



Dr. Kovács Károly

DOI: 10.32969/VB.2019.2.1

*Viszonylag ritkán kerül sor nukleáris alkalmazású szerkezetek építésére. Nem várható el, hogy a tudomány mindenkori állása szerint az építőipar rutinszerűen kezelje azokat a kényes egyensúlyi folyamatokat, amelyek szükségesek a nukleáris alkalmazású megfelelőséghez. A szokásos építőipari ismereteket felül kell bírálni a nukleáris fizika, kémia, technológia, továbbá a biológia, polimertechnológia, korróziós hatások, élettartam-vizsgálatok, kontaminálódások kezelése stb. szempontjai szerint.*

*E munka keretében sorra vettem azokat hatásokat, amelyek okozzák, ill. felerősítik nukleáris környezetben a műszaki problémákat, és külön intézkedéseket igényelnek az állapot megőrzése érdekében a tervezett üzemidő végéig.*

*Érintőlegesen említem nukleáris közegben a vasbeton alkotók tönkremenetelének érzékeny kérdéseit.*

**Kulcsszavak:** sugárállóság, hőállóság, acélbetét polarizáció, nehéz és hidrát adalékanyagok

## 1. BEVEZETÉS

Joggal merül fel a kérdés, hogy miért kell külön diszciplínaként kezelni a nukleáris iparban alkalmazott vasbetonok készítésére, majd használatára vonatkozó szabályokat.

Hazánkban fejlett vasbetonépítő ipar működik, művelői képzett betontechnológusok, jól tudják irányítani a készülő vasbetonok tulajdonságait.

A beton készítéséhez szükséges nyersanyagok általános és speciális tulajdonságai is globálisan és rendszerszerűen ismertek.

Miért kell mégis külön kezelni a nukleáris iparban alkalmazott betonok készítésére, alkalmazására, használatára vonatkozó, ismereteket? Részleteiben vizsgálva a fenti összefoglaló megállapításokat belátható, hogy az általánosan érvényes szakmai kívánalmakon túlmenően olyan feltételeket is teljesíteni kell, amelyek jelentősen felülírják az előzőeket és ezekhez az építőiparban nem ismert, vagy nem használt anyagokat, technikákat kell alkalmazni és mindenképpen igénybe kell venni más tudományágakban járatos szakemberek tudását is.

Alapvetően a legfontosabb különbség abból adódik, hogy a betonoknak közismert funkcióin túlmenően teljes értékű biológiai védelmet kell nyújtania a rendszerben dolgozóknak és a létesítmény környezetének.

Nukleáris jellegű alkalmazások egy szakember pályafutása alatt csak egy-két esetben fordulnak elő, ezért az ide szükséges mélyebb szakismeretek áttekintése, felfrissítése hasznos lehet.

Arra nincs mód, hogy e különleges eljárások, okok indokait, teljes kihatásait ebben a cikkben ismertessük, meg kell elégedni azzal, hogy felhívjuk a jelenségekre a figyelmet.

A következőkben sorra vesszük az eltérések lényegét és megokolásukat.

## 2. JELENTŐS ELTÉRÉSEK A SZOKVÁNYOS TECHNOLÓGIÁKTÓL, ANYAGOKTÓL

Radioaktív térben működnek, tehát nem változtathatják meg tulajdonságaikat sugárhatásra. Normál üzemeltetés esetén nem

válhatnak sugárzóvá. Besugárzásra, vagy bármely a technológiából, ill. egyéb okokból származó hatásra sem válhatnak mágneses tulajdonságúvá (pl. magnetit tartalmú adalékanyagok).

A szükséges funkciók végett testsűrűségük erősen változik. (pl. nehézbetonok)

Mivel döntő szempont a gammasugár gátlásban a megfelelően nagy testsűrűség, ill. a megfelelően nagy kémiai kötött víz, azaz hidrogén tartalom a neutronok befogásához, ezeket kell elsődlegesen biztosítani még akkor is, ha a felhasznált adalékanyagok szemalakja betontechnológiai szempontból emellett előnytelen. (pl. lemezes és/vagy rostos alakú). Mindemellett törekedni kell a cementtartalom leszorítására, mivel tömegbetonokat kell készíteni, ahol a fejlődő hő mennyiségét is korlátozni kell.

A beton szerkezeteknél nem szokványos és viszonylag gyorsan változó üzemi hőmérsékletek hatására is repedésmentes betonokat kell készíteni úgy, hogy ez a tulajdonsága a betervezett üzemidő végéig garantáltan megmaradjon.

Technológiai és biológiai védelmi okokból a szerkezetek alakí-keresztmetszeti kialakítása bonyolult, helyi-elrendezési célszerűségből kifolyólag nagymértékű változékonyságot foglal magában, így helyenként hőtorlódások keletkeznek.

Az alkalmazott cementek hidratációs hője legyen alacsony, ne keletkezzen szilárdulás közben sem olyan mértékű feszültség, amely deformációhoz, ill. zsugorodásból származó repedésképződéshez vezet.

Zsugorodás következtében a betontest nem „szakadhat le” az acélzsaluzat felületéről, a zsaluzatba kötés legyen feszültséggarányos.

A hegesztéses kapcsolat ne okozzon az acélokban sem olyan szövettani elváltozást, ami a rugalmas kapcsolatot rontja.

Zsugorodás kompenzációs segédanyagok legyenek méretezettek (sugár-, hő-, vegyszerálló).

A betonozási adalékszerek önmagukban és keverékeikben legyenek összepróbáltak, ne képezzenek tervezetlen pórusokat, vagy egyéb zavarokat a bedolgozás, ill. a tervezett élettartam folyamán.

A technológiában alkalmazott egyéb vegyszerek ne okozzanak zavarokat a beton tervezett alkatrészeiben (bórsavak, ill. egyéb vegyszerek). A betonfelületre felhordott

dekontaminálható és/vagy egyéb célú burkolatok összeférhetősége minden egyes szerkezeti betonalkatrészre legyen bizonyított.

A betonban az előbbi intézkedések ellenére keletkezett bármilyen eredetű repedés méreteit és mozgásigényét ellenőrizni kell és megfelelő technológiával, ill. anyaggal el kell tömíteni.

Belátható, hogy a felsorolt elvárások jóval meghaladják a betoniparban szokásos követelményeket.

Ezért nukleáris szerkezetek kivitelezéséhez az általános építőipari ismereteken messze túlmutató kiegészítő elméleti és gyakorlati szaktudás szükséges.

A feladatok megoldását tovább nehezíti, hogy a felhasználható alapanyagok jelentős része a természetből kinyert, bányászott, ún. „istenadta” termék, melynek tulajdonságai a kitermelő hely adottságaitól erősen függenek még adott lelőhelyen belül is. Ez kisebb-nagyobb gondot okozhat az általános építőipari felhasználásoknál is, a nukleáris alkalmazások azonban általában kémiaiilag „tisza” nyersanyagokat igényelnek, ha ez nem megoldható, úgy teljes életciklusra kiterjedően kell bizonyítani zavarmentes alkalmasságukat. A teljes életciklusba számításba kell venni az aktív alkalmazás utáni bontási, letárolási időszakot is.

A felsorolt igénypontok kielégítésének súlyozása a nukleáris létesítményen belül a technológia és annak elrendezése szerint különböző, és a rendszertervező-építéstervező-technológus felelőssége ezek meghatározása. A kivitelező ezeken változásokat csak az előzőekkel egyetértésben tehet.

A következőkben érintőlegesen tárgyaljuk a feladat anyagtani megoldásának lehetőségeit, a felmerülő nehézségeket.

A problémák alapos megértéséhez szükséges elméleti ismeretek különböző szakkönyvekben lelhetők fel. (sugárfizika, sugárkémia, építőanyagok anyagtana, szilikátkémia, polimerkémia, kolloidika stb.).

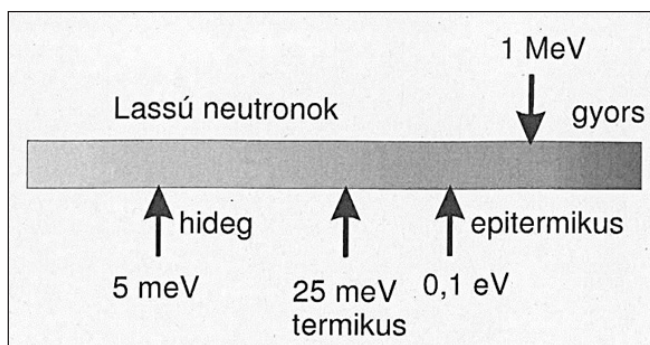
### 3. A NUKLEÁRIS BETONOKAT KÉPEZŐ ANYAGOK

Általánosságban az jelenti a problémát a rendszer tárgyalásában, az alkalmazástechnikában, hogy olyan anyagcsoportot kell kémiaiilag jellemezni, majd a gyártásában, későbbi használatában szigorú feltételek közé helyezni, amelyek tulajdonságai a heterogenitása miatt széles sávban változnak.

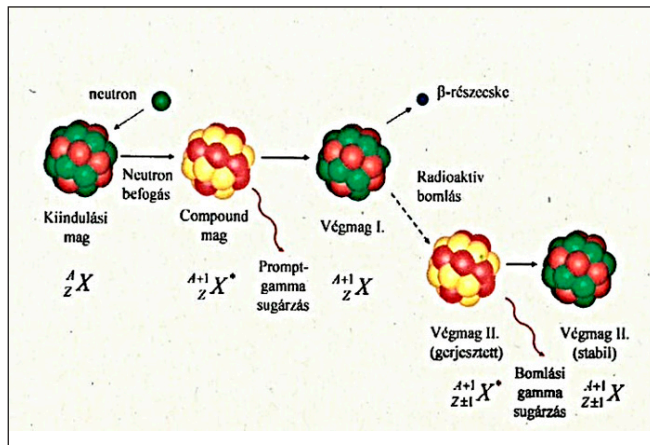
A betonok heterogén diszperz rendszerek, tehát struktúrájuk makroszkopikus, mikroszkopikus és szubmikroszkopikus méreteiben is határfelületekkel elválasztott különálló, de egymáshoz rögzített részekből tevődnek össze. A részecskék tulajdonságai különbözőek és esetiek. A nukleáris alkalmazási tulajdonságokban az igen kis mennyiségű (nyomokban jelen lévő) anyagok jelenléte is szerepet játszik. Ezért alkalmazásuknak feltétele ezeknek az ismerete. Az általánosságban készített betonoknál ezek ismerete nem feltétel, így az alapanyagok és intermedierek vizsgálata, minősítése ilyen felbontásban esetenként hiányos és pótlendő. Ez vonatkozik a bányászott és a gyártott termékekre is, ami azt jelenti, hogy a felhasználandó nyersanyagok minősítését **nukleáris megfelelésre** is el kell végezni olyan részletességgel, hogy biztosítva legyen a nem odavaló, a gyártást esetleg nem is zavaró, de a későbbiekben problémát okozó anyagok kizárása.

Fentiek tekintetében a technológiából adódó sugárhatás jelenti a legrejtettebb problémát.

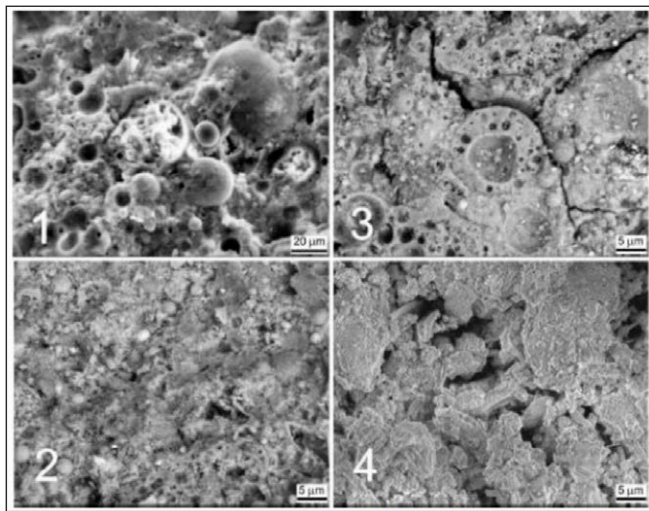
Ilyen szempontból a vasbeton szerkezetek fokozottan kényesek. Bár feladatuk éppen a biológiai sugárvédelem, ha kontaminálódnak, akkor a sugárhatást kiterjeszthetik. Ez abban az esetben fordulhat elő, ha a sugárzó anyag folyadék, szilárd,



1. ábra: Neutronok csoportosítása energiatartalmuk alapján (Szentmiklósi-Katovszky, 2012)



2. ábra: A neutronok hatása adott molekulán (Szentmiklósi-Katovszky, 2012) Az elnyelt sugárzás gyengíti a betonszövetet



3. ábra: Pertye és portlandcement keverékből készült cementpép mikrostruktúrájának változása gamma sugárzás hatására 1. 0 MGy; 2. 290 MGy; 3. 466 MGy; 4. 1188 MGy. (Lowinska-Kluge, Piszora, 2008) (A gray (jele: Gy, ejtése: gréj) az [elnyelt sugárdózis](#), a fajlagos (közölt) energia [SI származtatott egysége](#). MGy=megagréj)

gáz állapotban, vagy sugárzásos úton kerül a szerkezetbe. A beton kapilláraktivitása, a benne közlekedő folyadékok révén a szerkezetben „szétterülnek” a hatások, így ha **parciális kontamináció** állapítható meg, a szerkezet teljességét kontaminálnak kell tekinteni.

A neutronok (hideg és termikus neutronok) aktiválhatnak néhány erre érzékeny, nem aktív anyagot. Ezért kell ezeket a rendszerből kizárni. A probléma jól ismert, pl. az analitikában is használják a jellemző aktiválódásból származó identifikációt– Neutron Aktivációs Analitika (NAA és PGAA módszer, stb.), amelyekkel a betonozáshoz használt anyagok hosszútávú alkalmassága eldönthető.

Alapvetően a portlandcementek felelnek meg a célokra azzal

a megkötéssel (amit az előző fejezetben jeleztünk), hogy csak olyan gyártásból származhatnak, amelyekből az aktiválható elemeket kizárták, vagy csak olyanok maradhatnak, amelyek a felezési idejük rövidsége folytán gyakorlatilag nem jelentenek veszélyt.

Jelenleg az európai szabályozások az általános felhasználásoknál nem zárják ki a cementek aktiválhatóságát, tehát nukleáris alkalmazásokhoz külön cement szortimenteket kell előállítani, melyek bizonyítottan nem tartalmaznak ismeretlen, nem odaváló elemeket.

Az alkalmazásoknál a betontechnológiai tapasztalat és szabályzatok szerinti szortimenteket kell mindezek felül betervezni. (nagyszilárdságú; tömegbetonok; késleltetett-gyorsított kötésű betonok; önterülő betonok; vegyszerálló betonok stb.) Rögzíteni kell a cementek klinkerösszetételét, őrlésfinomságát stb.

A cementfajták kiválasztásához a kiegészítő anyagok (latens hidraulikus adalékok), hulladék anyagok alkalmazását külön vizsgálat alapján kell elrendelni.

A cementek megfelelőségét az összes alkalmazandó adalékszerrel és kombinációban végig kell vizsgálni. Vizsgálni kell a vegyszeres betonkeverékek szilárdsági, kémiai változásait friss és megszilárdult állapotban, hangsúlyozottan az ionmozgékonyságokra, kioldhatóságokra, korróziós érzékenységre (félcella potenciálok).

## 4. ADALÉKANYAGOK

Az adalékanyagok fajtáinak megválasztása a nukleáris betonok esetében attól függ, hogy milyen környezeti hatások érik. Ebben irányadó hatásként a sugárzás fajtáját kell figyelembe venni, ill. számolni kell a technológiában alkalmazott vegyszerekkel.

Normál testsűrűségű betonok készülnek nem sugárterhelt, ill. gyengén sugárterhelt helyekre. Ezek szerkesztése, használata azonos az általános építésű szerkezetekével. Szigorúbb szerkesztési, kivitelezési elvek mégis azért szükségesek, mert a technológia és a bio védő hatás miatt méreteik sokkal vastosabbak, az acélbetétek méretei és fedettségük is sokkal nagyobbak a szokásosnál, ezért testtömegük is nagyobb, ill. testsűrűségük szórása is jelentős lehet. Emiatt a testsűrűségeik szórását szigorúbban korlátozzák (kötött testsűrűségű betonok).

Speciális összetételű normál testsűrűségű betonok készülnek olyan helyekre, ahol a sugárzási energiát főként a neutronok jelentik. Ennek a kiszűrését nagy hidrogén tartalommal kötött anyagokkal lehet elvégezni, így nagy (kémiaiilag) kötött víztartalmú közetekből (pl. szerpentinit), speciális neutronelnyelő anyagokból (bór vegyületek).

A 2. ábrából azonban kivehető, hogy az aktiválás és/vagy maghasadás következtében itt is keletkeznek gamma fotonok, így a betonnak ezek gátlására is meg kell felelnie.

Normál, sőt könnyű betonok is készülhetnek speciális szerkezetként (pl. tűzvédelem). Ezekre a speciális hatás teljesítése mellett figyelembe kell venni a többi normál testsűrűségű nukleáris betonra vonatkozó követelményeket.

Nehézbetonok készülnek a gammasugárzás, röntgen, mikrohullám, radar stb. kivédésére.

Mivel e sugárzások áthatolóképessége a tömegük függvénye, tervezésüknél az előforduló maximális intenzitást figyelembe véve kell a betontest méreteit kialakítani. A testsűrűségük növelésével csökkenthetőek a méretek, mivel azonban a testsűrűség tényleges mértéke nagyobb szórásokat mutat, mint a szerkezet geometriája, ezért nagyobb biztonsági faktorról kell méretezni.

A nagy testsűrűségű adalékanyagok kimunkáltak a nukleáris

építkezések számára csak nagyon korlátozottan állnak rendelkezésre, ezért a megvalósításban ezek miatt is a biztonságot a méretnövekedés jelenti.

A szokásos adalékanyagok általában a vasérccek egy meghatározott fajtája. Ezek közismerten keverten fordulnak elő, így tulajdonságuk is változó. (hematit, magnetit, limonit stb.) Ezekhez további idegen ásványok is kerülhetnek (pl. dolomit, szilikátok, barit).

Mivel csupán ezekkel nem érhető el túl nagy testsűrűség, általában vasanyagú mesterséges idomokat is hozzáadnak (golyók, sörétek, vasipari hulladékok, kohászati salakok, stb.) Ezek anyagi összetételére vigyázni kell:

- az új komponens esetleg aktív a neutronra (pl. kobalt tartalmú sörétek);
- megváltozik az acélbetétek polaritása (7. ábra).

E különleges adalékanyagok szemcsézettsége, szemalakja majdnem biztosan nem ideális, így újabb anyagokkal kell azt feljavítani.

A szemcsék önszilárdsága változó, így nem biztos, hogy velük közepesen jobb szilárdságok is készíthetők (pl. kigyókö).

Bármely adalékanyag alkalmazásánál figyelembe kell venni a rejtett alkalmatlansági tulajdonságok mértékét (ASR, ACR, duzzadás, gázképződés), pl. a baritok ASR érzékenysége.

Sok ilyenfajta adalék vízfelszívó. Ez problémát okozhat a szilárdságban, majd később a bezárt nedvesség miatt a hőhatásnál (100-200 °C és kondenzáció, repedésképződés).

A sokkomponensű beton mátrix megváltoztatja a cement oldhatósági és reagáló képességét pl. kötéségtáplálás, gyorsítás, koaguláció stb. Pl. kioldódó szulfátok miatt szulfátálló cementet kell használni)

Akármiilyen adalékanyag használata esetén vizsgálni kell az összeférhetőséget, oldhatóságot stb. az összes előforduló komponenssel szemben egyedileg és variációiban a teljes életciklusra és a tervezett, ill. a nem tervezhető haváriák körülményeire is. (hőmérséklet, kémiai elváltozások, káros kibocsátások, szilárdsági és reológiai átalakulások stb.)

A fentiek **időtartam** vizsgálatokat jelentenek, ami miatt nem mondhatjuk, hogy elegendő idő áll rendelkezésre az előkészületekre. Mivel az anyagtani változások külső jelei nehezen észlelhetők és nem arányosak a belső elváltozások mértékével, ezért a folyamatok nyomonkövetése elsősorban a technológiai körülmények modellezésével és a közben végzett vizsgálatokkal, elemzésével lehetséges.

## 5. ADALÉKSZEREK

A betervezett betonszerkezetek bármelyikéhez adalékszerek használata is szükséges.

Ezek kereskedelmi fantázianeveken (márkanevek) kerülnek forgalomba, melyekből a kémiai hovatartozásuk nem, vagy csak hozzávetőlegesen követhető, továbbá sok esetben technikai keverékek. Hatásukra vonatkozóan is csak hozzávetőleges ismereteink lehetnek. Tudni kell, ha megjelölik is a kémiai alapnevet, tulajdonságaik ezen belül is széles körben változnak gyártási helyek szerint. A polimerkémiai ismeretek szerint az előállított molekula alakja, hossza, elágazásai, kombinációi a tulajdonságokat erőteljesen befolyásolják, így a cementes zagy reológiája, majd a beton tulajdonsága is csak közelítéssel előbecsülhető. Következésképpen a rendszerek tulajdonságainak kialakítása is kísérleti alapokon lehetséges, ami a beton összes komponensének jelenlétében végezhető.

Mihamarabb szükséges tehát a kísérleti komponensek összeállítása.

A nukleáris betonokhoz használt adalékszerek alapkövetelménye, hogy a szokványos betonokhoz képest az életciklusa



4. ábra: Sajjo forrásvíze, Hiroshima (Masaru, 2004)

alatt ne okozzon többlet nehézségeket. (pl. gázképződés, hőmérséklet-érzékenység, porozitás- növekedés, komponensek kioldódása, stb.)

## 6. VÍZ

Az általában használt vizek ide is megfelelnek. Meg kell azonban jegyezni, hogy az igen nagyszilárdságú, a különleges porozitású betonok finom tulajdonságait, az extrém kisméretű szerkezeti elemek felületi minőségét egyes vizek minősége is befolyásolja.

A BME Építőanyagok Tanszékén az 1970-es években jómagam vizsgáltam az ún. Pados féle elektromos vízkezelővel előkészített vizek hatását a betonok tulajdonságaira. Megállapítottam, hogy a kezelt vizekkel pórus eloszlás különbségek keletkeztek.

Azóta megállapították, hogy a vizek sem tisztán monomolekulaként léteznek, hanem laza hógolyószerű állapotban áramlanak (cibotaktikumok), így is reagálnak, esetenként így is fagynak ki. Masaru Emoto japán kutató albumot állított össze a fagyott víz kristályairól (4. és 5. ábra).

Idevágó ismeret ez alapján, hogy a víz finomszerkezetét a besugárzások és az extrém vibrációk is befolyásolhatják, ami befolyásolja az időskori betonok ridegését.

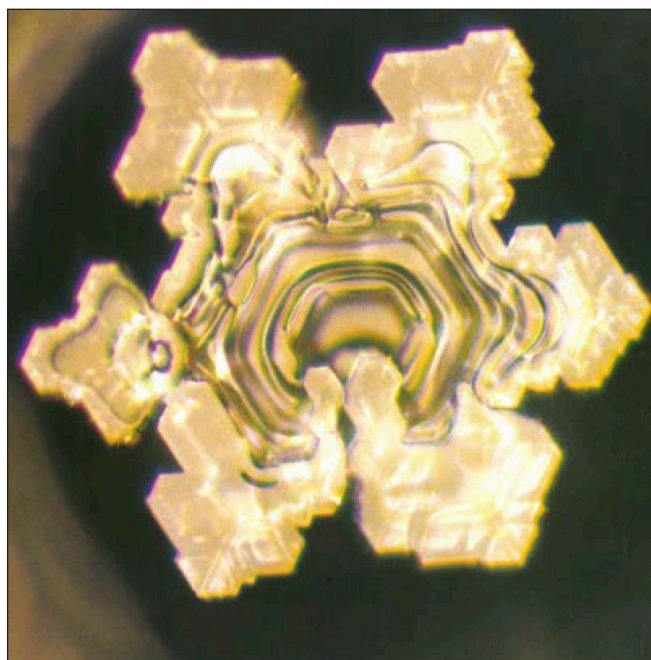
## 7. BETONOK

A nukleáris hatások alatt üzemelő vasbeton szerkezetek igénybevétele a szokványos terheken felül rendkívülinek ítéltető a hőmérsékleti ingadozások miatt is.

A különböző helyeken működő vasbetonok jelentős részét magas hőmérsékleti hatások sokkolják. Üzemindításkor néhány óra alatt 70-80 °C-ra emelkedik a hőmérséklet. Egyes helyeken azonban ennél nagyobb hőmérséklet is előfordulhat (gőzfejlesztők környéke).

Kiseb üzemzavaroknál, vagy egyéb okból napokig akár 120 °C is lehetséges, nagyobb zavarok esetén akár 200 °C is.

Közismert, hogy az emelkedett hőmérséklet befolyásolja a szilárdságot. Először a szilárdság emelkedik, mert a felületaktív erők zárnak (lágulási hatás megszűnik). Emellett a gipszkötés és az ettringitek is leépülnek. 150 °C körül az összes



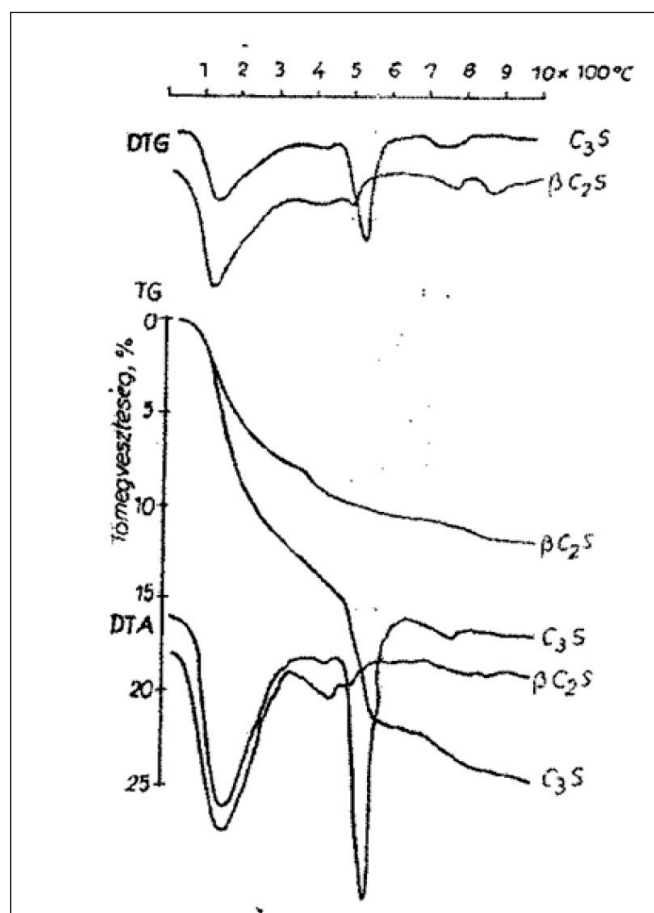
5. ábra: Mozart 40. szimfóniája G-mollban (Masaru, 2004)

fizikai kötőerő megszűnik, a szilárdság csökkenni kezd. Ezek az erők már nem épülnek vissza, így nem nagy, de végleges szilárdságcsökkenést jelent. Megszűnik a beton öngyógyuló képessége (hajszálrepedés eltömődés). Párazárt térben a leépült alkotóelemek eláramlása fokozódik.

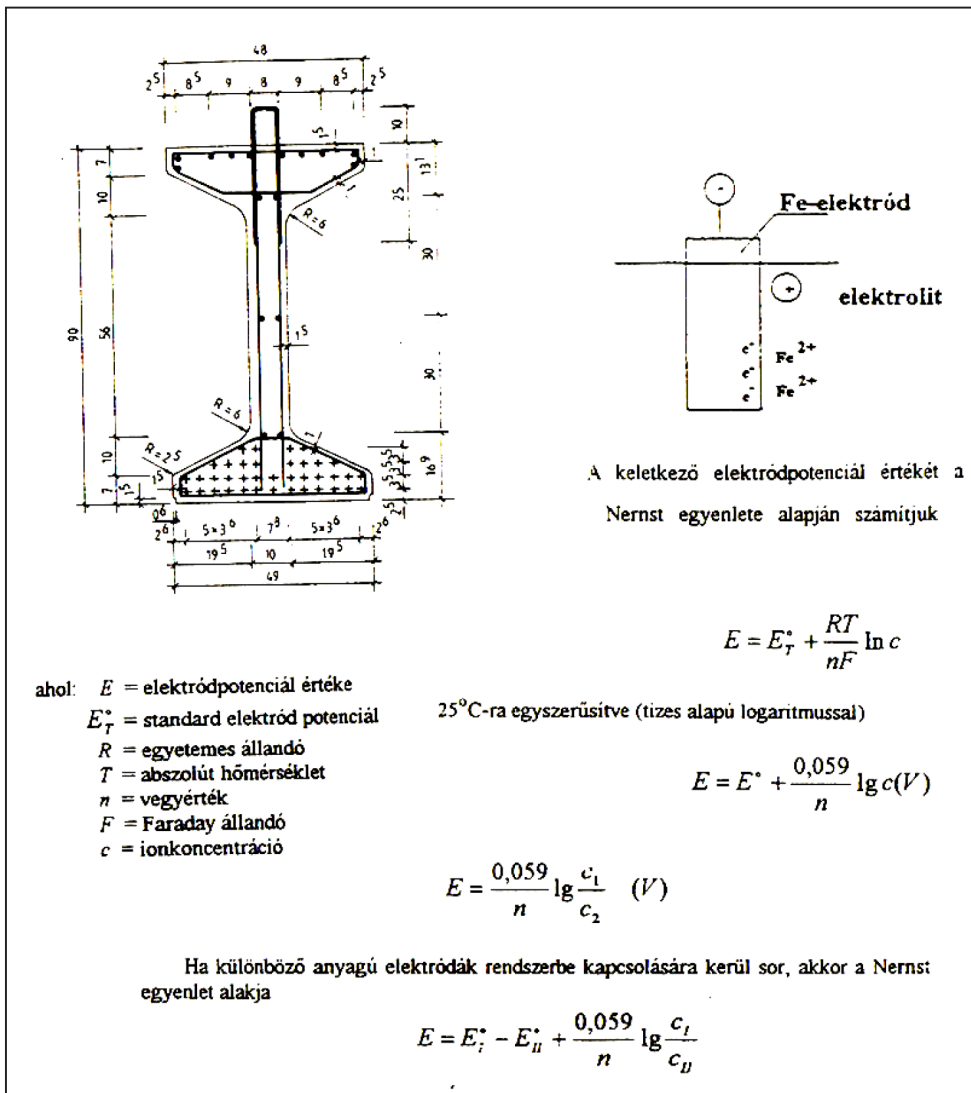
A betontestek átlagos hőérzékenységét a 6. ábra mutatja be.

A bajt az tetézi, hogy időnként technikai szünetek folytán a berendezés leáll, így gyors lehűlés következik be.

A hőfokingás lehülő fázisában a repedések kialakulása



6. ábra: A megszilárdult portlandcement két legfontosabb szilárdsághordozójának derivatogramja (C3S és  $\beta$ C2S). A TG görbén észlelhető, hogy 200 °C-ig jelentős a tömegvesztés (Balázs, 2001)



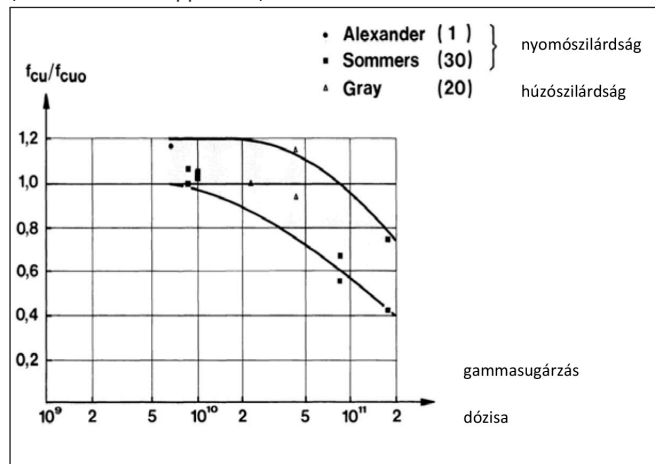
7. ábra: Vasbeton Danielle elemképződés (Balázs-Tóth, 1997)

jellemző, mely a szerkezet hatáskeresztmetszetén átfut, így végleges működő repedéssé válik.

A párazárt szerkezet repedéseiben a technológiai folyadék a kapilláráktívitásnál sokkal nagyobb kapacitással terjed és degradál.

A sugárelnyelés céljából alkalmazott különböző adalékanyagok a hidratált cement vizes termékeivel ionos oldatokat képeznek. Közismert, hogy ha bármely fémet ionos oldatba merítünk, akkor polarizálódik. A vasbetonban lévő acélbetét tehát feszültségforrássá válik. Ha galvanikus kapcsolatba kerül

8. ábra: A gammasugárzásnak kitett beton nyomó- és húzószilárdsága ( $f_{cu}$ ) a nem kitett kontroll próbatestek szilárdságának ( $f_{cu0}$ ) arányában (Hilsdorf-Koch-Kropp, 1978)



másként polarizálódó vasbetonnal, akkor az egyik helyen feleslegbe kerülő elektronok eláramlanak, így tartós áramforrássá válnak. A polarizáció különbség létrejöhet akár a fémek, akár az adalékanyag, cement, vegyszerek különbségéből, vagy koncentráció különbségéből (7. ábra).

A nukleáris betonok korróziós hajlama jelentősen nagyobb a szokásosnál és ez sem ítéhető meg teljesen az alapanyagok deklarált adatai alapján.

A nukleáris betonok vasbetonokat érő hatásokat vizsgálva megállapítható, hogy tervezésük-nél jelentős többlet igénybevétel-lel kell számolni, mert nem csak a hagyományosan eddig figyelembe vett környezeti hatások nagyobbak a szokásosnál, hanem ezek-re szuperonálódik a nukleáris hatásból származó, kifejezetten minőségromtó hatás is. Példaként látható a 8. ábrán a sugárzásokból származó szilárdságromlás, de ugyanígy számítani kell a zsugorodás, kúszás és egyéb jellemzők megváltozására is.

A 8. ábrán észlelhető, hogy az érték csökkenése folytonos, tehát a tervezett élettartam lejártával szükség van a biztonságos és megfelelő szint ellenőrzésére.

## 8. KÖVETKEZTETÉSEK

Mindezekből látható, hogy a nukleáris betonok teljes értékű előállítása kényesebb feladat a szokásosnál és a kísérleti technológiák pontos és állandó önkírtékelő folyamatát igényli a következők szerint:

1. A szerkezet pontos céljának kijelölése;
2. A betonösszetétel megtervezése;
3. A laboratóriumi kísérletek elvégzése, kiértékelése;
4. Félüzemi méretű kísérletek elvégzése, kiértékelése, az ipari nagyságból adódó hatások elemzése (pl. léptékhatásból adódó hőfejlődés hatása a célminőségre);
5. Pilot projekt kísérletek elvégzése. A tervezett megvalósulás berendezéseivel végzett kísérletek és kiértékelésük;
6. Nullszéria kísérletek. Mintaszerkezet készítése, felügyeleti szervezeti kiértékelése, engedélyek, a know how elkészítése.

Látható, hogy sok a feladat, melyeket úgy kellene mederbe terelni, hogy a jelenlegi szakirodalmi és garantált piaci ismeretek alapján kijelölt és jól definiált néhány anyaggal el kell készíteni a modell szerkezeteket és mintatesteket, majd az időtartam vizsgálatokat elindítani.

## 9. HIVATKOZÁSOK

- Balázs Gy., Tóth E. (1997): „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I.”, *Műegyetemi Kiadó*, pp. 252-256.  
 Balázs Gy. (2001): „Barangolásaim a betonkutatás területén”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*, p.85.  
 Hilsdorf, H. K. Kropp, J. and Koch, H. J.: „Der Einfluss radioaktiver Strahlung auf die mechanischen Eigenschaften von Beton” (*Ernst u.*

Sohn, 1976), melyet majd az ACI amerikai adatokkal kiegészítve leközölt [„The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete,” American Concrete Institute, Special Publication 55, 1978, p. 223] <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/anzelmo1/docs/hilsdorf.pdf>

Lowinska-Kluge, A., Piszora, P. (2008): „Effect of Gamma Irradiation on Cement Composites Observed with XRD and SEM Methods in the Range of Radiation Dose 0 – 1409 MGy??”, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 114, pp. 399-411. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.114.399>

Masaru E.: „A víz üzenetei”, *Vízterítő Kiadó* 2004. pages 34, 70.

Szentmiklósi L., Kasztovszky Zs., „MTA Energiatudományi Intézet PGAA gyakorlat ELTE vegyész és mérnökfizikus szakos hallgatók”, [https://energia.mta.hu/sites/default/files/elte\\_labgyak\\_jegyzet\\_2012-szl.pdf](https://energia.mta.hu/sites/default/files/elte_labgyak_jegyzet_2012-szl.pdf)

H. J. Koch: *The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete*, American Concrete Institute, Special Publication 55, 1978, p. 223, <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/anzelmo1/docs/hilsdorf.pdf>

**Dr. Kovács Károly**, 1966-ban vegyészmérnökként végzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. 5 évig cellulózgyárban dolgozott, ahol a szulfitszennylűg keletkezett, mellyel frissbeton képlékenyítő vizsgálatokat végzett. 1971-től a BME Építőanyagok Tanszéken dolgozott, ahonnan 1996-ban az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetbe került divízióvezetői beosztásba. Az egyetemen a betonok vizsgálataival és javításával foglalkozott, javítóanyagokat készített, vizsgált. (PC, PCC, PIC). Részt vett betontechnológiák kidolgozásában és megvalósításában.(pl. hidak betonjai). A Paksi Atomerőműben a vasbetonszerkezetek, szigetelések, dekontaminálható bevonatok öregedéskézelési vizsgálataiban rendszeresen részt vett. Jelenleg is vizsgál atomerőművi betonokat. Részt vesz a paksi bővítés előkészítésében. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

## NUKLEÁRIS ALKALMAZÁSÚ VASBETONOK

### További értelmezés

Nukleáris alkalmazásoknál a szokásos funkcióik mellett a vasbetonok biológiai védelmük is szolgálnak. Fontos ezért, hogy ne szennyeződjenek be, ne

váljanak sugárzóvá. Az alkotók megválogatásánál kizáró ok, ha azok akár csak nyomokban is tartalmaznak olyan elemeket, melyek bármely hatásra sugárzóvá válnak. (pl. neutron aktivizáció)

A betonokkal szemben támasztott többletigény a magas üzemeltetési hőmérsékletet, továbbá a relatív gyors hőmérsékletváltásokat tulajdonságváltozás nélkül elviselő szövetstruktúra.

A sugárzásvédelem fő szempontja a megfelelő anyagú és testsűrűségű betonok alkalmazása a környezet védelmére. Ennek céljából sokszor olyan adalékanyagokat alkalmaznak, amelyek jó sugárvédő tulajdonságúak, de a betonok egyéb tulajdonságait csak különleges anyagok adagolásával tudják biztosítani. A betontechnológiában szokatlan anyagok egymás melletti megjelenése, a magas hőmérséklet, az acélzsuzlat által bezárt pára, a technológiai vegyszerek az acélbetétek nagyobb mértékű polarizációját okozzák, így a vasbetonok nagymértékű korróziós hatásnak vannak kitéve.

## CONCRETES FOR NUCLEAR UTILIZATION

### Károly Kovács

In addition to the normal functions the reinforced concretes have a biological protection role in case of nuclear utilization. That is why important not to be contaminated and does not become radiant. Only the ingredients can be used which does not contain particles can be activated by neutron activation or gamma radiation.

The extra demand for the texture of concretes to bear the conditions comes from the high operation temperature and the fast temperature change without any changes of properties. The utilization of appropriate concretes having high density and proper compounds is the main aspects for the protection of environment against radiation. For increasing the radiation protection ability of concretes have to use additives, but this additives decrease the mechanical properties of the concretes which can compensate with further special additives. Because of the usage of different materials which is unusual in concrete technology, and the extra high temperature; the vapor closed by the steel shuttering and the used chemicals causes the intense polarization of the steel reinforcement which results the high corrosion effect of the iron.