

# SZILIKÁTTUDOMÁNY

## Kollerjáratok energiaigénye I.

### Bányanedves agyagásványokban aprításkor ébredő csúsztatófeszültség előállításához szükséges energia- és teljesítményfelvétel meghatározása

Gömze A. László

Miskolci Egyetem, Kerámia és Szilikátmérnöki Tanszék

#### 1. Bevezetés

Az aprítás az egyik leggyakrabban és legszélesebb körben alkalmazott technológiai művelet, mivel minden olyan esetben megkerülhetetlen, amikor szükség van valamilyen szilárd halmazállapotú alap-, segéd- vagy adalékanyag fajlagos felületének ( $m^2/g$ ) növelésére. Ezt úgy érjük el, hogy adott  $d_1$  szemcseméretű anyagból  $d_2$  szemcseméretű anyagot vagy diszperz rendszert hozunk létre, ahol:

$$d_1 > d_2, [m] \quad (1)$$

Annak ellenére, hogy az első aprítási elmélet [1] megszületése óta eltelt mintegy 140 év alatt mind maga az elmélet [2, 3, 4, 5, 6 és 7], mind az alkalmazott technológiák és aprítógépek, illetve őrlőberendezések [8, 9, 10, 11] nagyon sokat fejlődtek, a reális anyagok aprításához szükséges energiaigény egzakt, matematikailag is igazolható meghatározása számos aprítandó anyag típusra, illetve alkalmazott technológiai berendezésre még ma sem megoldott. Ez az oka, hogy neves portekológiákkal foglalkozó szakemberek [12, 13, 14] még ma is úgynevezett „Aprítási-őrölhetőségi tényező” táblázatokat javasolnak használni a különböző anyagok aprításához, őrléséhez szükséges számított és tényleges energiaigény közötti különbség áthidalására.

Vizsgálataink szerint a számított és a tényleges értékek közötti gyakran 2-3-szoros (300%!) különbség egyik fő oka, hogy az aprítás, illetve őrlés energiaigényének meghatározásához használt aprításelméletek többsége nem veszi figyelembe:

- sem az aprítandó anyagok eltérő morfológiai felépítését; mikro- és makroszerkezetének különbözőségét – és az ebből következően eltérő mechanikai, reológiai és reomechanikai tulajdonságait;

- sem az aprítási művelet bonyolultságát – az aprítandó szemcsében nyomó, nyíró, esetleg hajlító igénybevétel egyidejű jelenlétének lehetőségét.

Jelen munka célja: anyagspecifikus és berendezés-orientált technológiai szemléletű megközelítésből kiindulva meghatározni az olyan reális anyagok, mint a képlékeny-viszkozulalmas reológiai tulajdonságú bányanedves agyagásványok görgőjáratokon – kollereken – történő aprításának tényleges technológiai energia-szükségletét.

#### 2. Előzmények

A klasszikus, mechanikai szemléletű aprításelméletek [1, 2, 3, 4, és 5] pontosságát – megbízhatóságát – vizsgálva a *Kerámia és Szilikátmérnöki Tanszék* (Miskolci Egyetem) laboratóriumában különböző kémiai és ásványi összetételű anyagok kollerjáraton történő aprítása során azt tapasztaltuk [15], hogy az aprítás tényleges energiaigényének meghatározásához valóban célszerű a számított értékeket bizonyos aprítási/őrölhetőségi tényezőkkel (*I. táblázat*) beszorozni.

Mi azonban azt is tapasztaltuk, hogy azoknál az anyagoknál, amelyeknek a nyomófeszültséggel szembeni ellenálló képessége – azaz nyomószilárdsága ( $R$ ) – lényegesen nagyobb, mint a csúsztatófeszültséggel szembeni ellenálló képessége – azaz nyírószilárdsága ( $\tau$ ), esetenként hajlítószilárdsága, vagyis:

$$R \gg \tau, [Pa] \quad (2)$$

A  $v$  aprítási – őrlhetőségi – tényező általában 1-nél kisebb értékre adódik, azaz:

$$v \leq 1 \quad (3)$$

## Különböző anyagok aprítási/őrölhetőségi tényezője\*

Aprított anyag	„v” Aprítási/őrölhetőségi tényező
Márga	0,8 – 1,0
Mészke	0,8 – 1,0
Magnezit	0,7 – 1,0
Kvarc	0,5 – 0,6
Kvarcos homok	0,6 – 0,7
Zsírkő	1,0 – 2,0
Földpát	0,8 – 0,9
Száraz téglagyag	1,0 – 1,5
Nedves téglagyag	1,5 – 2,0
Búza	0,9 – 1,2
PE-polietilén granulátum	4,5 – 6,0
PE-PP regranulátum	5,0 – 7,0

\* Átvéve: Dr. Gömze A. László: „POROK SZEMCESZERKEZETÉNEK ELŐÁLLÍTÁSA” c. előadás [15] hallgatóknak kiadott írásos anyagából. Elhangzott: Miskolci Egyetem, 2003. február 20.

Így például az azonos mintából vett, de beázott búzaszemek őrölhetőségi tényezőjének értéke magasabb volt, mint száraz társaiké. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg a kiszáritott és a bányanedves téglai agyagásványoknál is. Az azonos mintából vett, de kiszáritott (a Hooke-féle mechanikai anyagmodellekhez egyre inkább közelítő!) agyagásványt lényegesen kevesebb ideig kellett őrölni azonos aprítási fok eléréséhez, mint az eredeti, képlékeny-viszkoelasztikus reológiai tulajdonságú bányanedves téglagyagot, mivel az utóbbi szemcséi állandóan összetapadtak, így az aprítás hatékonysága jelentősen lecsökkent.

A bányanedves téglai agyagásványok, valamint az építőanyag-ipar és a szilikátipar által használt nyersanyagok, illetve gyártott félkész és késztermékek reomechanikai tulajdonságainak vizsgálata, kutatása területén mintegy 3 évtizedes tapasztalatokkal rendelkezünk [16, 17, 18, 19, 20]. A Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék megalakulásával az utóbbi 4 évben ezek a kutatások felgyorsultak, illetve kiegészültek a legkülönbözőbb anyagok külső és belső súrlódási együtthatójának komplex vizsgálatával [21, 22, 23, 24, 25].

A képlékeny-viszkoelasztikus bányanedves agyagásványok reomechanikai tulajdonságainak vizsgálata, illetve dinamikus viszkozitásának meghatározása szempontjából fenti munkák közül [17] az egyik legjelentősebb, amikor (12) kifejezésével elsőként mondja ki, hogy „... a hengerésbe behúzott agyagmassza aprításakor kialakuló dinamikus viszkozitás  $\eta_g$  nagysága az

$$\eta_g = a^n \eta_m, \quad [\text{Pa}\cdot\text{s}] \quad (4)$$

összefüggés szerint határozható meg, ahol:

$\eta_m$  – a dinamikus viszkozitás laborberendezésen mért értéke, [Pa·s];

$a$  – együttható, melynek értéke mályi agyagra  $a = 0,5 \dots 0,6$

$n$  – hatványkitevő”

Az  $n$  hatványkitevő értéke az:

$$n = \frac{\lg \frac{\epsilon_g}{\epsilon_m}}{\lg 2} \quad (5)$$

kifejezés szerint számítható, ahol:

$\epsilon_g$  – a megmunkáló gépen (aprítógépen) aprózódó agyagmasszában kialakuló sebességgradiens értéke, [Pa·s];

$\epsilon_m$  – az agyagmassza sebességgradiense a mérőműszer mérőfejében (például Haake rotoviszkon), [Pa·s].

A (4) és (5) kifejezések a kollerjártokon történő aprítás – őrlés – technológiai energiaigényének meghatározásánál is jól alkalmazhatók a kollerjárt görgői alatti részben aprózódó agyagásvány dinamikus viszkozitásának számításához. A kollerjártok palástjának az aprítandó szemcsék felületén történő megcsúszáskor [26] keletkező külső súrlódási együttható ( $\mu$ ) értékének meghatározására a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék (Miskolci Egyetem) munkatársai által kifejlesztett készüléket [27] célszerű használni, mivel a berendezésen a súrlódási együttható értékei az alábbi paraméterek függvényében határozhatók meg [28]:

$$\mu = f(d, K, p, Q, R, v, W) \quad (6)$$

A (6) kifejezésben használt jelölések:

$d$  – a vizsgált anyag szemcsemérete, [m];

$K$  – a kollerjárt palástjának anyaga;

$p$  – a súrlódó felületre ható nyomás nagysága, [Pa];

$Q$  – a vizsgált anyag kémiai/ásványi összetétele;

$R$  – a kollerjárt palástfelületének érdessége, [m];

$v$  – a súrlódási (csúszási) sebesség, [m/s];

$W$  – a vizsgált anyag (például bányanedves agyagásvány) nedvességtartalma.

A számítástechnikai háttérfeltételeket tekintve ma már szinte kivétel nélkül minden aprítást, őrlést végző munkahelyen található olyan kapacitású számítógép, amellyel a képlékeny viszkoelasztikus anyagok kollerjártokon történő aprításának energiaigénye könnyen kiszámítható – bármennyire összetettek és bonyolultak is legyenek a számítás alapjául szolgáló matematikai összefüggések, kifejezések. Előfordulhat azonban, hogy az adott vállalkozás vagy munkahely nem rendelkezik a számítások végrehajtásához és az elemzések elvégzéséhez szükséges MATHCAD – vagy más – programmal.

### 3. A bányanedves agyagásványban kollerjáraton történő aprításkor ébredő csúsztatófeszültség meghatározása

A fémekkel ellentétben a szilárd halmazállapotú ásványok és szilikátipari alap-, segéd- és adalékanyagok döntő többségének nyomószilárdsága többszöröse a nyíró- és hajlítószilárdságnak. Ebből adódóan ezen anyagok leghatékonyabban nyíró – esetleg hajlító – igénybevételnek kitéve aprózódnak. Ez egyben azt is jelenti, hogy ezen anyagok V térfogatának aprításához szükséges energiagigény nem vezethető le a Hooke-törvényből, és nem adható meg a Kirpicsev és Kick által javasolt alábbi összefüggéssel:

$$W = \frac{\sigma^2 V}{2E}, \quad [\text{Nm}]; \quad (7)$$

ahol:

- $\sigma$  – a vizsgált anyag törőszilárdsága, Pa;
- $E$  – a vizsgált anyag elsőrendű vagy Young-féle rugalmassági modulusa, Pa.

Ugyanakkor a kerámia- és szilikátipari alap-, segéd- és adalékanyagok, valamint félkész és késztermékek többsége hatékonyan aprítható – őrlhető – összetett mechanikai igénybevételnek kitéve.

A kollerjárat egy tipikusan olyan technológiai berendezés – gép –, ahol a tányér és a görgők közötti részben aprítódó szemcsék összetett mechanikai igénybevételnek – egyidejű intenzív nyírásnak és nyomásnak – vannak kitéve. Így a Biingham-féle reológiai anyagegyenlettel jellemezhető bányanedves agyagásványoknak a kollerjárat görgői alatti részben – csúsztatófeszültség nagysága a massa reológiai egyenletéből:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{du}{dx}, \quad [\text{Pa}] \quad (8)$$

és elemi térfogatának mechanikai (erőtani) egyensúlyi állapotát (1. ábra) leíró

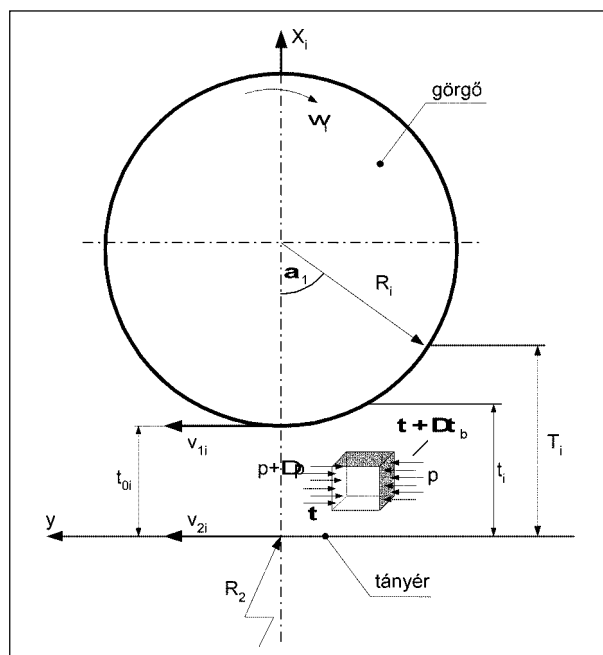
$$\frac{dp}{dy} = \frac{d\tau}{dx}, \quad [\text{Pa/m}] \quad (9)$$

összefüggésből vezethető le.

A (8) és (9) kifejezésekben használt jelölések:

- $\tau$  – a masszában deformáció közben (aprításkor) ébredő csúsztatófeszültség, Pa;
- $\tau_0$  – az aprítódó anyag statikus folyáshatára, Pa;
- $\eta$  – az aprítódó anyag (massza) viszkozitása – értéke esetünkben a dinamikus viszkozitás, Pas;

- $\frac{du}{dx}$  – az anyagban aprításkor kialakuló áramlási és deformációs sebességgradiens, 1/s;



1. ábra. A megválasztott modell görgőjératok (kollerek) méretezéséhez

$\frac{dp}{dy}$  – az aprítódó anyagban kialakuló nyomófeszültség-gradiens, Pa/m

$\frac{d\tau}{dx}$  – az aprítódó anyagban kialakuló csúsztató feszültség-gradiens, Pa/m.

A (8) kifejezés (9)-be történő behelyettesítésével és a kettős-integrál megoldásával a kollerjárat  $i$ -dik görgője alatti részben kialakuló áramlási és deformációs sebességviszonyokra már korábban [26] megkaptuk az:

$$u_i = 6\omega_i R_i \frac{t_i - t_{oi}}{t_i^3} (x_i^2 - t_i x_i) + \omega_i R_i, \quad [\text{m/s}] \quad (10)$$

összefüggést, ahol:

- $\omega_i$  – a kollerjárat  $i$ -edik görgőjének szögsebessége, 1/s;
- $R_i$  – a kollerjárat  $i$ -edik görgőjének sugara, m;
- $t_i$  – az  $i$ -edik görgő alatt éppen vizsgált résszelvény magassága (vastagsága), m;
- $t_{oi}$  – az  $i$ -edik görgő alatti névleges résméret, m;
- $x_i$  – az  $i$ -edik görgő alatti részben éppen vizsgált pont geometriai helyzete az  $x_i$  koordináta-tengelyen, m.

Az áramlási és deformációs sebességviszonyokat leíró (10) kifejezés  $X$  szerinti deriváltját véve és behelyettesítve (8)-ba, a kollerjárat  $i$ -dik görgője alatti részben aprítódó anyagban kialakuló (anyagra ható) csúsztatófeszültségre kapjuk, hogy:

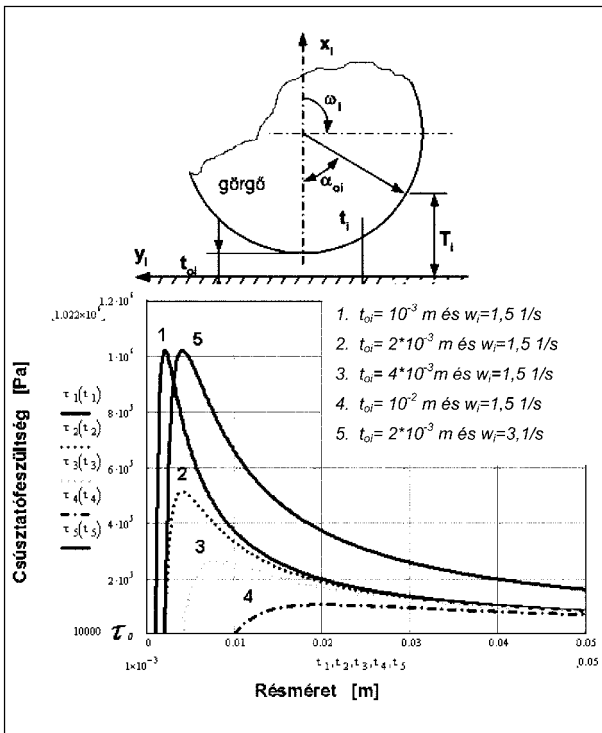
$$\tau_i = \tau_0 + 6\eta_i \omega_i R_i \frac{t_i - t_{oi}}{t_i^3} (2x_i - t_i), \quad [\text{Pa}] \quad (11)$$

A (11) összefüggésből jól látható, hogy az  $i$ -edik görgő alatti részben aprózódó anyagban (agyagásványra) ható csúsztatófeszültség nagysága az aprítódó anyag reomechanikai tulajdonságaitól – a statikus folyáshatártól és a dinamikus viszkozitástól –, a görgő geometriai méreteitől és szögsebességétől, valamint az aprítandó szemcse görgő alatti részben elfoglalt pillanatnyi geometriai helyzetétől függ.

Az  $i$ -edik görgő palástfelületénél található szemcsékben ébredő – szemcsékre ható – csúsztatófeszültség alakulását az „ $Y_i$ ” tengely mentén a 2. ábra, míg a szemcséknek a görgő alatti részben elfoglalt pillanatnyi geometriai helyzetének függvényében, vagyis:

$$\tau = F(X_i, Y_i), \text{ [Pa]} \quad (12)$$

szerint a 3. ábra szemlélteti.

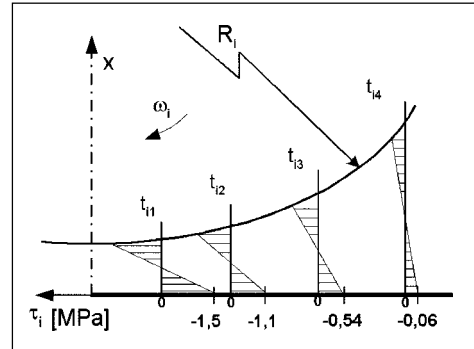


2. ábra. A KEMA 1800/S típusú kollerjártat  $i$ -edik görgője alatti részben aprítódó a görgő palástfelületétől  $t/4$  távolságra lévő szemcsében ébredő csúsztatófeszültség alakulása az „ $y_i$ ” tengely mentén,  $du/dx = 1,0 \text{ s}^{-1}$  deformációs sebességgradiens esetén, ha az agyagásvány dinamikus viszkozitása  $\eta_i = 10^3 \text{ Pas}$

A 2. ábrán jól látható, hogy a kollerjártat görgőjének palástfelületénél található szemcsékben ébredő  $\tau_{ig}$  csúsztatófeszültség a  $t_{oi}$  névleges rész méret kivételével minden esetben nagyobb a statikus folyáshatárnál, így a görgő átfogási szögéhez tartozó  $T_i$  rész méreténél is, vagyis:

$$\tau_{ig} \Big|_{t_i=T_i}^{t_i=t_{oi}} > \tau_o, \text{ [Pa]} \quad (13)$$

A (13) kifejezésből az is következik, hogy a kollerjártat görgőinek közvetlenül a palástfelületénél található bányanedves agyagásvány szemcséi már a görgők által gerjesztett csúsztatófeszültség hatására aprózódnak – függetlenül a görgők tömegétől és az általuk az aprítandó szemcsékben gerjesztett nyomófeszültségek nagyságától.



3. ábra. A kollerjártat  $i$ -edik görgője alatti részben aprítódó szemcsére ható (szemcsében ébredő) csúsztatófeszültség alakulása a szemcse részben elfoglalt geometriai helyzetétől függően, ha

$$\tau_o = \dots \text{Pa}, \eta = \dots \text{Pas}$$

A 3. ábrán jól látható, hogy minden egyes résszelvény közepén – vagyis ahol:

$$2x_i = t_i, \text{ [m]} \quad (14)$$

a görgő által az aprítandó masszában gerjesztett csúsztatófeszültség értéke megegyezik a massa statikus folyáshatárának feszültségével, vagyis:

$$\tau_{im} \Big|_{2x_i=t_i} = \tau_o, \text{ [Pa]} \quad (15)$$

Ugyanakkor a görgő alatti rész „képzetes középvonala” alatti térben az aprítandó szemcsére ható nyírófeszültségek (csúsztatófeszültségek) értéke sehol sem éri el a  $\tau_o$  értékét! Azaz:

$$\tau_{im} \Big|_{2x_i < t_i} = \tau_o, \text{ [Pa]} \quad (16)$$

Ebből arra következtethetünk, hogy a csúsztatófeszültség csak a görgők alatti rész „középvonala” feletti térben található szemcsék esetén az aprítás hajtóereje. Tekintettel azonban arra, hogy a kollerjártat görgőinek előrehaladásával a résznek ez a „képzetes” középvonala fokozatosan „elmozdul”  $0,5 t_{oi}$  irányába; következésképpen a bányanedves agyagásványok kollerjártatokon történő aprítódásának fő oka a nyíró- vagy csúsztatófeszültség!

#### 4. Az agyagban kollerjáraton történő aprításkor ébredő csúsztatófeszültséget biztosító erő meghatározása

Legyen a kollerjázat  $i$ -edik görgője alatti részben aprózódó agyagásványban ébredő csúsztatófeszültséget biztosító erő jele  $F_{\tau i}$ . Ez az erő az

$$F_{\tau i} = \int_{A_i} \tau_i dA_i, \quad [\text{N}] \quad (17)$$

integrállal határozható meg, ahol az  $L_i$  szélességű görgő palástjának elemi felülete a

$$dA_i = L_i ds_i, \quad [\text{m}^2] \quad (18)$$

összefüggés szerint írható le.

A  $ds_i$  elemi ívhossz a 4. ábra segítségével határozható meg a következők szerint:

$$ds_i = R_i d\alpha_i, \quad [\text{m}] \quad (19)$$

A (19) kifejezést (18)-ba beírva, majd az így kapott összefüggést (17)-be behelyettesítve a kollerjázat  $i$ -edik görgője alatti részben aprózódó agyagásványban ébredő csúsztatófeszültséget biztosító erőre adódik, hogy:

$$F_{\tau i} = \int_{\alpha_i=0}^{\alpha_{oi}} \tau_i L_i R_i d\alpha_i, \quad [\text{N}] \quad (20)$$

ahol:  $\alpha_{oi}$  – az  $i$ -edik görgő átfogási (behúzási) szöge, [fok].

Mielőtt a (20)-ba  $\tau_i$  helyére a (11) kifejezést beíránk, célszerű  $d\alpha_i$  „értékét” a 4. ábra segítségével meghatározni az alábbiak szerint:

$$dt_i = ds_i \cdot \sin \alpha_i = R_i \cdot \sin \alpha_i \cdot d\alpha_i, \quad [\text{m}] \quad (21)$$

ahonnan:

$$d\alpha_i = \frac{dt_i}{R_i \cdot \sin \alpha_i}, \quad [\text{fok}] \quad (22)$$

A megfelelő trigonometriai műveletek és Pythagoras-tételéből adódik, hogy:

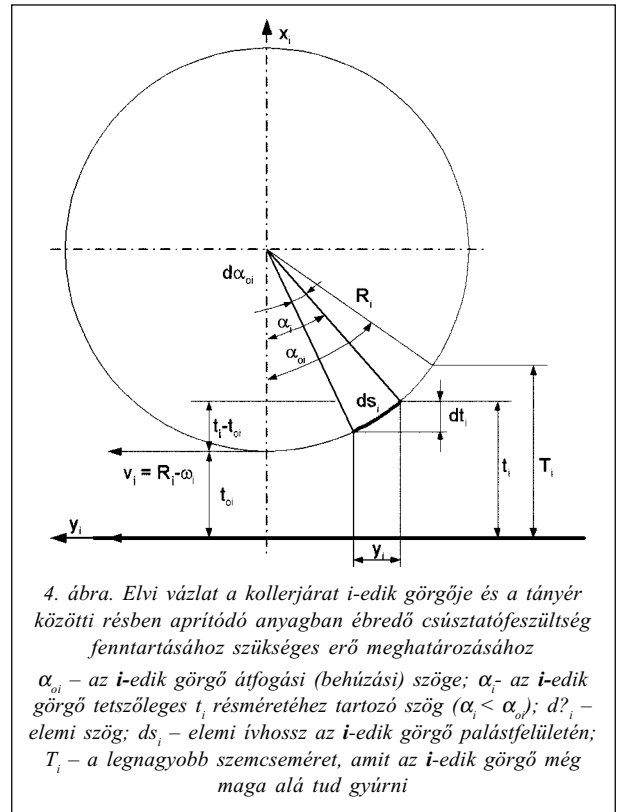
$$d\alpha_i = \frac{dt_i}{\sqrt{t_i - t_{oi}} \cdot \sqrt{2R_i - (t_i - t_{oi})}}, \quad [\text{fok}] \quad (23)$$

Tekintettel arra, hogy:

$$2R_i \gg (t_i - t_{oi}), \quad [\text{m}] \quad (24)$$

a (23) kifejezés a következő alakban is felírható:

$$d\alpha_i = \frac{dt_i}{\sqrt{t_i - t_{oi}} \cdot \sqrt{2R_i}}, \quad [\text{fok}] \quad (25)$$



A (11) és (25) kifejezések (20)-ba történő behelyettesítésével a kollerjárat *i*-edik görgője alatti részben a csúszatófeszültséget biztosító erőre az

$$F_{\tau_i} = \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \left[ \tau_o + 6\eta_i \omega_i R_i \frac{t_i - t_{oi}}{t_i^3} (2x_i - t_i) \right] L_i R_i \frac{dt_i}{\sqrt{t_i - t_{oi}} \cdot \sqrt{2R_i}}, \quad [\text{N}] \quad (26)$$

összefüggés adódik, ahol  $T_i$  – az átfogási szöghöz tartozó résméret.

Miután ezt az erőt a kollerjáratnak a görgő középpontjától  $R_i$  távolságra levő palástfelületen kell kifejeznie a (26) kifejezésben szereplő  $x_i$  értékére, igaz, hogy:

$$x_i = t_i, \quad [\text{m}] \quad (27)$$

így a megfelelő matematikai műveletek után (26) az alábbiak szerint írható fel:

$$F_{\tau_i} = \frac{1}{2} \cdot \tau_o L_i \sqrt{2R_i} \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \frac{dt_i}{\sqrt{t_i - t_{oi}}} + 3\eta_i \omega_i L_i \sqrt{2R_i^3} \int_{t_i=t_{oi}}^{T_i} \frac{\sqrt{t_i - t_{oi}}}{t_i^2} dt_i, \quad [\text{N}] \quad (28)$$

A (28) kifejezés megoldásával a kollerjárat *i*-edik görgője alatti részben aprózódó anyagban (agyagásványban) ébredő csúszatófeszültséget biztosító erőre az:

$$F_{\tau_i} = \tau_o \cdot L_i \sqrt{2R_i} \sqrt{T_i - t_{oi}} + 3\eta_i \omega_i L_i \sqrt{2R_i^3} \frac{1}{\sqrt{t_{oi}}} \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - 3\eta_i \omega_i L_i \sqrt{2R_i^3} \frac{\sqrt{T_i - t_{oi}}}{T_i}, \quad [\text{N}] \quad (29)$$

összefüggés adódik, ahol:

- $\tau_o$  – az aprítandó képlékeny-viszkorugalmas anyag statikus folyáshatára, Pa;
- $\eta_i$  – az aprítandó massa dinamikus viszkozitása a kollerjárat *i*-edik görgője alatti részben, Pas;
- $\omega_i$  – a kollerjárat *i*-edik görgőjének szögsebessége, s;
- $L_i$  – az *i*-edik görgő palástfelületének szélessége, m;
- $R_i$  – az *i*-edik görgő sugara, m;
- $T_i$  – legnagyobb szemcse nagyság, vagy aprításra feladott anyag „szalagvastagsága”, m;
- $t_{oi}$  – az *i*-edik görgő alatti rész névleges mérete (az aprított anyag szalagvastagsága a kollerjáraton *i*-edik görgőjének átgördülése után), m.

Amikor a kollerjáratra egyenletes az anyagfeladás és az aprított anyag elvétele, ideális esetben – amikor egyetlen rétegben történik az anyagfeladás és az aprítandó szemcseméret  $d_{ai}$  megegyezik a feladott „agyagszalag” vastagságával, vagyis:

$$d_{ai} = T_i, \quad [\text{m}] \quad (30)$$

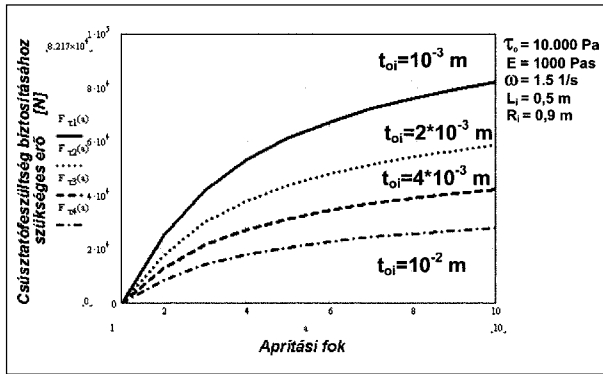
akkor az aprítási fok:

$$a = \frac{T_i}{t_{oi}} \quad (31)$$

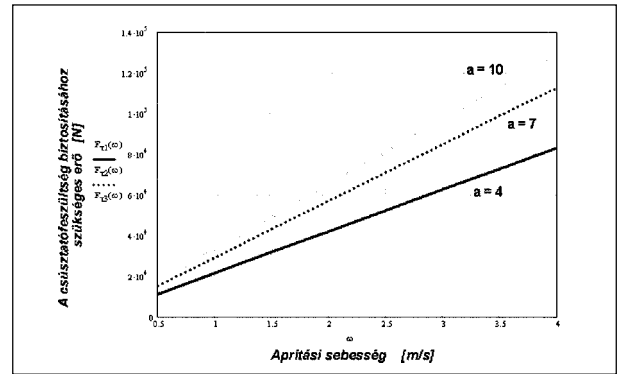
Ebben az esetben a (29) kifejezés az aprítási fok függvényében az alábbiak szerint írható át:

$$F_{\tau_i} = \tau_o L_i \sqrt{2R_i t_{oi} (a - 1)} + 3\eta_i \omega_i L_i \sqrt{\frac{2R_i^3}{t_{oi}}} \cdot \arctg \sqrt{a - 1} - 3\eta_i \omega_i L_i \sqrt{2R_i^3} \frac{\sqrt{a - 1}}{a \sqrt{t_{oi}}}, \quad [\text{N}] \quad (32)$$

A csúszatófeszültséget biztosító erőt az aprítási fok ( $T_i/t_{oi}$ ) függvényében az 5. ábra, míg az aprítási sebesség (a görgő haladási sebessége  $v_i = \omega_i R_i$ ) függvényében a 6. ábra szemlélteti.



5. ábra. A csúszatófeszültséget biztosító erő alakulása az aprítási fok függvényében



6. ábra. A csúszatófeszültséget biztosító erő alakulása az aprítási sebesség függvényében

A (29) és (32) összefüggések, valamint a belőlük szerkesztett ábrák jól mutatják, hogy a görgő és a tányér közötti résen átgúródó képlékeny-viszkoelasztikus masszában aprításkor ébredő csúszatófeszültségek biztosításához szükséges erők elsősorban:

- a bányanedves agyagásvány fikai-mechanikai tulajdonságaitól ( $\tau_o$ ) és reológiai paramétereitől ( $\eta_i$ ),
- az alakítás mértékétől, az aprítási foktól ( $a$ ),
- az aprítási sebességtől ( $\omega_i R_i$ ),
- a feladott „agyagszalag” vastagságától ( $T_i$ ),
- valamint a kollerjárat konstrukciós kialakításától, a görgők paramétereitől ( $L_i$ ,  $R_i$  és  $t_{oi}$ ) függenek.

Ugyanakkor az ábrákból az is jól látható, hogy ez az erő nem növekszik lineárisan sem az aprítási fok ( $a$ ), sem az aprítási sebesség ( $\omega_i R_i$ ) növekedésével. Ez a bányanedves agyagásványok dinamikus viszkozitásának (4) kifejezés szerinti tulajdonságaival magyarázható, mivel a bányanedves agyagásványok dinamikus viszkozitása intenzíven csökken a deformációs sebességgradiens növekedésével.

## 5. Az aprítást biztosító csúszatófeszültség energiaigénye és az ebből származó teljesítményszükséglet

A kollerjárat  $i$ -edik görgője által az aprítandó masszában gerjesztett – az aprítást elősegítő – csúszatófeszültségek biztosításához szükséges technológiai energiaigény mint **erő-út** szorzat határozható meg. Vagyis:

$$W_{\tau i} = F_{\tau i} R_i, \quad [\text{Nm}] \quad (33)$$

A (29) kifejezés felhasználásával az aprítást biztosító csúszatófeszültség technológiai energiaigénye az  $i$ -edik görgőn a:

$$W_{\tau i} = \tau_o L_i R_i \sqrt{2R_i} \cdot \sqrt{T_i - t_{oi}} + 3\eta_i \omega_i L_i R_i^2 \frac{\sqrt{2R_i}}{\sqrt{t_{oi}}} \cdot \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - 3\eta_i \omega_i L_i R_i^2 \sqrt{2R_i} \frac{\sqrt{T_i - t_{oi}}}{T_i}; \quad [\text{Nm}] \quad (34)$$

összefüggés alapján határozható meg.

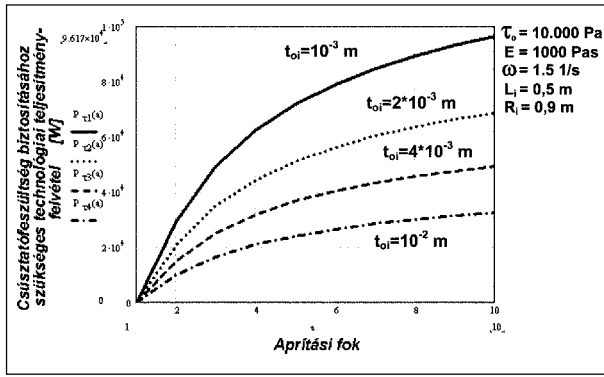
Ugyanez megadható az aprítási fok függvényében is a (32) kifejezés felhasználásával:

$$W_{\tau ia} = \tau_o L_i R_i \sqrt{2R_i t_{oi}} \cdot \sqrt{a-1} + 3\eta_i \omega_i L_i R_i^2 \frac{\sqrt{2R_i}}{\sqrt{t_{oi}}} \cdot \arctg \sqrt{a-1} - 3\eta_i \omega_i L_i R_i^2 \sqrt{2R_i} \frac{\sqrt{a-1}}{a_i \sqrt{t_{oi}}}, \quad [\text{Nm}] \quad (35)$$

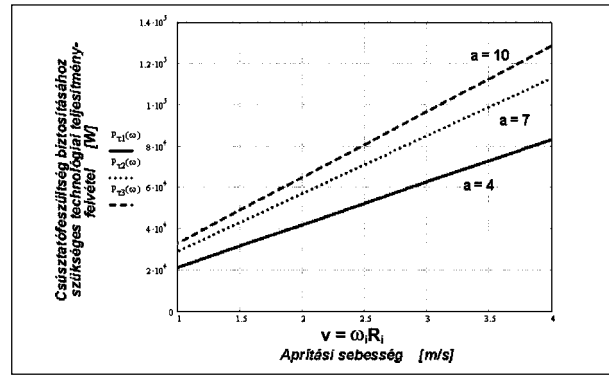
Az aprítandó anyagban (masszában) gerjesztett – az aprítást elősegítő – csúszatófeszültség biztosításához szükséges összes technológiai energiaigény a

$$W_{\tau} = \sum_{i=1}^N W_{\tau i}; \quad [\text{Nm}] \quad (36)$$

összefüggés alapján határozható meg, ahol  $N$  – a görgők száma.



7. ábra. A csúsztatófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétel az aprítási fok függvényében



8. ábra. A csúsztatófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétel az aprítási sebesség függvényében

Hasonlóan könnyű belátni azt is, hogy a kollerjárt  $i$ -edik görgője által az aprítandó masszában gerjesztett csúsztatófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítményfelvétel mint erő-sebesség szorzat határozható meg, vagyis:

$$P_{\tau_i} = F_{\tau_i}(\omega_i R_i), \quad [W] \quad (37)$$

A (29) kifejezés felhasználásával a csúsztatófeszültség biztosításához az  $i$ -edik görgő technológiai teljesítményfelvétele a

$$P_{\tau_i} = \tau_o \omega_i L_i R_i \sqrt{2R_i} \sqrt{T_i - t_{oi}} + 3\eta_i \omega_i^2 L_i R_i^2 \cdot \frac{\sqrt{2R_i}}{\sqrt{t_{oi}}} \arctg \sqrt{\frac{T_i - t_{oi}}{t_{oi}}} - 3\eta_i \omega_i^2 L_i R_i^2 \sqrt{2R_i} \frac{\sqrt{T_i - t_{oi}}}{T_i}, \quad [W] \quad (38)$$

összefüggés alapján számítható ki.

Ugyanez az aprítási fok függvényében a (32) kifejezés felhasználásával határozható meg az alábbiak szerint:

$$P_{\tau_i} = \tau_o \omega_i L_i R_i \sqrt{2R_i t_{oi}} \cdot \sqrt{a-1} + 3\eta_i \omega_i^2 L_i R_i^2 \sqrt{\frac{2R_i}{t_{oi}}} \arctg \sqrt{a-1} - 3\eta_i \omega_i^2 L_i R_i^2 \sqrt{2R_i} \frac{\sqrt{a-1}}{a\sqrt{t_{oi}}}, \quad [W] \quad (39)$$

A kollerjárt  $i$ -edik görgőjének a csúsztatófeszültség biztosításához szükséges technológiai teljesítmény felvételét a 7. ábra az aprítási fok, a 8. ábra pedig az aprítási sebesség függvényében szemlélteti.

A csúsztatófeszültség biztosításához a kollerjártoknak összesen:

$$P_{\tau} = \sum_{i=1}^N P_{\tau_i}, \quad [W] \quad (40)$$

technológiai teljesítményfelvételre van szüksége, ahol:  $N$  – a görgők száma.

## 6. Eredmények összegzése

Mind a (34) és (35) kifejezésekből, mind a (38) és (39) összefüggésekből jól látható, hogy a kollerjárt tetszőleges  $i$ -edik görgője és a tányér közötti résben aprózódó képlékeny-viszkorugalmas anyagban (agvagásványokban) ébredő, az aprítódást elősegítő csúsztatófeszültségek biztosításához szükséges *energiaigény* és *technológiai teljesítményfelvétel* nagysága – értéke – az alábbiaktól függ:

- az aprítandó anyag reomechanikai tulajdonságaitól – a  $\tau_o$  statikus folyáshatártól és az  $\eta_i$  dinamikus viszkozitástól;
- a feladott anyag  $T_i$  „szalagvastagságától”, valamint a realizált  $a_i$  aprítási foktól;
- a kollerjárt konstrukciós kialakításától, az alkalmazott görgők  $L_i$ ,  $R_i$  és  $t_{oi}$  geometriai méretétől, valamint  $\omega_i$  szögsebességeitől. A görgők tömegét természetesen úgy kell megválasztani, hogy a tányér és görgő közötti résben található anyag aprításához szükséges – aprítódáskor a masszában ébredő – mechanikai feszültségek létrehozására alkalmas legyen.

Az elméleti összefüggéseket – a csúsztatófeszültség és a nyíróigénybevétel jelentőségét a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéken található laboratóriumi görgőjáraton végzett méréseink igazolták a bányanedves agvagásványokon túl még az olyan nem képlékeny-viszkorugalmas anyagok esetén is, mint a nagy tisztaságú kvarchomok vagy az alumínium-oxid atomizerporok.



# SZILIKÁTTECHNIKA

## Szilika tűzálló anyagok használata üvegolvasztó kemencékben Gyártás, mineralógia és alkalmazás közbeni viselkedés

F. Brunk

Dr. C. Otto Feuerfest GmbH, Bochum



1. ábra. Dr. C. Otto Feuerfest GmbH

### 1. Bevezetés

Az 1872-ben alapított és jelenleg a Preussag csoporthoz tartozó Dr. C. Otto Feuerfest GmbH évi 130 000 tonna jó minőségű,  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{ZrO}_2$ - $\text{MgO}$  összetételű tűzálló terméket állít elő Bochum-Dahlhausenben, Arloffban (Köln és Aachen között) és Breitscheidben (Köln és Frankfurt között) található gyáraiban. A Dr. C. Otto Feuerfest<sup>1</sup> 1994 óta a DIN ISO 9001 szerint minősített vállalat.

A társaság bochumi telepe Nyugat-Európa legnagyobb szilikaüzeme: havi háromezer tonna szilikátégla-gyártó kapacitással rendelkezik. Nem utolsósorban rendkívüli gyártásbeli rugalmasságának köszönhetően a Dr. C. Otto Feuerfest GmbH különféle téglatípusok és habarcsok széles körét ajánlja a felhasználó igényeinek megfelelően.

A tömör szilika idomtégla általában több mint 93%-ban  $\text{SiO}_2$ -ot tartalmaz. Az üvegolvasztó kemencékben használt téglák esetében (elsősorban mésznátronüveg gyártásánál) a  $\text{SiO}_2$ -tartalom 95% fölött van. A megkülönböztető kritérium a folyósítószer ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  és alkáliák) mennyisége és a

mésztartalom (CaO). A szilikátégla ideális termomechanikai tulajdonságokkal rendelkezik azon hőmérséklet-tartományokban, amelyek alapvető fontosságúak az ipari üvegyártásban. Használják továbbá azért is, mert kicsi a meghibásodási aránya és kedvező a költsége.

A hőveszteség csökkentése érdekében a kemenceboltozatokat könnyű szilikátéglával ( $\text{SiO}_2$ -tartalom  $\geq 91\%$ , teljes porozitás  $> 45\%$ ) bélelik. Olvasztva öntött szilika idomtéglat főleg a keverékadagoló zónában használnak a hőárnyékoló falaknál, de használják melegjavításnál is. A szilikátéglákat alkalmazástól függően különféle típusú habarcsokkal rögzítik. A boltozat gázzáró lekenéséhez, a dilatációs hézagokhoz, melegjavításnál vagy a kemenceboltozat hőszigeteléséhez különféle masszákat használnak.

### 2. Tömör kristályos szilikátéglák

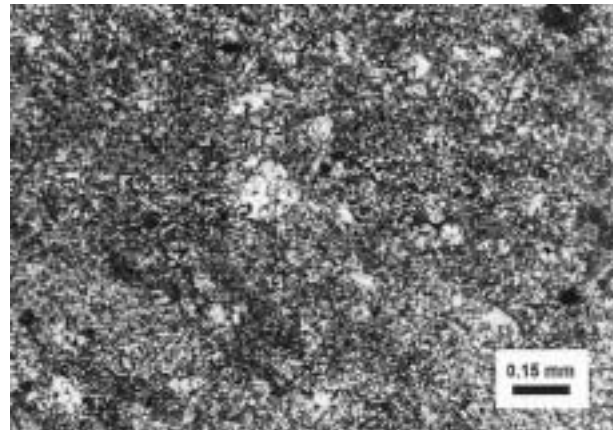
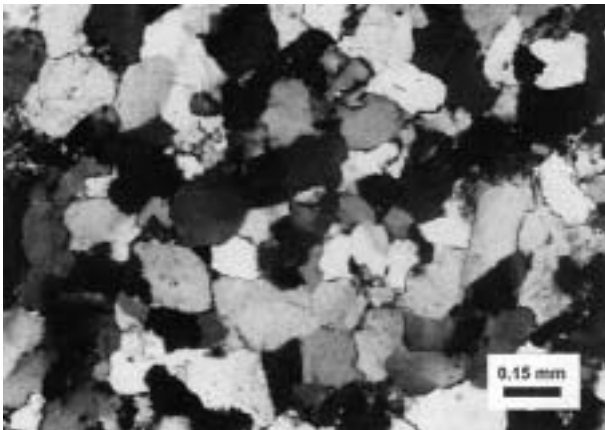
#### 2.1. Gyártás

A szilikátéglák gyártása a tűzállóanyag-iparban szokásos általános műveleti lépések szerint zajlik, vagyis előkészítés, formázás, szárítás, kiégetés...

Az ipari téglagyártásban a legfőbb **alanyagok** a világ minden részén a természetes, jó minőségű kvarcitok, melyek  $\text{SiO}_2$ -tartalma 97% fölött van. Az elsődleges megkülönböztetést a durvakristályos, nem cementálódott kvarcit és a finomkristályos (kriptokristályos) kvarcit között tehetjük (2. ábra). A további szilikátégla-jellemzők ezzel összefüggésben kerülnek meghatározásra. A kvarcit ásványtani szempontból  $\beta$ -kvarcból (az  $\text{SiO}_2$  kis hőmérsékletű módosulásából) áll, a szilikátégla pedig elsősorban tridimitet és krisztobalitet tartalmaz.

Az átmosott, őrölt kvarcitokhoz, melyeket meghatározott szemcsefrakció szerint osztályozták (szemcseméret

<sup>1</sup> A Feuerfest tűzállót jelent.



2. ábra. A durvakristályos és a finomkristályos kvarcit mikroszkópos képe (keresztezett nikoloknál)

< 4 mm), a vízen, valamint a préselésnél adalékanyagként használt kis mennyiségű szulfitoldaton kívül (~0,5–1,5%) kötőanyagként mintegy 1–4%-nyi oltott meszet  $\text{Ca(OH)}_2$ , valamint a kvarc átalakulását segítő mineralizátort adagolnak keverés közben. A CaO 600 °C fölött reakcióba lép az  $\text{SiO}_2$ -dal, és közbenső fázisokon keresztül mintegy 1000 °C-on pszeudowollastonitá ( $\alpha\text{-CaSiO}_3$ ) alakul, a kötőfázis összetevőjeként. Ez jelentősen befolyásolja az égetett szilikátégla szilárdságát, miközben nem csökkenti észrevehetően tűzálló képességét. A kvarc átalakulását vas-oxid adalékkal ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1,5\%$ ) is segíteni lehet. A szilikátégla-gyártásban tiszta kvarchomokot is használnak az alapanyag részeként.

Az előkészített összesülő masszát hidraulikus préselen formázzák (fajlagos préselési erő kb. 80–100 MPa). A nagy homogenitással és méretpontossággal rendelkező préselt nyers darabokat az öntőforma egyenletes kiöntésével, valamint speciális préselési technológia alkalmazásával nyerik. A nagyon komplikált alakú, illetve nagyon kis szériában készülő téglákat gazdasági megfontolásokból a mai napig kézzel döngölik. A kifejezetten kézi döngölésre kifejlesztett keverék, valamint a nagy tapasztalattal rendelkező szakmunkások alkalmazása garantálja, hogy az elérhető téglajellemzők egyenrangúak legyenek a mechanikusan préselt téglákéval.

A nem szárított téglák mechanikai szempontból rendkívül érzékenyek, ezért nagyon gondosan kell velük bánni.

A **szilikátégla-égetés** kb. 1420–1480 °C közötti hőmérsékleten történik. Ez a folyamat legbonyolultabb lépése. A nyersanyagban található  $\beta$ -kvarc kiégetés közben irreverzibilisen krisztobalittá és tridimitté alakul. Az  $\text{SiO}_2$  polimorf viselkedésének köszönhetően a folyamat nagy változásokkal jár az anyagban (1. táblázat). A tömör szilikátégla az égetés folyamán ennek következtében mintegy 4-5%-os lineáris növekedést mutatnak, és a szerkezetük is ennek megfelelően megváltozik. Emiatt a szilikátéglaakat óvatosan kell égetni, hogy el lehessen kerülni a megrepedésüket, főként nagy idomok esetében. A kiégetendő idom függvényében az égetés 1–3 hétig

1. táblázat

**A  $\text{SiO}_2$  módosulása és térfogatváltozása**

Módosulás ↔ reverzibilis → irreverzibilis	Átalakulási hőmérséklet, °C	Térfogatvált., %
$\beta \leftrightarrow \alpha$ -kvarc	573	0,8–1,3
$\alpha$ -kvarc → $\alpha$ -krisztobalit	1250 (≈ 1050*)	17,4
$\beta \leftrightarrow \alpha$ -krisztobalit	≈ 260	2–2,8
$\alpha$ -kvarc → $\alpha$ -tridimit*	≈ 870	14,4
$\gamma \leftrightarrow \beta \leftrightarrow \alpha$ -tridimit*	117–163	0,5
$\alpha$ -tridimit → $\alpha$ -krisztobalit*	1470	0
$\alpha$ -krisztobalit → olvadék	1713 ± 10	–
$\alpha$ -tridimit → olvadék**	1670 ± 10	–
öntött szilika → $\alpha$ -krisztobalit	± 1150 fölött*	0,9

\* szennyező anyagok jelenlétében, \*\*gyors hevítésnél

tart. Ahhoz, hogy megérthessük a későbbi használat közbeni viselkedést, ismernünk kell bizonyos részleteket a téglá ásványi összetevőinek kialakulási és stabilitási kritériumairól.

Tridimit csak szennyezőanyagok jelenlétében jön létre. Képződése már a krisztobalitinál alacsonyabb hőmérsékleten megkezdődik (~870 °C és ~1250 °C). Az égetés közben uralkodó körülmények mellett (hőmérsékleti görbe) a kvarcátalakulás sebessége elsősorban a használt kvarcit típusától (a cementálódott kvarcitok gyorsabban alakulnak át, mint a nem cementálódottak), valamint a természetes nyersanyagban található szennyeződések típusától, mennyiségétől és megoszlásától függ. Az alkalmazott égetési feltételek függvényében a stabil fázist a tridimit képviseli. A kiégetett téglák azonban nagyrészt krisztobalitból állnak, mert a kvarc krisztobalittá való átalakulásának sebessége nagyobb, mint a tridimitté történőé. Az utóbbi képződését a hosszú égetési idő és a mineralizátorok jelenléte segíti elő. A tridimit és krisztobalit  $\text{SiO}_2$ -módosulatok mellett a szilikátégla kis mennyiségben nem átalakult  $\beta$ -kvarcot (ún. maradvány vagy reziduális kvarcot) is tartalmaznak.

Ahhoz, hogy biztosítható legyen az egyenletes átalakulás (tridimit/krisztobalit arány, reziduális kvarctartalom), az égetési ciklusokat és a töltőanyagokat össze kell hangolni a termék formájával. A pontos égetési hőmérséklet-szabályozás és folyamatirányítás mellett homogén hőmérséklet-megoszlásra kell törekedni a megszilárduló keresztmetszet egészében. Elengedhetetlen a félkész és a késztermékek gondos ellenőrzése.

## 2.2. A szilikatégla ásványi összetételétől függő jellemzői

Az új üvegyipari kemencék bélelésére használt szilikatéglák ásványi összetételében átlagosan 35–50% a tridimit, 40–65% a krisztobalit, 4–8% a röntgen-amorf fázis (elsősorban rendezetlen  $\text{SiO}_2$ -fázisok), és mintegy 5% a pszeudowollastonit ( $\alpha\text{-CaSiO}_3$ ) részaránya, továbbá található bennük valamennyi maradék kvarc is.

Gyakran félreértések adódnak a maradék kvarctartalommal kapcsolatban. Mekkora lehet annak maximális részaránya<sup>2</sup>, ha el akarjuk kerülni az üzemi körülmények között kb. 1300 °C fölött jelentkező kritikus utótágulást? Egyes téglagyártók azon a véleményen vannak, hogy a 0% felé tendáló maradék kvarctartalom abszolút szükséges olyan munkahőmérsékleten, amely közel van a téglák állandó terhelési határához. Ez a kijelentés csak részben igaz, így fontosságára való tekintettel részletesen is foglalkozunk vele. Neves szilikatégla-gyártó cégekkel együtt végzett kiterjedt vizsgálatok egyértelműen bizonyították, hogy a maradék kvarc irreverzibilis utótágu-

lásra gyakorolt hatása a használt kvarcit nyersanyag típusától függ. Azonos maradék kvarctartalmat feltételezve a finomkristályos kvarcitoknál megjelenő utótágulás sokkal nagyobb, mint a durvakristályos nyersanyagbázis esetében (3. ábra). Következésképpen, a maradék kvarctartalomtól függő értékelést kell végezni. Amennyiben az üvegyipari kemencékben alkalmazott téglák gyártásához durvakristályos kvarcitot használnak, nagyobb – de meghatározott maximumot meg nem haladó – maradék kvarctartalom is teljesen megengedett (javasolt max. arány: 3%). Ezt a kijelentést számos, a gyakorlatban szerzett tapasztalat is alátámasztja. Az üveglasztó kemencék boltozatának felhevítésekor a téglák anyagszerkezetében található pórusoknak elegendő idejük van arra, hogy tökéletesen kompenzálják azt a nagyon kicsi térfogat-növekedést, amit a maradék kvarc átalakulása okoz. Ez a viselkedés pozitív befolyást gyakorol a boltozat tömitettségére.

Nyilvánvaló, hogy meghatározott maradék kvarctartalmú téglát (keverékösszetétel és égetési technológia szempontjából) nehezebb gyártani, mint ún. „erősen vagy teljesen kiégetett” téglát, amely majdnem teljesen mentes a maradék kvarctól. Megemlítendő, hogy a *Dr. C. Otto Feuerfest* képes olyan téglák gyártására, ahol a maradék kvarctartalom a megrendelő igényei szerint szabályozzák.

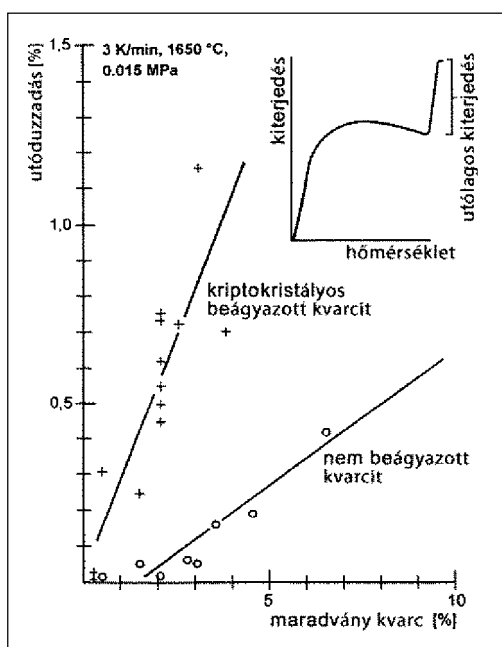
2. táblázat

Szilikatégla-márkák jellemzői

Jellemző	Egység	GEH	GES	GC
$\text{SiO}_2$	%	96	96,7	97
Folyási tényező*	%	0,85	0,45	0,85
CaO	%	2,3	2,5	1,0
Látsz. porozitás	%	21	20	21
C.C.S.	MPa	32	40	32
R.U.L. <sub>ta</sub>	°C	1690	1695	1680
Hőtágulás 1000 °C-on	%	1,35	1,45	1,5

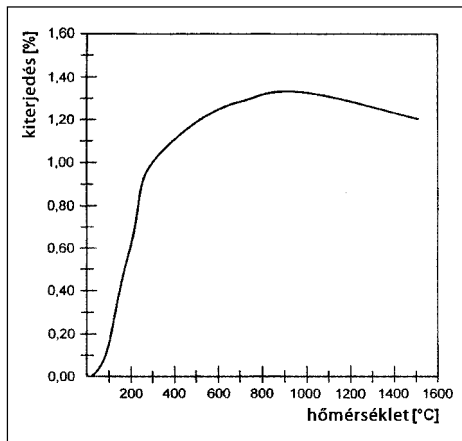
\* ASTM:  $\text{Al}_2\text{O}_3 / 2(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$

A 2. táblázat egyes, a *Dr. C. Otto Feuerfest* által gyártott szilikatéglák jellemző értékeit mutatja be. Hevítéskor kb. 600 °C-ig a kristályos szilikatégla erős tágulást mutat (4. ábra). A max. tágulási értéket, amely kb. 1,2% (sok) tridimit, ill. akár 1,5% (sok) krisztobalit, 800–1000 °C között érik el. Ennél nagyobb hőmérsékleteken reverzibilis negatív tágulás lép fel, melynek oka a tridimit rácsszerkezetének összehúzódása. Mivel a szilikatéglák hőtágulás-változása nagyon kicsi, különlegesen jól ellenállnak a 600 °C fölötti ciklikus hőmérséklet-változásoknak. Kisebb hőmérsékleten megfelelő gondosság szükséges a repedés elkerüléséhez. Ezért a kemencéket szabályozottan, lassan kell felfűteni, hogy a későbbi károsodásoknak elejét vehessük (pl. túl széles dilatációs hézagok, vagy elősszenyomódás üvegyipari kemencék boltozatánál).



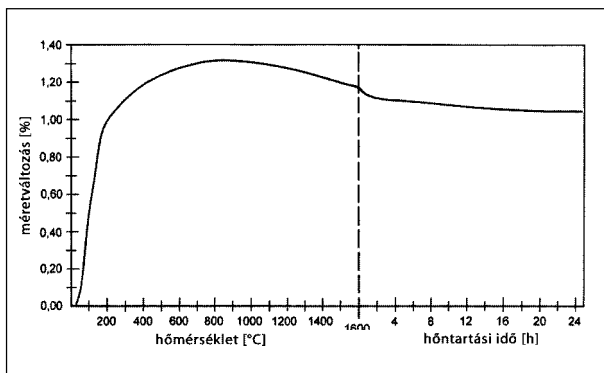
3. ábra. Különböző szilikatéglák utóduzzadása a maradvány kvarc mennyiségének függvényében

<sup>2</sup> A teljes fajlagos tömörség mérését a maradék kvarc röntgendiffraktométeres meghatározása váltotta fel.



4. ábra. Szilikatéglák hőtágulása  
5 K/min felfűtési sebességnél

A szilikatéglát nem csupán a nagyszerű termomechanikai jellemzők miatt használják üvegipari kemencékben 1300–1650 °C között. A szilikatégla kiváló terhelés alatti lágyulási tulajdonságokkal rendelkezik a nagy hőmérsékletű tartományokban (5. ábra). Ennek oka a nagyon kis mennyiségű olvadék-fázis.



5. ábra. Üvegolvasztó kemencéhez használt szilikatégla terhelés alatti csúszása 1600 °C teszhőmérsékleten, 0,2 MPa terhelésnél, 5 K/min felfűtési sebességnél, hűtési idő 25 h

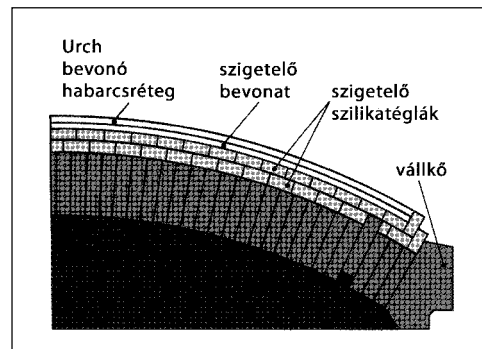
### 3. Szilika szigetelőtéglák, gyártásuk és jellemzőik

A könnyű szilikatéglák klasszikus alkalmazási területe az üvegolvasztó kemencék boltozatának hőszigetelése. A gyártás folyamán a szilika alapanyagokhoz keverés közben meghatározott százalékban pórusképző éghető anyagokat (finoman őrölt fűrészpórt vagy kokszot) adagolnak. Így akár 72%-os porozitású téglát is lehet gyártani. A kvarchomok és az őrölt kvarcit mellett  $\text{SiO}_2$  forrásként esetenként régi őrölt szilikatéglát is használnak. Köötanyagként mésztej is alkalmazható (~ 3,5–4,5%). A standard idomokat mechanikusan formázzák alacsony nyomáson. Az égetési hőmérséklet ugyanannyi, mint a tömör szilikatéglák

Hőszigetelő szilikatéglák jellemzői

Jellemző	Egység	OFL Si 8	OFL Si 6
$\text{SiO}_2$	%	92,5	92
$\text{Al}_2\text{O}_3$	%	1,8	1,5
CaO	%	4,0	5,2
Térfogatsűrűség	$\text{g/cm}^3$	0,84	0,64
C.C.S.	MPa	4,5	1,1
Alkalmazási hőmérséklet határa	°C	1600	1600
Hővezetés 1000 °C-on	$\text{W/(m}\cdot\text{K)}$	0,55	0,45

esetében. A keverék összetételétől függően az 1–2,5%-os lineáris hőtágulás az égetés során kisebb, mint a tömör téglák esetében a pórusok nagyobb összehúzódásának köszönhetően. A maradék kvarctartalom általában jóval 1% alatt van. A fő ásványi összetevők a tridimit és krisztobalit, míg a röntgen-amorf fázistartalom kissé nagyobb, mint a tömör téglák esetében. A maximális hőtágulás 1,2–1,3%. A hőszigetelés fokozása érdekében különleges, egészen kis térfogat-sűrűségű hőszigetelő téglák alkalmazása célszerű (3. táblázat). OFL Si 6-os téglák használatával ugyanazt a hőszigetelést egy sor téglával is el lehet érni (6. ábra).



6. ábra. Üvegolvasztó kemenceboltozat szigetelése, kétrétegű boltozat, speciális hőszigetelő szilikatéglákkal (térfogattömeg 0,64  $\text{g/cm}^3$ )

### 4. Öntött szilikatéglák, gyártásuk és különleges jellemzőik

Az öntött szilika üvegesen megszilárdult  $\text{SiO}_2$ . Tiszta kvarchomok ( $\text{SiO}_2 > 99,5\%$ ) elektromos olvasztásával gyártják 1800–2000 °C-on, majd gyorsan lehűtik. Tűzálló szilikatermék-nyersanyagok jellemző sajátossága a különlegesen kis hőtágulási együttható, kb.  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Ezért az öntött szilika nem reped meg a nagy vagy hirtelen hőmérséklet-változás hatására.

Az akár 2 m hosszú kompakt öntött idomokat vagy téglákat olvasztott nyersblokkokból vágással és köszörüléssel vagy marással, gyémánt+eszközök használatával gyártják. Jellemzőjük a nyitott pórusok nélküli tö-

mőr szerkezet (elméleti tömörségük akár 97%-ig is terjedhet). A nagy idomtéglat a kis alkálitartalmú vagy alkálimentes, nagy SiO<sub>2</sub>-tartalmú üveglvadékok esetén használják (pl. bórszilikátüvegeknél), 1470 °C fölötti hőmérsékleten. Használat folyamán az öntött szilika 1200 °C fölött először krisztobalittá alakul. Idővel a szilika reagál idegen anyagokkal, ~ 1470 °C alatti hőmérsékleten megindul a krisztobalit tridimitté alakulása. Nagyobb hőmérsékleteken krisztobalit a SiO<sub>2</sub> stabilis módosulata. Ezért, ha a téglát változó hőmérsékleten használják, helyi szerkezeti változások indulnak meg. Ha a terhelés alatti fel-fűtés túl gyors, a tökéletlen krisztobalitalakulás miatt 1350 °C körül lágyulás léphet fel. Az öntött Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-tartalmú anyagokkal való összehasonlításban az öntött szilika könnyebben feltárodik üveglvadék hatására. Miután krisztobalittá vagy tridimitté alakult, az öntött szilikatermék elveszti előnyös jellemzőit.

Kerámiagyártás esetében a speciális kötőanyagokat tartalmazó, szemcsés, öntött szilikamasszákat uniaxiális vagy izosztikus sajtolással, ill. iszapöntéssel formázzák. Az utóbbit elsősorban bonyolultabb idomok előállításánál használják (pl. öblösüveggyártásban csatornához és gyűrűkhöz, síküveg esetében tolórudakhoz és görgőkhöz). Iszapöntésnél a ~ 90%-os szilárdanyag-tartalmú (deflokkulánsok adagolásával) meghatározott viszkozitású iszapot a kívánt formájú porózus öntőformába öntik (idomtól függő megszilárdulási idő: néhány órától néhány hétig). A kiszáradt öntvények nagy nyersszilárdsággal rendelkeznek, így végső méretük vágással és fúrással alakítható ki. A szilárdságot 1100 °C alatti hőmérsékleten történő égetéssel növelik (lineáris égetési zsugorodás 0,05%).

4. táblázat

Öntött szilikatéglá jellemző adatai

Jellemző	Egység	Q 98 X
SiO <sub>2</sub>	%	97–98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1,5
Látszólagos porozitás	%	21
C.C.S.	MPa	20
R.U.L. <sub>ta</sub>	°C	1680*
Reverzibilis hőtágulás 1000 °C-on	%	< 0,2

\* > 1000 °C visszakristályosodás krisztobalittá

A téglák kerámiái formázása általában uniaxiális (mechanikus vagy manuális) sajtolással vagy vibrációs öntéssel történik. Vegyi vagy hidraulikus kötőanyagként P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- vagy CaO-tartalmú adalékokat használnak (tartalmuk a keverékben 1–7,5%). A nyers darabokat szükség esetén 150–1000 °C közötti hőmérsékleten hőkezelik, hogy a szilárdságukat növeljék és eltávolítsák a hidratációs vizet. Ezeket a téglákat pl. a doghouse-nál használják hőárnyékoló falakhoz, vagy pl. melegjavitásnál alkalmazzák őket. A Dr. C. Otto foszfáttal kötött, öntött szilikatéglájának jellemzőit a 4. táblázat mutatja.

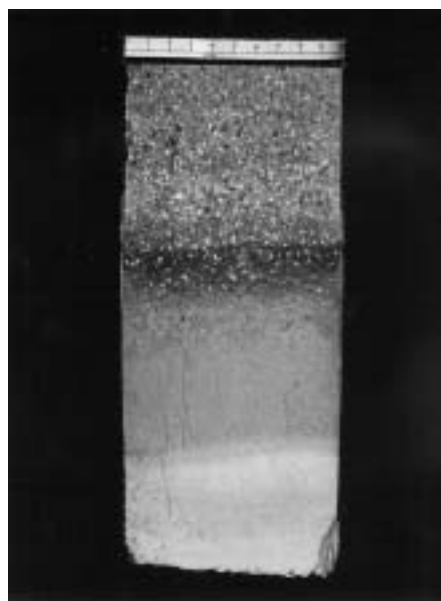
## 5. Szilikahabarcok és -masszák

Az üvegyiparban használt (levegőn szilárduló) masszák SiO<sub>2</sub>-tartalma a későbbi felhasználás függvényében változik ~ 95% és 99% között. A boltozatban használt masszák kötőanyag- és folyósítószer-tartalma nagyon alacsony. A nyersanyagok kvarchomok, szilikaliszt, kötőanyag és esetleg szerves lágyítószer. A szemcseméret 0,6 mm alatti.

A szilikamasszákat (SiO<sub>2</sub> ≥ 90%) melegjavitáshoz vagy tömítéshez (pl. dilatációs hézagok tömítéséhez) használják. A nyersanyagok kvarciszemese (< 6 mm) és kvarchomok vagy olvasztva öntött szilika. Kötőanyagként hidraulikus, vegyi vagy zselés kötőanyagokat használnak.

## 6. A boltozatoknál alkalmazott szilikatéglák szerkezeti változásai mésznátronüveg kemencékben való használatkor

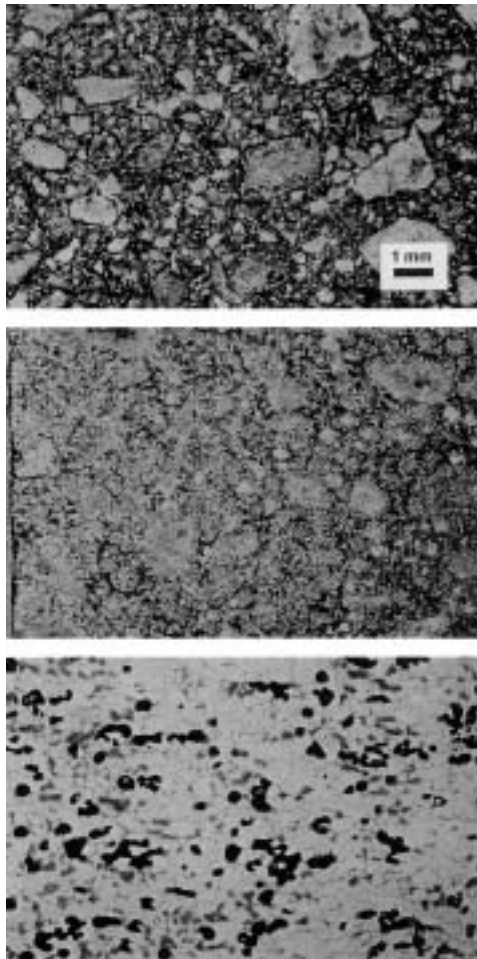
Az üvegyipari kemencék boltozatához használt szilikatégláknál a hő- és korróziós feszültségek miatt használat közben eltérő mértékű szerkezeti változásokat mutató, több-kevésbé hangsúlyos zónák alakulnak ki (7. ábra). A szilikatéglá anyagának korróziós viselkedését a kemence kialakítása, annak működtetési módja, a keverék elemeiből felszabaduló porral és párolgási termékekkel keveredett gázok vegyi összetétele és koncentrációja, valamint az uralkodó hőmérsékleti viszonyok befolyásolják. A téglagyártó szemszögéből a szállított téglá szerkezeti minőségének van különleges fontossága. Az olyan adatok, mint a kémiai elemzés, tömegsűrűség és porozitás önmagukban nem adnak megnyugtató magyarázatot a használat közben várt viselkedésre. Ennek oka, hogy a terhelés alatt lévő szilikatéglá korróziós vi-



7. ábra. TV-képcsőüveg-olvasztó kemence boltozati szilikatéglájának metszete, a mintavevő hely munkahőmérséklete kb. 1550 °C, 3,5 éves folyamatos üzem után (felül a hideg oldal)

selkedését a benne zajló komplex, részben egymást átfedő egyedi folyamatok határozzák meg.

Mésznátronüveg kemencékben az – elsősorban  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  és  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  formájában jelen lévő – alkáliák okoznak korróziót. A boltozatban hosszú ideig használt szilikatéglák egyes zónáinak vizsgálata azt mutatja, hogy a megjelent idegen összetevők, valamint a téglák összetevői  $\text{SiO}_2$ - $\text{CaO}$ - $\text{Na}_2\text{O}$  olvadék formájában átvándorolnak a téglák forró felületéről annak hidegebb oldalára. Amint a hőfeszültség növekszik, a  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oxidok maximális koncentrációs értékei egyre beljebb tolódnak a téglák belsejébe (ugyanaz vonatkozik a habarccsal kitöltött dilatációs hézagokra is). Ezen migrációval párhuzamosan – és részben pontosan emiatt – jelentős, mik-rostrukturális változásokkal kísért kristályátalakulások következnek be a téglák forró zónáiban (8. ábra). Az uralkodó hőmérséklet függvényében az egyes  $\text{SiO}_2$  módosulatok  $1450\text{ }^\circ\text{C}$  fölött teljesen krisztobalittá,  $1300$ - $1400\text{ }^\circ\text{C}$  között pedig tridimitté alakulnak. Külön figyelmet érdemel az a tény, hogy ez a kristálynövekedéssel járó folyamat térfö-



8. ábra. 3,5 éven át folyamatosan működő TV-képcsőüveg-olvasztó kemence boltozati szilikatéglájának metszete, a mintavétel hely munkahőmérséklete  $1550\text{ }^\circ\text{C}$ . Felül: hideg oldal, szállításkori szerkezet (24,1% porozitás); középen: kőzetes zóna (12,5% porozitás) penetrált üvegolvadék pontokkal; alul: meleg oldal (16,9% porozitás)

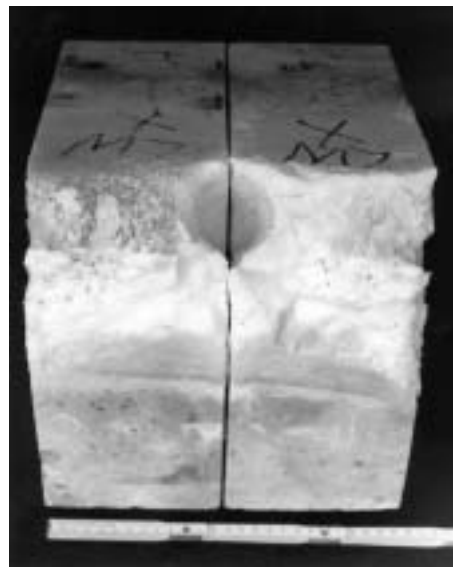
gatváltozás nélkül zajlik le. Ugyanakkor az olvadékokból újra kristályosodó  $\text{SiO}_2$ -nak köszönhetően az olvadék viszkozitása csökken. Az  $\text{SiO}_2$ -ban szegényebb „maradék olvadékoknak” a téglák hidegebb oldala felé történő vándorlása olyan mértékben folytatódik, amennyire ezt az adott hőmérséklet-grádiens által meghatározott viszkozitásuk, valamint a kapilláris és határfelületi erők lehetővé teszik.

Esetenként, ha az anyag szerkezetében nem oszlik el elég mélyen a kritikus vagy nagy mennyiségű olvadék, lokálisan előfordulhat a boltozattégla szilikaanyagának olvadása is. Ennek oka a kis hőfeszültség ( $1300\text{ }^\circ\text{C}$  alatt), amikor is a szilikatégla felületén kialakult olvadék viszkozitása nagyobb, és a behatolási sebesség ennek megfelelően csökken. Következésképp az olvadék lefolyik, és így a téglák egyre vékonyabbá válnak.

A forró téglázónak az alkáliák felvétele és az olvadási fázisok feldúsulása ellenére sem veszít el kiváló hőstabilitásukat. A még nem használt szilikatéglával való összehasonlításban a legmagasabb hőterhelésnek kitett zóna jobb termomechanikai jellemzőkkel rendelkezik. A krisztobalitt-zóna jelentős (kétszeres) hővezetőképesség-javulást mutat, mely előnyös az olvadt fázisoknak a hidegebb zónákba való „beolvadása” szempontjából.

**Patkányjáratosodás.** A boltozatoknál esetenként túl korai korrózió figyelhető meg (9. ábra). Ennek oka gyakran az, hogy hőkezelési hiba miatt „nyitva” maradnak dilatációs hézagok. Ezen hézagok turbulens, gyors gázáramláshoz, valamint egy elsősorban alkáliás lecsapódás megjelenéséhez vezetnek, melyhez  $\text{Na}_2\text{O}$ -ban gazdag olvadék kialakulása társul. A korróziós folyamat kis hőmérsékleten fokozatosan felgyorsul.

Az olyan üvegolvasztó kemencék, melyeket nagy hőmérsékleten működtetnek, hajlamosabbak a patkányjáratosodásra. A téglák szoros mérettűrése (### 1 mm), a pontos falazás, a szűk (kisebb, mint 1 mm-es) dilatációs hézagok és az üzembe helyezéskor történő szabályozott felhevítés általában csökkentik a kopást.



9. ábra. Két szilikatégla érintkező felülete, üreg az érintkező felületeknél (becsült hőmérséklet  $1300\text{ }^\circ\text{C}$ )

**Boltozatszigetelés.** A hőveszteség csökkentése mellett a boltozat szigetelése csökkenti a kopást is, mivel ha a szilikatéglában lapos hőmérséklet-grádiens uralkodik, az lehetővé teszi az olvadékok mélyebb behatolását és egyenletesebb eloszlását, így azok nem okozhatnak komolyabb problémát. A szigetelést általában mésszel kötött könnyű szilikatéglák alkotják, melyek  $\text{SiO}_2$ -tartalma magasabb mint 91% (lásd feljebb). A hőszigetelés optimalizálásához nagyon kis térfogat-sűrűségű szigetelőtéglák használata ajánlott. A porbehatolás megelőzése érdekében a szigetelőréteg fölél  $\text{SiO}_2$ -ban gazdag zárómasszát hordanak fel.

**Oxigéntüzelés.** Az olvasztási technológiában jelentkező számos előny mellett az oxigéntüzelés az emissziós értékek ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ) nagymérvű csökkenését eredményezi az üvegyártók számára. Az ezzel együtt járó, a működési feltételekben végrehajtandó változtatás miatt nagyobb feszültség nehezedik a boltozatra, elsősorban a kemence légkörében feldúsuló alkáli- és vízgőz-koncentráció miatt. A szilikaanyagoknál leírt korróziós mechanizmusok általánosságban az oxigéntüzelésre is igazak.

Különleges figyelmet kell fordítani a felépítmény hőmérséklet-eloszlására, mely rendkívül fontos paraméter a használatban lévő szilikatéglák esetében. A boltozat esetleges túlhevülését, ill. az alacsony hőmérsékletű területek ( $< 1300^\circ\text{C}$ ) kialakulását konstruktív ellenlépésekkel lehet megakadályozni. A megfelelő tűztér-kialakítás mellett az égőfejek kiválasztása és elhelyezése a legfontosabb tényező. A jó hőszigetelés, kombinálva a vastagabb szilikatéglák használatával, optimális hőmérséklet-eloszlás biztosítása a boltozat egészében előnyös az olvadék migrációjára.

**Alacsony folyási tényező?** Az alacsony folyási tényező-

vel rendelkező szilikatéglákra vonatkozó ASTM-szabvány szerint az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalom és az alkálitartalom kétszerese együttesen 0,5%, ill. annál kevesebb kell hogy legyen. A komplex olvadékvándorlás és a téglá szerkezetének használat közbeni átalakulása miatt még nem világos, hogy ezekkel mennyivel jobb korrózióállósági viselkedést lehet elérni a hagyományos, üvegyipari kemencékben használatos szilikatéglákkal szemben. A nagy kémiai terhelés elsősorban a mátrixot támadja meg. A CaO, mint a túlnyomórészlet nem kristályos mátrix legfontosabb alkotóeleme, nagyon fontos szerepet játszik az olvadék migrációjában. Következésképpen a mészszegevényebb, tehát nagyobb kristálytartalmú szilikatéglá kedvezőbb kopási tulajdonságokat mutat. A kis mésztartalmú, kifinomult gyártási technológiát igénylő téglá már rendelkezésre áll a piacon (2. táblázat).

## 7. Összefoglalás

A szilika tűzálló anyagok viselkedésének kielégítő magyarázatát nem lehet csupán adatlapokból és/vagy standardizált követelményprofilokból megkapni. Ezt a szilikaanyag és a habarccsal kitöltött dilatációs hézagok hőmérsékleti és korróziós zónáihoz kapcsolódó szerkezeti változások is alátámasztják.

Különleges fontosságú a csökkentett kristályosanyag-tartalmú téglá ásványi összetétele. Az alkalmazási célra optimalizált téglatípus ásványi összetételét elsősorban a nyersanyagok gondos kiválasztásával és a gyártás folyamán pontosan szabályozott égetési eljárással lehet biztosítani. Ezt bizonyítja azon üvegyipari kemencék hosszú élettartama, melyeket Dr. C. Otto-termékekkel béleltek és a világ minden részéről származó referencia.

\* \* \*

## ÜVEGYIPARI SZAKMAI KONFERENCIA

*Budapest, 2004. április 20.*

Az SZTE Üvegyipari Szakosztálya által rendezett nagy sikerű konferenciát *Tóthné Kiss Klára*, az üvegszakosztály elnöke nyitotta meg.

Elsőként *Lukács Péter* előadása hangzott el „Az AIR LIQUIDE Ipari Gáztermelő Kft. és üvegyipar kapcsolata, technológiai fejlesztések az üvegyipar számára” címmel. A céget 1902-ben alapították Franciaországban, és az eltelt több mint 100 év alatt már 65 országban van jelen. 8,4 milliárd euró volt a cég tavalyi árbevétele. 550 kutatómérnökkel és kb. 120 nemzetközi partnerrel, kutatóhellyel dolgoznak együtt, és mintegy 200 találmányuk van. Legfőbb tevékenységük az ipari gáztermelés, a műszaki-kereskedelmi szaktanácsadás, a logisztika. Az ipari gáztermelés ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , gázkeverékek, argon stb.) és értékesítés minden formáját magukénak tudják. Az üvegyipar és fémkohászat területén az oxigéntüzelés kapcsán érdekeltek. A cég magyarországi tevékenysége az Orosházi Síküvegyár privatizációjával (1990) egyidejű.

*Sándor Szabolcs* és *dr. Szabó István* előadásából a hőszigetelő üvegszálak biológiai oldékonyságáról kaptunk információkat. A különböző összetételű üvegszálak oldódását  $37^\circ\text{C}$ -on, 25 napos kvázifolyamatos kezelés során a vezetőképesség változása, Na és K kioldódás, valamint a morfológiai változás (SEM) alapján vizsgálták. A vizsgálat célja az emberi szervezetbe (tüdőbe) belégzés útján bekerülő szálak oldódásának a modellezése volt.

*Michael Coxon* az „EWK cég elektrosztatikus szűrőinek előnye kemencék füstgázának  $\text{NO}_x$  és porleválasztásánál” témakörben tartott érdekes előadást. A Zschocke Umwelttechnik néven alapított cég 1886-ban került bejegyzésre. 1968 óta EWK Umwelttechnik néven működik. A gyár fő profilja elektrofilterek, textilszűrők és szorpciós rendszerek gyártása. A cég kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szénhidrogének, szén-monoxid, sósav, hidrogén-fluorid, szelén-oxid, korom és porrészecskék kiszűrésére szövetszűrőket és elektrofiltereket kínál az üvegyipar számára. Kompakt reaktor alkalmazásával, a beépített szűrőkkel a 0,5 mikronnál kisebb szemcseméretű porszemcsék is kiszűrhetők a TA Luft 2002 emissziós előírásoknak megfelelően.

A több mint 60 fő részvételével tartott konferencia *Lipták Györgynek*, a szakosztály titkárának zárszavával és ezt követő vitával, hozzászólásokkal ért véget.

# Cement, beton, adalékszer statisztikai szemmel



**Asztalos István**  
**STABIMENT Hungária Kft.**

## 1. Bevezető

A beton legfontosabb anyaga ma is a portlandcement. A beton tartóssága ugyanakkor lényeges követelmény a mai környezeti feltételek között. Tartós betont csak a felhasználás céljának megfelelő összetételű keverékből lehet szakszerűen előállítani, amelynek az adott körülmények között jól bedolgozhatónak kell lennie, és megfelelő utókezelést kell kapnia. A mai technikai feltételek mellett időtálló, minőségi betont adalékszeres és egyéb segédanyagok nélkül gyakorlatilag nem lehet előállítani. Tekintsük át, hol is áll ma a magyar cementipar, betonipar és adalékszeripar. Mennyi cementet, betont és adalékszert használunk? Saját számaink alapján hol állunk az Európai Unióhoz képest? Összehasonlításunk alapjául a stagnáló, sőt jelenleg jelentősen visszaeső Németország ipara szolgál. Ezt az indokolja, hogy Magyarország betonipara sok szalon kötődik a német betoniparhoz, így az ottani tendenciák számunkra is tanulságosak lehetnek.

## 2. Mennyit használunk a beton legfontosabb alkotóeleméből?

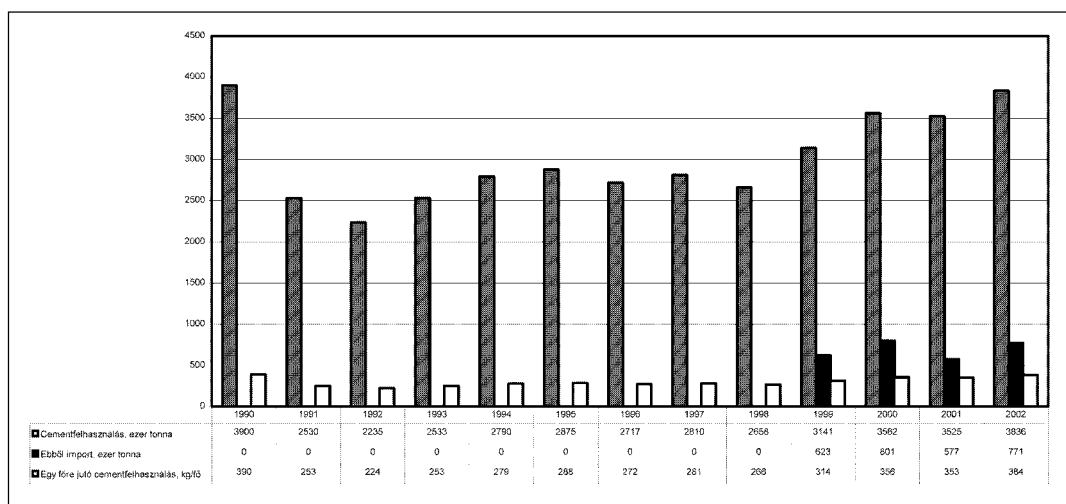
A beton két alkotóelemű anyag, cementkőből és adalékanyagból áll. Mivel a természetes adalékanyag (homokos kavics) tömör szerkezetével, ahogy azt normálbeton céljára alkalmazzuk, rendszerint ellenáll az igénybevételeknek, a beton tartósságát a cementkő határozza meg.

Érdeemes megnéznünk, mennyi cementet használunk fel jelenleg ebből a fontos alapanyagból, illetve hogyan alakult a magyarországi cementfelhasználás 1990 óta (1. ábra).

Az adatokból jól látszik, hogy a magyarországi cementfelhasználás, ha lassan is, de fokozatosan növekszik a kilencvenes évek eleje óta (1992), amely a mélypontnak volt tekinthető.

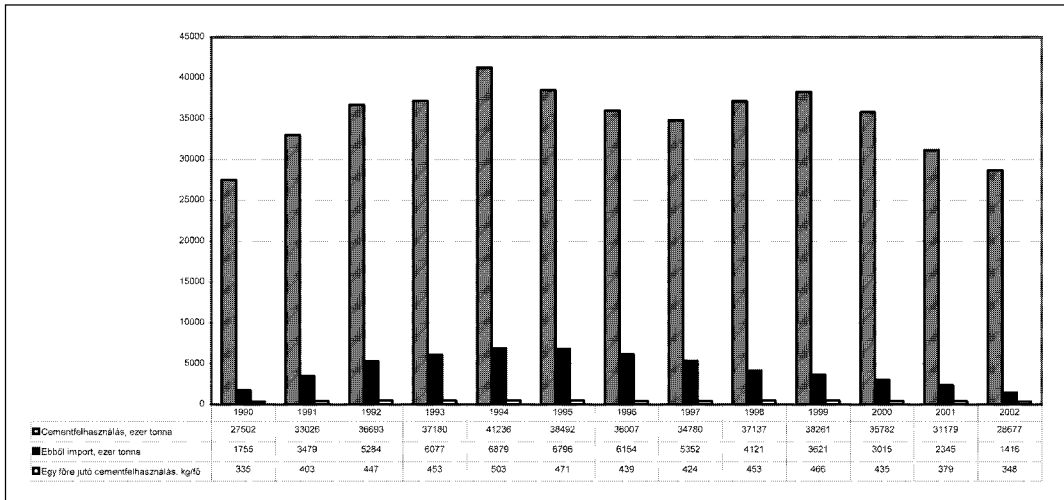
Érdeemes összehasonlítani ezeket a számokat a németországi adatokkal, különös tekintettel az egy főre jutó cementfelhasználásra. A számok azt mutatják, hogy az egy főre jutó cementfelhasználás hazánkban 2002-ben már magasabb volt (384 kg/fő), mint Németországban (348 kg/fő) (2. ábra). Persze a számokból az is látszik, hogy ez utóbbi adat egy jelentős visszaesést követően állt elő, hiszen a német építőipar átlagosan 400-500 kg/fő cementet használt korábban.

Érdeemes megnéznünk néhány további európai ország elmúlt évi egy főre jutó cementfelhasználási adatait. Belgiumban 529, Dániában 297, Franciaországban 349, Nagy-Britanniában 218, Olaszországban 705, Luxemburgban 1227, Hollandiában 344, Norvégiában 280, Ausztriában 535, Portugáliában 1041, Svédországban 176, Svájcban 554, Spanyolországban 1083 és Lengyelországban 289 kg/fő volt a 2002. évi egy főre jutó cementfelhasználás. Az adatok mögött természetesen ott húzódik az adott ország fejlettsége, mérete, természeti adottságai, kultúrája, építési szokásai stb. is. Ezek nélkül az információk nélkül nem lehet, és nem is szabad messzemenő következtetéseket levonni az egyes országok összehasonlításánál.

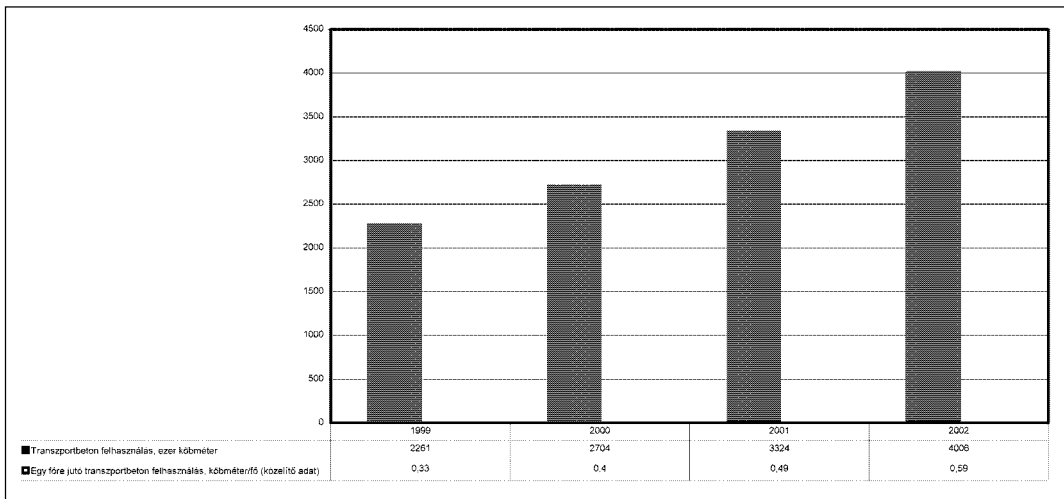


1. ábra. Magyarországi cementfelhasználás, 1990–2002

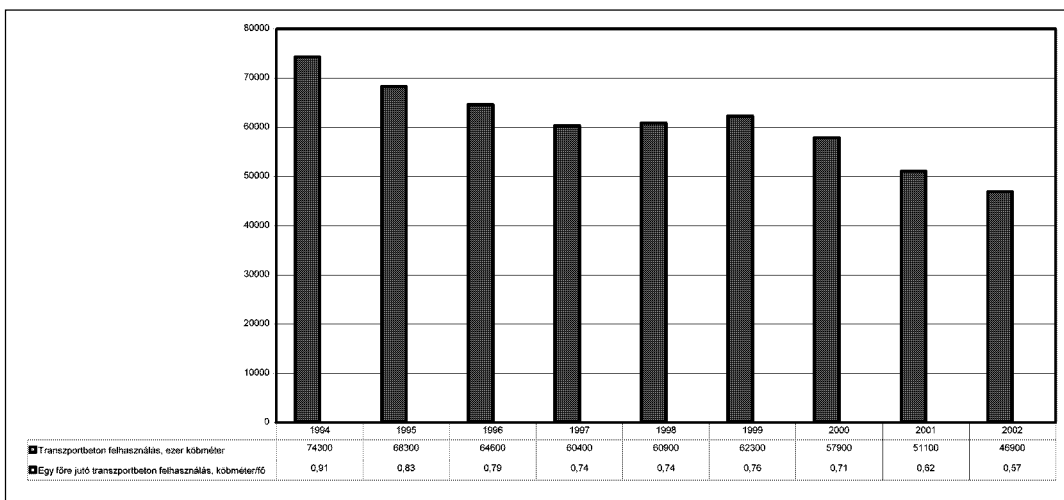




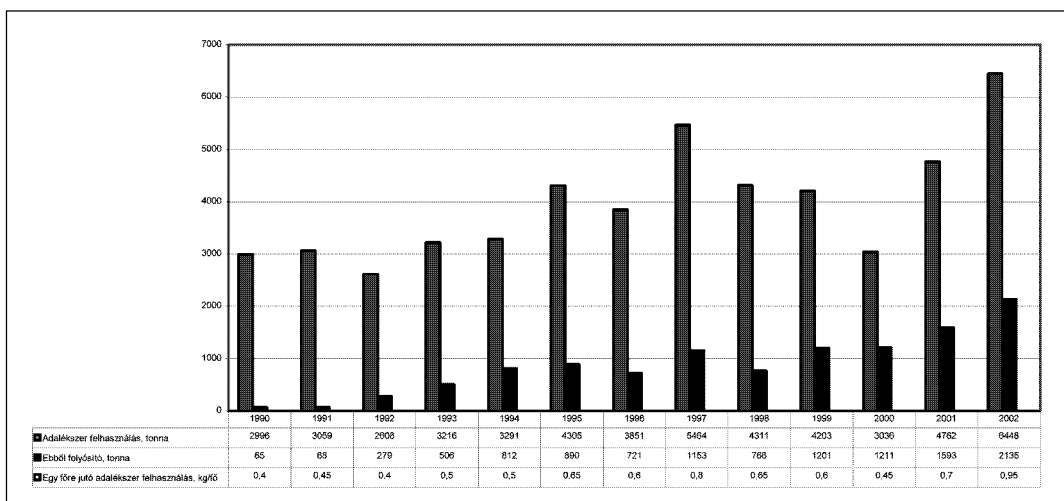
2. ábra. Németországi cementfelhasználás, 1990–2002



3. ábra. Magyarországi transzportbeton-felhasználás, 1999–2002  
(Magyar Betonszövetség tagjai által előállított transzportbeton)



4. ábra. Németországi transzportbeton-felhasználás, 1994–2002



5. ábra. Magyarországi adalékszer-felhasználás, 1990–2002

### 3. Hogyan alakult a betonpiac az elmúlt években?

A ma használt betonok egyre nagyobb hányada készül transzportbetonüzemekben, ezért célszerű ezek alakulását figyelemmel kísérni. Természetesen a teljes cement-felhasználásban más, olyan termékek is szerepelnek, amelyek előállításához portlandcemente van szükség (előre gyártott beton-, vasbeton- és feszítettbeton-termékek, szárazhabarcsok stb.). Mégis úgy gondolom, hogy a tendenciák megismeréséhez célszerű ezt a jól szervezett iparágat megvizsgálni annál is inkább, mivel ma a legtöbb információ a transzportbetonról áll a rendelkezésünkre.

Érdekes megnéznünk, mennyi transzportbetont használunk fel jelenleg, illetve hogyan alakult a magyarországi transzportbeton-felhasználás 1999 óta (3. ábra).

Az adatokból jól látszik, hogy a magyarországi transzportbeton-felhasználás is fokozatosan növekszik. Az adatszolgáltatást a Magyar Betonszövetség tagjai végzik, így a számok nem tekinthetők országos adatnak, de jól mutatják a fejlődési tendenciát.

A fenti transzportbeton-felhasználási adatok az országos adatok kb. 65-70%-ának tekinthetők, így igazán értékes adatsornak az egy főre jutó transzportbeton-felhasználás tekinthető. Ennek meghatározása úgy történt, hogy megbecsültem az országos transzportbeton-felhasználást (100%), és ezt a számot osztottam a magyar lakosság számával. Érdekes összehasonlítani ezeket a számokat a németországi adatokkal (4. ábra).

A számok azt mutatják, hogy az egy főre jutó transzportbeton-felhasználás hazánkban 2002-ben már szintén magasabb volt (0,59 m<sup>3</sup>/fő), mint Németországban (0,57 m<sup>3</sup>/fő). A számokból azonban az is látszik, hogy ez utóbbi adat egy jelentős visszaesést követően állt elő, hiszen a német építőipar átlagosan 0,7–0,9 m<sup>3</sup>/fő transzportbetont használt fel a korábbi években.

### 4. Mire jók az adalékszerek, és mennyit használunk belőlük?

A ma használt portlandcement teljes szilárdulásához a keverési víz mennyiségének csak kb. 40%-ára van szüksége. Csak a jobb bedolgozhatóság érdekében adunk a cementhez ennél a 40%-nál több vizet. Ez a felesleges víz elpárolog, és kapillárisokat hagy maga után.

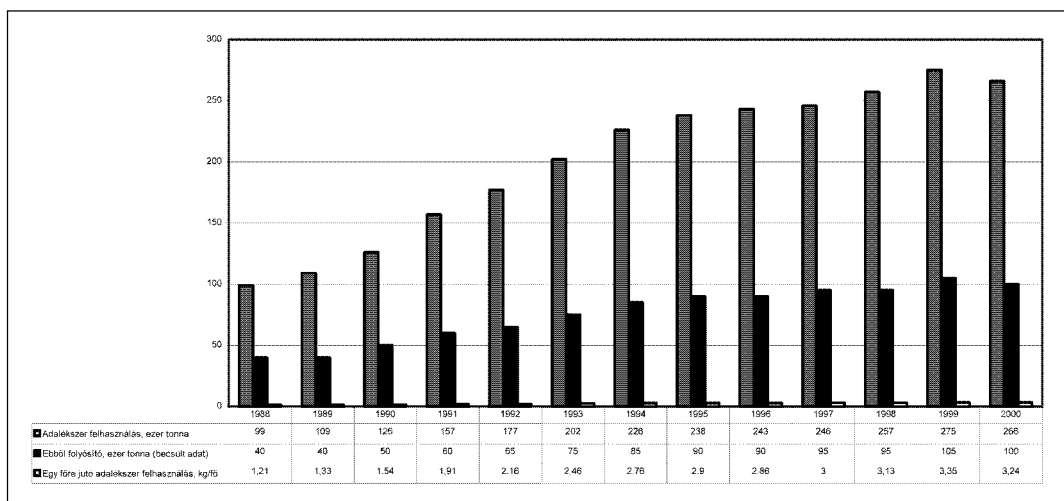
A kapillárisok a fő felelősei a cementkő vízáteresztő képességének, amely minden más károsító anyagot is képes magába fogadni. A károsító anyagok (pl. sólé) csak akkor tudják hatásukat kifejteni, ha bejutnak a beton belsejébe. Itt nemcsak a cementkővet károsítják, hanem – vasbeton esetén – az acélbetétek korrózióját is okozzák.

A cementkőben létrejövő kapillárisok minőségét és mennyiségét betonadalékszerek adagolásával tudjuk hatásosan befolyásolni. A betonadalékszerek olyan anyagok, amelyeket a betonhoz folyékony vagy por alakban adnak hozzá. Ezek kémiai, fizikai hatásuk révén befolyásolják a friss és a megszilárdult beton tulajdonságait.

A kapillárisok mennyiségére legnagyobb hatással a folyósító adalékszerek vannak. A folyósítókkal lehet csökkenteni a vízigényt, és javítani a beton bedolgozhatóságát.

Érdekes megnéznünk, mennyi adalékszer használunk fel jelenleg, illetve hogyan alakult a magyarországi adalékszer-felhasználás 1990 óta (5. ábra).

Az adatszolgáltatást 1999-ig a Magyar Építőanyagipari Szövetség Építési Kémiai Termékek Tagozat tagjai végezték, majd 2000-tól az adatgyűjtést a Magyar Betonszövetség Adalékszer Bizottsága vette át. Sajnos emiatt az adatok nem teljes körűek, de így is jól mutatják a fejlődési tendenciát: az összes adalékszer-felhasználás és ezen belül a folyósítók részaránya is fokozatosan növekszik ma Magyarországon.



6. ábra. Németországi adalékszer-felhasználás, 1988–2000

Tételezzük fel, hogy a fenti felhasználási adatok az országos adatoknak szintén csak kb. 65-70%-át jelentik. Az egy főre jutó adalékszer-felhasználás meghatározása úgy történt, hogy megbecsültem az országos adalékszer-felhasználást (100%), és ezt a számot osztottam a magyar lakosság számával.

Szintén érdemes összehasonlítani ezeket a számokat a németországi adatokkal (6. ábra). Több dolog is érdekes információt jelent a számunkra.

Először is örömdetes tényként kell rögzítenünk, hogy a kilencvenes évek elejétől kezdve már statisztikai szinten is megjelent a folyósítók használata, és egyre nagyobb részarányt képvisel a teljes adalékszer-mennyiségben belül. Napjainkra a használt folyósítók részaránya az összes adalékszerben belül elérte a 33%-ot. Ez a szám Németországban kb. 40%.

A másik érdekes szám az egy főre jutó adalékszer-felhasználás. Magyarországon a kilencvenes évek elején az egy főre jutó adalékszer mennyisége 0,4 kg/fő volt egy év alatt, amely napjainkra kb. a duplájára nőtt. Ugyanakkor szomorúan kell megállapítanunk, hogy Németországban a visszaesés ellenére is még mindig kb. 3,0 kg/fő ugyanez a szám, amely jól mutatja a két betonipar közötti minőségi különbséget. Tudomásul kell ugyanis vennünk azt a szomorú tény, hogy ma Magyarországon még mindig a vizet tekintik sokan a legolcsóbb „folyósítónak”, és ezért olyan rossz a Magyarországon készült betonok átlagos minősége (tisztelet a kivételnek).

## 5. Összefoglalás

A beton tartósságának feltétele a felhasználás céljának megfelelő összetételű, bedolgozású és utókezelésű beton. A beton tartósságát mindenekelőtt annak tömörsége jellemzi. A beton tömörségét a cementkőben létrejövő kapillárisok minősége és mennyisége határozza meg.

A betonadalékszerek és egyéb segédanyagok alkalmazásával ezeket a tényezőket pozitív irányban tudjuk befolyásolni. A képlékenyítők és a folyósítók segítségével a beton vízigényét csökkenteni, bedolgozhatóságát pedig javítani tudjuk. A légbuborékképzők használata lehetővé teszi a fagy- és olvasztósóálló betonok előállítását.

Úgy gondolom, mindannyiunk közös érdeke, hogy bebizonyítsuk a magyar közvéleménynek: igaz, hogy a beton az egyik legolcsóbb építőanyag, de tartósnak csak akkor tekinthetjük (lásd a budapesti Parlament alaplemezt, vagy a Millenniumi Földalatti Vasút alagútjának oldalfalait stb.), ha készítése megfelelő szakértelemmel párosul.

### Forrás:

Magyar Cementipari Szövetség  
Magyar Betonszövetség  
Magyar Építőanyagipari Szövetség  
Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V.  
Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V.  
Deutsche Bauchemie e. V.

**Az „Építőanyag” folyóirat 2004. évi megjelenését  
támogatják:**

**„Az építés fejlődéséért” Alapítvány  
Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány**

## Érdekességek a kerámiaiparban

### Apagyi Zsolt, Zalakerámia Rt.

#### A világ legnagyobb porlasztva szárítója

*Ceramic World, 2003. március-április, p. 12.*

Barbieri & Tarozzi megépítette a világ eddigi legnagyobb porlasztva szárítóját a spanyolországi Arcilla Atomizadas cégnek. Az új atomizer óránként 25 000 liter víz elpárologtatására képes, gyártási kapacitása pedig eléri az óránkénti 60 tonnát.

Az új berendezés a jelenlegi legmodernebb és leghatékonyabb bemérőrendszerrel, elektromos vezérlővel és ellenőrző rendszerrel rendelkezik.

#### Ceramica Gres 2000

*Ceramic World, 2003. március-április, p. 24.*

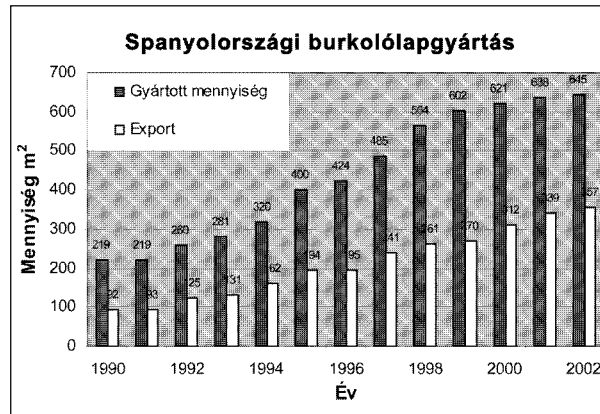
Új burkolólapgyártó cég kezdi meg működését 2003 végén Cratoneban (Olaszország). A majd Ceramica Gres 2000 néven működő kiváló minőségű porcelán burkolólapot gyártó cég éves kapacitása várhatóan eléri a 9 millió négyzetmétert. A cég kereskedelmi és logisztikai központja már 2003 elejétől működik Sassuoloban.

#### Növekedett a spanyol burkolólapexport

*Ceramic World, 2003. március-április, p. 38.*

2002-ben a Spanyolországban gyártott burkolólapok mennyisége elérte a 645 millió négyzetmétert, ez 1%-kal több, mint 2001-ben. Bár az export 357 millió négyzetméter volt, ami 5,2%-kal több az előző évinél, ennek ellenére az értékesítés csak 1,6%-kal nőtt. Spanyolország burkolólap-forgalma túllépte a 2 milliárd eurót, melynek 52%-a Európában keletkezett (39% az Európai Unióban, 13% más európai országban). A legtöbb lapot az Amerikai Egyesült Államokba exportálják, mely 2002-ben újabb 18,3%-kal emelkedett. A táblázat Spanyolország 10 legnagyobb exportőr országát mutatja:

Ország	Export 2002-ben (euró)	Teljes export %-ában	Export 2001-ben (euró)	2002/2001 változás %-ban
USA	249 906 138	12,40	226 186 981	10,48
Franciaország	175 674 569	8,53	169 023 986	3,93
Egyesült Királyság	175 092 521	8,50	157 572 957	11,11
Szaúd-Arábia	131 796 126	6,40	123 738 824	6,51
Portugália	129 813 812	6,30	133 779 909	-2,96
Németország	80 967 143	3,93	91 378 283	-11,39
Mexikó	60 683 719	2,95	48 240 381	25,79
Olaszország	60 502 309	2,94	62 298 763	-2,88
Görögország	56 995 183	2,77	54 843 064	3,92
Izrael	51 273 356	2,49	60 301 726	-14,97



#### Az olasz burkolólapgyárak és a kerámiai gépeket gyártó vállalatok 2002-es évre vonatkozó mutatószámai

*Ceramic World, 2003. május-június, p. 16.*

2002-ben az olasz burkolólapgyártók termelési mutatói 5,16%-kal estek vissza, míg az eladásuk 1,89%-kal csökkent 2001-hez képest. A belföldi piacon 4,83%-kal, míg

Olaszországi burkolólapgyártás	2001	2002	Változás %-ban
Dolgozók száma	31348	30799	-1,75%
Termelés (millió m <sup>2</sup> )	638,4	605,5	-5,16%
Összes eladás (millió m <sup>2</sup> )	620,1	608,4	-1,89%
Olaszország	179,3	170,7	-4,83%
Export	440,8	437,7	-0,69%
Összes forgalom (millió euró)	5283	5318,62	+0,68%
Olaszország	1485	1449,65	-2,36%
Export	3798	3868,97	+1,86%
Fő exportterületek (millió m <sup>2</sup> )			
Németország	79,1	70,7	-10,57%
Franciaország	57,5	56,9	-1,00%
USA	56,2	65,4	+16,22%

az exportpiacon 0,69%-kal csökkent az eladott mennyiség. A legjelentősebb csökkenést a német piacon figyelték meg, itt 10,57%-kal volt kevesebb az export az előző évhez képest. A legszembetűnőbb növekedés az Egyesült Államokba irányuló exportnál mutatkozott (16,22%). Az eladási forgalom 5,318 millió euróra, tehát 0,68%-kal emelkedett az előző évhez képest.

Az olasz kerámiaipari gépgyáraknál a burkolólapgyárakhoz hasonlóan 2001-ben egy negatív tendencia kezdődött el, mivel az eladás 4,6%-kal, 1452,5 millió euróra csökkent. Az export 6,3%-kal csökkent, de legjelentősebben Spanyolországban és Ázsiában esett vissza. Az olasz piacon alig 1,2%-kal volt kevesebb az értékesített mennyiség az előző évhez képest.

Olaszországi kerámiaipari gépgyártás	2001	2002	Változás %-ban
Gyárak száma	179	173	-6 darab
Összes forgalom (millió euró)	1523,0	1452,5	-4,6%
Olaszország	489,8	484,0	-1,2%
Export	1033,2	968,5	-6,3%
Exportterületek (millió euró)			
Európai Unió	336,5	247,6	-26,4%
Közél-Kelet	113,3	153,9	+35,9%
Ázsia	172,1	132,5	-0,23%
Kelet-Európa	112,2	127,7	+13,8%
Kína	88,5	85,5	-3,4%
Közép- és Dél-Amerika	85,5	79,3	-7,3%
Afrika	59,0	74,9	+27,0%
Észak-Amerika	64,4	66,2	+2,8%
Óceánia	1,7	1,0	-41,5%

### Új szintest-kézikönyv

*Ceramic World, 2003. május-június, p. 24.*

2003 júniusában Sassualoban egy új kézikönyvet mutattak be „Colours, Pigments and Colouring in the Ceramic Industry” (Színek, szintestek és színezés a kerámiaiparban) címmel. Ahogy a könyv címe is mutatja, a következő témákról olvashatunk benne: burkolólapgyártásnál használt színirányzatok (Antonio Camellini, Assopuiasrelle), préseleskor használt szintestek (Luca Bettini, Impronta Italgraniti), trendek és lehetőségek a porcelán burkolóanyagoknál használt besüllyedő szintesteknél (Graziano Vignali, Ceramicolor), a színek és anyagok mint a kerámiák megkülönböztető jegyei (Maria Luisa Brighenti). Ezt a könyvet az Olasz Kerámiai Társulás az Acimac-kal együttműködve írta meg és a S.A.L.A. adta ki. A könyv elméleti leírásokkal kezdődik, majd átér azokra az információkra, amelyek a gyakorlati lehetőségeket tartalmazzák, végül rámutat a termelés közben jelentkező problémákra és azok lehetséges megoldásaira. Ennélfogva ez a kézikönyv igen hasznos segítséget nyújt a munkához és a tanuláshoz, valamint a burkolólapgyártók, a mázgyárak és a kerámiaipari gépeket gyártók részére.

### Monolithos 3D, a Sacmi által kifejlesztett új töltési technológia

*Ceramic World, 2003. május-június, p. 100.*

Az új készülék anyagában színezett porcelán burkolólapok készítésére alkalmas. Ezzel az új technológiával valószínűleg utánozható a természetes kövek mintázata, mint például a márvány, a gránit és a mészkő. A dekorálás már a préseles fázisában megtörténik. A gyártás nagyon egyszerű vele, mert csak egyetlen egy töltőegységet használ a préseleshez.

Ez egy igen kifinomult töltőrendszer, amely egy számítógép által vezérelt elektromosan ellenőrzött vezérlőelemsort alkalmaz. A porokat nagy pontossággal a töltő dobozba rakja, majd ezt követően – anélkül, hogy a dekoratív minta megváltozna – áthelyezi a prészsorszám üregébe.

A rendszer egy olyan készüléket tartalmaz, amely növeli a minta pontosságát a préseles szünetében azáltal, hogy kiküszöböli a salakeltávolítás negatív hatását. A termék kiváló minőségű úgy is, ha a felületét nem polírozzák, vagy nem készítenek belőle rusztikus felületet.

A Monolithos 3D a présrel együtt bármilyen szalagon könnyen beépíthető, ha van 1750 mm-es oszlopközi hézag. A rendszeren végrehajtott néhány apró változtatás lehetővé teszi a geometriai hatású lapok gyártását is.

### Új termékcsalád a Ferronál

*Ceramic World, 2003. március-április, p. 92.*

A Ferro egy új speciális termékcsaládot fejlesztett ki, ahol a Granitoglass és a Stardust nevű terméksorozatot szárazon alkalmazza a porcelán burkolólapoknál. Ezek az új granulátumok anyagában színezett és kétszeres töltésű technológiánál is alkalmazhatóak. Három különböző fajtája (transzparens, fehér és opál) van, valamint három különböző szemcseméret-eloszlásban létezik. A Ferro felületi színezési technikával végtelen színsort képes készíteni belőlük, mellyel pontosan reprodukálni tudja a természetes gránit és márvány tónusait.

A granulátumok és a porcelán burkolólapok masszái kompatibilisek egymással, és ha mikronizált porral használjuk együtt, akkor egy természetesen áttetsző háromdimenziós hatást érhetünk el.

Ezen granulátumok sokoldalú technikai tulajdonságai a porcelánlapoknak kimagasló kémiai, koszoldási és kopásállóságot biztosítanak.

### Progetti

*Ceramic World, 2003. március-április, p. 102.*

A Progetti már több mint 40 éve a szanitergyártás vezető vállalata, és 1986 óta a szárítási szegmensre specializálódott. Technológiai szakértelmük alapozta meg az új szárítási rendszer kifejlesztését, melyet az ezen a területen egyre jobban növekvő ágazat felhasználási igénye tett szükségessé.

Számos vezető szanitergyártó cég azzal bízta meg őket, hogy gipszformáiknak alagútszáritót építsenek, mely növeli a formák élettartamát és a gyár termelését. A rendszer rugalmasságának és hatékonyságának köszönhetően háromszorosára nőtt a teljesítmény azoknál a gyáraknál, amelyek kipróbálták a készüléket, így képesek voltak egy héten belül hat napon is háromszor önteni, míg azelőtt csak naponta egyszer öntöttek. Továbbá biztosítja a levegő elegendő számú cseréjét, mellyel ellensúlyozza a hőmérséklet-gradiens negatív hatását. A rendszer mozgatható fűvó-

káit nagy sebességű levegő irányítja. A recirkuláltatott levegőt a nyitott öntőformába vezetik egy rendkívül nagy pontosságú fűvókával, mely nagymértékben felgyorsítja a forma belsejében felhalmozódott víz elpárolgását és eltávolítását. A rendszer számos típusú és méretű gipszformához illeszthető, valamint felszerelhető már létező formázópadra is, valamint vízzel és levegővel is üzemeltethető.

Végül, de nem utolsósorban e rendszer beruházási igénye kicsi, és előnyeit figyelembe véve rendkívül ajánlott a gyártáshoz.

\* \* \*

## BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL

### Beszámoló a Nemzetközi Betonút Szimpóziumról

A hazai gyorsforgalmi úthálózat impozáns programja, valamint a külföldi közlekedésépítésben tapasztalható trend alapján újra előtérbe került a betonburkolatok alkalmazása. Ez arra készítette a Magyar Cementipari Szövetséget, hogy kezdeményezze egy nagyszabású rendezvény megtartását. Az infrastruktúrában előttünk járó, környező európai országokból meghívott előadók a perspektívát, a hazai előadók a jelenlegi helyzetet és a kibontakozás lehetőségét világították meg.

A rendezvényt nagy érdeklődés mellett (260 regisztrált résztvevő) 2004. március 11-én a Magyar Tudományos Akadémia nagytermében tartották meg. Nagyszámú résztvevő képviselte az üzleti szakmát, de a betongyártás és a cementipar szakemberei is jelentős számban jelentek meg.

A megnyitó előadásban *dr. Kovács Ferenc* közlekedési helyettes államtitkár a 2015-ig megvalósítandó gyorsforgalmi úthálózat programját ismertette. Az EU-tagsággal járó gazdasági, társadalmi változások következtében a közlekedéspolitikai prioritását a hiányzó infrastruktúra kiépítése, ezzel a gazdasági versenyképesség javítása, a fenntartható fejlődés elvének érvényesítése, a kiegyensúlyozott területi fejlődés elősegítése jelenti. A program révén az autópálya-ellátottság 2015-re a jelenlegi szintről (3,8 km/100 km<sup>2</sup>) eléri az EU-átlagot, a gyorsforgalmi úthálózat hossza pedig a 2530 km-t. A program keretében tartós, jó minőségű utakat gazdaságosan kell építeni.

Külföldön 50-70 éve építenek betonburkolatú utakat, amelyek egy része ma is használható. A nagy terhelésű járművek száma, valamint az általános forgalomnövekedés következtében újra előtérbe került a betonpályák alkalmazása. *Dr. Günter Breyer*, az osztrák Közlekedési, Innovációs és Technológiai Minisztérium főtanácsosa előadásában szerepelt, hogy Ausztria kb. 2000 km-es gyorsforgalmi úthálózatából 800 km betonburkolatú. Az

aszfalt és a beton versenyében a napi forgalom nagysága, az emelkedő és a lassú forgalmi szakaszok aránya szokott dönteni: kisebb teherforgalom (5000/nap alatt) és könnyebb vonalvezetés esetében az aszfalt, nagy forgalom (8-10 000/nap) és sok emelkedő vagy lassú forgalmi szakasz esetén inkább a beton az alkalmas burkolás.

*Dr. Johannes Steigenberger*, az Osztrák Cementgyártók Szövetségének intézetvezetője az Ausztriában alkalmazott műszaki megoldásokat ismertette. A korszerű struktúrával megépített betonpálya előnyös tulajdonságai miatt – a közlekedési biztonság, a környezetvédelem és a gazdaságosság szempontjait is figyelembe véve – a legalkalmasabb burkolat. Szólt a mosottbeton felület előnyeiről (zajcsökkentés, jó tapadás), valamint a 12 órás gyorsbeton mint kedvező javítási technológia (rövid táblacsere) alkalmazásáról.

Svájcban ma is használhatók egyes 70 évvel ezelőtt épített betonutak, másokat vékony aszfaltréteg ráhúzásával tették további használatra alkalmassá. A beton általánosan elismert előnyös tulajdonságai mellett a burkolat világos színét, továbbá a tapadóképeség lassúbb csökkenését említette *Martin Keller*, a Holcim/Svájc cég betonút termékmenedzsere. A közlekedési utak mellett a betonborítás más alkalmazási területeiről is beszámolt, az autóbussz-megállók, nehéz terhelésű terek és üzemi területek, a körforgalom, sőt az ágyazat nélküli vasúti pálya alkalmas anyagaként említette a betont.

*Dr. Walter Fleischer*, a Walter-Heilit GmbH, München fejlesztési igazgatója a német tapasztalatokat ismertette. Előadásában a különböző pályalemezek megépítéséről, a műszaki alapelvekről és előírásokról, a kivitelezéssel kapcsolatos vizsgálatokról és követelményekről szólt. A jó betonpálya készítése már a szakszerű kiírással, a megalapozott pályázattal kezdődik, de nélkülözhetetlenek a szakmai tudást képviselő mérnökök és szakmunkások, a különleges és drága gépek és a kivitelezési tapasztalat is. A betont használati élettartama, tartóssága, gazdaságossága és környezetkímélő hatása teszi a közlekedési utak alkalmas burkolatává.

A hazai előadók sorát *dr. Keleti Imre*, az ORKA Mérnöki Tanácsadó Kft. ügyvezető igazgatója nyitotta meg. Ismertette a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztése során fel-

merülő kérdések megválaszolására alakult munkabizottság tevékenységét. A hálózat forgalmi terhelése és tulajdonságai alapján alakították ki az alkalmazandó pályaszerkezetről álláspontjukat. A munka során a külföldi tapasztalatokat és a hazai kísérleti szakaszokkal kapcsolatos vizsgálatokat egyaránt értékelték. Így az M0-s és M31-es, valamint az M6-os soron következő szakasza hézagaiban vasalt betonburkolatú pályaszerkezettel épül meg.

*Pálfay Antal*, az Állami Autópálya Kezelő Rt. üzemeltetési igazgatója a különböző burkolatokkal kapcsolatos tapasztalatokat említette. A betonburkolatoktól várt előnyöket a nagy élettartammal, a nehézforgalom növekedésének elviselésével, kis- és könnyen elvégezhető javítási igényekkel és arányos javítási költséggel jellemezte. Nagy jelentőséget tulajdonított az utazáskényelmi, környezeti, esztétikai és tartóssági követelmények teljesítésének.

A kivitelezéssel, a kísérleti szakaszok megépítése és vizsgálata során szerzett tapasztalatokkal foglalkoztak a következő előadók. *Vigh Ferenc*, a Betonút Rt. területi igazgatója az elmúlt 25 évben épített betonburkolatokról szólt. Ismertette a pályaszerkezetek kialakítását és az építési technológia fejlődését.

A kísérleti útszakaszok tapasztalatairól *dr. Gáspár László*, a Közlekedéstudományi Intézet tudományos igazgatója tájékoztatott. A 7538. úti (Letenye–Lenti) 1999-ben készült próbaszakaszon 2003-ig elvégzett vizsgálatok (felületi egyenlőtlenség változása, csúszásellenállás változása,  $E_2$ -modulus alakulása, az összes repedések száma) alapján megállapítható, hogy a hézagaiban vasalt betonburkolat mindkét változata kedvezően viselkedik. Értékelte a 2003-ban készült 44. úti mintaszakasz eddigi tapasztalatait is.

A továbbiakban *Mayer András*, a Vegyépszer Rt. illetékes vezetője a 4-es úton 2003-ban épített 1 km-es betonburkolatú próbaszakasz építéséről számolt be. Előadásában a pályaszerkezetet, az alkalmazott technológiát és a kísérleti szakasz építésének körülményeit ismertette.

A szimpózium, amelyet a Magyar Cementipari Szövetség – a Magyar Útügyi Társasággal és a Magyar Betonszövetséggel közösen – rendezett, jól szolgálta a kitűzött célt, az utépítésben és üzemeltetésben érdekelt szakemberek széles körének tette lehetővé a külföldi és hazai tapasztalatok megismerését. Az előadások anyagát a rendezők a helyszínen a résztvevők rendelkezésére bocsátották, de igény esetén kérésre is elküldik. A továbbiakban szaklapokban szeretnék az anyagot megjelentetni.

*Riesz Lajos*

## **A Wienerberger Téglaiipari Rt. \** **éves gazdasági tájékoztatója** *2004. április 1.*

A Wienerberger Téglaiipari Rt. több mint 12 éves magyarországi történetének legsikeresebb évét zárta 2003-ban. A nettó árbevétel 19,4%-kal, 25,3 milliárd Ft-ra nőtt, az adózott eredmény 6,3 milliárd Ft volt.

Az elmúlt évet a cég legfontosabb piacán, a lakásépítések területén, a folyamatos fejlődés jellemezte. 2003-ban közel 36 000 új lakást adtak át, ami 13%-kal több, mint egy évvel ezelőtt. A Wienerberger Rt. 2003-ban is folyamatosan fejlesztette termelőkapacitásait, a beruházások összértéke megközelítette az 1 milliárd Ft-ot. A Soproni Gyár termelését 74 millió kisméretű téglagyégségről 100 millió egységre emelték.

A Wienerberger Rt. 15 magyarországi üzemében az elmúlt évben 988 millió kme téglát gyártottak, mintegy 4%-kal többet, mint egy évvel korábban. A Kőszegi Gerenda- és Áthidaló Gyár termelése 4,796 millió folyóméter volt. Az Ócsai Panelfödémgyárban 156 000 m<sup>2</sup> profipanel készült, mintegy 50%-kal több, mint egy évvel korábban.

*Schwarz Müller* vezérigazgató úr szerint a cégvezetés továbbra is bízik a piac tartós fejlődésében, és ezért úgy döntött, hogy az elkövetkezendő időszakban közel 8 milliárd Ft-ot investál a gyártóegységek fejlesztésére. 5 milliárdos beruházással megépül a 140 millió kme kapacitású Tiszavasvári Téglagyár, amely várhatóan 2005 nyarán indítja be termelését. Az idei év másik kiemelt fejlesztése a Kisbéri Téglagyárban folyó 1,8 milliárd Ft értékű beruházás, amelynek eredményeképpen a jelenlegi 70 millió kme nagyságrendű termelői kapacitás megduplázódik.

A tervezett beruházások következtében 2004. évben a POROTHERM téglából már 1 milliárd kme egység fölötti termelés elérését tervezik. A Kőszegi Gerendagyárban 5,38 millió fm gerenda kibocsátása a cél, s Ócsán 225 ezer m<sup>2</sup> profipanel előállítását kerüli a tervekbe. A Wienerberger Rt. piacvezető termékei továbbra is a POROTHERM és a profipanel marad.

A piacvezető termékeken kívül a Wienerberger Rt. Terca márkanéven forgalmazza burkoló- és klinkertéglát, amelyek eladott mennyisége az elmúlt évben jelentősen, kb 20%-kal nőtt a családiház-építési piacon.

A Wienerberger Rt. vezetése az idei év központi témájául a jó lakóérzet kialakítását választotta. A „Lakóérzet éve” során szakkonferenciák szervezésével, további szakmai anyagok megjelentetésével kívánják felhívni a figyelmet a téma fontosságára. A cég szakembereinek véleménye szerint a téglá, ill. a belőle készült épület a magyar éghajlati adottságokhoz kiválóan megfelel, vagyis télen nagyon jól szigetel, nyáron pedig biztosítja a kellemes hűvösséget.

Anyavállalata, a bécsi székhelyű Wienerberger Konzern a világ legnagyobb téglagyártója. Ez a cégcsoport 2003-ban rekord eredményt ért el, forgalma 10%-kal, 1,83 milliárd euróra nőtt, eredménye pedig 190 millió euró volt.

*Bálint Pál*

## Tetők „mindenek” felett

Velősy András

Xella Pórusbeton Mo Kft.



*Laposak és unalmasak?  
Frissek, üdék, zöldek?  
Magasak, élettel teltek?  
Jellegzetesek, vagy jellegtelenek?  
Trükkösek, szépek, formagazdagok?  
Megbízhatóak, jók, egyszerűek...?*

### Tetők mindenek felett

Érdekes a magyar nyelv. A biztonságot, az otthont nem a falakkal, hanem a tetőkkel azonosítja. Aki „tető alá hozott egy jó üzletet”, az biztos lehet benne, hogy előbb vagy utóbb, de lesz „fedél a feje felett”. A német is azt mondja a hajléktalanra: obdachlos, „valaki, aki felett nincs tető”. Figyelemre méltó a nyelvnek ez a bölcsessége az építőszakra területén is, mert vitán felül áll az is, hogy a fedetlen épületszerkezetek sokkal inkább kitéttek az időjárás viszontagságainak, hamarabb károsodnak, korábban tönkremennek, mint azok, amelyek építés közben és kész állapotukban is tetővel, takarással védettek. Igen széles az a földrajzi terület is, ahol nem mindegy, van-e, s ha van, nem mindegy, milyen tető van a fejünk felett.

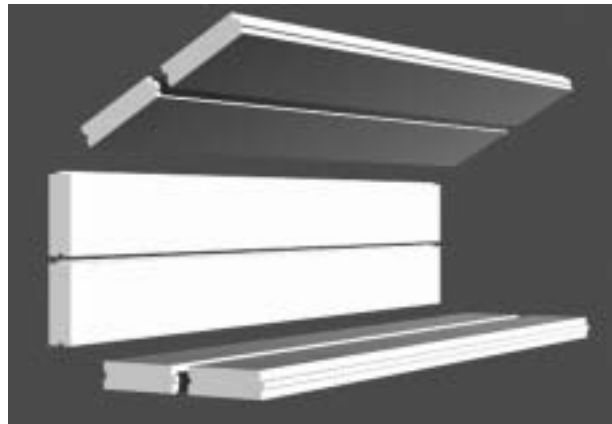
Ha a tető ennyire mélyen beépült fogalmainkba, bizonyára fontos lehet. Ha pedig fontos, kiemelt figyelmet érdemel.

### Miből épültek tetők?

A tetők – nem héjazatukat, hanem tartószerkezetüket tekintve – jellemzően FÁBÓL épültek. Épültek persze KŐBŐL is, később ACÉLBŐL, VASBETONBŐL, sőt – nem megbántva a töredékes felsorolással az itt lajstromba nem vett anyagokat, gyártóikat és forgalmazóikat – korunk szinte minden szerkezeti anyaga megjelent már tetőszerkezetként is.

A jó minőségű építőfa – ezek között is a VÖRÖSFENYŐ – fődémek, tetőszerkezetek jellemző anyaga volt évszázadokon át. Szerette a szakma, szerették a felhasználók, büszkén adták tovább az értékeket apák fiaiknak, a fiúk unokáiknak, dédunokáiknak. Nemzedékeket szolgált ki egy-egy remekművű vörösfenyő tartószerkezet. Amíg fogyni nem kezdett. Amíg féltetni nem kezdtük, amíg a kiapadhatatlannak tűnő beszerzési források mégis apadozni nem kezdtek. Akkor a tartószerkezeti anyagból lassan-lassan burkolattá, dísszé, féltve őrzött kincsé vált ez a csak emberöltők alatt újratemmelhető szeretett építőanyag.

Helyét jó ideig csak rokonai, az erdei-, luc-, jegenye-, borovi fenyők töltötték be, és kialakultak a faanyaggal



takarékoskodó „mérnöki kötésű” fa tartó- és fedélszerkezetek.

Közel 80 éve azonban megjelent egy különös anyag az építési piacon, ami tulajdonságait tekintve a kő és a fa „különös házasságának” eredménye: a PÓRUSBETON.

### A pórusbeton

A pórusbeton szellemes svéd találmány, amit később a precíz németek finomítottak addig-addig, míg világ körüli útjára nem indult a több forrásból is táplálkozó pórusbetonipar. Ennek az érdekes, természetes alapanyagokból készülő gyártmánycsaládnak az egyik sikeres oldalága a VASALT PÓRUSBETON PALLÓK sokoldalú világa.

Az európai fejlesztő mérnökök (német, svéd, osztrák, holland, szlovák, magyar), technológusok és építészek







egy korrózióvédelemmel ellátott acélaromatúrával kombinálták össze az eredeti – kőhöz is, fához is hasonló – pórusbeton elemeket, s így a könnyű, nem éghető, jó hőszigetelő képességű anyagot összetett erőtni igénybevételek biztonságos viselésére is alkalmassá tették. Az eredmény egy testsűrűségében, teherbírásában, hőszigetelő képességében megszólalásig a vörösfenyő gerendákat mintázó, ám nem éghető, és korrózív hatásoknak, bogaraknak, gombáknak, élősködőknek ellenálló, mégis jól szabható, alakítható univerzális építőelem lett.

Innen már csak egy kis lépés kellett a födémekig és a tetőkig.

Csekély önsúlya és jó alakíthatósága miatt bonyolult műemlék jellegű, esetenként műemlék épületek vendégfödémeként, tetőkoporsójaként láthatjuk viszont a VASALT PÓRUSBETON PALLÓKAT, de új épületek passzív klímastabilitást igénylő tetőtereihez is éppoly



szívesen választják a tervezők, mint a szerkezeti hőhidakat csaknem teljesen felszámoló – lakásegységeken belüli – közbenső födémek alkalmazási területén.

Pusztán hazai példákat sorolva is impozáns lista kerekedik ki az eddigi referenciákból. A „DA” és „DE” jelű tető- és födémpannók sikerrel vizsgáztak már országsszerte:

- több mint 50 családi ház födémeként, tetőkoporsójaként,
- emeletráépítésekben (Nagykanizsa, Budapest) mint födém, vendégfödém, tetőkoporsó,
- gyönyörű műemlék értékű házakon (Sopron, Budapest) ismét mint vendégfödém és mint tetőkoporsó,
- az ipari építészetben erőműben (Csepel), raktárcsarnokokon (Budapest) és
- a mezőgazdaságban is, pl. gombakomposzt alagutakon (Tök, Máriakálnok, Áporka, Kecskemét-Talfája).

A VASALT PÓRUSBETON PALLÓK sokoldalú használhatósága tehát bőségesen bizonyítást nyert. A különböző gyártási eljárások az elmúlt évtizedekben hasonló módon elégtették ki a technikai és felhasználói igényeket, így mára ezek a korábban konkurens folyók, patakok és erek túlnyomórészt újra egyesültek a HANIEL-Bauindustrie AG medrében, a XELLA cég nagy folyójában. Magyarországon az egységesített európai pórusbeton gyártmánykör elemeinek gyártója és forgalmazója a korábbi YTONG Hungary Kft., új nevén a XELLA Pórusbeton Mo Kft.

## Az építésügy termék- (anyag-) és vizsgálati szabványai\*

Szendy Csabáné – Kutassy László

Az Európai Unió egyik legfőbb célkitűzése egy egységes belső piac létrehozása és a kereskedelem előtt álló minden akadály felszámolása. Meg kell szüntetni minden olyan nemzeti követelményt, intézkedést, amely gátat jelent az áruk szabad áramlása szempontjából. Így a különböző nemzeti műszaki követelmények is korlátot jelentenek a kereskedelem előtt. Ennek felszámolására az építési termékek területén is megalkották a közösségi szabályozást.

1988-ban az Európai Közösségek Tanácsa elfogadta a tagországok építési termékekre vonatkozó törvényeinek, rendeleteinek és államigazgatási határozatainak összehangolásáról szóló (89/106/EGK) irányelvet (direktívát).

Az irányelv tulajdonképpen egy olyan jogszabály, amelyet az Unió tagországainak be kell vezetni saját jogrendszerükbe. A bevezetés módja a tagországra van bízva, de az irányelv céljának érvényesülnie kell.

Az irányelv célja a műszaki korlátok felszámolása az építési termékek kereskedelme előtt. Megköveteli a tagországoktól, hogy minden szükséges intézkedést tegyenek meg annak érdekében, hogy csak a *tervezett felhasználásra alkalmas* termékek kerülhessenek piacra. Másrészt azon termékek, amelyeket egy tagországban alkalmasnak találnak a tervezett felhasználásra, a többi tagországban is szabadon felhasználhatók legyenek.

A *tervezett felhasználásra való alkalmasság* azt jelenti, hogy a termék olyan tulajdonságokkal rendelkezik, hogy az a létesítmény, amelyet megfelelően terveztek és kiviteleztek, és amelybe azt a terméket tartósan beépítették, kielégíti az irányelvben megadott alapvető követelményeket.

Az irányelv szempontjából az *építési termék* az, amelyet azért állítottak elő, hogy állandó jelleggel beépítésre kerüljön valamely építménybe.

Az irányelv *nem vonatkozik* az építmény (létesítmény) *tervezésére és kivitelezésére*, az a tagországok felelőssége, hogy ezeket úgy tervezzék és kivitelezzék, hogy azok ne veszélyeztessék *személyek, állatok és a tulajdon biztonságát*. A létesítményekre vonatkozó konkrét szabályozás a tagországok hatáskörébe tartozik.

Ez az irányelv *abban különbözik a többi, új megközelítésű irányelvtől*, hogy az alapvető követelmények nem magukra a termékekre vonatkoznak, hanem a létesítményre, amelyet a termékek segítségével építettek meg. A létesítményekre vonatkozó alapvető követelmények:

1. mechanikai ellenállás,
2. biztonság tűz esetén,

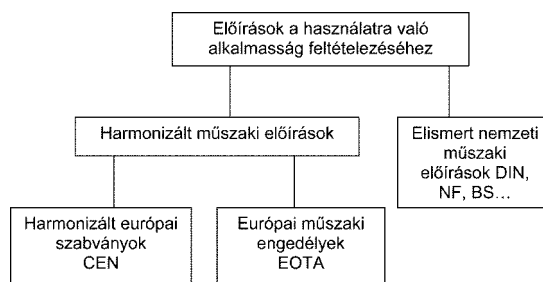
3. higiénia, egészség- és környezetvédelem,
4. biztonság a használat során,
5. zajvédelem,
6. energiatakarékosság és hőszigetelés.

Ezeket a követelményeket egy gazdaságilag ésszerű működési élettartam során ki kell elégítenie az építménynek a normális karbantartás mellett. Ezen követelményekből származnak azok a *szükséges jellemzők*, amelyek a terméket *alkalmassá teszik a tervezett felhasználásra*.

A létesítményekre vonatkozó alapvető követelmények és a termékre vonatkozó műszaki előírások közötti kapcsolatot az *értelmező dokumentumok rögzítik*, amelyek:

- konkrét formába öntik a létesítményekre vonatkozó alapvető követelményeket,
- kapcsolatot teremtenek a létesítményekre vonatkozó lényeges követelmények és a termékjellemzők között,
- rögzítik a harmonizáció során (a szabványkészítésre vonatkozó megbízásokban) figyelembe veendő termékjellemzőket.

Az értelmező dokumentumok alapján az Európai Bizottság megbízást ad európai műszaki előírások készítésére. Ez lehet harmonizált európai termékszabvány vagy európai műszaki engedély. A szabványokat a CEN dolgozza ki, míg a műszaki engedélyeket az EOTA (Európai Műszaki Engedélyezési Szervezet). Elméleti harmadik lehetőség az elismert nemzeti szabvány, amelyet a bizottság közzétesz az EU hivatalos lapjában. (1. ábra)



1. ábra

Ha egy termék megfelel ezekben az előírásokban lefektetett követelményeknek, és a bizottság által meghatározott megfelelőségigazolási eljárást alkalmazta rajta, viselheti a CE-jelölést, azaz az európai megfelelőségi jelölést.

A megfelelőség igazolására vonatkozó eljárásra az irányelv különböző elemeket említ. Ezek a következők:

\* A 2004. 02. 19-én Budapesten tartott Építésügy – Hatóság – Szabványosítás építésügyi konferencián elhangzott előadás.

## Megfelelőségigazolási rendszerek

Rendszer	A gyártó feladata	A bejelentett szervezet feladata	A CE-jelölés alapja
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>– termék kezdeti típusvizsgálata</li> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> </ul>		A gyártó megfelelőségi nyilatkozata
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a termék kezdeti típusvizsgálata</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– termék kezdeti típusvizsgálata</li> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> <li>– minták vizsgálata az előírt vizsgálati tervnek megfelelően</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés tanúsítása a kezdeti ellenőrzés alapján</li> </ul>	A gyártó megfelelőségi nyilatkozata az üzemi gyártásellenőrzés tanúsítványa alapján
2+	<ul style="list-style-type: none"> <li>– termék kezdeti típusvizsgálata</li> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> <li>– minták vizsgálata az előírt vizsgálati tervnek megfelelően</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés tanúsítása az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés kezdeti ellenőrzése és az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, értékelése és jóváhagyása alapján</li> </ul>	
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> <li>– minták vizsgálata az előírt vizsgálati tervnek megfelelően</li> </ul>	<p>a termékek megfelelőségének tanúsítása a következők alapján:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– a termék kezdeti típusvizsgálata</li> <li>– az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés kezdeti ellenőrzése</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, értékelése és jóváhagyása</li> </ul>	A gyártó megfelelőségi nyilatkozata a termék tanúsítványa alapján
1+	<ul style="list-style-type: none"> <li>– üzemi gyártásellenőrzés</li> <li>– minták vizsgálata az előírt vizsgálati tervnek megfelelően</li> </ul>	<p>a termékek megfelelőségének tanúsítása a következők alapján:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– a termék kezdeti típusvizsgálata</li> <li>– az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés kezdeti ellenőrzése</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, értékelése és jóváhagyása</li> <li>– az üzemben, a kereskedelmi forgalomban vagy az építés helyszínén vett minták audit vizsgálata</li> </ul>	

- a) a termék kezdeti típusvizsgálata a gyártó vagy egy bejelentett szervezet által,
- b) az üzemben vett mintákon a gyártó vagy egy bejelentett szervezet által végrehajtott vizsgálatok az előírt vizsgálati tervnek megfelelően,
- c) az üzemben, a kereskedelmi forgalomban vagy egy építési helyszínén vett minták audit vizsgálata a gyártó vagy egy bejelentett szervezet által,
- d) egy leszállításra váró vagy már leszállított tételből vett mintákon végrehajtott vizsgálatok a gyártó vagy egy bejelentett szervezet által,
- e) üzemi gyártásellenőrzés,
- f) az üzem és az üzemi gyártásellenőrzés kezdeti ellenőrzése egy bejelentett szervezet által,
- g) az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, megítélése és értékelése egy bejelentett szervezet által.

Ezekből az elemekből állnak össze az úgynevezett megfelelőségigazolási rendszerek, amelyek pontosan kijelölik, hogy mely feladatokat melyik félnek (gyártó vagy bejelentett szervezet) kell elvégeznie. (1. táblázat)


A bejelentett szervezetek lehetnek *vizsgáló, felügyelő vagy tanúsító szervezetek*. A megfelelőségigazolási rendszerekből az is látszik, hogy CE-jelölés nem lehetséges üzemi gyártásellenőrzés nélkül, és minden esetben kell a gyártó megfelelőségi nyilatkozata.

A megfelelőségigazolási rendszer kiválasztásának szempontjai a következők:

- a) a termék szerepének fontossága az alapvető követelmények szempontjából, különös tekintettel az egészségre és a biztonságra vonatkozó követelményekre,
  - b) a termék jellege,
  - c) a termékjellemzők változékonyságának hatása a termék használhatóságára,
  - d) a termék gyártása során előforduló hibák valószínűsége.
- Ezek alapján az Építési Állandó Bizottság dönti el az alkalmazandó rendszert. Ez kötelező valamennyi gyártóra.

A műszaki előírások (harmonizált szabványok vagy műszaki engedélyek) részletesen tartalmazzák a tanúsítási eljárás lépéseit, azt, hogy kinek mi a feladata (gyártó vagy bejelentett szervezet). Tartalmazzák továbbá a CE-jelölés viselésének

## A CE-jelölés bemutatása az égetett agyag falazóelemek szabványból

 01234	<i>CE megfelelési jelölés,  amely a 93/68/EEC irányelv szerint a „CE” jelből áll</i>  <i>A tanúsító testület azonosítási száma<sup>a)</sup></i>
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	<i>A gyártó neve vagy azonosító jegye és nyilvántartott címe</i>
02	<i>Annak az évszámnak a két utolsó számjegye, amelyben a jelölést elhelyezték</i>
01234-CPD-00234	<i>A tanúsítvány száma<sup>b)</sup></i>
EN 771-1 I. kategóriába tartozó HD égetett agyag falazóelem xxx.yyy.zzz.mm Közepes nyomószilárdság: xx N/mm <sup>2</sup> (⊥ a fekvőfelületre) xx N/mm <sup>2</sup> (⊥ a homloklfelületre) (1. kategória) Mérettartóság: a nedvesség okozta tágulás, NPD Tapadószilárdság: meghatározott érték: ..... xx (N/mm <sup>2</sup> ) Aktív oldható sótartalom: ..... NPD (S0) Tűzveszélyesség: ..... A1 Euroosztály Vízfelvétel: ..... xx% Páradiffúziós tényező: ..... xxx Léghangszigetelés: Bruttó testsűrűség: ..... xxxx (D1) kg/m <sup>3</sup> Alak: ..... lásd a mellékelt rajzot Egyenértékű hővezetési tényező: ..... xx W/mK ( $\lambda_{10,dy}$ ) Tartósság fagyhatással szemben: ..... F2 Veszélyes anyagok: (1) ..... Lásd a következő megjegyzést.	<i>Európai szabvány száma</i> <i>A termék leírása</i> és <i>adatok</i> <i>azokról a tulajdonságokról, amelyekre</i> <i>törvényes előírások vannak érvényben</i>  <sup>a)</sup> A bejelentett szervezet adatai csak a 2+ rendszer esetén szükségesek. <sup>b)</sup> A tanúsítvány számát csak a 2+ rendszer esetén kell megadni]

MEGJEGYZÉS: A veszélyesanyag-tartalmat csak ott és akkor, ha szükséges, és a megfelelő alakban kell megadni (lásd a ZA3. fejezetet).

feltételeit és formáját. A jelölést elsősorban magára a termékre kell elhelyezni. Ha ez nem lehetséges, akkor egy hozzáerősített címkén vagy a termék csomagolásán, vagy a termékkel együtt forgalmazott dokumentumban kell elhelyezni.

Ha a termékre több irányelv vonatkozik, amely a CE-jelölésről rendelkezik, a jelölésnek jeleznie kell, hogy a vonatkozó egyéb irányelveknek is eleget tesz.

A CE-jelölésnek helyettesítenie kell minden korábbi nemzeti jogszabályban előírt, ezzel azonos hatáskörű jelölést.

A „CE” jel nem minőségi jel és nem eredetjelölés.

A 2. táblázat bemutatja a CE-jelölést az égetett agyag falazóelemek szabványból.

A CE-jelölésre vonatkozó előírásokat a harmonizált termékszabványok ZA melléklete tartalmazza. Ez a melléklet adja meg az alkalmazási területet és a lényeges jellemzőket, azaz hogy a szabvány követelményeiből melyeket kell teljesíteni az irányelvnek való megfelelés érdekében. Ebben a mellékletben található az alkalmazandó megfelelésigazolási rendszer előírása is. A CE-jelölésre is ad példát a melléklet. Hangsúlyozni szükséges, hogy a harmonizált szabvány szempontjából a CE-jelölés nem a szabványnak való megfelelést jelenti,

hanem csak az úgynevezett harmonizált részben előírtaknak való megfelelést.

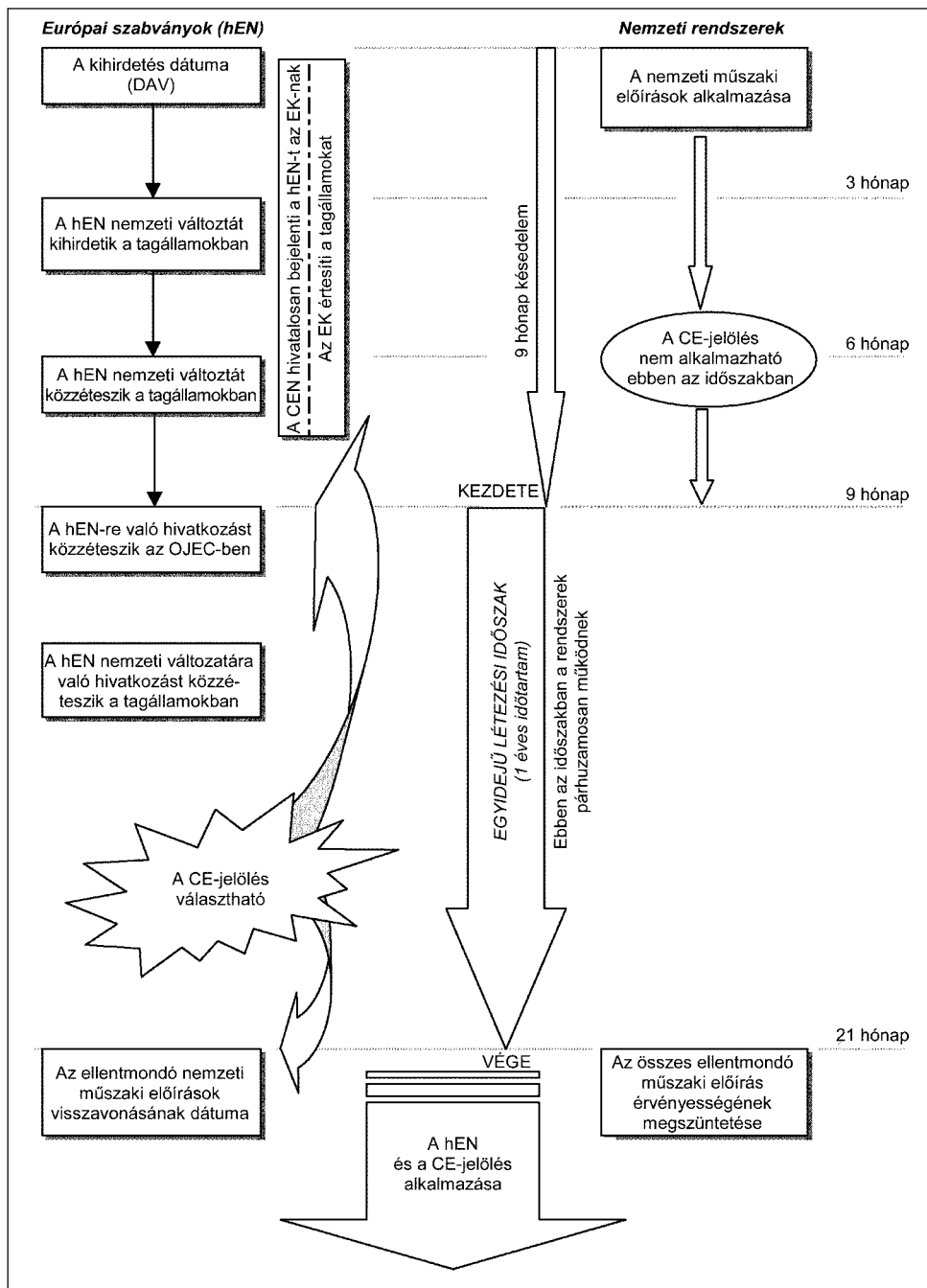
Az irányelv nem rendelkezik a CE-jelölés alkalmazásának határidejéről. Ez attól függ, hogy a vonatkozó harmonizált szabványt mikor teszi közzé a CEN. A közzététel után 9 hónap múlva már alkalmazható, 21 hónappal később viszont már csak ezzel lehet a terméket forgalmazni az EU belső piacán.

A harmonizált szabvány alkalmazására vonatkozó időpontokat az EU hivatalos lapjában teszik közzé.

A két időpont közötti időszak az átmeneti (együttélési) időszak. Ezen időszak alatt a gyártó megfelelhet az EN vagy a meglévő nemzeti szabvány előírásainak. Az átmeneti időszak végéig azonban minden ellentmondó nemzeti előírást vissza kell vonni, és az EN szabványnak (ZA melléklet!) való megfelelés gyakorlatilag kötelezővé válik.

Az átmeneti időszakra vonatkozó intézkedéseket mutatja a CEN-adatbázisból vett 2. ábra.

Tehát ha egy termékre európai harmonizált szabvány megjelent, és letelt a 21 hónapos átmeneti időszak, az EU, ill. az EEA (Európai Gazdasági Övezet) területén legegyszerűbben a vázolt eljárás alkalmazásával lehet forgalmazni.



2. ábra. Átmeneti időszak ábrája

3. táblázat

Az építési termékekre vonatkozó 89/106/EEC irányelvhez tartozó fontosabb CEN/TC-k által kidogozott szabványok

Eu-rópai	Nemzeti	Megjelent EN			Bevezetett EN			Megjelent EN-ekből harmonizált EN*			EN kidolgozás alatt
		Összesen	Termék	Vizsgálati	magyarul	angolul	Bevezetendő EN	összesen	bevezetett		
									magyarul	angolul	
szabványosító műszaki bizottságok száma		db	db	db	db	db	db	db	db	db	db
41	31	1570	719	851	766	707	94	120	52	68	1002

\* 2004. május 1-jei adatok

## Az építési termékek szabványainak fejlesztési irányai

### Harmonizált szabványok második generációja

Az építési termékek harmonizált szabványai első generációjának kidolgozása és közzététele az elkövetkezendő egy-két év alatt befejeződik. Ezekben a szabványokban, néhány kivételtől eltekintve, nem vették figyelembe a környezetvédelmi és egészségügyi szempontokat.

Az építési termékek irányelve harmadik alapvető követelményének (higiénia, egészség- és környezetvédelem) megfelelően a szabványok második generációjában részleteiben ki kell dolgozni a veszélyes anyagok kibocsátására és az ionizáló sugárzásra vonatkozó részt. Ezért megfelelő vizsgálati módszereket kell kifejleszteni vagy meghatározni az emberi egészség- és környezetvédelem követelményeire. Számos vizsgálati módszer és sok tapasztalat áll rendelkezésre azoknál a munkacsoportoknál, amelyek az egészség- és a környezetvédelem irányelveivel és törvényalkotásával vannak kapcsolatban. Mostanáig azonban nagyon kevés kapcsolat volt ezen csoportok (például a környezetvédelmi CEN/TC-k) és az építési terület között. Az erről folyó megbeszélések során teljesen világossá vált, hogy az építési termékek irányelve alá tartozó harmonizált szabványok következő generációja esetében a veszélyes anyagok vizsgálati módszereinek kidolgozásához a források leghatékonyabb felhasználását úgy lehet elérni, hogy a szakterület szakértőinek erejét összefogják. E szakértők számbavételére a CEN munkaértekezlet szervezését határozta el. Ezt a konferenciát az elmúlt év szeptemberében Coimbrában (Portugália) tartották meg.

Ezen az Építési Szektor Hálózat konferencián, amelynek témája a „szabályozott anyagok” volt, a veszélyes anyagok kibocsátásával kapcsolatban megbízás (mandátum) -tervezet kidolgozásáról döntöttek a résztvevők. (A megbízás szempontjából veszélyes anyagok azok, amelyekre az EU vagy a tagországok korlátozó vagy tiltó szabályozást jelentettek be, és ezért nevezik ezeket szabályozott anyagoknak is). A megbízás alapján készülő szabványdokumentumok műszaki előírások (TS) lesznek, amelyek megkönnyítik a harmonizált szabványok második generációjának a kidolgozását.

### Szabványosítandó vizsgálati módszerek: horizontális megközelítés

Sok szaktudás halmozódott fel a környezetvédelmi szektorban a vizsgálati módszerekkel és az elfogadható mérési leírásokkal kapcsolatban, míg az építési szektorban főleg az egyedi termékekre és a termékalkalmazásra vonatkozó szaktudás. Mindkét szaktudás összekapcsolódhat abban az esetben, ha a tervezett szabványokat az alapvető követelmények közül a harmadiknak (higiénia, egészség- és környezetvédelem) kívánják megfeleltetni.

Ráadásul lehetőség van ugyanazt a vizsgálati módszert alkalmazni az építési termékek irányelve követelményeinek alátámasztására (hasonlóképpen más olyan irányelvek alátámasztására is), amelyek az építési termék életciklusa más ré-

szekre vonatkoznak (gyártás, lebontás, újrahasznosítás, megsemmisítés).

A költségekkel és az emberi szaktudással lehet takarékoskodni, ha ugyanazt a módszert és készüléket különböző termékekre és különböző életciklusokra is felhasználhatják.

Ennek megoldása a horizontális megközelítés a szabványosítandó vizsgálati módszerekben.

A termékek egészség- és környezetvédelmi vonatkozásában sok különböző vizsgálati módszer létezik. Ezek közül sok nagyon hasonló egymáshoz, ezért célszerűnek látszik egy szabványos módszer, egy horizontális szabvány kidolgozása. Ez nem jelenti azt, hogy ez minden termékre alkalmazható, de jelentősen csökkenti a szükséges szabványok számát.

A horizontális munka nem új jelenség a CEN-szervezetben, ehhez ugyanakkor kiegészítő szabályokra és különleges felhatalmazásra van szükség. Erre példát lehet találni a tűzvédelem, a hőszigetelés és a beltéri levegő minősége területén.

A horizontális szabványosításra megbízás (mandátum) készül, amely a CEN-nek feladatként adja a szükséges szabványok vizsgálati módszerekkel való együtt tervezését az építési termékek szabályozott (veszélyes) anyag kibocsátása meghatározására oly módon, hogy a szabványok fedjék le a vizsgálati szabványok szükségességét mindkét irányelv (építési termékek és környezetvédelem) alátámasztásában.

### Példák a fejlesztési irányokra a szakterületekről

#### *Cement*

A cementet széles körben használják az építőiparban. Kis mennyiségben tartalmazhat vízoldható króm(VI)-ot, amelyet rákkeltőnek és érzékenységet okozóknak soroltak be. A cementben levő króm(VI) fájdalmas, munkaképtelenné tevő allergiás ekcémát okozhat a nedves cementkészítménnyel dolgozó emberben. A króm(VI) redukciójára van eljárás és bebizonyosodott, hogy csökkenti az egészségkárosító hatást. Azokban a tagországokban, ahol ezt az eljárást már bevezették, a cement okozta ekcémás esetek száma drámaian csökkent. Ezt az eljárást 2002. június 27-én tudományos felfedezésnek minősítették. E létező, tudományos bizonyíték alapján az Európai Bizottság javasolta, hogy korlátozzák a 2 ppm-nél több króm(VI)-ot tartalmazó cement kereskedelmét és felhasználását. Az Európai Bizottság kidolgozta az irányelv javaslatát azzal a céllal, hogy az irányelv vezesse be a cement kereskedelme és használata harmonizált rendelkezéseit. Ezt az irányelvet 2002-ben terjesztette a bizottság az Európai Parlament és a Tanács elé. Az irányelv azóta hatályba lépett. E szerint 2005. január 17-től csak olyan cement hozható forgalomba, amelynek vízoldható króm(VI)-tartalma 2 ppm alatti.

Már készülöben van a cementben levő króm(VI)-tartalom meghatározására a vizsgálati szabvány, amelyet a CEN/TC 51 Cement és építési mész európai műszaki bizottság dolgoz ki. A szabvány első tervezetét a dánok nemzeti szabványa alapján készítette a bizottság.

#### *Beton*

Az európai betonszabvány (EN 206-1) kidolgozásakor a CEN/TC 104 Beton műszaki bizottságban fontolóra vették, hogy összehasonlítsák a teljesítőképesség alapuló tartóssági

műszaki feltételeket. Ennek érdekében kezdték meg áttekinteni a teljesítőképesség méretezési és vizsgálati eljárásait.

Kiderült, ezek a módszerek még nem alakultak ki elégé ahhoz, hogy európai szinten ez a szabvány részletesen előírja azokat, de a bizottság elismerte, hogy néhány CEN-tagországban bíznak a helyi vizsgálatokban és feltételekben. Ezért ez a betonszabvány a beton felhasználási helyén érvényes ilyen jellegű gyakorlat folytatását és fejlesztését megengedi az utasításon alapuló megközelítés alternatívájaként.

Azokban az esetekben tehát, amelyekben nem volt lehetőség minden európai országra általánosan érvényes szabályok megfogalmazására, a szabvány különböző fejezetei nemzeti hatáskörbe utalják az adott országban szükséges kiegészítő nemzeti előírások összeállítását. Ezek a nemzeti előírások, illetve kiegészítések nem lehetnek ellentétesek az európai szabvánnyal.

A CEN/TC 104 ugyanakkor folytatni fogja a teljesítőképességhez kapcsolódó módszerek fejlesztését a tartósság európai szintű szabályozása érdekében.

### *Eurocode-ok*

A tartószerkezetek tervezésére vonatkozó 66 db Eurocode-ot a CEN/TC 250 első lépésben – 1991 és 2000 között – előszabványként adta ki. Valamennyit bevezettük magyar előszabványként, felét magyar nyelven, a többit pedig jóváhagyó közleménnyel.

Jelenleg az ENV-k EN-né való átdolgozása folyik, 2002-ben és 2003-ban összesen 6 db jelent meg európai szabványként, valamennyi az Eurocode 1: *A tervezés alapjai és a tartószerkezeteket érő hatások* sorozatból. Ezek a szabványok a megfelelő ENV helyébe lépnek, a bevezetésükre előírt határidő 6 hónap, a tárgyban érvényes nemzeti szabványokat azonban nem a bevezetésükkel egyidejűleg kell visszavonni, hanem 2009 decemberéig, illetve 2010 márciusáig.

A különböző anyagú tartószerkezetek tervezésére vonatkozó Eurocode 2, Eurocode 3, Eurocode 4, Eurocode 5, Eurocode 6 és Eurocode 9, valamint a geotechnikai tervezéssel (Eurocode 7) és a földrengésre való méretezéssel foglalkozó (Eurocode 8) sorozatokból EN még nem jelent meg.



**Kotsis Leventéné  
Szabó Márta Ildikó**

1942. Újvidék–2004. Veszprém: egy gazdag életút kezdete és vége. 1965-ben kapott vegyész-mérnöki oklevelet a Veszprémi Vegyipari Egyetemen. 1968-ban műszaki doktori címet, majd 1981-ben kandidátusi fokozatot szerzett. Kutatásai kezdetben a porcelán szerkezetére, a porcelánképződés mechanizmusára irányultak, később a műszaki kerámiákkal, szupravezetőkkel, biokerámiákkal foglalkozott. Kutatási eredményeit számos cikk, szabadalom őrzi, és emlékeznek rá mindazok, akik a konferenciákon hallották előadásait.

Egyetemi pályafutása alatt tanszékünk csaknem valamennyi tárgyát oktatta hosszabb-rövidebb ideig, több tárgy tematikáját ő állította össze. Megszámlálhatatlanul sok szakdolgozat, diplomadolgozat, doktori disszertáció témavezetője volt. Elévülhetetlen érdemeket szerzett az anyagmérnöki szak tantervének kidolgozásával és a képzés megindításával.

Komoly szerepet vállalt a hazai és nemzetközi tudományos közéletben is. A magyar felsőoktatás és kutatás nemzetközi megítélése szempontjából kiemelkedő jelentőségű volt az Európai Kerámiai Társaságban, valamint ennek Oktatási Bizottságában betöltött elnökségi tagsága. Számos hazai és külföldi tudományos testület tagja volt, több sikeres nemzetközi kon-

ferenciát szervezett, munkáját nagyra értékelték Japántól Amerikáig, Angliától Görögorszáig.

Ezek száraz tények, amelyek mögött ott volt az Ember. A szűkebb szakmán kívül érdekelte a képzőművészet, értett a zenéhez, irodalomhoz. Sokszor megcsodáltam magabiztos hozzáértését, ha művészetről, irodalomról beszélgettünk. Mindannyian őrünk vele kapcsolatos kedves emlékeket a felejthetetlen tanszéki kirándulásokról, meghitt hangulatú, vidám karácsonyokról.

Megfoghatatlan magányosság veszi körül a hozzánk közel álló ember életét egészen addig, amíg halottként közeli barátunkká, testvérünké válik. Elfog bennünket a szilárd elhatározás, hogy nem fogjuk elfelejteni, nem fogom elfelejteni. Egyszer arról beszélgettünk, az embernek úgy kell leélnie az életét, hogy nyoma maradjon itt a földön. Neki sikerült, szakmájában és magánéletében egyaránt. Nem kell felidézni mozdulatait, gesztusait, azok úgysis tovább élnek gyermekeiben, unokáiban. Bennünk azok a gondolatai élnek tovább, miiket megosztott velünk. Így válik örök életűvé.

Büszkék vagyunk arra, hogy a közeledben voltunk, a munkatársaid lehettünk. Sokat tanultunk tőled. Kérlek, egyengesd tovább földi utunkat a mennyországból. Isten veled, Ildikó!

*Kovács Kristóf*

*„Okuljatok mindannyian e példán.  
Ilyen az ember. Egyedüli példány.  
Nem élt belőle több és most sem él  
s mint fán se nő egyforma két levél,  
a nagy időn se lesz hozzá hasonló.”*

*(Kosztolányi Dezső: Halotti beszéd c. verséből)*