

# ADALÉKANYAGOK KÉMIAI TULAJDONSÁGAI

*Út- és hídépítési műszaki előírások  
és alkalmazási tapasztalataik*  
Magyar Közút Kht.

Dr. Kausay Tibor  
Budapest, 2010. május 20.

2008/3



# Adalékanyagok alkáli reakciója



**Forrás: Deutscher Beton-Verein E. V.: „Beton-Handbuch” (A kiadás éve ismeretlen)**

# Beton-adalékanyagok alkáli reakciója

## Fogalom meghatározás

**Alkáli reakció:** Egyes beton-adalékanyagok és az alkálifém-dús cementek hidratációs termékében levő alkálifémek beépülési, vagy csere-bomlásának a megnevezése. Kialakulásához hosszú évek kellenek.

Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények hatására lép fel, térfogat-növekedéssel jár, a reakció jellegétől függően a beton felületén reakció-termékek jelenhetnek meg.

Az alkáli reakció a beton összeropadásához, a szilárdság csökkenéséhez vezet. Az ilyen betont javítani nem lehet.

A beton-adalékanyagok alkálifém reakciója Magyarországon szerencsére eddig nem, vagy csak szórványosan fellépő, de külföldön ismert jelenség.



**Fénykép az ACI Monograph 1968. No. 4. számából.  
Forrás: Dr. Balázs György - Dr. Tóth Ernő: „Beton- és vasbeton  
szerkezetek diagnosztikája” I. kötet. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1997.**

Az „alkáli reakció” nem alkáliák, hanem alkálifémek hatására lép fel, ezért a jelenség szabatos megnevezése **„alkálifém reakció”**.

**Alkálifémek:** A periódusos rendszer I. oszlopának főcsoportjába tartozó elemek, mint **a lítium (Li), a nátrium (Na), a kálium (K), a rubídium (Rb), a cézium (Cs), és a francium (Fr)** összefoglaló megnevezése.

Az alkálifémek közül **a cementkőben a nátrium (Na) és a kálium (K) fordulnak elő** figyelemre méltó mennyiségben, ezeket szokás a kémiai egyenletekben „M” betűjellel jelölni.

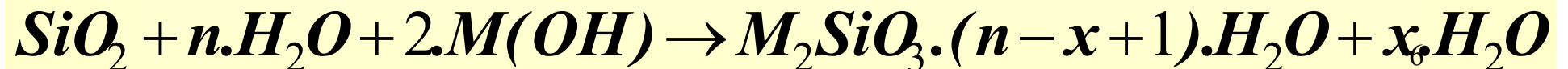
Az alkálifém reakciónak két alapvetően különböző változata van:

- az alkálifém-szilikát reakció és
- az alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció.

## Alkálifém-szilikát reakció

Az alkálifém-szilikát reakció kovasav kőzetek (magma, laza és összeálló törmelékes, átalakult kőzetek) esetén léphet fel, ha az azokban levő alkáli-érzékeny kovasavtartalmú részecskék - például az opál, vagy esetleg a kalcedon ásványokban lévő **oldható kovasavalkotók** (nem kristályos, amorf szilikátok ún. hidrogélek) - a cementkő alkálifém--hidroxidjaival alkálifém-szilikátoldatok képződése mellett reagálnak.

Ekkor meg nem szilárduló, gélszerű, vízfelvételekre és duzzadásra hajlamos alkálifém-metaszilikát (nátrium esetén vízüveg) keletkezik, és jelenik meg a repedések mentén a felületen:



## Alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció

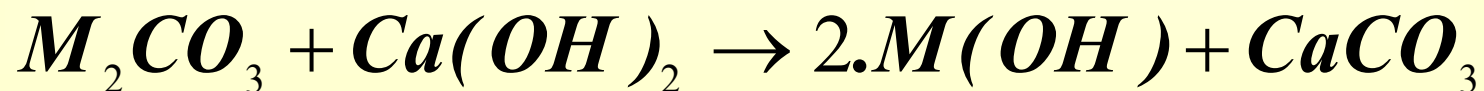
Az alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció egyes meszes vagy agyagos-kovás-meszes dolomitok esetén fordulhat elő.

A reakciónak két változata ismert:

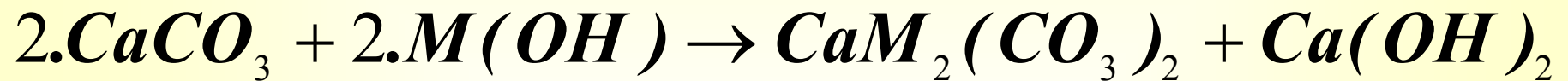
A duzzadásos alkálifém-dolomit reakció során a **dolomit** adalékanyag kalcium-magnézium-karbonátja és a **cementkő** alkálifém-hidroxidja egymásra hatásából alkálifém-karbonát, magnézium-hidroxid (**brucit**) és kalcium-karbonát keletkezik:



A keletkezett alkálifém--karbonát a cementkő kalcium-hidroxidjával reagálva cserebomlás útján kalcium-karbonát keletkezése mellett alkálifém-hidroxiddá alakulhat vissza:



A kalcium-karbonát a cementkő alkálifém-hidroxidjának és víznek a jelenlétében kalcium--alkálifém-karbonáttá alakul, amit az előbbi reakciót tápláló kalcium-hidroxid keletkezése kísér:



**Ezáltal kedvezőtlen esetben az alkálifém-dolomit reakció a teljes átalakulásig folytatódhat.**

A szilárdság-csökkenéses alkálifém-dolomit reakció oka feltevések szerint az agyagos komponensben lévő szilícium-dioxid vándorlása a szemcse közepéről annak peremére, ahol lecsapódik.

A szemcsék peremén kovásodott réteg csökkenti a cementkőhöz való tapadást és ezáltal a beton szilárdságát.

Az alkálifém-dolomit reakció esetén reakció termékek a felületen nem jelennek meg.



## Az alkálifém reakció kialakulásának feltételei

Az alkálifém-oxid reakció várhatóan elkerülhető,

- **ha** az alkalmazott portlandcement nátrium-oxid egyenértéke a 0,6 tömeg%-ot nem haladja meg, ahol a nátrium-oxid egyenérték =  
=  $\text{Na}_2\text{O}$  tartalom +  $0,658 \cdot \text{K}_2\text{O}$  tartalom [tömeg%];
- **ha** a cement mennyisége kevesebb mint  $400 \text{ kg/m}^3$ ;
- **ha** a kovasavtartalmú adalékanyag nem tartalmaz alkálifém-oxid érzékeny részecskéket;
- **ha** a dolomit adalékanyag dolomit-ásvány tartalma több, mint 90 tömeg%;
- **ha** a beton környezete száraz és hőmérséklete nem magas.

### Irodalom

MSZ CR 1901:2000 Regionális előírások és ajánlások a beton alkáli-kovasav reakció okozta károsodásának elkerülésére. CEN Jelentés. (Jóváhagyó közleménnyel bevezetve, angol nyelven.)

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)”. 1997.

Ajánlom szíves figyelmükbe:

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



**Németország  
alkálifém  
érzékeny  
opál-  
homokkő,  
kovás  
mészkő,  
flint, és  
grauwacke  
előfordu-  
lásainak  
zónája.**

Technische Lieferbedingungen  
für Baustoffe und Baustoffgemische  
für Tragschichten mit hydraulischen  
Bindemitteln und Fahrbahndecken  
aus Beton

R 1

TL Beton-StB 07

Zusätzliche Technische  
Vertragsbedingungen und Richtlinien  
für den Bau von Tragschichten  
mit hydraulischen Bindemitteln  
und Fahrbahndecken aus Beton

R 1

ZTV Beton-StB 07

## ÚTBETON ADALÉKANYAGOK ALKÁLI SZILIKÁT REAKCIÓRA VALÓ HAJLAMÁNAK MEGÍTÉLÉSE NÉMETORSZÁGBAN

**R 1 = A szerződések alapjául szolgáló olyan közlemények (TL, ZTV, TP) és irányelvek sorozatjele, amelyek kötelező ereje – különösen, ha a szerződés elválaszthatatlan részét képezik – erős. Mindig az FGSV szavazással elfogadott kiadványa.**

# ADALÉKANYAGOK ALKÁLI SZILIKÁT REAKCIÓRA VALÓ HAJLAMÁNAK MEGÍTÉLÉSE NÉMETORSZÁGBAN

## Beton pályaburkolatok környezeti osztálya

**Forrás: TL Beton-StB 07 (Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007)**

**A beton pályaburkolatok környezeti osztálya az útépitési osztály függvényét képezi.**

**Az útépitési osztályt és a pályaburkolatok vastagságát az RStO 01 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) irányelv szerinti „B” forgalmi terhelési szám alapján határozzák meg. A „B” szám a 10 tonnás tengelyek áthaladási számának millióban kifejezett egyenértéke, amely számos forgalmi tényezőnek a függvénye. Az SV (Schnell- und Schwerlastverker) a gyors és nehéz forgalom építési osztálya. (Richter, D. – Heindel, M., 2008)**

Útépítési osztály a „B” forgalmi terhelési szám függvényében.  
 (A „B” szám a 10 tonnás tengelyek áthaladási számának millióban kifejezett egyenértéke)

(Richter, D. – Heindel, M., 2008)

|                     |        |            |           |            |              |              |            |
|---------------------|--------|------------|-----------|------------|--------------|--------------|------------|
| „B”<br>szám         | $> 32$ | 10 –<br>32 | 3 –<br>10 | 0,8 –<br>3 | 0,3 –<br>0,8 | 0,1 –<br>0,3 | $\leq 0,1$ |
| Útépítés<br>osztály | SV     | I          | II        | III        | IV           | V            | VI         |

Az **SV** (Schnell- und Schwerlastverker) a gyors és nehéz forgalom építési osztálya.

## Útépítési osztályok az út típusa szerint (*Richter, D. – Heindel, M., 2008*)

| Az út típusa  | Útépítési osztály<br>(körforgalom esetén eggyel<br>nagyobb osztály a mértékadó) |
|---|---|
| <b>Gyorsforgalmi utak, ipari gyűjtő utak</b>  | <b>SV, I vagy II</b>  |
| <b>Főút, ipari utak, autóbusz sávok és parkolók</b>   | <b>II (napi &lt; 150 busz esetén)<br/>vagy III</b>                              |
| <b>Nehézforgalmi utak mellék és pihenő helyei</b>   | <b>III</b>  |
| <b>Lakókörzeti gyűjtő utak, gyalogos övezetek<br/>árúforgalommal, nehéz járművek állandó<br/>parkolói</b>   | <b>III vagy IV</b>  |
| <b>Személyforgalmi mellékutak csekély nehéz<br/>forgalommal, nehéz járművek alkalmi<br/>parkolói</b>  | <b>IV vagy V</b>  |
| <b>Személygépkocsik állandó parkolói csekély<br/>nehéz forgalommal</b>  | <b>V</b>  |
| <b>Bekötőutak, lakóutak, gyalogos övezetek<br/>autóbusz forgalom nélkül, személygépkocsik<br/>parkolói és mellékútjai csekély nehéz<br/>forgalommal</b> | <b>V vagy VI</b>  |
| <b>Mellékutak személygépkocsi forgalommal</b>   | <b>VI</b>   |

Beton pályaburkolatok környezeti osztálya a német **TL Beton-StB 07** műszaki szállítási feltételek és a **ZTV Beton-StB 07 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007)** pótlólagos műszaki szerződési feltételek és irányelvek szerint

**Ez a következő diaképen lévő táblázat címe.**

| Út-<br>építési<br>osztály  | Pályabeton<br>rétege | Környezeti<br>osztály | Nedves-<br>ségi<br>osztály<br>az alkáli<br>szilikát<br>reakció<br>szempont-<br>jából | Nyomó-<br>szilárd-<br>sági<br>osztály | Hajlító-<br>húzó-<br>szilárd-<br>sági<br>osztály | Megkövetelt<br>adalékanyag<br>frakció<br>mm |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| SV,<br>I–III <sup>1)</sup> | Felső <sup>3)</sup>  | XF4, XM2              | WS   | C30/37                                | F 4,5  | 0/2, 2/8, > 8                               |
|                            | Alsó                 | XF4                   |  |                                       |  | 0/4, 4/8, > 8<br>0/2 vagy<br>0/4, ≤ 8       |
| IV–VI <sup>2)</sup>        | Felső <sup>3)</sup>  | XF4, XM1              | WA   |                                       | F 3,5  | 0/4, > 4                                    |
|                            | Alsó                 | XF4                   |  |                                       |  |   |

<sup>1)</sup> Az SV, I, II és III útépipítési osztályban a pályabeton cement-tartalma legalább 340 kg/m<sup>3</sup>, a víz-cement tényező legfeljebb 0,45.

<sup>2)</sup> Az IV, V és VI útépipítési osztályban a víz-cement tényező legfeljebb 0,50.

<sup>3)</sup> Ha a felső betonréteg felületéről a habarcsot kimossák, akkor a felső réteg cement-tartalma legalább 420 kg/m<sup>3</sup>.

Ha folyósító adalékszerrel nagy kezdő szilárdságú beton készül, akkor a pályabetont CEM I portlandcementtel kell készíteni.

Nagy kezdő szilárdságú beton készítése esetén előnyös a 42,5 R nyomószilárdsági osztályú cement alkalmazása.



**Megjegyzés:** Az alkáli szilikát reakcióval kapcsolatos **WO, WF, WA és WS nedvességi osztályok**, mint környezeti osztályok a **DIN 1045-2** szabványba először a 2008. évi módosítás során (**DIN 1045-2:2008**) kerültek be.

**Magyarázat:** DAfStb = **D**eutscher **A**usschuss (bizottság) **f**ür **S**tahl**b**eton

A **DIN 1045-2:2008** szabvány és a **DAfStb-Alkali-Richtlinie (2007)** műszaki irányelv szerint, ha a szokásos módon nedvesen utókezelt betonszerkezet a használat során:

- tartósan száraz, akkor a **WO** nedvességi osztályba tartozik. Ilyen szerkezet például az építmény belső szerkezete; a külső szerkezet, amelyet csapadék, felületi víz és talajnedvesség nem ér, amely nincs tartósan 80 % relatív páratartalomnak kitéve. Ebben az esetben **E II-OF osztályú adalékanyag** esetén sincs szükség óvintézkedésre.

- gyakran vagy hosszabb ideig nedves, akkor a **WF** nedvességi osztályba tartozik. Ilyen szerkezet a nedvességtől védtelen, felületi vizekkel érintkező, talajnedvességnek kitett külső szerkezet; a belső szerkezet, amely tartósan ki van téve 80 % relatív páratartalomnak (például fedett uszoda, mosoda); a gyakran harmatponti állapotban lévő szerkezet (például kémény kürtő, hőátviteli állomás, szűrőkamra, szarvasmarha istálló); tömegbeton, amelynek legkisebb mérete 0,8 m-nél nagyobb, függetlenül a vízbehatolásától. Ha a beton **adalékanyaga E III-OF osztályú**, a cement mindig kis alkáli tartalmú (Na-Zement = Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt) legyen.

- nedves és *tartósan külső alkáli hatásnak* van kitéve, akkor a **WA** nedvességi osztályba tartozik. Ilyen a tengervíz hatásának kitett szerkezet; *az olvasztósó hatásának kitett szerkezet*, ha dinamikus hatás nem éri (például fröccsenő víznek kitett szerkezet, parkolóházak járó és parkoló felülete); az alkáli sók hatásának kitett ipari és mezőgazdasági építmények (például trágyalétároló). Ebben az esetben **E III-OF osztályú adalékanyagot** nem szabad használni.

- nedves és *tartósan külső alkáli hatásnak* van kitéve, továbbá nagy *dinamikus hatás* is éri, akkor a **WS** nedvességi osztályba tartozik. **Ilyen szerkezet a beton útpályaburkolat és a repülőtéri betonburkolat.**

Ha az adalékanyag az **alkáli reakció szempontjából veszélytelen** opálhomokkővet tartalmaz, akkor az adalékanyag az **E I-O** osztályba tartozik, és a nedvességi osztályok egyikében sem igényel óvintézkedést.

Ha az adalékanyag az **alkáli reakció szempontjából veszélyes** opálhomokkővet és flintet tartalmaz, akkor az adalékanyag az **E III-OF** osztályba tartozik. Ebben az esetben

- a **WO** nedvességi osztályban nincs szükség óvintézkedésre;
- a **WF** nedvességi osztályban mindig kis alkáli tartalmú cementet (NA-Zement) kell használni;
- a **WA** nedvességi osztályban az **E III-OF** osztályú adalékanyag nem használható.

Alkáli szilikát reakcióval kapcsolatos követelmények a német „DAfStb-Richtlinie (2007), „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)” irányelvben

**Ez a következő diaképen lévő táblázat címe.**

| Adalékanyag<br>alkáli reakció<br>érzékenységi<br>osztálya | Cement<br>tartalom<br><br>kg/m <sup>3</sup> | Követelmények a nedvességi osztályban |                         |                                   |
|---|---|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|   |   | WO                                    | WF                      | WA                                |
| <b>E I; E I-O;<br/>E I-OF; E I-G</b>                      | Nincs előírva                               | –                                     | –                       | –                                 |
| <b>E II-O</b>   | ≤ 330                                       | –                                     | –                       | NA-Zement                         |
| <b>E III-O</b>  |   | –                                     | NA-Zement               | Adalékanyagot<br>ki kell cserélni |
| <b>E II-O; E II-OF</b>                                    | > 330                                       | –                                     | NA-Zement               | NA-Zement                         |
| <b>E III-O;<br/>E III-OF</b>                              |   | –                                     | NA-Zement               | Adalékanyagot<br>ki kell cserélni |
| <b>E III-G</b>  | ≤ 300                                       | –                                     | –                       | –                                 |
|   | 300-350                                     | –                                     | –                       | NA-Zement <sup>1)</sup>           |
|   | > 350                                       | –                                     | NA-Zement <sup>1)</sup> | Adalékanyagot<br>ki kell cserélni |

**Megjegyzés: NA-Zement = Kis alkáli tartalmú cement**

**NA-Zement <sup>1)</sup> = Kis alkáli tartalmú vagy azzal igazoltan egyenértékű cement**

**E I = Veszélytelen**

**O = Opál-homokkő**

**E II = Feltételesen használható**

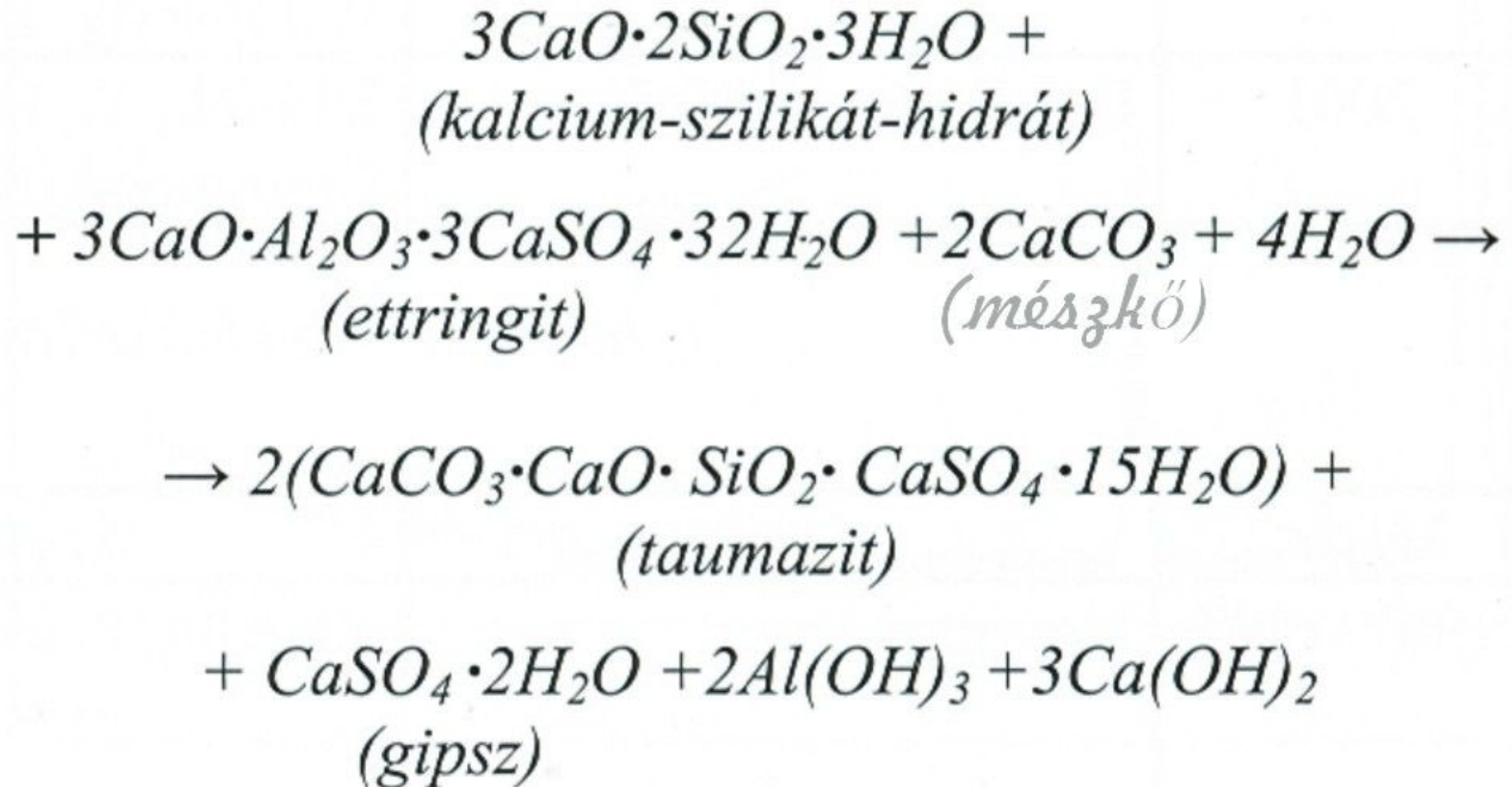
**OF = Opál-homokkő és pórusos flint**

**E III = Veszélyes**

**G = Grauwacke (homokkő-féleség)**

# TAUMAZIT REAKCIÓ

## Taumazit-reakció létrejötte:



Forrás: Révay Miklós dr.: A taumazit-kérdés Magyarországon.<sup>23</sup> Beton szakmai havilap. XIII. évf. 1. szám, 2005. január pp. 3-6.

## **A taumazit-reakció kockázati tényezői talajszept alatti létesítményeknél**

### **Elsődleges tényezők:**

- szulfát vagy oxidálható szulfid jelenléte;
- mobil víz jelenléte;
- karbonát (mész, dolomit) beton-adalékanyag vagy kiegészítő-anyag (töltőanyag) jelenléte;
- 15 °C alatti hőmérséklet.

### **Másodlagos tényezők:**

- cementfajta (veszélyes lehet a mészportlandcement, **jobban ellenáll** a szulfátálló cement, a kohósalak- és a pernye-tartalmú cement);
- betonfajta és betonminőség (a kellő tömörségű beton **jobban ellenáll**);
- a talaj és talajvíz kémiai összetételének kedvezőtlen változása;
- a beépítés mélysége és az építmény geometriája (a taumazit leggyakrabban a sarkokon és az éleken jelentkezik).

**Magyarországi példa** a taumazit-reakció fellépésére: Puskás Ferenc Stadion.



**Köszönöm szíves a figyelmüket...**