
- S (szórás) figyelembevétele

### Minősítés:

- B280 minősítő szilárdság alapján

$K_m$  - átlagszilárdság  
betonkockán  
mérve



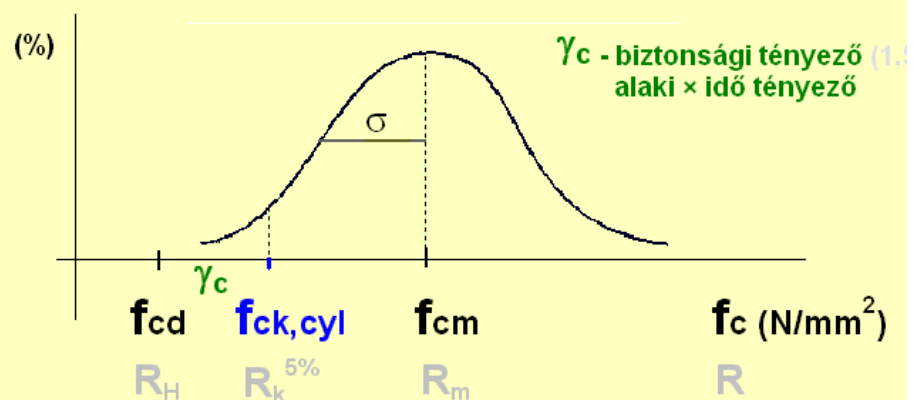
- $f_{ck, cyl}$  C16/20  
előírt, jellemző nyomószilárdság (karakterisztikus érték) alapján

$f_c$  - a beton nyomószilárdsága

$f_{cd}$  - tervezett nyomószilárdság (számítási érték)

$f_{ck, cyl}$  - a beton jellemző (előírt) nyomószilárdsága  
5% -os alulmaradáshoz tartozó  
karakterisztikus érték, hengeren vizsgálva  
(legkisebb jellemző hengersizilárdság)

$f_{cm}$  - a beton átlagos nyomószilárdsága



**C16/20 - jellemző nyomószilárdság**

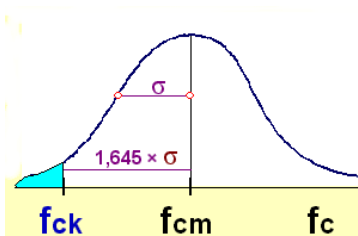
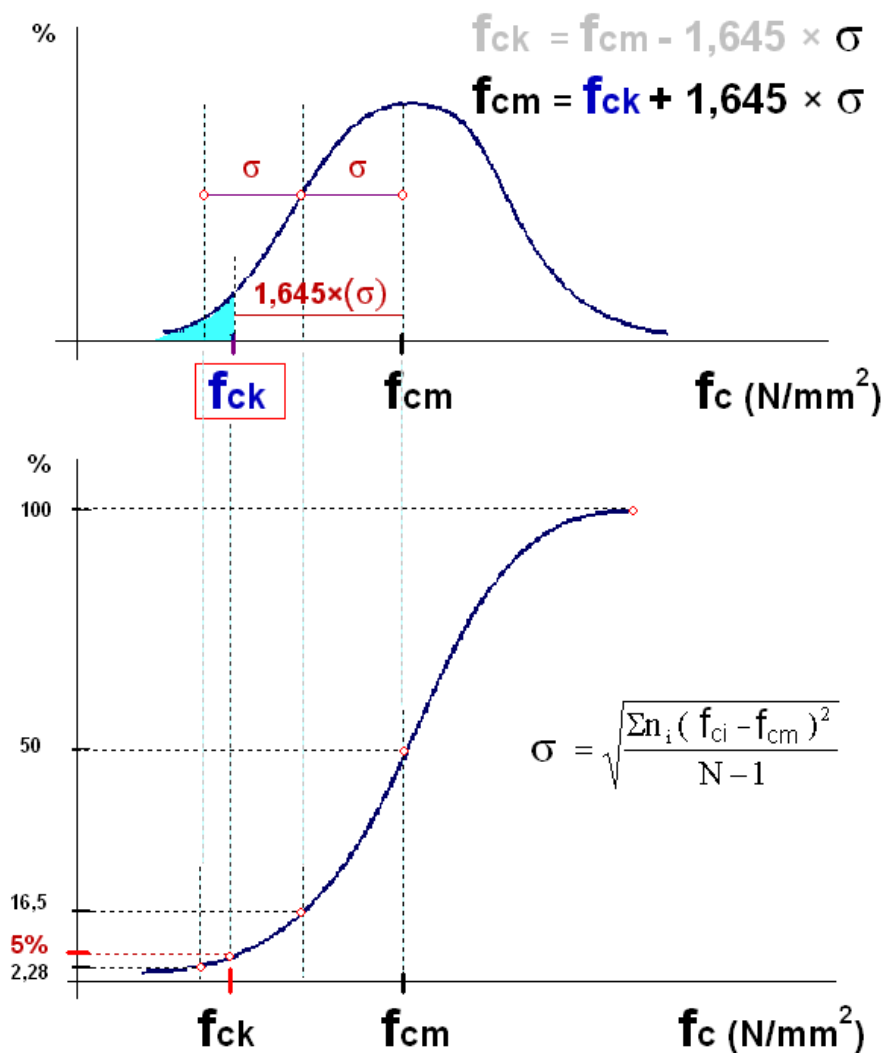
### 7.1 Jellemző nyomószilárdság, előírt érték

Jellemző nyomószilárdság: - Gauss-féle haranggörbe

- Student-féle eloszlás

- szórás érték

- jellemző nyomószilárdság:  $f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times \sigma$



$f_{ck}$  5%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző szilárdság karakterisztikus érték

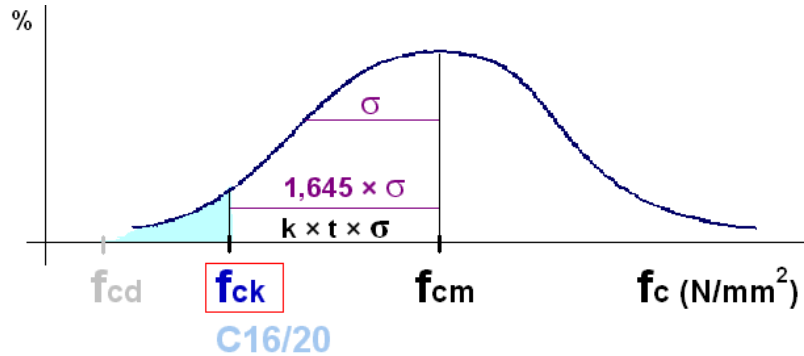
$f_{ck,cyl}$  - hengeren  
 $f_{ck,cube}$  - kockán  
 $f_{cm}$  - átlagszilárdság

$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times \sigma$   
 $f_{cm} = f_{ck} + 1,645 \times \sigma$

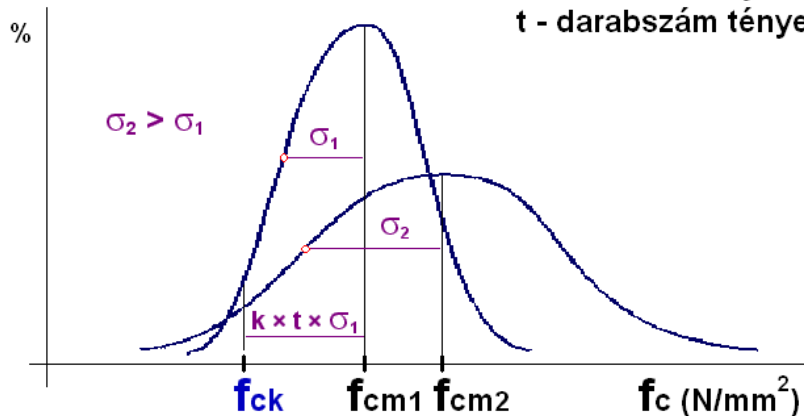


**Előírt (minősítő) szilárdság:**

- jellemző szilárdság alkalmazása
- jellemző szilárdsági érték:  $f_{ck}$
- átlagszilárdság:  $f_{cm} = f_{ck} + k \times t \times \sigma$

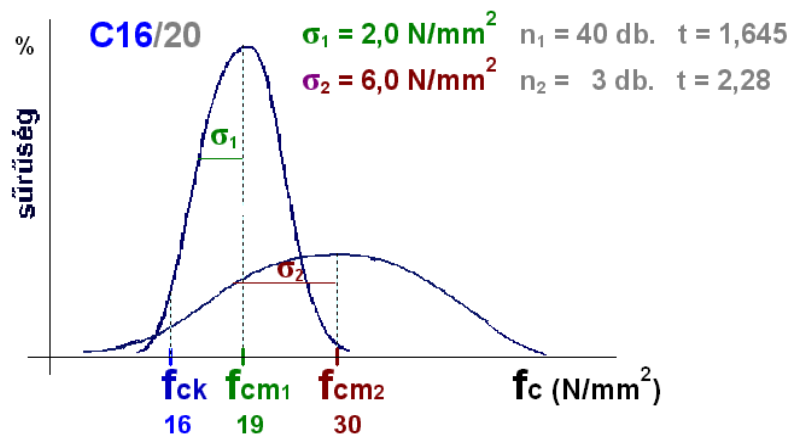


$f_{cm} = f_{ck} + k \times t \times \sigma$   
 k- eloszlási tényező  
 t - darabszám tényező



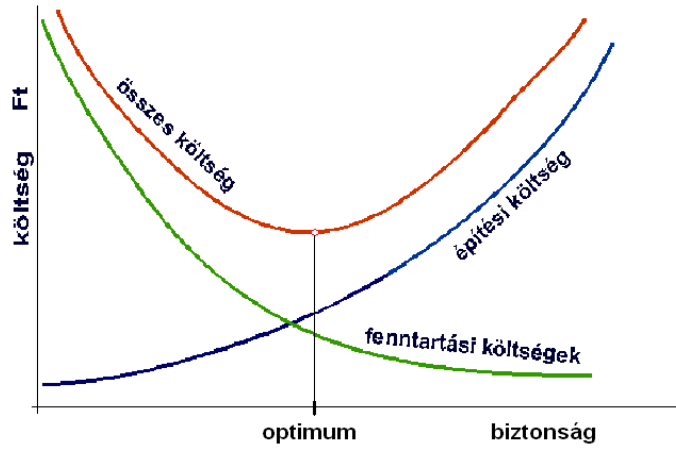
**A szórás értékét befolyásoló tényezők:**

- technológiai fegyelem
- azonos tulajdonságok
- egyenletes minőség (gazdasági előny)

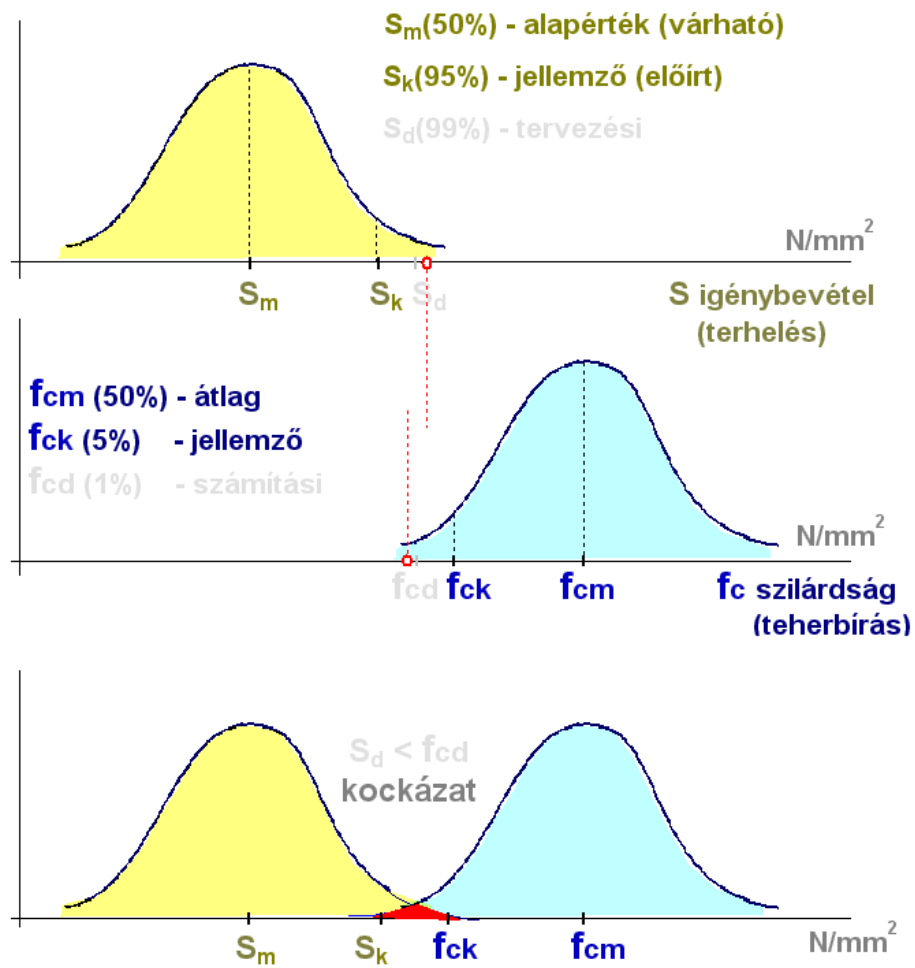


### 7.2 Vasbeton szerkezetek méretezési elve

Optimális biztonság:  
~ a biztonság költségvonzata



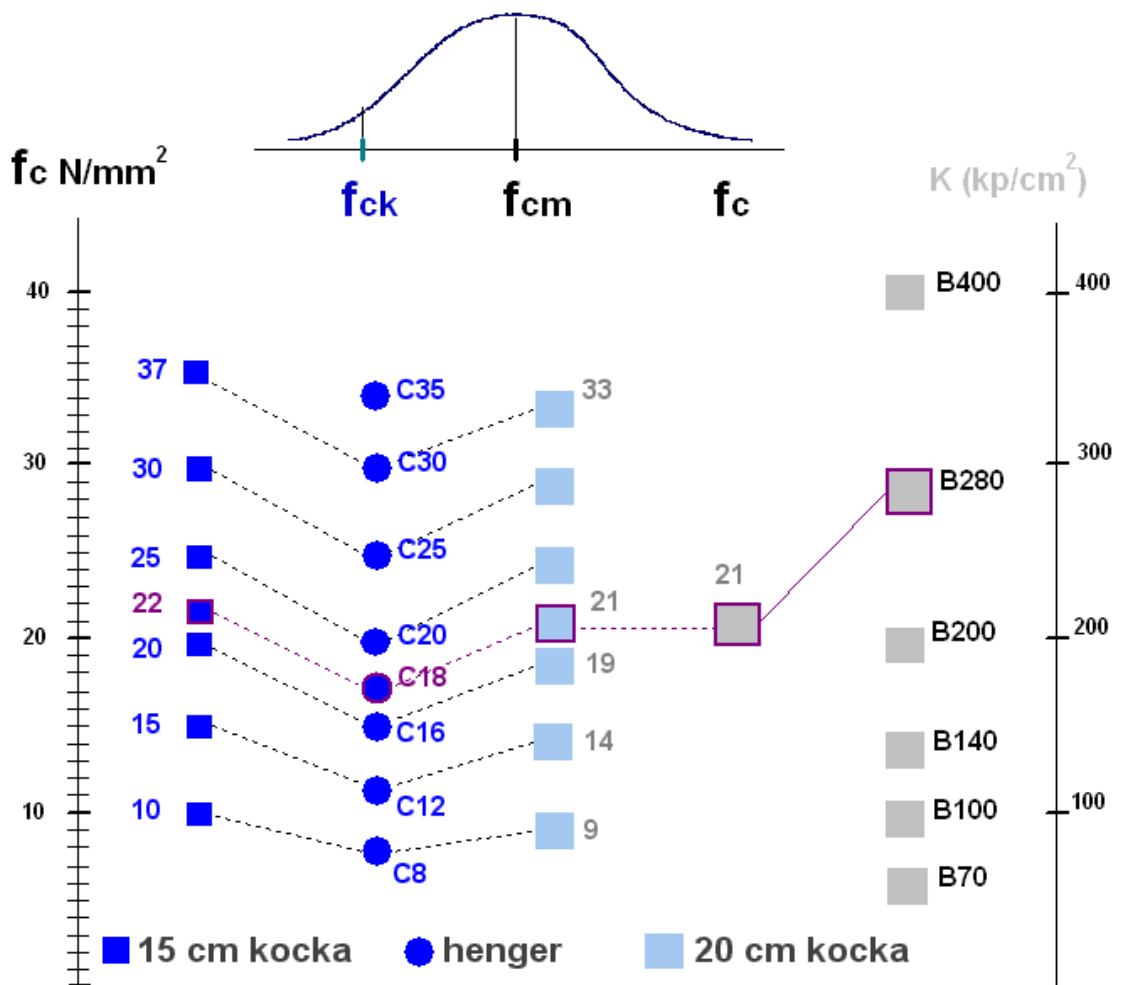
### MSZ 15 022 - optimális biztonságon alapuló méretezési módszer



Betonszerkezetek terhelése és teherbírása

**Betonok nyomószilárdsági osztályai:**

~ a betonok jellemző nyomószilárdsága (összefüggések)



**f<sub>ck</sub>** - a beton (előírt) jellemző nyomószilárdsága  
**f<sub>ck,cyl</sub>** - hengeren **f<sub>ck,cube</sub>** - kockán vizsgálva

**Nyomószilárdsági osztályok: (MSZ 4798-1)**

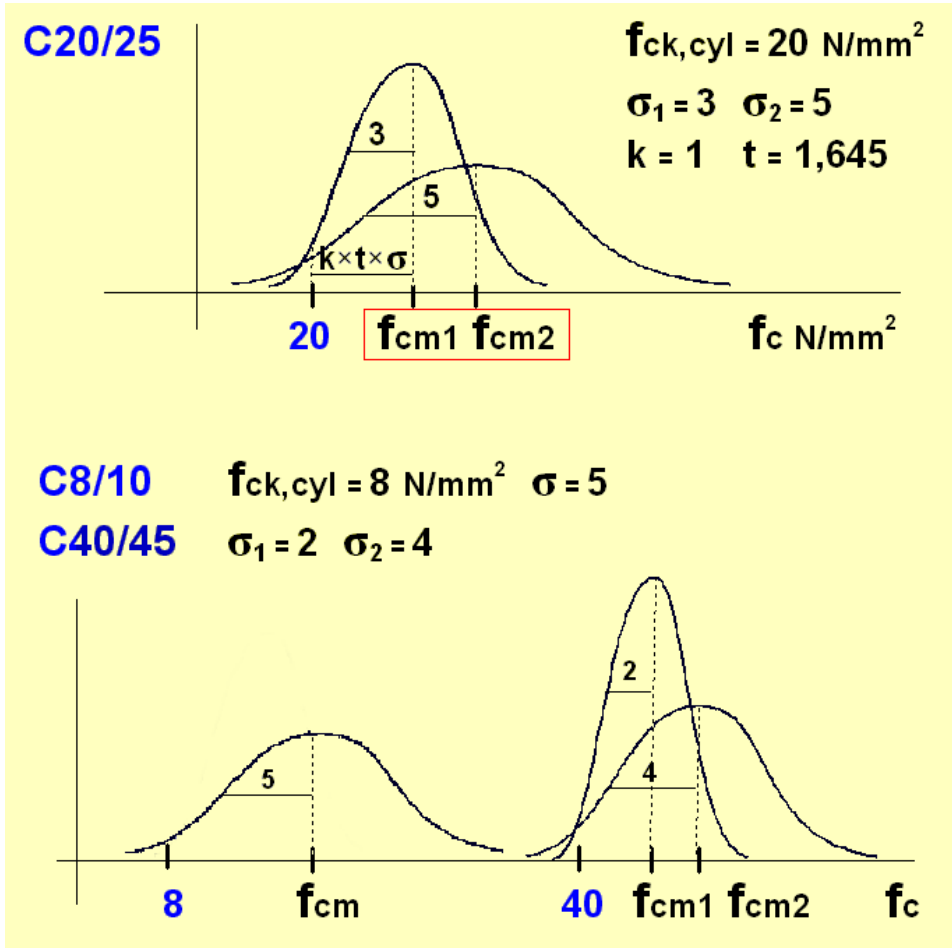
	f <sub>ck,cyl</sub> / f <sub>ck,cube</sub>	
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45

C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

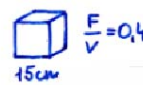
### 7.3 Tervezendő nyomószilárdság

$f_{cm}$  meghatározása a jellemző szilárdságból:

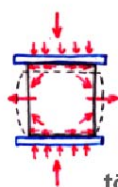
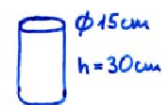
~ példák a tervezendő szilárdságra



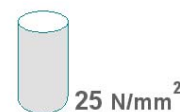
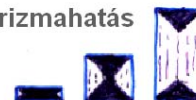
$$\frac{F}{V} = \frac{2400 \text{ cm}^2}{8000 \text{ cm}^3} = 0,3$$



$$\frac{F}{V} = 0,4$$



prizmahatás



A próbatestek alakjának és méretének hatása a szilárdságra

## 8. A betonok összetételének tervezése

A beton összetételének tervezése: (1m<sup>3</sup>)

A megoldásakor figyelembe kell venni:

- az előírt betonszilárdságot
- az adalékanyag minőségét
- a betonkeverés és bedolgozás módját
- méreti- és szerkezeti adottságokat
- az acélbetétek korrózió védelmét
- a betonszilárdítás körülményeit
- a frissbeton telítettségét
- a munkahelyi adottságtól függő szórást

### Betontervezési módszerek

Tervezés matematikai egyenletekkel

- egyszerű és áttekinthető módszer
- követi az összefüggéseket és hatásokat
- kis számú változót vesz figyelembe
- korlátozott a képletek adta lehetőség

Táblázatos tervezési módszer

- nem tartalmaz minden esetet
- egyszerű, interpolálás szükséges

Grafikonos tervezési módszer

- adat-meghatározás nomogramokból
- számítás nélkül, korlátozott pontosság

### Tervezési feltételek meghatározása

A cementfajta kiválasztása

- a beton szilárdságának biztosítása
- szulfátállóság, fagyállóság, stb.
- speciális igények kielégítése

Cél: a beton telítettségének biztosítása

Telítettséget meghatározza:

az adalékanyag hézagterfogata  
cementpép mennyisége

Adalékanyag kiválasztása

- cementtakarékos betonhoz: Mopt. I.oszt
- agyag-iszap  $f < 3\%$

Cél: minél nagyobb  $d_{max}$  alkalmazása

$d_{max}$  meghatározása:

legkisebb keresztmetszet 1/3,  
vasalás között 90%-os áthullás

Cél: minimális cementfelhasználás  $C_{min}$ .

**C<sub>min.</sub> meghatározása:**

- adalékanyag osztálya, d<sub>max</sub>
- szerkezet védettsége, pH biztosítás
- táblázati érték: > 125 kg/m<sup>3</sup>

**Konzisztencia megválasztása**

- vb. szerkezet alakja és vasalása
  - szállítás és a tömörítés módja
  - adalékszerek alkalmazása
- Cél: minél szárazabb (F1) alkalmazása

**Átlagos nyomószilárdság meghatározása**

- f<sub>ck</sub> jellemző nyomószilárdság figyelembevétele
- munkahelyi szórás (σ) darabszám (t)

$$f_{cm} = f_{ck} + k \times t \times \sigma$$

**8.1 Kiindulási adatok meghatározása****Betontechnológiai adatok:**

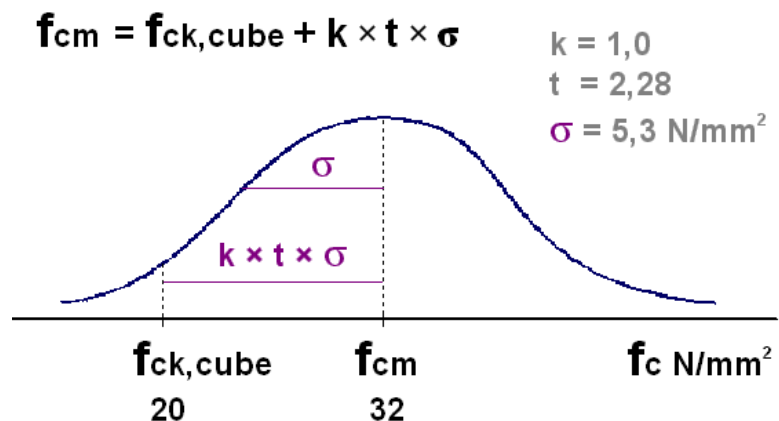
- betonozandó: vasbeton szerkezet
- jellemző nyomószilárdsági érték: C16/20
- konzisztencia: F3 képlékeny (helyszíni betonozás)
- d<sub>max</sub> = 16mm testsűrűség: 2630kg/m<sup>3</sup>
- nedvesség: n<sub>f</sub> = 2% f. modulus: m = 5,6
- szórás: 6 N/mm<sup>2</sup>
- n= 3db. t=2,28 k=1,0
- cement: CEM II/A - V32,5N
- a beton jelölése: C16/20 – 16 – F3

**Átlagos nyomószilárdság meghatározása:**

f<sub>ck,cube</sub>: 20 N/mm<sup>2</sup> (15 cm)

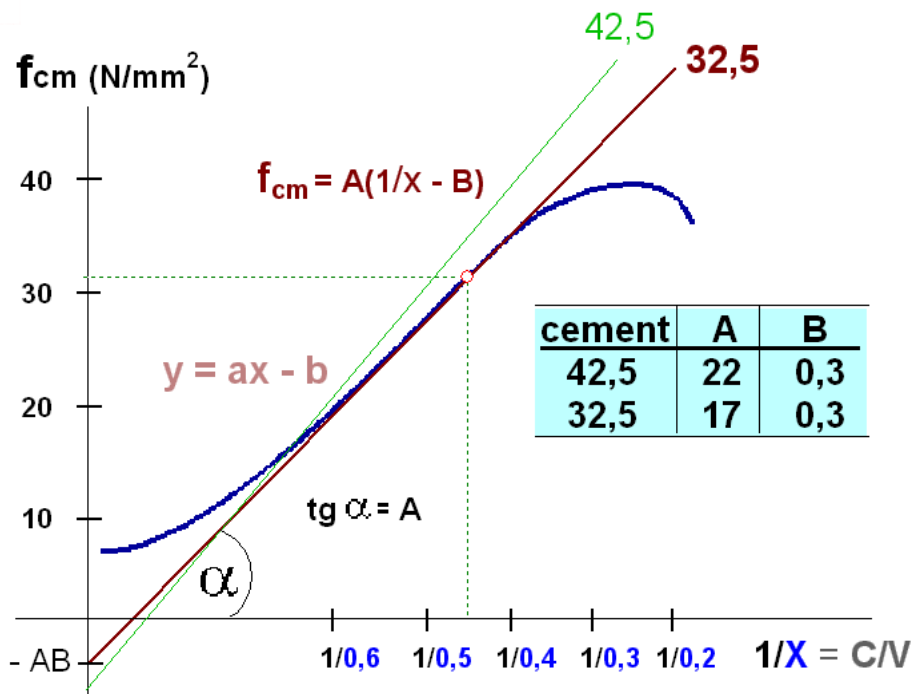
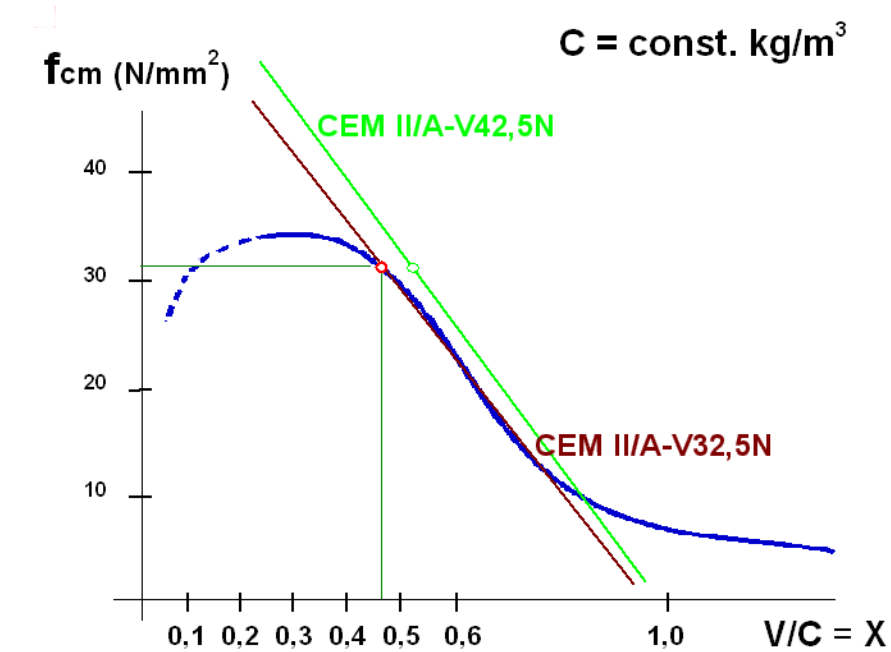
$$f_{cm} = f_{ck} + k \times t \times \sigma$$

$$f_{cm} = 20 + 1,0 \times 2,28 \times 5,3 = 32 \text{ N/mm}^2$$



**Vízcement-tényező meghatározása**

- ~ V/C és a szilárdság összefüggése
- ~ az összefüggés matematikai képlete
- ~ Bolomey-Palotás képlet



Vízcement-tényező:

$f_{cm} = A(1/X - B)$

$32 = 17(C/V - 0,3) \quad C/V = 32:17 + 0,3 = 2,18 \quad V/C = X = 0,46$

**Cement és vízmennyiség**

F1 (földnedves) beton vízigénye:

$$V_{F1} = 0,1C + 23(11 - m)$$

$$X = 0,1 + 23(11 - m):C$$

Cement szükséglet földnedves betonhoz:

$$C_{F1} = 23(11 - m):(X - 0,1) = 23(11 - 5,6):(0,46 - 0,1) = 354 \text{ kg/m}^3$$

Vízszükséglet földnedves betonhoz:

$$X = V/C \quad V = C \times X$$

$$V_{F1} = 354 \times 0,46 = 163 \text{ kg/m}^3$$

Vízszükséglet képlékeny (F3) betonhoz:

$$V_{F3} = V_{F1} \times h \quad h - \text{higítási tényező}$$

	<u>konziszt.</u>	<u>h</u>
F1		1,0
F2		1,15
F3		1,25

$$V_{F3} = 163 \times 1,25 = 204 \text{ liter/m}^3$$

Cementmennyiség:  $C = 204 : 0,46 = 443 \text{ kg/m}^3$ 

Cementmennyiség ellenőrzése:

Cmin:	nem védett			védett
	dmax	I.o	II.o	I.o
	8 mm	290	320	260
	16 mm	260	290	230
	32 mm	240	260	210

$$C = 443 \text{ kg/m}^3 > C_{\min} = 290 \text{ kg/m}^3$$

**Adalék és a beton alkotói**

Az adalékanyag mennyisége:

$$1\text{m}^3 = 1000 \text{ lit.} = V_a + V_c + V_v + L$$

$$1\text{m}^3 \text{ friss beton levegőtartalma: } L = 5 \text{ liter}$$

	<u>konziszt.</u>	<u>L lit.</u>
F1		10 ÷ 20
F2		5 ÷ 10
F3		0 ÷ 5

$$V_a = 1000 - 443/3,1 - 204 - 5 = 648 \text{ lit./m}^3$$

$$\text{Adalék tömege: } a = 648 \times 2,63 = 1704 \text{ kg/m}^3$$

Adalékanyag és a víz korrekciója:

$$a_{\text{jav}} = a + n\% / 100 \times a =$$

$$1704 + 2\% / 100 \times 1704 = 1738 \text{ kg/m}^3$$

$$a_{\text{jav}} - a = 34 \text{ lit. víz az adalék felületén}$$

$$V_{\text{jav}} = V - (a_{\text{jav}} - a) + V_p = 204 - 34 + 2,4 = 172 \text{ lit./m}^3 \quad V_p = 0,1\%$$



A tervezett beton összetétele (1 m<sup>3</sup>): C = 443 kg  
 V = 172 liter  
 $a = 1738 \text{ kg/m}^3$   
 A friss beton testsűrűsége:  $2353 \text{ kg/m}^3$

Egy keveréshez szükséges alkotók:

Betonkeverő: V = 500 lit.  $\beta = 1,15$   $V_{kev} = 0,435 \text{ m}^3$

Keverési utasítás:  $1 \text{ m}^3$  1 keverés  
 - cement : 443 kg x 0,435 = 193 kg 200 kg  
 - adaléka.: 1738 kg x 0,435 = 756 kg 785 kg  
 - víz : 172 lit x 0,435 = 75 lit 78 lit

## 8.2 Betonösszetétel tervezése táblázattal

Táblázatok sorozata  $d_{max}$  szerint.

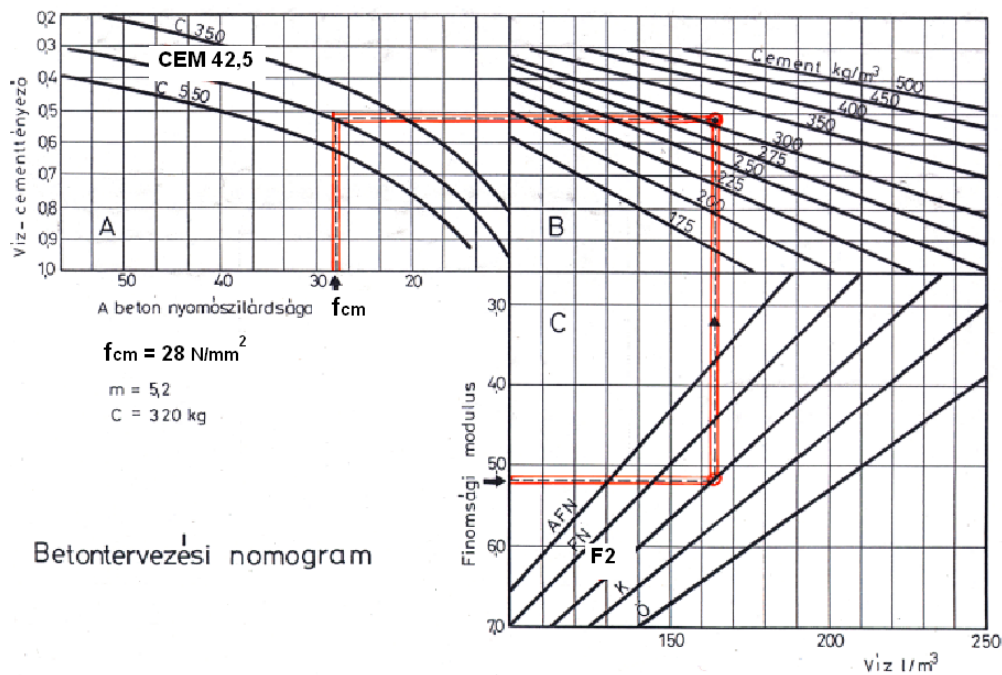
Figyelembe vett változók: - a cement fajtája (márka)  
 -  $d_{max}$  és az adalékanyag osztálya  
 - a frissbeton konzisztenciája  
 - a beton szilárdsági jele (osztály)

$d_{max} = 16 \text{ mm}$										
Cement	Beton	Alkotók	Adalékanyag szemmegoszlása							
			I. oszt.				II. oszt.			
			F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
32,5	C20	Cement	280	330	380	450	310	360	430	500
		Víz	135	155	185	215	150	180	210	245
		Adalék	1 950	1 950	1 830	1 690	1 870	1 860	1 720	1 570
	C16	Cement	250	280	330	400	270	310	380	450
		Víz	135	155	180	210	150	180	205	240
		Adalék	1 950	1 950	1 880	1 740	1 870	1 870	1 780	1 620
	C12	Cement	210	240	270	320	240	270	320	370
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 930	1 810	1 870	1 870	1 840	1 700
42,5	C20	Cement	240	270	300	370	270	310	350	410
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	240
		Adalék	1 950	1 950	1 910	1 770	1 870	1 870	1 810	1 660
	C16	Cement	210	230	260	320	230	265	300	340
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 940	1 810	1 870	1 870	1 860	1 730
	C12	Cement	190	210	230	270	205	230	260	300
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 950	1 860	1 870	1 870	1 870	1 760

**Cementmegtakarítási lehetőségek:**

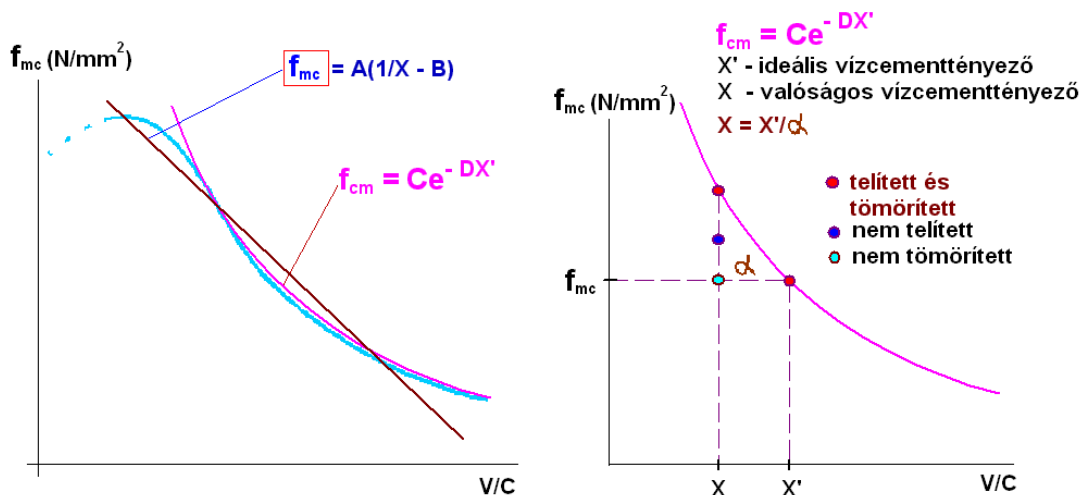
- 16 mm, II.o, F3, C32,5  $\sigma = 4$ : 380kg      kg
- adalékanyag osztály (I.o) : 330      - 50
- dmax növelés (32 mm) : 370      - 10
- konzisztencia (F1) : 270      - 110
- cementmárka növelés (42,5) : 300      - 80
- szórás csökkentés ( $\sigma = 2$ ) : 320      - 60
- I.o, 32 mm, F1 együtt : 230      - 150

**Betontervezés grafikonnal (nomogram):**



Betontervezési nomogram

**Ujhelyi-féle betontervezési módszer:**



C és D - kísérleti állandók (ld. A; B)

$\alpha$  - a beton levegőtartalmától függő tényező

## 9. A beton készítése

**A betonkészítés munkamenete:**

- alapanyagok fogadása és tárolása
- betonösszetevők mérése és adagolása
- a beton keverése
- a friss betonkeverék szállítása
- a beton bedolgozása és tömörítése
- a beton szilárdítása és utókezelése

**Beton alapanyagainak fogadása és tárolása:**

**fogadás: önürítés**

speciális markoló

vagonfordító

serleges elevátor

**osztályozás : vibrációs és rezonancia rosta**

dobrosta

hidrociklon (Rheax)

**szállítás: szállítószalag**

serleges elevátor

radiális kotróveder

**tárolás : szabadtéri depóniák**

silók és tartályok



**Horizontális elrendezésű betonkeverő telep**

**Ömlesztett cement:**

- túlnyomásos cementszállító gk.
- polimax szivattyú (vasúti kocsi)
- aerációs csatorna
- csiga szállítók
- cement silók

**Betonösszetevők mérése és adagolása:**

adalékanyag: térfogat és tömeg szerint  
összegző és soros  
automata fotocellás  
pneumatikus szektorzárás

cement: forgócellás adagoló  
csigás adagoló

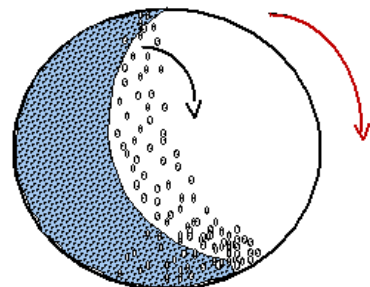
víz: automata vízmérő óra (áramlásmérő)  
billenő-edényes vízadagoló  
radioizotópos mérőszonda  
elektromos műszerekkel ellenőrizve

**A beton keverése**

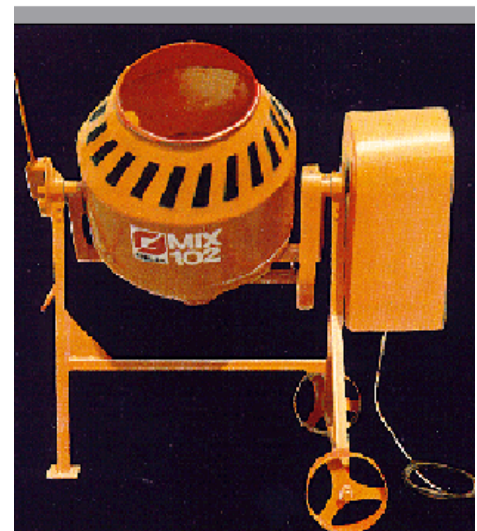
A beton előállítás: - kézi keveréssel  
- szabadonejtő keverővel  
- kényszerkeverővel

**Szabadonejtő keverők:**

- keverés gravitációs úton ( $S = 4\div 6 \text{ MPa}$ )
- F3 és F4 konzisztenciákhoz (F1- hez nem)
- különböző  $d_{max}$  betonhoz
- adagolás sorrendje: V9 + A1+C + A9 + V1
- keverési idő: 2÷3 perc

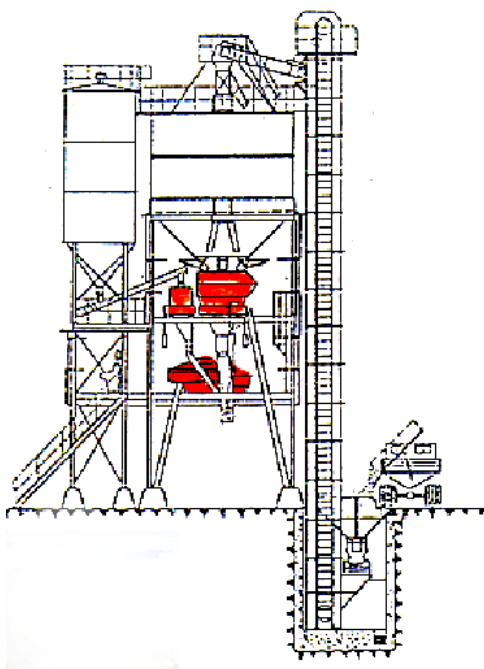
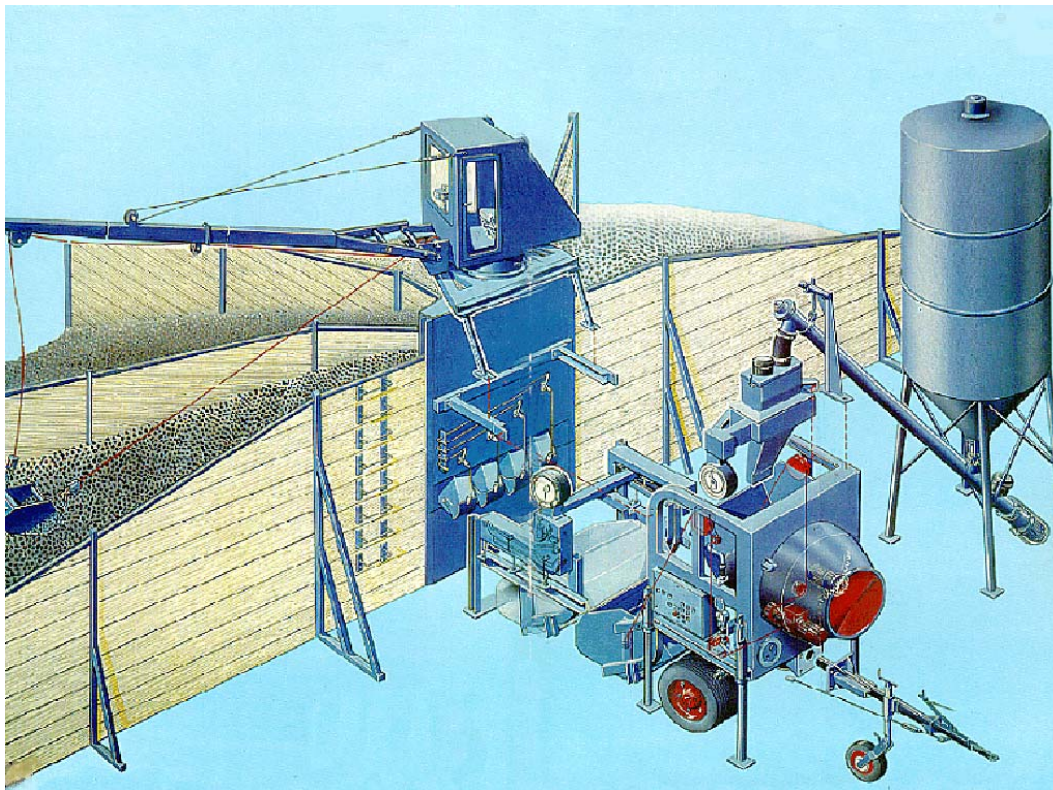
**Kényszerkeverők:**

- intenzív keverés
- egyenletes betonkeverék ( $S = 2\div 4 \text{ N/mm}^2$ )
- F4, F3, F2, F1 konzisztenciákhoz
- adagolás sorrendje: A + C + V
- keverési idő: 1,5÷2 perc



**Betonkeverő központok:**

- betonkeverő telepek és betongyárok
- horizontális és vertikális elrendezés
- téliesített beton előállítás
- gazdasági előny: alapanyag előkészítés automatizálás  
egyenletes minőség  
káló csökkentés



## A beton szállítása

Szállítás üzemen belül:

- konténer (targonca, kötött pálya)
- szivattyú (pneumatikus cső)

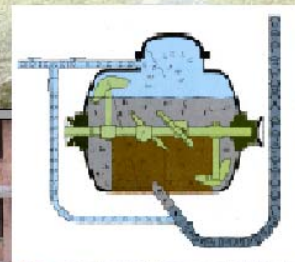
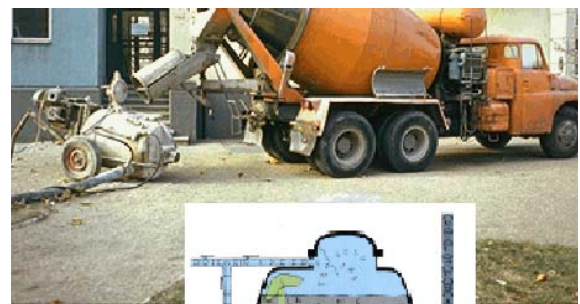
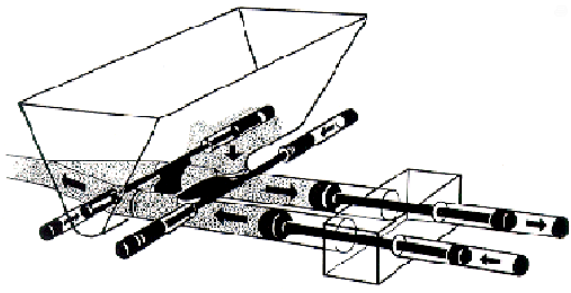
Szállítás építéshelyre (transzportbeton):

- zártplatós gépkocsi
- betonfogadó hidraulikus ürítő tartály
- keverő-szállító mixer gépkocsi



Építéshelyi szállítás:

- daruzott önürítő konténer
- helyszíni betonátkeverő
- betonszivattyú autódaruval, mixer gépkocsi
- dugattyús és pneumatikus betonszivattyú



**Betonszivattyú szerkezeti felépítése és alkalmazása**

## A beton tömörítése

Követelmény a beton tömörítésekor:

- minimális hézag- és pórustartalom

A tömöríthetőséget befolyásolják:

- a beton konzisztenciája és telítettsége
- az adalékanyag alakja
- a szerkezet alakja, tömege, vasaltsága

Betontömörítési eljárások:

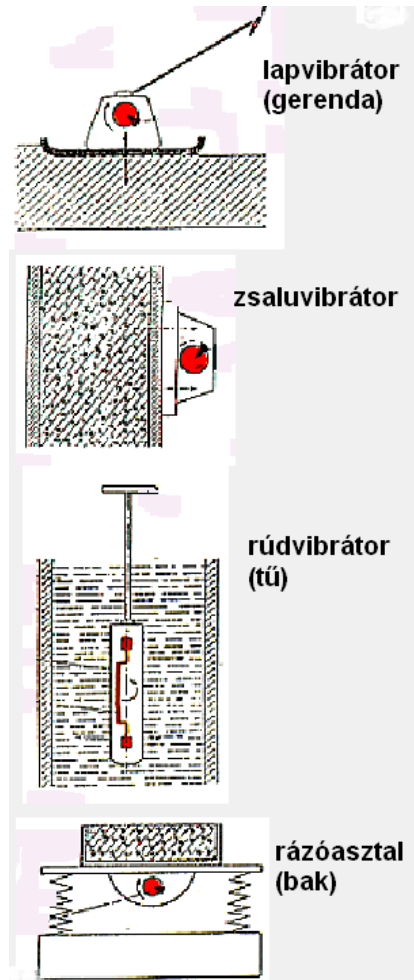
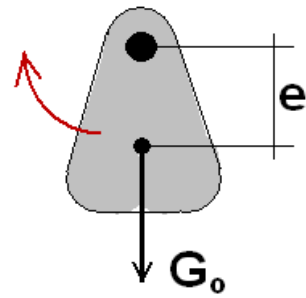
- csömöszölés és döngölés
- sajtolás és prézelés
- hengerlés és centrifugálás
- vákuumozás
- vibrálás

Vibrációs betontömörítés:

- excentrikus tömeget forgatunk
- rezgésbe hozza a beton alkotóelemeit
- rezgés hatására a beton tömörödik
- lecsökken a szemcsék közötti súrlódás
- viszkózus folyadékként viselkedik a beton
- adalékanyagból vázszerkezet jön létre

Vibrátorok típusai:(betontömörítő eszközök)

- merülő rúd vibrátor
- felületi lapvibrátor
- zsalurázó vibrátor
- rázóasztal, rázóbak



Rázóasztal működési elve:  $G_0 \times e = G_ö \times A$

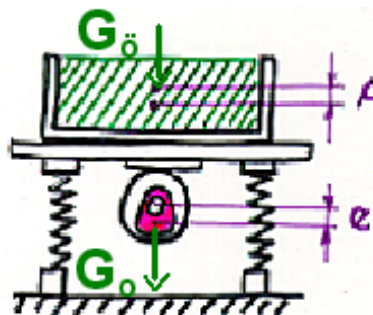
$n$  - rezgésszám: 2850÷6000 f/min

$A$  - amplitudó : 0,03÷0,1 mm

$G_0$ - vibró tömeg (erő)

$G_ö$ - vibrált tömeg

$e$  - excentricitás



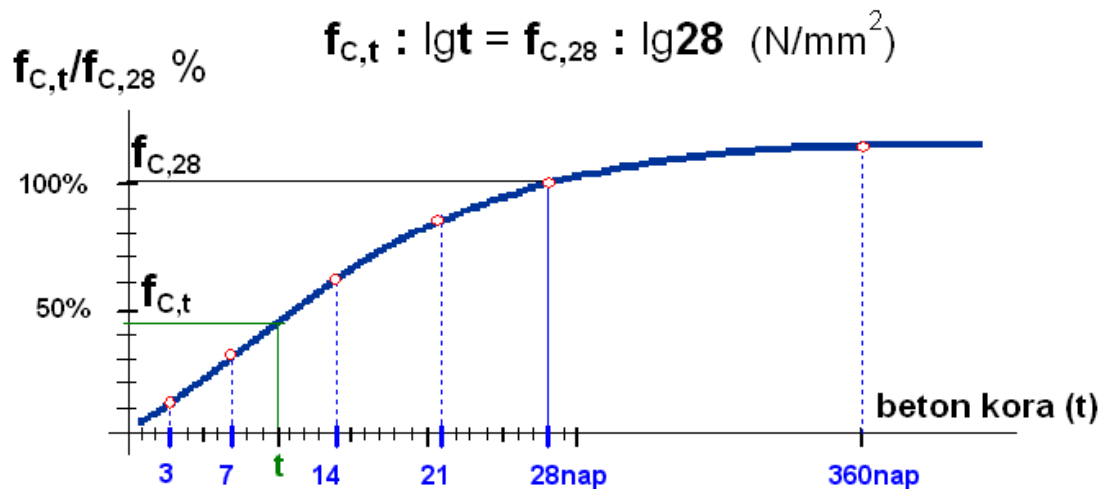
**Betonszilárdítás**

Frissbeton védelme: - utókezelés  
 - fólia takarás  
 - műanyag bevonat

Beton szilárdulása: - természetes  
 - mesterséges

Természetesen szilárduló beton:

28 nap alatt elért szilárdság:  $f_{c,28} = f_{cm}$   
 ~ a szilárdulás üteme 15÷20 °C -on



A lassú szilárdulás hátrányai:

- lassú kizsaluzás- és sablonforduló
- elhúzódó építkezési ütem

Betontechnológia szilárdságok:

- kizsaluzási szilárdság:  $0,3 \div 0,5 \times f_{c,28}$
- feszített szerkezetek :  $0,7 \times f_{c,28}$
- szállítás és szerelés :  $0,8 \times f_{c,28}$

Betonszilárdítás gyorsításának módszerei

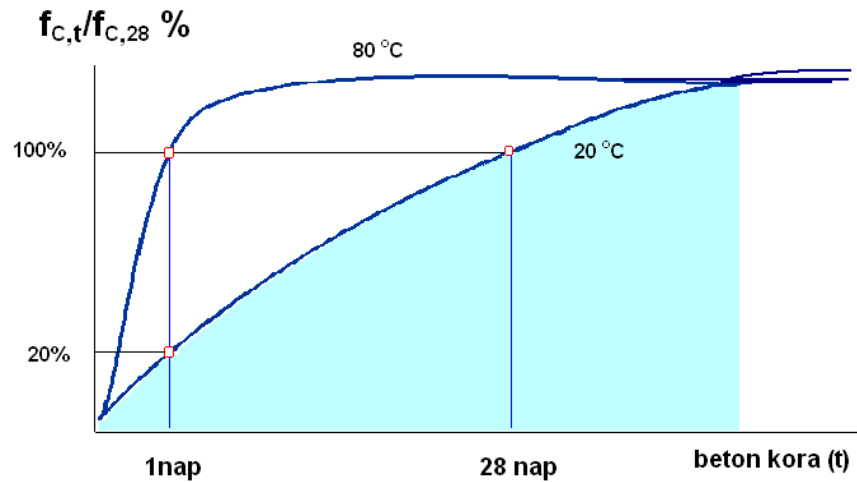
Hidegszilárdítások:

- cement őrlésfinomságának növelése
- cement mennyisége és minősége 42,5R
- V/C csökkentése, F1 alkalmazása
- vegyszeres betonszilárdítás
- adalékanyag és keverővíz előmelegítése

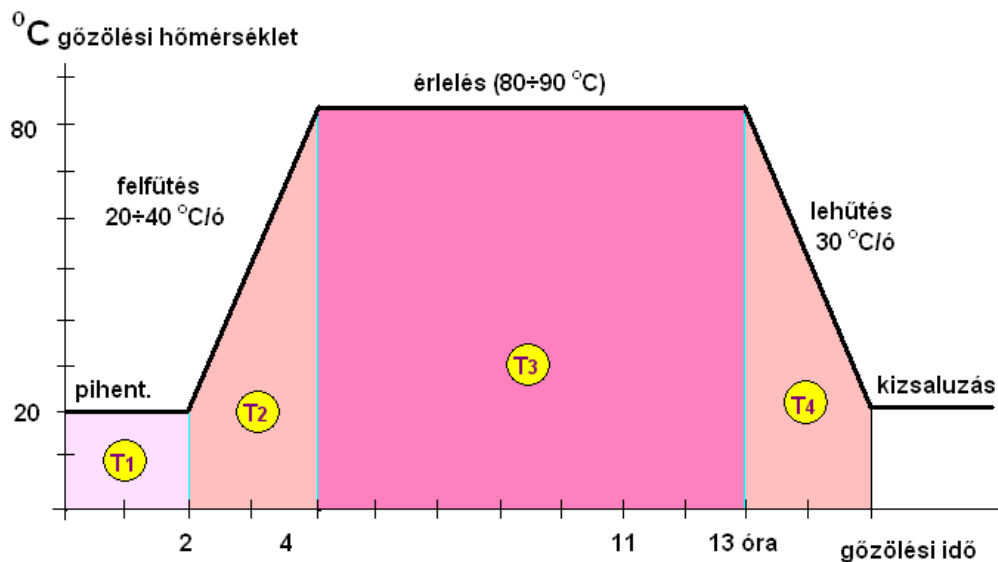


**Hőszilárdítások: a cementhidratáció °C függő**

- a beton melegítése (hősugárzók)
- gőzölés: gőzölő akna, búra, kamra, alagút, tálcás sablon, stb.
- autokláválás (9atm. 185 °C)
- elektromos áram (fűtőkábelek)
- infravörös sugárzók

**A beton****gőzölése:**

- gőzölési diagram alapján
- gőzölés szakaszai: 1. pihentetés  
2. felfűtés  
3. izotermikus érlelés  
4. lehűtés



Hőmérséklet x idő szükséglet :

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 600 \div 900 \text{ ó} \times \text{°C}$$

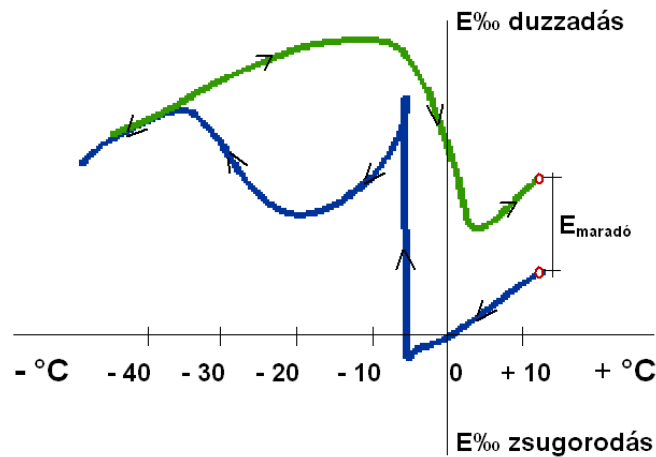
**A beton gőzölési diagramja**

**Fagy hatása a beton szilárdulására:**

- csökken a cement hidratációja
  - 5 °C a hidratáció 10%-os
  - 10 °C a hidratáció minimális
- lassul a cement kötése
- megáll a beton szilárdulása
- a jég szétroncsolja a betonszerkezetet

**Fagy hatása a friss betonra:**

1. Kötés előtt fagy meg a beton (0 ÷ 2 ó)  
(minimális a károsodás)
2. Kötés közben fagy meg (2 ÷ 12 ó)  
(maximális a károsodás)
3. Kötés után fagy meg (12 ÷ 24 ó)  
( $f_{cm} > 15 \text{ N/mm}^2$  minimális a károsodás)



**A frissbeton fagyás közbeni alakváltozása**

**A fagy hatásának csökkentése:**

- vegyi adalékszer (kötésgyorsító)
- kis V/C alkalmazása, F1 konzisztencia
- CEM 42,5R (rapid cement + Q)
- hőszigetelt zsaluzat
- a szerkezet melegítése (fűtött zsaluzat)
- melegbeton készítés (termosz módszer)
- légpórus képzés (szilárd állapotban)

## 10. A beton adalékszerei

A korszerű építési technológiák igényei a betonnal szemben:

- bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság
- nagy kezdőszilárdság
- fagyállóság, vízzáróság, stb.

Felhasználásuk célja:

- betonkeverék tulajdonságának javítása
- szilárdulási folyamatok befolyásolása
- a beton tulajdonságainak javítása

Adalékszerek:

- megjelenés: folyadék- és por formában
- adagolás: keverővízbe és poranyagként
- mennyiség: a cement tömegének 0,2÷3%-a
- hatás: főhatás és mellékhatás
- alkalmazás: több adalékszer együtt

Adalékszerek főhatásuk alapján:

- konzisztencia javító anyagok
- légpórus képző adalékszerek
- kötés- és szilárdulás szabályozók
- vízzáróságot fokozó és tömítő anyagok
- felületkezelő adalékszerek

### Konzisztencia javító adalékszerek

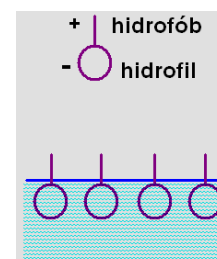
Plasztifikátorokkal elérhető hatások:

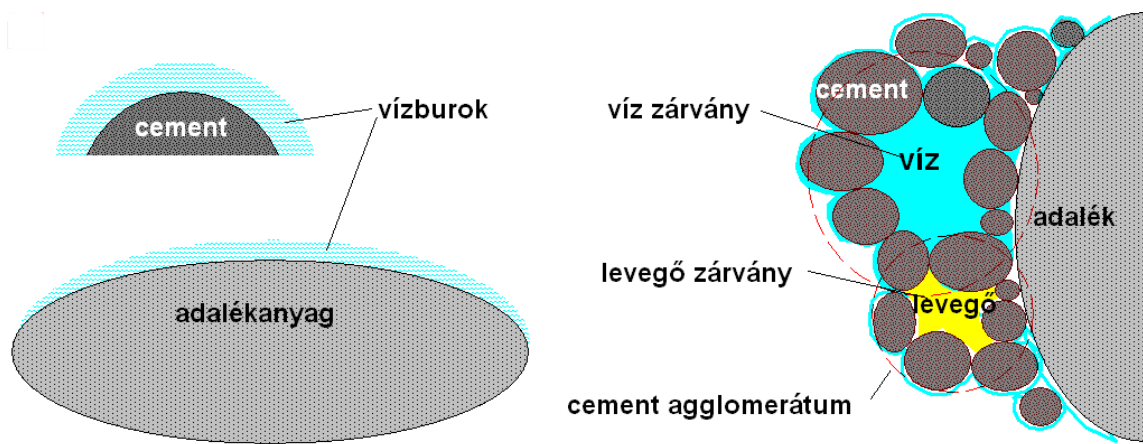
- hígul a friss betonkeverék konzisztenciája
- javul: bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság

Azonos konzisztenciánál, csökken a vízigény  
növekszik: betonszilárdság és tömörség

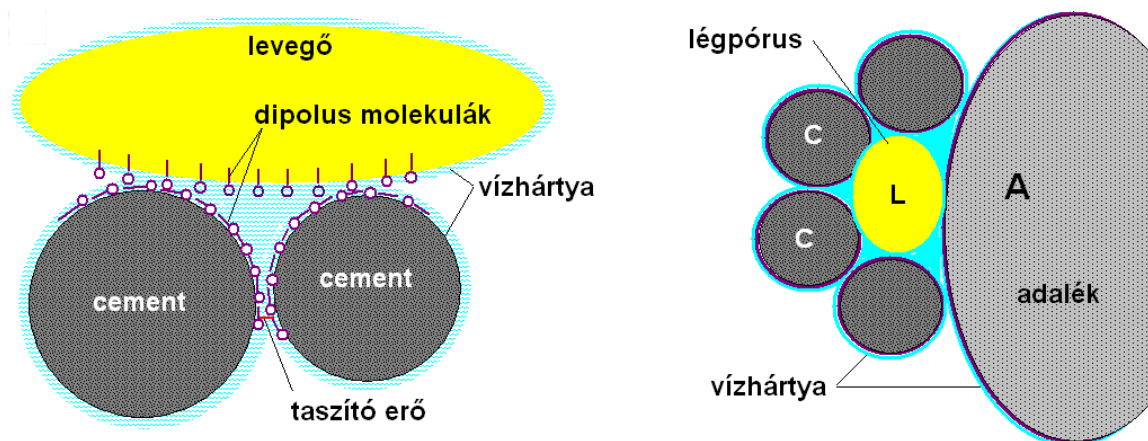
Működésük hatásmechanizmusa:

1. Csökkentik a víz felületi feszültségét
  - csökken a vízburok vastagsága
  - megszűnnek a víz-levegő zárványok
2. Megszüntetik a cement agglomerátumokat
  - diszpergálódnak a cementszemcsék
  - növekszik a beton mobilitása
  - hosszabb lesz a cement kötése





### Vízzárványok és cement agglomerátumok képződése



### Vízburok elhelyezkedése a cement- és adalékanyag felületén

#### Plasztifikátorok alkalmazása:

- betonszállítás szivattyúval
- betontömörítés (vibrálás) hiánya
- szilárdság növelés v/c csökkentéssel
- vízzáróság növelés tömörséggel

#### Plasztifikáló adalékszerek:

Képlékenyítők: Plastol NK-3, Plastol BF  
Barra Plast, Barra75 L

Folyósítók: Barra Fluid  
Melment L10  
Viskoment V

**Légpórusképző adalékszerek:**

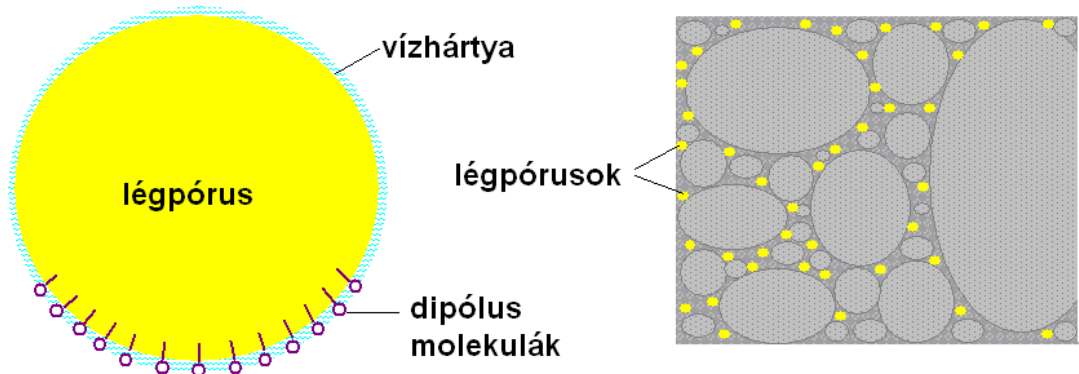
Légpórusképzőkkel elérhető hatások:

- csökken a beton vízzel való telítődése
- nő a megszilárdult beton fagyállósága
- javul a frissbeton szivattyúzhatósága
- javul a frissbeton állékonyága

Hatásmechanizmus:

A dipólusos (hidrofil, hidrofób) molekulák légpórusokat képeznek a friss betonban

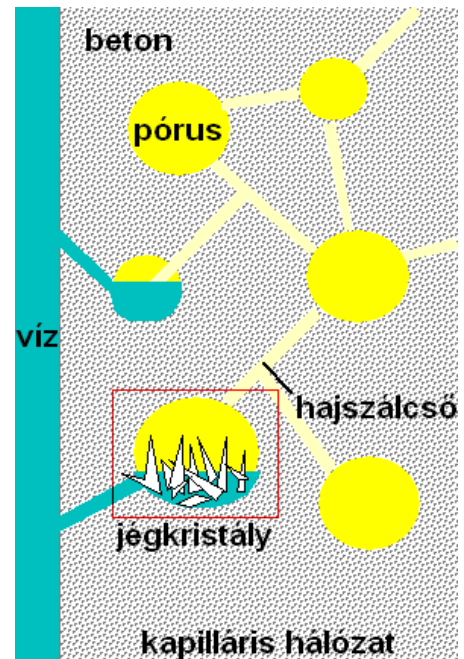
- légzárványok helyett:  
egyenletesen eloszlott pórusok
- a pórusok megszakítják a kapilláris hajszalcső hálózatot, gátolják a telítődést



Alkalmazási területek:

- fagyhatásnak kitett (pl. vízepítési) betonok
- nem mixer gépkocsiban való szállítás
- állékonyág növelés, gyors kiszaluzás szivattyúzás
- + fagyállóság 3÷6 szorosára nő
- pórustartalom növekedésével csökken:  $R_m$

Adalékszerek: Barra 55, Barra Air  
Kerasol-T  
Plastoker (plasztif. + légpórus.)  
LP cementek



**Kötés- és szilárdulás szabályozók:****Szilárdulás-gyorsító adalékszerek:**

- növelik a beton szilárdulási sebességét
- a só típusúak fagyásgátló szerek is  
sók:  $\text{CaCl}_2$   $\text{NaCl}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
lúgok:  $\text{NaOH}$   $\text{NaCO}_3$

**Hatásmechanizmus:**

- növelik a klinkerásványok oldhatóságát
- a felszabaduló  $\text{Ca(OH)}_2$  -ot lekötik

**Kedvezőtlen mellékhatásként növekszik:**

- a cementkötés közbeni hidratációs hő
- a megszilárdult beton zsugorodása
- az acélbetétek korróziós veszélye ( $\text{pH} < 11$ )
- a beton 'kivirágzási' hajlama
- kismértékben csökkenhet a végszilárdság

**Alkalmazási területek:**

- beton és vb. elemek üzemi előregyártása
- helyszíni betonozás, télen

**Alkalmazási feltételek (nem alkalmazható):**

- fagypont alatti hőmérsékleten
- ha a cementkötés megkezdődik  $< 1$  óra
- elektrokémiai korrózió veszélyekor
- feszített vb. szerkezetekhez
- ha a teherhordó acélbetétek  $d < 7$  mm

**Adalékszerek:**

- kötésgyorsítók: Barra Frost, Barra Rapid
- szilárdulás gyorsítók: Ticosal S-III; Kalcidur 85; Frost Hilfe

**Kötéskésleltető adalékszerek:**

- adagolásukkal a beton kötése lelassul
- a beton hosszabb időn át bedolgozható
- kiküszöbölhető a munkahézag
- nagy tömegű betonozáskor nincs repedés
- újravibrálással nő a beton tömörsége
- növelhető a betonszállítási távolság

**Hatásmechanizmus:**

- késleltetik a  $\text{C}_3\text{S}$  (alit) hidratációját
- fékezik a hidratációs hő felszabadulását
- hatóanyaguk: cukorféleségek  
keményítő származékok

**Adalékszerek: Barra Lent; Retaldol 85**

**Vízzáróság fokozó- és tömítő anyagok****Tömítő adalékszerek:**

- növelik a beton tömörségét
- növekszik a beton vízzárósága

**Hatásmechanizmus:**

- csökkentik a keverővíz mennyiségét
- hidraulitok,  $\text{Ca(OH)}_2$  -vel CSH-ot alkotnak  
 $\text{SiO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} \times \text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$
- vízfelvétellel duzzadnak, tömítenek

**Adalékanyagok és adalékszerek:**

- plasztifikálnak: Barra Normál; Sperrbarra 05
- CSH -ot alkotnak: Tricosal N; Resolit 131, KM 257; trassz; pernye
- duzzadva tömítenek: Bentonit

**Felületkezelő szerek és anyagok****Formaleválasztók:**

- elősegítik a zsaluzat és a beton elválását
- olajmentes és rozsdagátló hatásúak

Alkalmazás: üzemi előregyártás (acélsablon); zsalurendszer

**Felületi kötőanyagok:**

- meggátolják a cement szilárdulását (24ó)
- zsaluzat eltávolítása után a beton felülete alakítható

Alkalmazás: látszóbeton felületképzés

**Párazáró anyagok:**

- műanyag diszperziók, vízzáró hárttyát képezve zárják a betonfelület kapillárisait
- meggátolják a víz elpárolgását a betonból

Alkalmazás: üzemi előregyártás, betonszilárdítás (utókezelés)

**Víztaszító anyagok:**

- homlokzati falfelületek hidrofóbizálása
- a vizet lepergetik, felszívódást gátolják
- a beton pórusait nem tömítik el, a falszerkezet légáteresztő marad

Alkalmazás: könnyűbeton falfelületek átnedvesedés elleni védelme

Termékek : Silikofob W-190, Sicurit

**Tapadóhíd:**

- erős kötést biztosít a régi betonfelület és az új betonréteg között

Alkalmazás: utólagos felületképzés, épület rehabilitáció

## 11. A megszilárdult beton tulajdonságai

### Beton tömegével kapcsolatos tulajdonságok

- a szilárd beton testsűrűsége:

$$\rho_t(\text{friss}) > \rho_t(\text{légszáraz}) > \rho_t(\text{száraz})$$

$$2380 \text{ kg/m}^3 \quad 2320 \text{ kg/m}^3 \quad 2290 \text{ kg/m}^3$$

C beton : 2001 ÷ 2500 kg/m<sup>3</sup>

LC teherb. könnyű.: 600 ÷ 2000 kg/m<sup>3</sup>

HC nehézbeton : > 2700 kg/m<sup>3</sup>

- a beton tömörsége:  $t \% = \frac{\rho_t}{\rho} \times 100 = 85 \div 95 \%$   
 - porozitás :  $p = 1 - t = 5 \div 15\%$

### 11.1 A beton hidrotechnikai tulajdonságai

- víztartalom és vízfelvétel: m%

- vízzáróság és vízáteresztés:

12×12×20cm próbatesten 24óra alatt

egyoldali víznyomás esetén vízzáró:

túloldalon a víz elpárolog

1/3 behatolás, víz nyomás értéke

vz1 ÷ vz8 (bar ill. 0,1MPa)

- fagyállóság: f25 ÷ f150

fagyasztási-olvasztási ciklus (+18, -20°C)

fagyállósági követelmények:

lepattozás, repedezettség (5%-os tömegveszteség)

szilárdság csökkenés:  $f_{c,fagy} / f_{c,száraz}$

fagylágyulási tényező:

$It = f_{c, telített} / f_{c, száraz} > 0,80$  (fagyálló)

telítési tényező:

$tt = V\% \text{ telített} / V\% \text{ nyomás alatt} < 0,80$  (fagyálló)

A beton kémiai tulajdonságai:

- pH érték, karbonizáció (ld. betonkorrózió)

A beton mechanikai tulajdonságai:

- kopásállóság: k6 ÷ k16

Bauschinger-Böhme készülék

lekopott réteg térfogata < (cm<sup>3</sup>)

gyengén kopásálló: k16

különlegesen kopásálló: k6



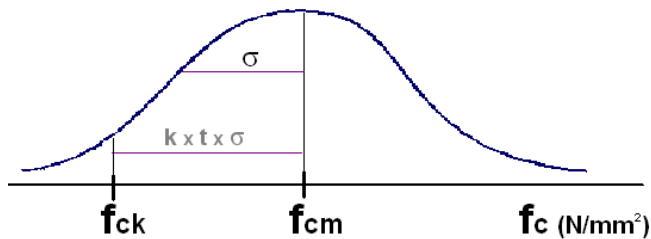
## 11.2 A beton szilárdsági tulajdonságai

A beton nyomószilárdsága:

Átlag és jellemző (előírt) szilárdság

$$f_{cm} = f_{ck} + k \times t \times \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$f_{ck,cyl}$  és  $f_{ck,cube}$



Értékét befolyásolják:

- a próbatest mérete és alakja
- kora (nap, év)
- nedvesség tartalma n%

**Nyomószilárdsági osztályok  
MSZ 4798-1 szerint:**

	$f_{ck,cyl} / f_{ck,cube}$	$f_{ck,cube}$
C8/10	8 10	11
C12/15	12 15	16
C16/20	16 20	22
C20/25	20 25	27
C25/30	25 30	33
C30/37	30 37	40
C35/45	35 45	49
C40/50	40 50	54
C45/55	45 55	60
C50/60	50 60	65

Nagyszilárdságú betonok:

C55/67	55 67	71
C60/75	60 75	79
C70/85	70 85	89
C80/95	80 95	100
C90/105	90 105	111
C100/115	100 115	121

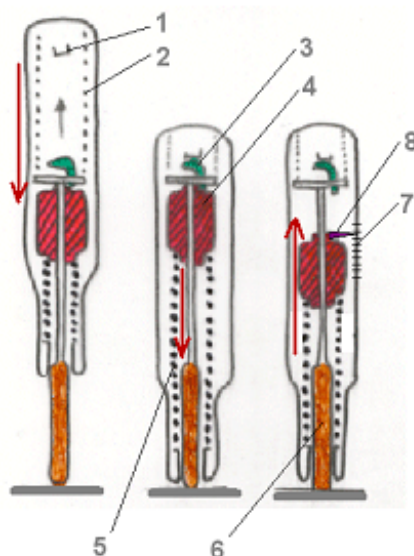
xx - végig víz alatt tárolva,  
nedvesen törve (28 nap)

x - 7 napig víz alatt, majd  
légszárazon tárolva és törve

### Roncsolás mentes meghatározási módszerek:

Schmidt- kalapács: (rugalmasság)

- a betonfelület keménysége alapján
- a rugalmas visszapatannást mérjük



- nem közvetlenül mérjük a szilárdságot
- szilárdságot diagramból határozzuk meg
- vizsgálandó beton vtg. > 10cm
- ütésszám: 9 db/1dm<sup>2</sup>
- korrekció: ütésirány alapján

- 1 - ütköző csavar
- 2 - nyomó rugó
- 3 - kilincsmű
- 4 - kalapács
- 5 - ütőrugó
- 6 - ütőrúd
- 7 - skála
- 8 - skála mutató

**Betonoszkóp: (homogenitás)**

- ultrahang terjedési sebessége alapján

**Izotóptechnikai vizsgálatok: (tömörség)**

- radioizotópos lap- és lyukszondák
- röntgen- és gammasugarak áthatolása

**A beton tartós szilárdsága:**

$$f_{c,tart} = f_{c,m} \times k_1 \times k_2$$

$k_1$  - a beton kora

$k_2$  - a terhelés időtartama

**A beton húzószilárdsága: ( $f_{c,húz} < 0,1 f_{c,m}$ )**

- hajlító húzószilárdság
- tiszta húzószilárdság
- hasító húzószilárdság

**A beton nyíró és csavaró szilárdsága****Beton-betonacél tapadó szilárdsága****Adhéziós kapcsolati erők és súrlódás:**

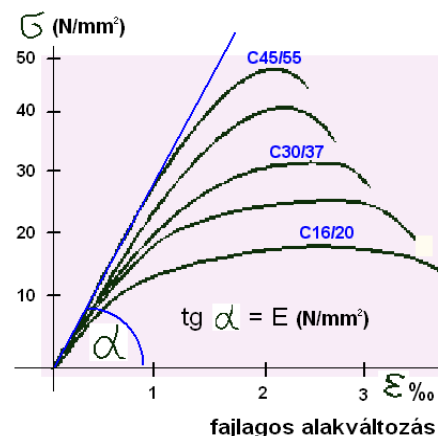
- betonzsugorodás
- kémiai kötés; van der Waals erők
- mechanikai támaszkodás a bordáknál

**A beton alakváltozási jellemzői****A beton alakváltozását befolyásolják:**

- a beton szilárdsága ( $f_{c,m}$ ) és kora (nap)
- a levegő relatív páratartalma  $f$  %
- a beton nedvességtartalma  $n$  %
- környezeti hőmérséklet  $^{\circ}C$
- a beton cementpép tartalma (telítettség)
- a frissbeton víztartalma és V/C
- adalékanyag  $d_{max}$  és  $m$  (finomsági modulus)

**Alakváltozások:**

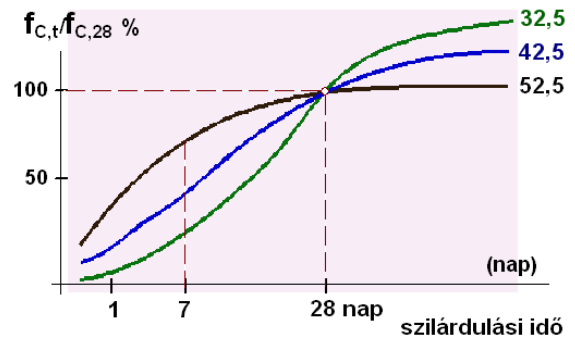
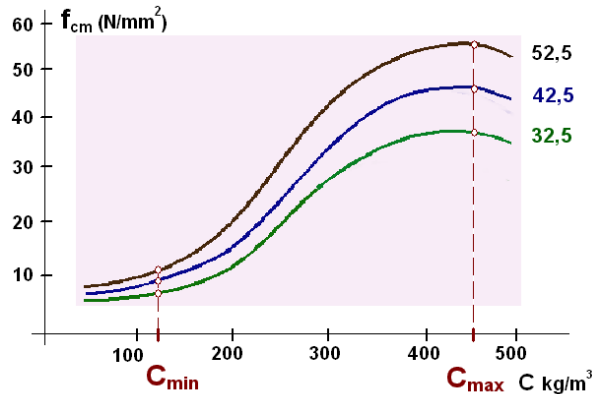
- rövid idejű alakváltozás (terhelésre)
- lassú alakváltozás (tartós terhelésre)
- rugalmassági modulus:  $E$  ( $N/mm^2$ ) diagram
- zsugorodás és duzzadás
- hő okozta alakváltozás
- lineáris hőtágulási együttható (dilatáció)



### 11.3 A beton tulajdonságát befolyásoló tényezők

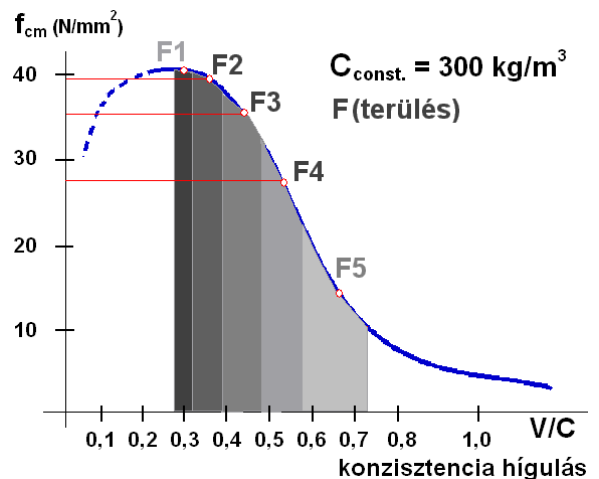
#### Cementminőség és mennyiség hatása:

- cementminőség
- cementtartalom:  $C_{min}$ ,  $C_{max}$
- a cementek szilárdulási üteme



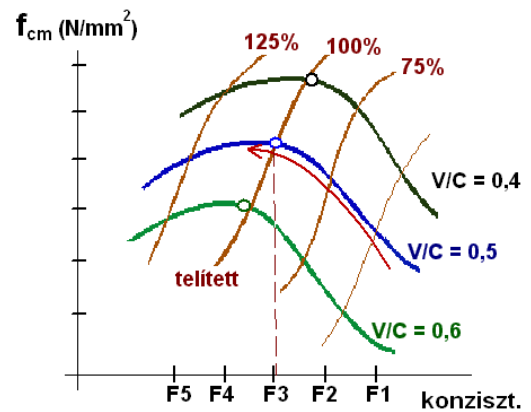
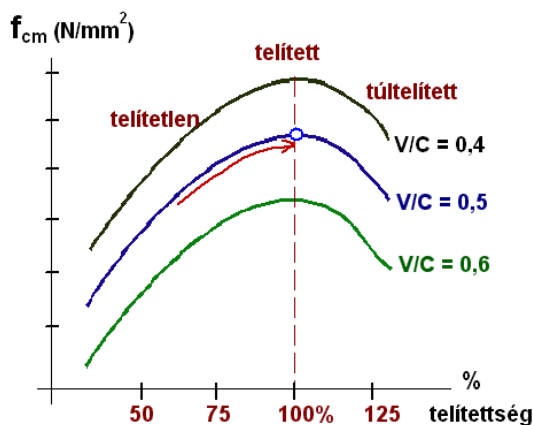
#### Víz mennyiség és konzisztencia hatása:

- vízcement-tényező és konzisztencia
- vízcement-tényező és szilárdság



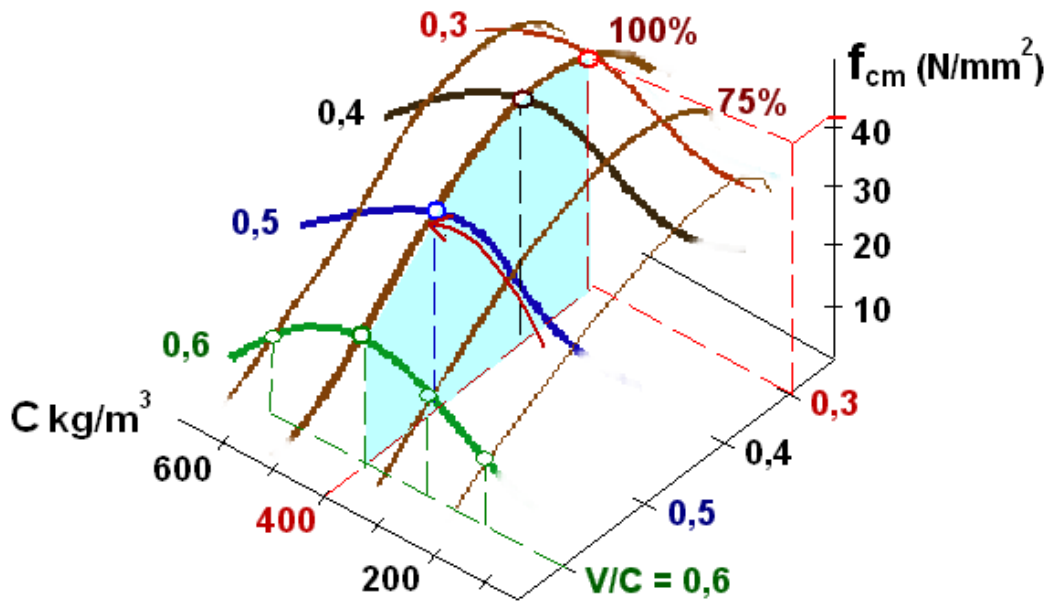
#### Telítettség és konzisztencia hatása:

- vízcement-tényező és telítettség
- telítettség és konzisztencia



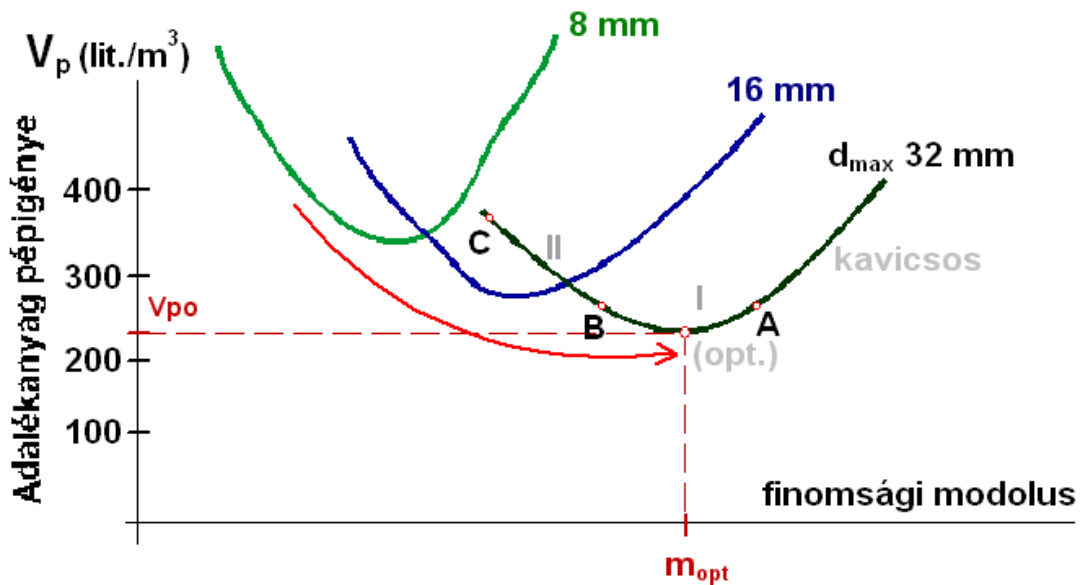
### A vízcement-tényező, telítettség és konzisztencia hatása

- víz-cement-tényező és cementadagolás hatása

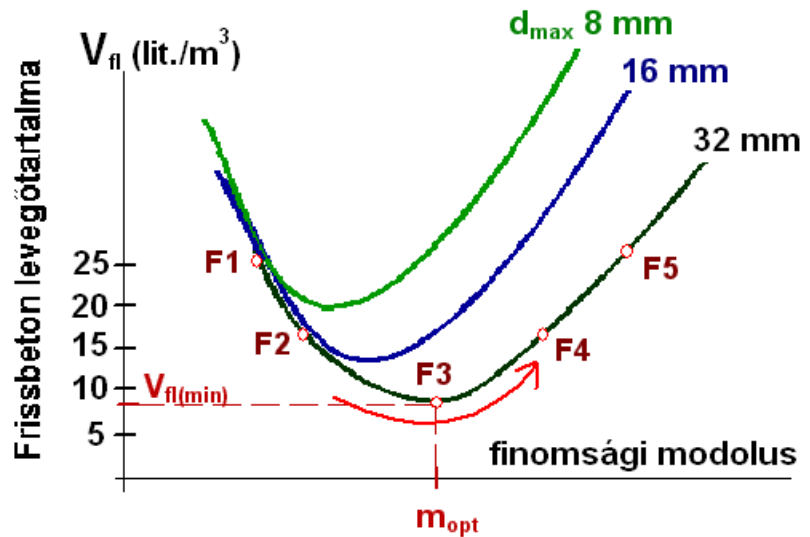


Adalékanyag minőségének hatása:

- szemmegoszlás,  $m$ ,  $d_{max}$ , alak,  $i\%$ ,
- befolyásolják: bedolgozhatóságot  
tömörséget, testsűrűséget  
vízzáróságot, cementpép igényt  
szilárdságot,  $E$  modulust



Az adalékanyag minőségének ( $d_{max}$ ,  $m$ ) hatása a cementpép igényre



Dmax és konzisztencia hatása a frissbeton levegőtartalmára

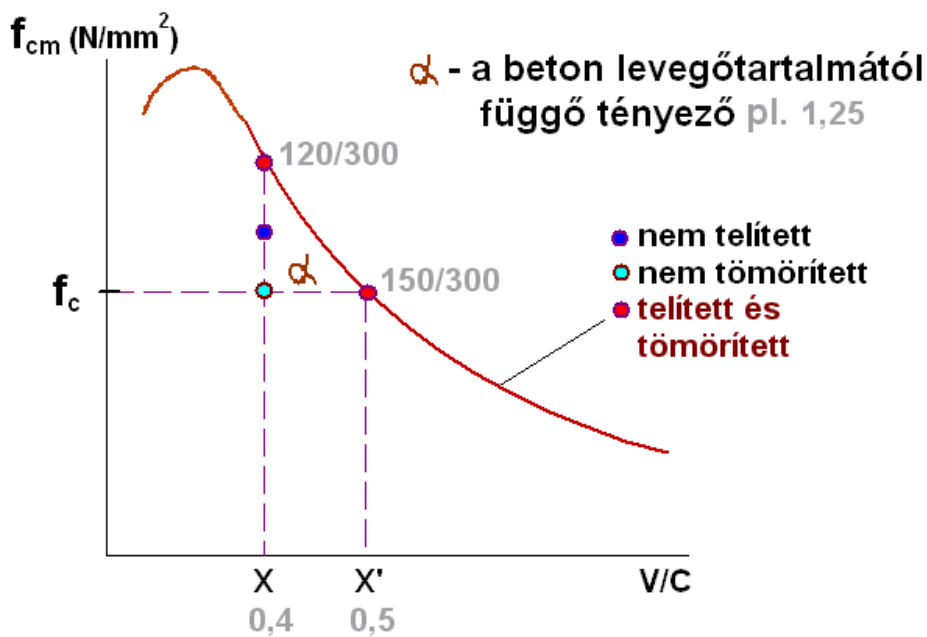
**Betonkészítés és utókezelés hatása:**

- betonkeverés, szórás  $\sigma(N/mm^2)$
- betonszállítás, bedolgozás
- tömörítés, telítettség, levegőtartalom
- betonérlelés és utókezelés
- vegyi hatások és korrózióvédelem

$$f_{cm} = A(1/X - B)$$

$$f_{cm} = ce^{-DX'}$$

$$X = X'/\alpha$$



A frissbeton tömörítettségének és telítettségének hatása a szilárdságra.

### 11.4 Betonok megfelelése MSZ 4798-1 és EN 206 szerint

A betonok megfelelésének követelménye:

- megfelelő tartósság (ellenálló képesség)
- környezeti hatások és betonösszetétel
- szilárdság (előírt jellemző érték)

Környezeti hatások (kitéti) osztályai:

- XO**       nincs korróziós kockázat  
           **X0**     - vasalás nélküli beton  
           **XN(H)** - környezeti hatásoknak nem ellenálló  
           **X0b(H)** - beton, korlátolt környezeti hatás  
           **X0v(H)** - vasbeton, korlátolt környezeti hatás
- XC-1...4** karbonátosodás okozta korrózió  
**XD-1...3** kloridok által okozott korrózió  
**XS-1...3** tengervízből származó klorid által okozott korrózió  
**XF-1...4** fagyási/olvadási ciklusok által okozott korrózió  
**XA-1...3** kémiai korrózió (agresszív vegyihatás)  
**XK-1...4** koptatóhatás okozta károsodás  
**XV-1...3** igénybevétel víznyomás hatására

Kémiai jellemzők	Kitéti (környezeti) osztályok		
	XA1	XA2	XA3
$\text{SO}_4^{2-}$ mg/l	> 200 és < 600	> 600 és < 3000	> 3000 és < 6000
pH	< 6,5 és > 5,5	< 5,5 és > 4,5	< 4,5 és > 4,0
$\text{CO}_2$ mg/l	> 15 és < 40	> 40 és < 100	> 100 telítésig
$\text{NH}_4^+$ mg/l	> 15 és < 30	> 30 és < 60	> 60 < 100
$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	> 300 és < 1000	> 1000 és < 3000	> 3000 telítésig

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány a betonok teljesítőképességének, készítésének és megfelelésének magyarországi műszaki feltételeit tárgyalja.

A korábbi MSZ 4719/1980 és MSZ 4720/1980 szabványok visszavonásra kerültek, de az MSZ 15022 szabvány alapján tervezett beton- és vasbeton szerkezetek betonját, továbbra is az MSZ 4719 és MSZ 4720 betonszabványok szerint kell ellenőrizni.

**Betonok jelölése MSZ 4798-1 szerint****C30/37 - XC3 - 16 - S2 - CEM 52,5N** **$f_{ck,cyl}$**  - 30 N/mm<sup>2</sup> jellemző szilárdság **$f_{ck,cube}$**  - 37 N/mm<sup>2</sup> (15 cm-es kockán)**XC3** - környezeti osztály, karbonátosodás mérsékelten nedves környezetben**16** - adalékanyag  $d_{max}$  (mm)**S2** - konzisztencia, roskadás 50 ÷ 90 mm**CEM 52,5** - nagyszilárdságú cement**A beton összetételének és szilárdsági osztályának követelményei:**

- adott kitéti osztály körülményei között
- 50 (100) év használati élettartamra tervezve
- CEM 32,5 jelű cement alkalmazásával

**Az alkalmazandó betonkeverék követelmény-adatai a kitéti osztályok függvényében:**

<i>Kitéti osztály</i>	<i>Cementtartalom, kg/m<sup>3</sup>, legalább</i>	<i>Víz-cement tényező, legfeljebb</i>	<i>Friss beton pórustartalom, l/m<sup>3</sup>, legfeljebb</i>	<i>Szilárdsági osztály, legalább</i>
X0	-	-	-	C 12/15
XC-1	260	0,65	30	C 20/25
XC-2	280	0,60	30	C 25/30
XC-3	280	0,55	25	C 30/37
XC-4	300	0,50	25	C 30/37
XS-1	300	0,50	30	C 30/37
XS-2	320	0,45	25	C 35/45
XS-3	340	0,45	25	C 35/45
XD-1	300	0,55	30	C 30/37
XD-2	300	0,55	25	C 30/37
XD-3	320	0,45	25	C 35/45
XF-1	300	0,55	25	C 30/37
XF-2	300	0,55	25 + 40 <sup>*</sup>	C 25/30
XF-3	320	0,50	25 + 40 <sup>*</sup>	C 30/37
XF-4	340	0,45	25 + 40 <sup>*</sup>	C 30/37
XA-1	300	0,55	25	C 30/37
XA-2	320	0,50	25	C 30/37
XA-3	360	0,45	20	C 35/45
XK-1	300	0,55	25	C 30/37
XK-2	320	0,50	25	C 30/37
XK-3	340	0,45	20	C 35/45
XK-4	360	0,40	20	C 40/50
XV-1	300	0,55	30	C 30/37
XV-2	330	0,50	25	C 30/37
XV-3	360	0,45	20	C 35/45

## 12. Különleges betonok

### 12.1 Hőszigetelő betonok

#### Pórusbeton (Ytong falazóelemek)

- őrölt homok, 20% cement, 10% mész
- habarcs sejtésítése (Al paszta)
- darabolás (drótvágó)
- autóklávolás (185 °C, 9 atm.)
- csomagolás (pakett)
- műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 500 \div 700 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{c,m} = 2 \div 3 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,17 \text{ W/mK}$$



#### Habbeton (BauMix monolit hőszigetelés)

- kolloid cementhabarcs + hab
- habosított cementhabarcs előállítás
- habbeton sejt szerkezete és stabilitása
- tetőfödém hőszigetelési technológia
- falazóelemek és betonelemek gyártása
- műszaki jellemzők:  $\rho_t = 250 \div 800 \text{ kg/m}^3$

$$f_{c,m} = 0,5 \div 3 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,1 \div 0,2 \text{ W/mK}$$





**Perlitbeton** (födémszigetelés, falazóelemek)

- perlit előállítás, makró-szerkezete
- hidrotechnikai tulajdonságok
- perlitbeton előállítása  $500 \text{ kg/m}^3$ 
  - cement: 250 kg
  - víz : 300 lit.
  - perlit : 200 kg ( $1,5 \text{ m}^3$ )
- PHG technológia

- műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 400 \div 600 \text{ kg/m}^3 \quad \lambda = 0,15 \text{ W/mK}$$

$$f_{c,m} = 1 \div 2 \text{ N/mm}^2$$

**Polisztirol** hőszigetelő beton

- PS gyöngyök előállítása (expandálás)
- PSH polisztirolbeton előállítása

- technológiák és termékek:

tetőfödém hőszigetelés  
 hőszigetelő vakolóhabarcs (Hőstop)  
 hőszigetelő falazó- és zsaluzóelemek  
 zsaluzó- falelemek (Rastra)

- műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 400 \div 800 \text{ kg/m}^3 \quad f_{c,m} = 1 \div 2 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,12 \div 0,18 \text{ W/mK} \quad \text{tűzállóság}$$

**Fabetonok** (hőszigetelő- és falazóelemek)

- faforgács-, farost-, szilárd mineralizálása
- fa és kötőanyag együttdolgozása:  
fenyőfa - magnézium

- termékek:

Fabeton (Durisol) falazó- és födemelemek  
 Heraklith zsaluzó- hőszigetelő elemek  
 Velox zsaluzóelem

- műszaki jellemzők:

$$f_{c,m} = 2 \div 4 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,1 \div 0,15 \text{ W/mK} \quad \text{nem éghető}$$



## 12.2 Könnyűbetonok

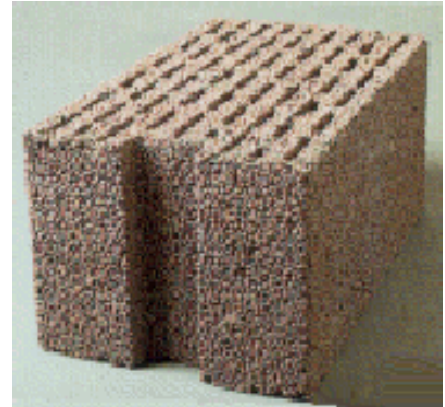
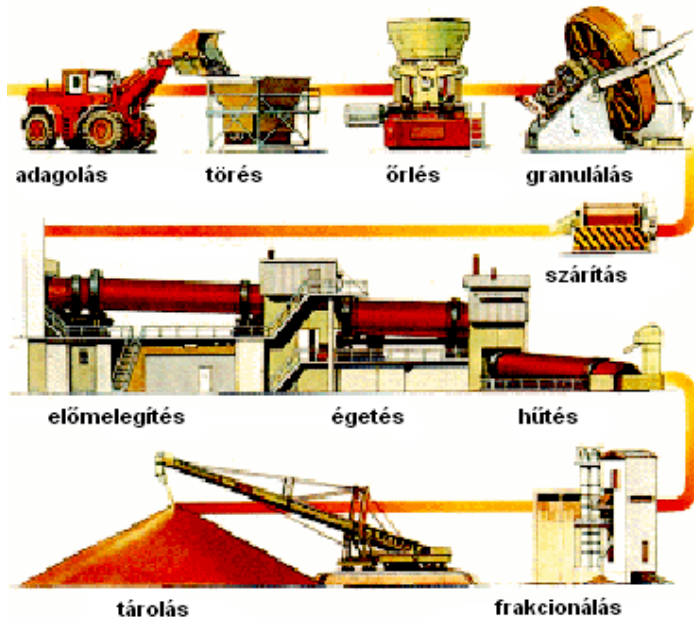
- falazó- és födémelemek, panelek, blokkok
- öntöttbeton technológiák, hőálló betonok
- ipari melléktermékek hasznosítása
- épületfizikai követelmények:  $k < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 800 \div 1900 \text{ kg/m}^3 \quad f_{c,m} = 5 \div 20 \text{ N/m}^2$$

$$\lambda = 0,3 \div 0,6 \text{ W/mK}$$

### Keramzitbeton

- duzzasztott agyagkavics (Liapor)
- öntöttbeton falszerkezetek
- falpanelek, vasbeton elemek
- vibropréselt falazóelemek (Habisol)



### Kazánsalak beton

- magas S (kén) és C éghető tartalom
- vb. elemek készítésére nem alkalmas

### Kohósalak beton

- falpanelek és öntöttbeton falak
- falazóelemek és vibropréselt blokkok
- habosított és granulált kohósalak

### Tufabeton

- vulkáni riolit tufa (Bodrogkeresztúr)
- vibropréselt betonelemek
- falazóblokkok, kéményelemek

**Téglazúzalék beton**

- frakcionált téglarölemény
- vibropréselt falazóblokkok
- kéményelemek
- PS gyöngy adalékanyagú

**Nofines beton**

- homok nélküli adalékanyag
- korlátozott cementhabarcs mennyiség
- öntöttbeton falszerkezetek (nem vibrált)
- könnyített beton:  $\rho_t = 1600 \text{ kg/m}^3$
- nincs kapilláris vízfelszívás
- fagyálló és légáteresztő

**12.3 Különleges betonok****Hő- és tűzálló betonok**

Kémények, kazánalapok, kemencefalak

- hőállóság: normálbeton : 200 °C- ig  
                   hőálló beton : 500 ÷ 800 °C  
                   tűzálló beton: 800 °C felett
- kötőanyag: tűzálló aluminát cement  
                   samottliszt + bórax, vízüveg
- adalékanyag: kohósalak, téglazúzalék  
                   tufa, bazalt, samott zúzalék

**Kopásálló betonok**

Ipari padozatok, utak, járdák, silók, tárolók,  
 repülőtéri kifutók, vízépítési műtárgyak

- kopásállóság: Böhme, térfogat veszteség
- gyengén kopásálló :  $k = 16 \text{ cm}^3$
- mérsékelten kopásálló : 14
- kopásálló : 12
- fokozottan kopásálló : 10
- igen kopásálló : 8
- különlegesen kopásálló: 6
- cement: 42,5 és 52,5
- adalékanyag: kvarc kavics, korund  
                   bazalt zúzalék
- beton: C30 felett, S2, vibrálás  
                   acélhaj, légpórus képzés

**Útbetonok:**

- nagy hajlító igénybevétel, fagyállóság
- felületi érdesség, korrózióállóság

**Fagyálló betonok**

Tér(beton) burkolatok, útépítési betonelemek,  
vízépítési műtárgyak, repülőtéri kifutók

- fagyállóság: fagyasztás-felengedési ciklus  
     mérsékelten fagyálló: f25  
     fagyálló : f50  
     fokozottan fagyálló : f100  
     igen fagyálló : f150
- cement: 42,5
- adalékanyag: fagyálló,  $i < 1\%$
- adalékszer: légpórus képző, plasztifikátor
- beton: telített, S2,  $V/C < 0,5$  utókezelés  
     felületi modulus (karcsúság)
- hűtőbeton

**Vízzáró betonok**

Víztározó medencék, csatornák, csővezetékek  
vízépítési létesítmények, agresszív hatás

- vízzáróság: 24ó. 1/3 behatolás (bár)  
     gyengén vízzáró : vz2  
     mérsékelten vízzáró : vz4  
     vízzáró : vz6  
     különlegesen vízzáró: vz8
- cement: 42,5 CEM I 32,5 S C kb.:  $350\text{kg/m}^3$
- adalékanyag: folyami HK,  $d_{\text{max}} < V/4$   
     I.o folyamatos,  $m < m_0$ ,  
      $0/0,25 > 400\text{ kg/m}^3$
- adalékszer: plasztifikátor, tömítőszerek
- beton: túltelített, S2,  $V/C < 0,5$   
     vibrált, tömör, utókezelt

**Nagyszilárdságú betonok (HSC)**

Alkalmazási területek:

- feszítettbeton hidak, magasépületek,
- TV tornyok, atomeróművek

Osztályozás szilárdság szerint:

- $50 \div 100\text{ N/mm}^2$  nagyszilárdságú betonok
- $100 \div 200\text{ N/mm}^2$  igen nagy szil. betonok
- $200 \div 800\text{ N/mm}^2$  szuper nagy szil. Betonok

Időállóság növelése (tömör, korrózióálló)

Szerkezetek önsúlyának csökkentése.

A beton és feszítőhuzal együttműködése.

**A betonszilárdság növelése:**

- $m > m_0$   $d_{max}$  (max) agyagtartalom 0%
- CEM 52,5  $V/C_{opt}=0,28$  + adalékszerek
- szilikapor adagolás + acélszál
- nagyszilárdságú adalékanyag
- aktivátoros betonkeverő
- tömörítés (intenzív vibrálás)
- utókezelés, párazárás

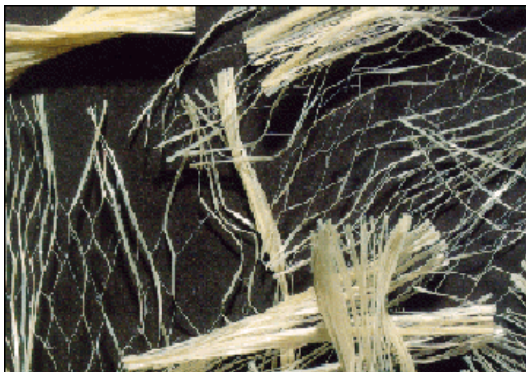
**Szálerősített betonok****Alkalmazás:**

- beton héjszerkezetek, vízzáró csövek
- ipari padlók, beton aljzatok, útbetonok

**Szálerősítés:** - műanyag szál, acélhaj (szál)

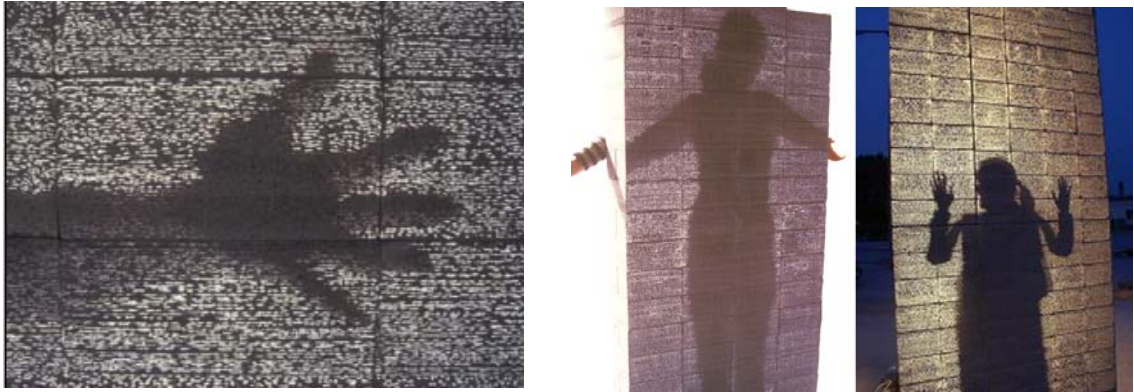
- üvegszál, szénszál

Növekszik a beton hajlító-húzó szilárdsága

**Fényáteresztő "üvegbeton"**

- Optikai üvegszálak alkalmazásával, fényt bocsát át a beton.
- Az üvegszálak egymással párhuzamosan futnak, és pontonként továbbítják a fényt a betontest két felülete között.
- A fal fényesebb felére eső fényinformáció megjelenik a másik, sötétebb oldalon.
- Az árnyékok éles körvonalai kirajzolódnak a fal ellentétes felén.
- Az üvegbeton blokkokból teherhordó- és nagy vastagságú szerkezetek is építhetők.





### Műbetonok

#### Alkalmazás:

- betonfelületek javítása
- repedések kiinjektálása
- betonszerkezetek összeragasztása

#### Kötőanyag:

- epoxigyanta
- poliészter műgyanta + térhálósító

#### Műbeton:

- 1rész öntőgyanta + 3rész kvarc homok
- $\rho_t = 1800\text{kg/m}^3$   $f_{cm} = 50\text{ N/mm}^2$
- kötési idő: 0,5 ÷ 3óra

### Úsztatott betonok

#### Alkalmazás: betontömbök, alapok, támfalak

#### Technológia:

- a beton egy részét kell csak megkeverni
- 30÷40% terméskövet helyeznek bele

### Sugárvédő betonok

#### Alkalmazás:

- reaktorok sugárvédő betonszerkezete
- röntgen-, gamma-, és neutronsugárzás

Nehéz- és hidrátbetonok:  $\rho_t > 3.500\text{kg/m}^3$

#### Nehézbetonok adalékanyagai:

- hematit:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $\rho_t = 3800\text{kg/m}^3$
- barit :  $\text{BaSO}_4$   $\rho_t = 4200\text{kg/m}^3$
- acél és ólomhulladék

#### Hidrát betonok adalékanyagai:

- kémiailag kötött magas víztartalom
- limonit :  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$
- bauxit :  $\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$

## 13. Különleges betontechnológiák

### Esztétikus nyers betonfelületek

Látszóbeton, esztétikus megjelenés

Fenntartási munkák csökkentése

Kialakítási módok:

- zsaluzattal és felületkezeléssel
- homloklappal felfelé és sablon alján

Megjelenési formák:

- natúr beton (fazsaluzat)
- öntőforma tükörképét adó felület
- adalékszemcsés (zsaluzatra ragaszt)
- habarcskimosás (kötésgátlás)
- műkőszerűen megmunkált
- holdkráteres felület
- üvegszerűen megolvasztott



Követelmények:

- egyenletes és tartós szín (cement)
- pórusmentes és egyenletes felület
- sablonleválasztás, betonacél takarás

### Tömegbetonok

Alkalmazás:

- vízepítési műtárgyak,
- gátak, hídfők  $d = 0,7 \div 3,0\text{m}$

Cement hidratáció:



- egyenetlen hőmérséklet eloszlás
- kéregrepedés



Technológia:

- CEM III./B - S 32,5 (belítes, 2500 m<sup>2</sup>/kg)
- vegyszeres kötési lassítás (Lentan)
- beton műtárgy hűtése belülről (acélcső vezetékben víz áramoltatás)
- tömegbeton külső hőszigetelése (fólia + PS lemez + ponyva)
- Kolkret eljárás (kövek közé injektálás)



**Lövelt, vagy torkrét beton****Beton rehabilitáció, szerkezet megerősítés:**

- vb. kémények, alagutak, pincék

**Vékony vb. szerkezetek előállítása:**

- EVG 3D szendvics szerkezet
- vízzáró betonréteg

**Betontechnológia:**

- alacsony V/C, S2 és S1 konzisztencia
- tömör beton

**Öntömörödő beton (ÖTB)**

- vibrálás nélküli bedolgozási mód
- negatív formák kitöltése betonnal
- sűrű vasalású terek betonozása
- bonyolult rajzolatú felületek képzése

**Pörgetett beton****Vasbeton csövek, távvezeték oszlopok****Gyártástechnológia:**

- henger alakú sablont forgatják
- vízzáró cementkéreg kialakulása

**Víz alatti betonozás****Hídpillérek, gátak, folyómedrek, pincék****Friss betonkeverék víz alá juttatása:**

- vízkiszorítás, süllyesztő konténer
- álló- és mozgó tölcsér
- Kontraktor eljárás (tömlő + szivattyú)
- Kolkret eljárás (kövek közé injektálás)
- Sicotan vegyi adalékszer alkalmazása

**Vákuum beton technológia****Útbetonok, vékony vb. lemezek****Keverési víz egy részének eltávolítása**

- szűrőszövet és szívószaluzat
- v/c csökkentés
- zöldszilárdság növekszik
- vibrovákuumos eljárás
- cement 42,5 m<sup>c</sup> kötésiértékű





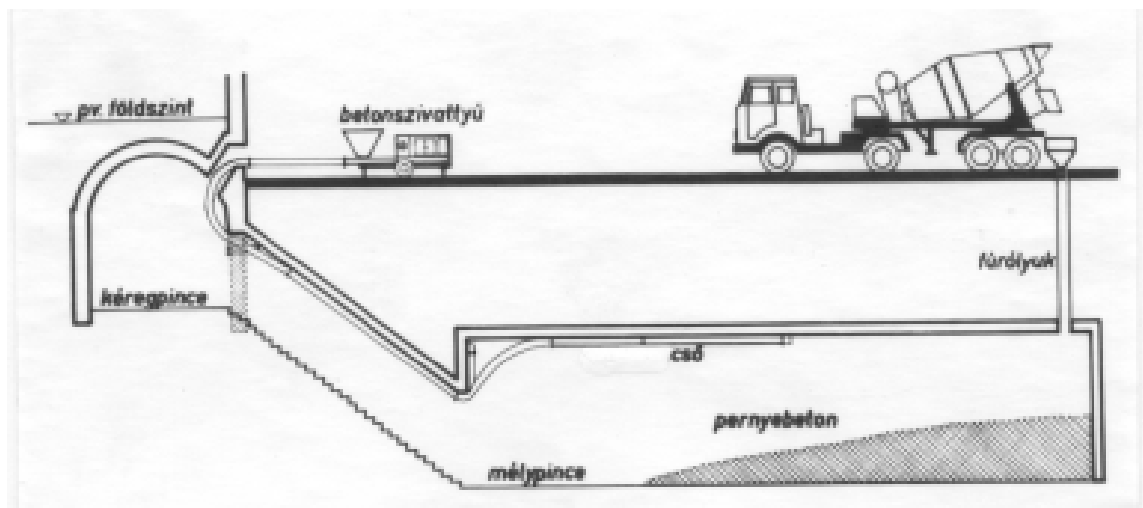
**Injektált beton**

**Cementhabarcs injektálás:** - üregekbe  
- porózus talajba

**Betontechnológia:** - önthető konzisztencia  
- plasztifikátorok  
- ülepedés gátlók

**Pernyebetonos tömedékelési eljárás**

- pécsi és egri pincék
- pernye-gázbeton összetétele
- pernyebeton előállítása, szállítása
- pincetömedékelési technológiák



**A pernyebetonos pincetömedékelés technológiája**

**Öntöttbeton technológiák****Helyszíni zsaluzat**

- monolit betontechnológiák
- zsaluzat: fa, acél, műanyag, gumi

**- Betontechnológia:**

beton-előállítás: üzemi, helyszíni  
betonszállítás: mixer gk. + szivattyú  
beton bedolgozása, tömörítése  
a beton szilárdulás-gyorsítása  
kizsaluzási szilárdság, utókezelés

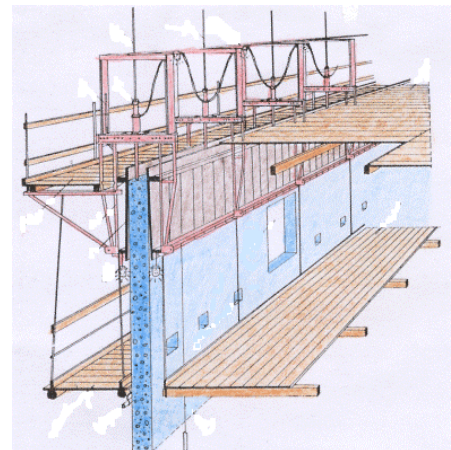


**Táblás- és sík zsaluzatos technológia**

- Doka, MEVA zsalurendszer
- **Betontechnológia:**
  - betonellátás: mixer gk. és szivattyú  
toronydaru és konténer
  - tömörítés: rúdvrábrátor (16.000 f/perc)
  - szilárdulás gyorsítás

**Csúszó- és kúszózsálus technológia**

- PERI zsalurendszer
- **Betontechnológia:**
  - nagy kezdőszilárdság (12ó, 5N/mm<sup>2</sup>)
  - folyamatos betonozás (6 m/nap)
  - betonellátás: mixer gk. és szivattyú  
toronydaru és konténer
  - tömörítés: rúdvrábrátor (16.000 f/perc)

**Alagút- és térzsálus technológia**

- PEVA zsalurendszer
- **Betontechnológia:**
  - C16÷C25- 32 - S2 kizsaluzás (7 N/mm<sup>2</sup>)
  - sablonforduló gyorsítási módszerek:
    - 42,5R cement, plasztifikátor
    - termosz módszer, fűtött zsaluzat
    - kötésgyorsítás, meleglevegő
  - betonellátás: mixer gk. és szivattyú  
toronydaru és konténer
  - tömörítés: túvrábrátor (16.000 f/perc)

**Zsaluelemes falazóblokkok**

- Habisol H (zsaluzó falazóelem)
- Fabeton (zsaluzó falazóelem)
- Prokoncept (PS hőszigetelő zsaluelem)



**Zsalutáblás, bentmaradó zsaluzat**

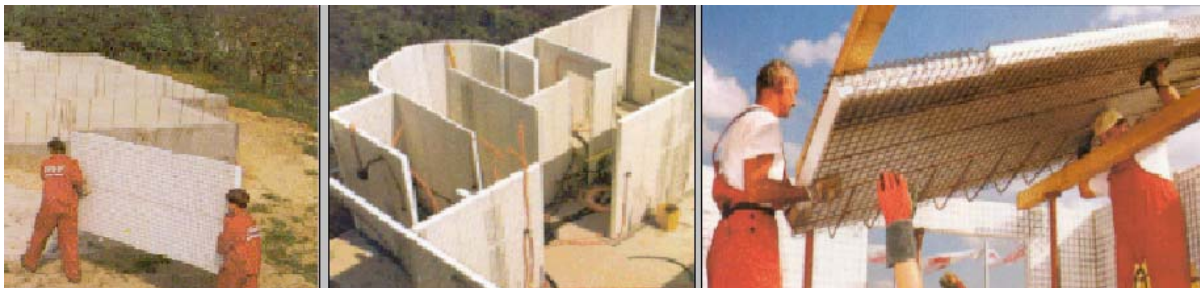
- Hőszigetelő zsalutáblák (Heraklith)
- Szövetbeton (dermesztett gipszbeton)



- PS külső zsaluelemes (Sofort)



- PS belső zsaluelemes (EVG 3D)

**Héjszerkezeti zsaluzatok**

- Jurta jellegű ökológikus gömbház
  - lőttbeton héjszerkezetű ház
  - plasztikus építészet
- Frédi-Béni szendvics szerkezetű ház
  - acélcső vázszerkezeten drótháló
  - távolságtartóval külső drótháló
  - dróthálók beharcsolása



## 14. A beton és vasbeton korróziója

Beton és vasbeton szerkezetek tartóssága.

A betonra ható káros vegyi hatások:

- esővíz, kloridok, szénsav
- agresszív vizek, szulfátok

Ellenálló beton: tömör, vízzáró, telített

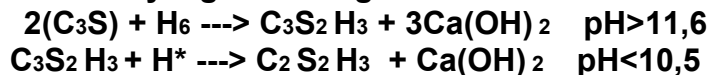
Lágy víz okozta korrózió (kilúgozódás)

Lágy vizek: esővíz, hólé, kondenzvíz

- Korróziós hatások:
- kioldják a  $\text{Ca(OH)}_2$ -ot (nő a porozitás)
  - csökken a pH-érték (acélkorrózió)
  - $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  elbomlása (stabilitás veszteség)

$\text{Ca(OH)}_2$  kioldását befolyásolják:

- a cement fajtája és mennyisége
- az adalékanyag aktív  $\text{SiO}_2^*$  tartalma
- a beton tömörsége és kora
- a víz keménysége és mozgása



Kioldásos korrózió (cserebomlás)

A betonra ható agresszív vegyületek:

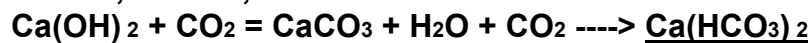
- agresszív ionok:  $\text{Cl}^*$   $\text{NO}_3^*$
- ipari szennyvizekben és talajvízben



Nitrátos korrózió: (ammónium-nitrát)

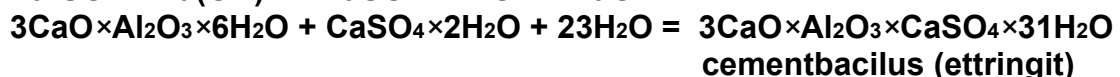


Savkorrózió: - sósav, kénsav, szénsav



Szulfátos korrózió (duzzadás)

Szulfátos talajvíz hatása:



- Károsodás: -  $\text{Ca(OH)}_2$  lekötése  
- térfogat növekedés

Védelem: CEM I 32,5 S\* (szulfátálló cement)

$$\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,54 < 0,6$$

### A beton korrózió elleni védelme

**Beton összetételének helyes megválasztása:**

- megfelelő cement és adalékanyag
- vegyi adalékszerek alkalmazása
- telítettség, bedolgozás, vízzáróság

**Aktív védekezés:**

- agresszív víz elvezetése
- az agresszív víz közömbösítése

**Agresszív hatásnak ellenálló felület képzése:**

- sav és lúgálló műgyanta bevonatok:
  - ETISOL habarcsvakolat
  - TIPOX KT 1000 bevonóanyag
  - VDW 105 W vékony bevonat
  - TIPOX UBS habarcs bevonat
- torkretozás: lőtt betonréteg felhordása
- vízűveg bevonat:  $\text{Ca} \times \text{SiO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$  képződik a felületen

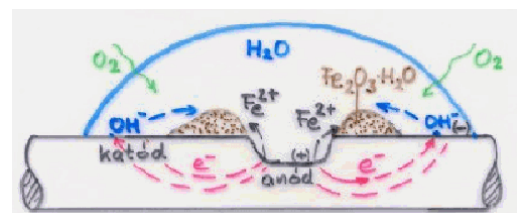
**Szigetelő bevonatok és rétegek:**

- betonimpregnáló- és javítóanyagok
  - KESTON; CERINOL; SILETON; MAPEGROUT
- vízzáróság növelő bevonat
  - Sikadur 41, Vandex, Eporezit, Betonol

### A betonacél korróziós jelenségei

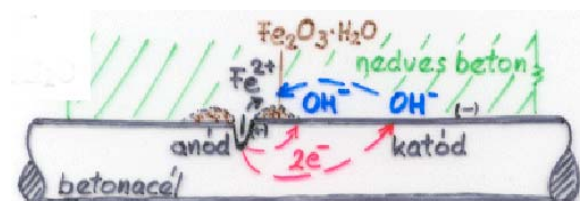
**Elektrokémiai korrózió:**

- koncentrációs lokálielem kialakulása
- korróziós folyamatok
  - anódos reakció :  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$
  - katódos reakció:  $4\text{e}^- + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^-$
  - rozsdás:  $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2 \dots$
  - $+ 0,5\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$



**Beton, mint elektrolites közeg:**

- inhomogenitás (porozitás, nedvesség)
- külső behatások:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{pH} < 10$
- betonacél korróziós folyamatai





## IMS épületek korróziója

### IMS feszített vázszerkezeti rendszer:

- A vasbeton pillérek közé födémlelemeket helyeznek el, ideiglenes alátámasztással.
- A pillérek és a födécek kapcsolatát, feszítőhuzalokkal történő kétirányú összefeszítéssel biztosítják.
- A pillérek és a födécek közötti szerelési hézagot a feszítópáaszák befűzése előtt habarcsanyaggal (PU paszta) töltik ki.
- Ez biztosítja a csomópontoknál, a támasz- és erőátadási felületet.
- A födécek közötti kábelcsatornákat a feszítést követően kibetonozzák.



**A feszítőhuzalok korróziós károsodása**

**A korróziós károsodást előidéző okok:**

- A PU paszta igen nagy mennyiségű, vízzel könnyen kioldható  $Cl^-$ -iont tartalmaz. 2% pórusvíz,  $Cl^-$ -ion diffúzió: 3mm/év
- A vázszerkezet szerelési pontatlansága betontakarás hiánya, érintkezés
- A kábelcsatorna betonanyaga B400 helyett C20 és porózus, zsugorodás
- A szerelés elhúzóda, atmoszférikus korrózió, átnedvesedés
- A pillérátvezetések kiinjektálatlansága
- A feszítőbetétek lefeszítése, iránytörések, tömörítetlenség

**Az IMS vázszerkezet megerősítése****1. Szabadkábeles utófeszítés**

- feszítőpázmák a födémen belül vezetve (födémkazetták megbontásával)
- feszítőpázmák a födémcsíkja alatt vezetve (pillérsíkon belül és mellett)

**2. Acélszerkezeti tartóelemek beépítése**

- acélcsapok (födém borda- pillér)
- acélgallérok (két U alakú félgallérból)
- acélgerendák (I páros gerenda)

**Feszítőpázmák a födémen belül vezetve****Feszítőpázmák a födémcsíkja alatt vezetve**



## 15. Üzemi előregyártás

**Az üzemi előregyártás jellemzői:**

- + ipari jellegű ciklikus termelés
- + korszerű betontechnológia alkalmazása
- + gépesítés és automatizálás
- + azonnali terhelhetőség
- + nagyszilárdságú betonszerkezetek
- + feszített vasbeton szerkezet
  - szállítási többletköltség
  - magasabb szintű gépesítettség
  - igényesebb élőmunka
  - sok az elem, bonyolult csomópontok
  - gyártásra is méretezni kell az elemeket
  - speciális szállító- és emelő berendezések

**Az üzemi előregyártás technológiai sémája:**

- alapanyagok fogadása és előkészítése
- friss betonkeverék előállítása és szállítása
- sablonok előkészítése és tisztítása
- betonacél elhelyezése és feszítése
- hőszigetelő réteg elhelyezése
- a beton terítése és tömörítése
- a termék felületképzése
- betonszilárdítás és érlelés
- a termék kiszaluzása
- tárolás, szállítás és beépítés

**Gyártási eljárások fajtái:**

**Stand (fixpados rendszerű gyártás)**

- a termékgyártás közben nem mozog
  - egyhelyben: vasalás, betonozás, érlelés
- Termék: nagy méret, kis széria

**Aggregát (gyártóhelyenként mozgó)**

- a gyártási műveletet több helyen végzik
  - sablonokat mozgatják: daru, görgők
  - födémpanel (aggregát) gyártósor
- Termék: változó méret, legelterjedtebb

**Konveyor (futószalag rendszerű)**

- a sablonok kényszerpályán mozognak
  - a gyártási műveletek folyamatosak
  - falpanel (konveyor) gyártósor
- Termék: kis méret, nagy széria, házgyári panelek