



N3a.29. sz. útmutató

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbetonszerkezetek

Verzió száma:

1.

2021. november

Kiadta:

Kádár Andrea Beatrix
az OAH főigazgatója
Budapest, 2021

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi kormányzati igazgatási szerv, kormányzati főhivatal. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemen kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint e törvényben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a nukleáris létesítmény nukleáris biztonsága érdekében határozatban állapíthat meg.

Az NBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat. Az útmutató nem tekinthető hivatalos jogértelmezésnek. A jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége, ezért a jelen útmutatóban leírtak kizárólag szakmai álláspontnak tekinthetők, nem használhatók fel jogértelmezésként peres vagy közigazgatási eljárás során.

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá, ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekinti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljességét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	8
1.1. Az útmutató célja	8
1.2. Az útmutató felépítése	8
1.3. Vonatkozó jogszabályok és előírások.....	8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	10
2.1. Meghatározások.....	10
2.2. Rövidítések.....	10
3. SUGÁRVÉDŐ BETONBÓL TERVEZENDŐ SZERKEZETEK	10
3.1. Atomerőművek vasbeton tartószerkezetei	11
4. ANYAGOK ÉS TERMÉKEK	12
4.1. Anyagokra és termékekre vonatkozó általános szempontok.....	12
4.2. Fogalommeghatározások.....	13
4.3. Osztályozás	16
4.4. Beton, vasbeton és feszített vasbeton alapanyagok	16
4.4.1. Cement	16
4.4.2. Adalékanyag	17
4.4.3. Keverővíz	22
4.4.4. Adalékszerek	22
4.4.5. Kiegészítőanyagok (beleértve az ásványi töltőanyagokat és pigmenteket)	29
4.4.6. Betonacél.....	31
4.4.7. Feszítőacélok és segédanyagok	32
4.5. Betonösszetétel tervezési feltételek	32
4.6. Alapkövetelmények a betonösszetételre.....	35
4.6.1. A konténment betonja	35
4.6.2. A nehézbeton összetétele.....	36
4.6.3. A hidrátbeton összetétele.....	36
4.6.4. Nagyszilárdságú könnyűbetonok.....	37
4.6.5. Öntömörödő betonok	37
4.7. A környezeti osztályokra vonatkozó szempontok	38
4.8. A frissbeton.....	38
4.8.1. Levegőtartalom (légtartalom) és testsűrűség.....	38
4.9. Szilárd beton.....	38
4.9.1. Nyomószilárdság, hajlító-húzószilárdság és hasító-húzószilárdság...	38
4.9.2. Testsűrűség	38
4.10. Műszaki feltételek a betonra.....	38

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

4.10.1.	Általános előírások	38
4.10.2.	Műszaki feltételek az előírt összetételű betonra	39
4.11.	A konténment betonja	39
4.12.	A frissbeton átadása	40
4.13.	Előírt összetételű beton megfelelőség-ellenőrzése és a megfelelőségi feltételek	40
4.14.	Gyártásellenőrzés	40
4.15.	Építéshelyi ellenőrzés	41
4.16.	A megfelelőség értékelése	42
5.	A BETONSZERKEZET TERVEZÉS ALAPJAI	42
6.	BETONSZERKEZETEK KIVITELEZÉSE	44
6.1.	Bevezetés	44
6.2.	Fogalommeghatározások	44
6.3.	Kivitelezés	45
6.3.1.	Dokumentáció	46
6.3.2.	Minőségirányítás	46
6.4.	Állványzat és zsaluzat	46
6.4.1.	A konténment zsaluzata	46
6.4.2.	Bennmaradó zsaluzat	47
6.5.	Vasalás	47
6.5.1.	A konténment belső falának vasalása	47
6.5.2.	A konténment külső falának vasalása	48
6.6.	Feszítés	49
6.7.	Betonzás	49
6.7.1.	A Konténment betonzása	55
6.7.2.	Öntömörödő betonok (ÖTB)	57
6.8.	Kivitelezés előregyártott betonelemekkel	58
6.9.	Geometriai tűrések	58
7.	MINŐSÉGELLENŐRZÉS	58
8.	AZ ELKÉSZÜLT BETONSZERKEZET ELLENŐRZÉSE	58
1.	SZ. MELLÉKLET	60
2.	SZ. MELLÉKLET	71
3.	SZ. MELLÉKLET	73

1. BEVEZETÉS

A nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetek műszaki feltételei az általános rendeltetésű betonokra vonatkozó szabályozásból vezethetők le. Az általános feltételeken túl, nukleáris területen egyéb műszaki feltételek megfogalmazása szükséges, illetve a normál betonokra általában megengedett feltételeket, lehetőségeket egyes esetekben korlátozni kell. A műszaki feltételeket tárgyaló alapszabványok alapján (azok felépítéséhez igazodva) a specifikus szempontokat, a fontosabb részeket kiemelve az útmutató tartalmazza. Egyes esetekben az általános szabályok nem, vagy csak korlátozva vehetők figyelembe.

Az útmutató az elérhető hazai nemzeti szabványokra, ezek hiányában külföldi előírásokra és egyéb műszaki specifikációkra való hivatkozással adja meg a nukleáris környezetbe kerülő beton- és vasbeton szerkezetek készítésére vonatkozó szempontokat.

Az útmutatóban a szabványhivatkozások évszám nélküliek, ezért a legutóbb érvényes kiadást kell figyelembe venni, vagy ha szükséges, hivatkozni kell egy korábbi szabályozásra.

1.1. Az útmutató célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az NBSZ 3a. kötetének 3a.3. fejezetében és a 9. kötet 9.5. fejezetében rögzített előírások teljesítésére új nukleáris létesítmény tervezése és létesítése kapcsán.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetekkel kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse az érvényes előírásokban meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően, a nukleáris biztonság szempontjából.

1.2. Az útmutató felépítése

Az útmutató az anyagok, tervezés, kivitelezés, szerkezet vonatkozásában tárgyalja a beton témakörét.

A betonra vonatkozó szabványok kapcsolatrendszerét az 1. ábra mutatja be.

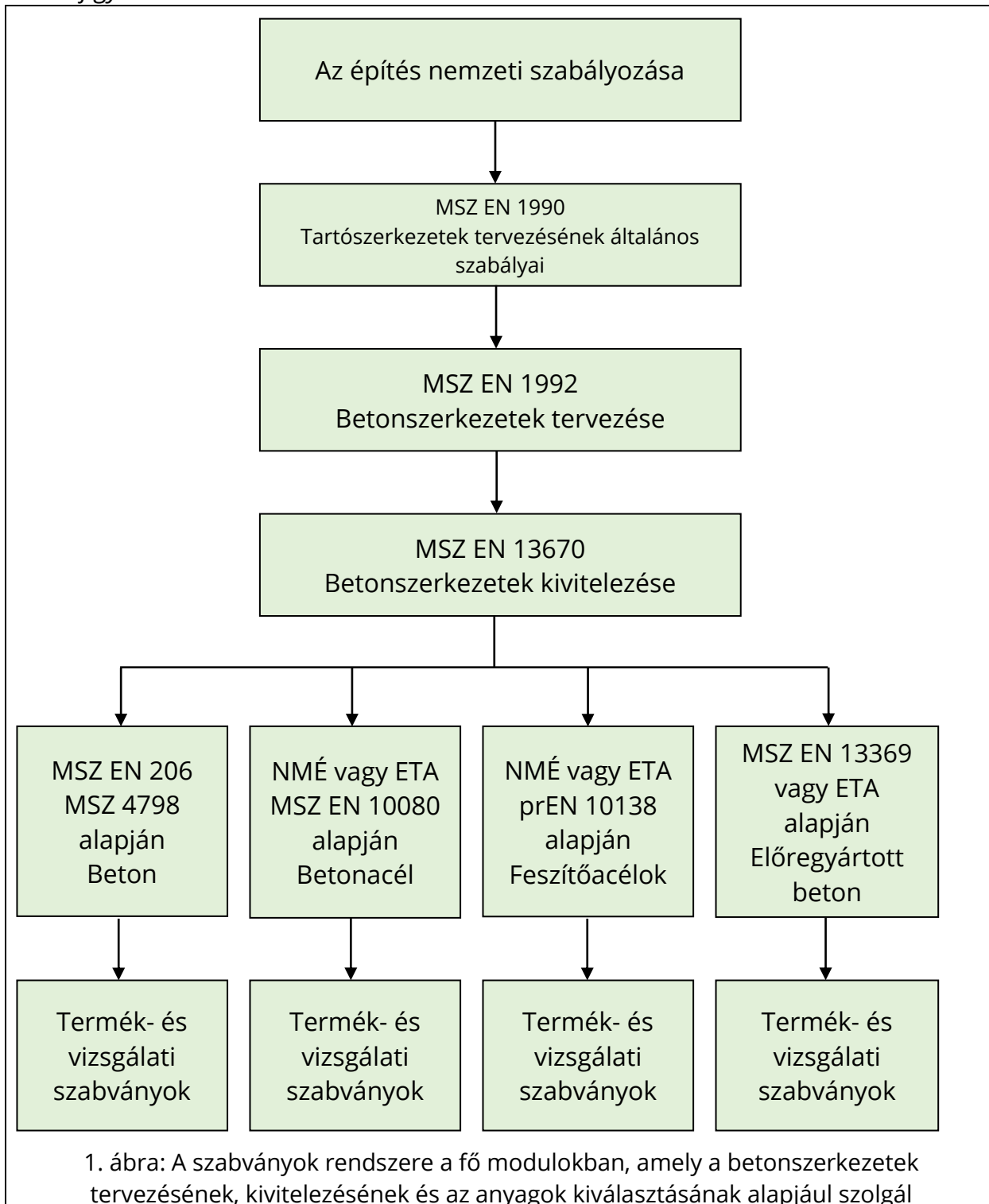
1.3. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi háttérét az Atv. és a Rendelet biztosítja. Az alábbiakban nem részletezett kérdésekben a Magyar Mérnöki Kamara és a Magyar Építész Kamara szabályzatait és ajánlásait figyelembe lehet venni.

Az NBSZ 3a. kötetének 3a.3.4.0100. pontja alapján:

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

3a.3.4.0100. „Az atomerőmű nukleáris építményei tervezése során az építészeti-műszaki tervezésre vonatkozó általános szabályokat a nukleáris rendszerekre, rendszerelemekre megállapított sajátos követelmények figyelembevételével kell alkalmazni.”



2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokat alkalmazza. További fogalommeghatározások a 4.2 és a 6.2 fejezetben találhatók.

2.2. Rövidítések

Étv.	1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről
MSZ	Magyar szabvány
EN	European Norm (európai szabvány)
ISO	International Organization for Standardization (Nemzetközi Szabványügyi Szervezet)
NAD	Nemzeti Alkalmazási Dokumentum
DIN	Deutsche Industrienorm (Német Ipari Szabvány)
ETAG	European Technical Approval Guidelines (Európai Műszaki Engedélyezési Irányelvek)
CEN	Comité Européen de Normalisation (Európai Szabványügyi Bizottság)
TR	Technical Report (műszaki jelentés)
CE	Conformité Européenne (európai megfelelés)
MÉASZ ME	Magyar Építőanyag-ipari Szövetség Műszaki Előírás
NMÉ	Nemzeti Műszaki Értékelés
ETA	European Technical Assessment (Európai Műszaki Értékelés)
ÖTB	Öntömörödő beton

3. SUGÁRVÉDŐ BETONBÓL TERVEZENDŐ SZERKEZETEK

Minden beton- vagy vasbeton szerkezetet, amelyet az ionizáló sugárzás káros hatásai elleni védelem céljára készítenek, az adott célra alkalmas sugárvédő betonból kell tervezni. Nukleáris környezeti hatásoknak kitett minden beton-, vasbeton szerkezet sugárállósága követelmény.

Az alábbiakban – tájékoztatás céljából – a sugárvédő betonból tervezendő szerkezetek vannak felsorolva a teljesség igénye nélkül:

Atomerőművek/kutatóreaktorok sugárvédő szerkezetei

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Helyiségek sugárvédő szerkezetei

- a) röntgenbesugárzók,
- b) izotópos besugárzók,
- c) gyorsítók (lineáris és ciklotron),

amelyek lehetnek kutatási célúak, ipari alkalmazásra készített vagy mezőgazdaságban alkalmazott helyiségek, végül

- élettvédelmi helyiségek (óvóhelyek).

Különleges rendeltetésű **fülkék és fülkesorok**

- a) gamma-fülkék,
- b) bontó- és átrakófülkék,
- c) ciklotron (besugárzó) fülkék,
- d) trezorok,
- e) speciális **szállítócsatornák és liftek**.

Hulladékkezelés célját szolgáló tárolók

- a) szilárdhulladék-tároló bunkerek,
- b) folyadék-hulladék-tároló tartályok.

Nyílászáró és határoló sugárvédő szerkezetek

- a) stabil nyíláshatárolók,
- b) mobil nyílászárók.

3.1. Atomerőművek vasbeton tartószerkezetei

Az atomerőművek vasbeton tartószerkezeteinek jellemző tulajdonsága az ionizáló sugárzás elleni védelem érdekében a nagy falvastagság (1-3 m, és ennél nagyobb), a sűrű és nagy átmérőjű armatúra, technológiai áttörések, valamint feszítőacél és lágy betonacél használata.

A reaktorépületben normál üzemeltetés és várható üzemi események alatt várható jellemző hőmérséklet 60 °C, a relatív páratartalom 15%-100% között változik. A reaktorépület egyes vasbeton szerkezeti elemeit ettől magasabb hőmérséklet érheti a TA1-4 és TAK1 üzemállapotokban, amely során is teljesíteniük kell a biztonsági és a fizikai gát funkcióikat. A vasbeton rendszer elemek környezetállóságát ezért tervezéssel kell biztosítani, a környezetállóságot szükség esetén elemzésekkel kell igazolni.

Speciális betonszerkezetekhez tartoznak a reaktorépület, és egyéb építmények olyan szerkezetei, melyek ki vannak téve jelentős ionizáló

sugárzásnak. Ezeknél a vasbeton szerkezeteknél az ionizáló sugárzás okozta öregedési folyamatokat is elemezni kell.

4. ANYAGOK ÉS TERMÉKEK

A nukleáris technológiával közvetlenül érintkező betonok anyagösszetételei legyenek sugár- és hőállóak, illetve nem aktiválódhatnak fel.

4.1. Anyagokra és termékekre vonatkozó általános szempontok

A betonra vonatkozó alapszabvány az MSZ 4798 *Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon* (továbbiakban: MSZ 4798). Ezt a szabványt kell alkalmazni a magas- és mélyépítési helyszínen készült (monolit) szerkezetekhez, előregyártott szerkezetekhez, valamint előregyártott szerkezeti elemekhez gyártott betonokra. A beton lehet helyszínen kevert és transzportbeton is. Az MSZ 4798 követelményeket ír elő a normál betonokra, könnyű- és nehézbetonokra. Az MSZ 4798 az előregyártott beton- és vasbeton elemek betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő termék- és tervezési szabványok erre a szabványra hivatkoznak.

Az MSZ 4798 1. ábrája tartalmazza a tervezésre és a kivitelezésre, illetve az alkotóanyagokra és a vizsgálati módszerekre vonatkozó szabványok közötti kapcsolatot.

A termékek forgalmazásának feltételeit a 2011.04.24-én hatályba lépett és 2013. július 1-től kötelező érvényű Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete tartalmazza, továbbá meghatározza az építési termékek értékelésére vonatkozó követelményeket, valamint a CE-jelölés használatának feltételeit.

Az anyagok beépítésének, betervezésének feltételeit, valamint a teljesítményigazolás részletes szabályait az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet tartalmazza.

4.2. Fogalommeghatározások

Nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A nukleáris reaktor és a nukleáris biztonsági funkciókat ellátó berendezéseket tartalmazó épületek és építmények épület- és építményszerkezetei

Tervezett beton

„Olyan beton, amelynek szükséges tulajdonságait és, ha vannak, egyéb kiegészítő jellemzőit a gyártó számára előírják, aki felelős azért, hogy a beton az előírt tulajdonságokkal és az egyéb kiegészítő jellemzőkkel készítse el.” (MSZ 4798 3.1.1.4)

Előírt összetételű beton

„Olyan beton, amelynek összetételét és a felhasználandó alkotóanyagokat a gyártó számára előírják, aki az előírt összetételű beton szolgáltatásáért (azaz kizárólag az előírt alkotóanyagok alkalmazásáért és a keverési arány pontos betartásáért) felelős.” (MSZ 4798 3.1.1.10)

Szokványos vagy normál testsűrűségű beton

„Kiszáritott állapotában 2000 kg/m³-nél nagyobb, de legfeljebb 2600 kg/m³ (értékre tervezett) testsűrűségű, szilárd beton.” (MSZ 4798 3.1.4.4) A szokványos betont szokták egyszerűen betonnak vagy normál betonnak nevezni.

Megjegyzés: Ha nincs külön megadva, akkor a szilárd beton testsűrűsége a beton 28 napos korára értendő, egyéb esetben pedig a kort célszerű megadni. Kiegészítésként közölni lehet, hogy a testsűrűséget a beton légszáraz, (60 ± 5)°C hőmérsékleten tömegállandóságig szárított vagy vízzel telített állapotában mérték-e.

A sugárvédelmi célra készített normál beton annyiban különbözik az egyéb célra készített normál betonoktól, hogy előírt testsűrűsége a C jelhez tartozó felső határ közelében van megköthető. A felső határ közelében lévő testsűrűségű "normálbeton" csak nagy sűrűségű kőzetből származó adalékanyaggal – pl. gránituzalékkal – készíthető.

Sugárvédő beton

Az ionizáló sugárzások valamely fajtája ellen biológiai védelmet nyújtó betonfajta; megfelelően megválasztott összetételének és/vagy testsűrűségének következtében elnyeli vagy gyengíti a röntgen-, a gamma- és/vagy a neutronsugarakat. A sugárvédő beton fajtái: nehézbeton, hidrátbeton és normál beton.

Nehézbeton

„Kiszáritott állapotában 2600 kg/m³-nél nagyobb testsűrűségű beton.” (MSZ 4798 3.1.4.3) A kiszáritást 60 (±5) °C hőmérsékleten, tömegállandóságig végzik.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Főleg nagy rendszámú elemekből áll; elsősorban a röntgen- és a gamma-sugarak ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a testsűrűség. Sugárvédő képessége a testsűrűség növekedésével nő.

A beton testsűrűségét megadó jel

A beton testsűrűségét a tervezett testsűrűségét jelző számmal (kg/m^3 -ben kifejezve) és előtte egy „D” (density) betűvel jelöljük (a vizsgálati szabványokkal összhangban).

Hidrátbeton

Kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz és a neutronsugárzás ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a kémiaiilag kötött nagy víztartalom (hidrátvíz hidrogénje).

Vastagfalú szerkezetek

Vastagfalú az a betonszerkezet, amelynek a felületi modulusa $M \geq 1$

$$M = \frac{a \text{ betontest felülete (m}^2\text{)}}{a \text{ betontest köbtartalma (m}^3\text{)}}$$

1. táblázat: Sugárvédő betonok követelményei

Sugárzás fajtája	Sugárforrások	Sugárvédő betonok követelményei
gamma-sugárzás		Nagy testsűrűségű, vastagfalú betonfalazatok
neutronsugárzás	Hasadási és aktivációs termékek ionizáló sugárzása Maghasadás	- Vegyileg lekötött víztartalmú anyagok nagy vastagságú védőfala - Bór-, kadmium-, hafniumtartalmú nagy testsűrűségű, falvastagságú beton

Alkalmas adalékanyagok a sugárvédő betonokhoz.

Nehéz adalékanyag

„Adalékanyag, amelynek kiszáritott állapotában az MSZ EN 1097-6 szerint megállapított szemcsetestsűrűsége $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$.” (MSZ 4798 3.1.2.10) Nagy rendszámú elemekből álló különleges adalékanyag (pl. barit, hematit, magnetit, acélsörét).

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Kötött hidrátvíztartalmú adalékanyag

Kémiaileg-fizikailag kötött vizet nagyobb mennyiségben tartalmazó különleges adalékanyag (pl. szerpentinit, limonit, bauxit, egyéb kristályvíztartalmú anyagok).

Normál testsűrűségű adalékanyagok

„Kiszáritott állapotában az MSZ EN 1097-6 szerint meghatározott szemcsetestsűrűsége $> 2000 \text{ kg/m}^3$ és $< 3000 \text{ kg/m}^3$.” (MSZ 4798 3.1.2.12)

Kiegészítőanyag

„A beton egyes tulajdonságainak javítása vagy különleges tulajdonságok elérése céljából a betonban felhasznált finom szemű szervesetlen alkotóanyag.” (MSZ 4798 3.1.2.1) A közel inert kiegészítőanyagok az I. típusú kiegészítőanyagok csoportjába tartoznak, a puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagok a II. típusú kiegészítőanyagok csoportjába tartoznak.

Bórtartalmú kiegészítőanyag

A lassú és a termikus neutronok befogására adagolt különleges anyag (pl. kolemanit, borokalcit).

Adalékszer

„Olyan alkotóanyag, amelyet a beton keverési folyamata során a cement tömegéhez képest kis mennyiségben adagolnak a friss vagy szilárd beton tulajdonságainak módosítására.” (MSZ 4798 3.1.2.4)

Műszaki követelmények

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

Betontechnológus

Lásd az MSZ 4798 3.1.1.21 pontját, további információt tartalmaz az MSZ 4798 9.6.1 fejezete.

Betontechnológiai utasítás

A betonozási munkákhoz a munkahelyi adottságokat figyelembe vevő betontechnológiai utasítást kell készíteni. A betontechnológiai utasítást betontechnológus készíti, tárgykörébe tartoznak az alkotóanyagokkal és a betonnal szemben támasztott követelmények, a betonreceptúra elkészítése, a munkahely előkészítése, a beton keverése, szállítása és bedolgozása, munkahézagok kialakítása, az utókezelés, a minőség ellenőrzése, továbbá a vonatkozó munkavédelmi és környezetvédelmi előírások.

Megjegyzés: A betonozási munkákkal kapcsolatos egyéb munkák, úgymint a zsaluzási és a betonacél-szerelési munkák külön technológiai előírások tárgykörébe tartoznak.

4.3. Osztályozás

A használati élettartamot, továbbá azokat a várható környezeti hatásokat, amelyek alapján a betonokra vonatkozó környezeti osztályok kijelölésre kerülnek, az építetű elvárásai alapján az építetűvel egyeztetve a tervezű határozza meg.

Nukleáris környezetben alkalmazandó beton és vasbetonszerkezetek esetén a tervezűnek minden esetben meg kell határozni a használati élettartamot. A használati élettartam meghatározásakor figyelembe kell venni a létesítmény minden lehetséges életciklusát (építési szakasz, normál üzemidű, üzemidűhosszabbítás, leállítás, pihentetés, leszerelés).

A környezeti hatásoktól függű környezeti osztályokat az MSZ 4798 1., 2., NAD 2., F1. és NAD F1. táblázatai tartalmazzák. A környezeti hatások között nem szerepel a nukleáris környezet terhelése, ami különleges követelménynek számít. Így különleges környezeti hatásnak számít az ionizáló sugárzás és a magas üzemi hőmérséklet.

4.4. Beton, vasbeton és feszített vasbeton alapanyagok

Az alapanyagok tekintetében a környezetállósági minősítésre vonatkozó NBSZ-követelményeket, illetve az N3a.15 számű útmutató ajánlásait is figyelembe kell venni.

4.4.1. Cement

Felhasználható az MSZ EN 197-1-nek megfelelő portlandcement, összetett portlandcement (kiegészítű főalkotórészek: granulált kohósalak (S), pernye (V, W)), szulfátálló portlandcement és szulfátálló kohósalakcement, valamint az MSZ 4737-1 szerinti mérsékelt szulfátálló kohósalakcement.

Az általános alkalmasságon túlmenűen a kivitelezési feltételek figyelembevételével és az évszaktól, a környezeti osztálytól, az építés ütemétől, a betonszerkezet vagy a betonelem méretétől, utókezelési (érlelési) körülményeitől, szerkezettel szemben támasztott követelményektől függűen kell az adott esetben alkalmazandó cement követelményeit meghatározni (például kémiai összetétel korlátértékei, őrlésfinomság, hőfejlesztés, szilárdulási sebesség).

Elűnyben kell részesíteni a minél kisebb hőfejlesztésű (< 270 J/g 41 órás korban, EN 196-9 féladiabatikus módszer szerint mérve) és kis zsugorodásű cementeket.

4.4.1.1. Földalatti betonszerkezetek cementjei

MSZ EN 197-1 szerinti CEM I portlandcementek, CEM II/A,B kohósalak-portlandcementek, szulfátálló cementek (CEM I-SR 0 szulfátálló

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

portlandcement, CEM III/B-SR szulfátálló kohósalakcement), valamint az MSZ 4737-1 szerinti CEM III/A-MSR mérsékelten szulfátálló kohósalakcement. Kiegészítő követelmény a kis alkáli tartalom; a megengedett alkáliatartalom Na_2O -ekvivalensben kifejezve minden cementtípus esetén feleljen meg a DIN 1164-10 követelményeinek ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv, \%}} = \text{Na}_2\text{O}\% + 0,658 * \text{K}_2\text{O}\%$).

4.4.1.2. Föld feletti betonszerkezetek cementjei

MSZ EN 197-1 szerinti CEM I portlandcementek (amelyekben a felhasználható portlandcementklinker trikálcium-aluminát (C_3A) tartalma $\leq 6\%$), CEM II/A, CEM II/B kohósalak-portlandcementek és CEM III/A, CEM III/B kohósalakcementek.

A konténmenthez felhasználható cement további kiegészítő követelménye a kis hőfejlesztés. A cement hidratációs hője nem lehet több mint 250 J/g jellemző értéknél, 41 órás korban EN 196-9 féladiabatikus módszer szerint mérve.

4.4.2. Adalékanyag

A normál és nehézbeton adalékanyagaira vonatkozó általános feltételeket az MSZ EN 12620 szabvány tartalmazza.

Az adalékanyagot a lelőhelyről való kiszállítás előtt minősíteni szükséges.

Egy-egy betonszerkezet betonozása előtt a szerkezet betonjának megépítéséhez szükséges adalékanyag megfelelő tartalékkal (min. 20%) való tárolását a helyszínen (keverőtelepen), illetve attól 5 km-es távolságon belül (a rakodáshoz és szállításhoz szükséges munkagépekkel együtt) biztosítani szükséges.

A nukleáris környezetbe kerülő, valamely üzemeltetési állapotban, vagy baleseti helyzetben magas hőmérsékletnek kitett betonszerkezetekhez felhasznált adalékanyagok 200°C-ig legyenek hőállóak. A nukleáris környezetbe kerülő betonok nem veszíthetik el víztartalmukat és nem lehetnek mágnesezhetőek, továbbá ellen kell állniuk a működés során az NBSZ 3a.2.2. fejezete szerinti TA1-TA4 és TAK1-TAK2 üzemállapotok időszakában érő behatásoknak.

Nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetekhez betontörésből származó visszanyert adalékanyag és osztályozatlan adalékanyag nem használható fel.

Az adalékanyagok alkáli-kovasav, alkáli karbonát, illetve taumazit reakciójának ellenállását vizsgálattal igazolni kell.

4.4.2.1. Sugárvédő, normál testsűrűségű betonokhoz használt adalékanyagok

A sugárvédő célra készített **normál beton** adalékanyaga a tömör struktúrájú, természetesen aprózódott (pl. homokos kavics) és/vagy mesterségesen

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

aprított (pl. bazalt, andezit) kőzet. A szemcsék felülete nem lehet mállott, poros vagy tapadó szennyeződéssel bevont. Szemrevételezéssel megállapítható szerves szennyeződést (pl. lomb, gyökér, fadarab), valamint a betonra vagy a betonacélra káros anyagokat nem tartalmazhat. A kedvezőtlen alakú (lemezes és/vagy hosszúkás) szemcsék mennyisége legfeljebb 30 tömeg % lehet.

4.4.2.2. Nehézbetonokhoz használt adalékanyagok

A **nehézbeton** készítéséhez legalább 3500 kg/m^3 testsűrűségű természetes (pl. barit, magnetit, hematit) vagy mesterséges (pl. vas adalékanyag, színesfémsalak, ha nem okoz eltérő galvanikus hatást) nehéz adalékanyagot kell használni. Vas adalékanyagra általában akkor van szükség, amikor a rendelkezésre álló nehéz adalékanyag testsűrűsége nem elegendő az előírt testsűrűségű beton előállítására. Ilyen esetben a vas adalékanyag mennyisége a nehézbetonban nem lehet kevesebb, mint 400 kg/m^3 (kb. 50 liter), mert ennél kisebb mennyiség nem keverhető el egyenletesen. A vas adalékanyag önmagában is felhasználható.

Színesfém-salakokat csak akkor szabad használni, ha nem képez galvanikus korróziós kapcsolatot a környezetével.

A **barit** (súlypát) vulkanikus eredetű, rideg kőzet. Lényegében tiszta bárium-szulfátot tartalmaz (BaSO_4), a vasoxid (Fe_2O_3) tartalma 4-9 %. Színe fehér, sárgásszürke, barna, esetleg vörös. Nyomószilárdsága viszonylag kicsi ($25\text{-}55 \text{ N/mm}^2$), kopási ellenállása csekély. A beszerezhető barit testsűrűsége $3700\text{-}4200 \text{ kg/m}^3$. Aprításkor porzik, célszerű hengeres törőn aprítani.

A **magnetit** ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$) szürkésfekete színű vasérc, legalább 60 % vastartalommal. Szemcsézett szövetszerkezetű, tömör, rendkívül kemény és szívós. Nyomószilárdsága általában nagyobb, mint 200 N/mm^2 . Testsűrűsége $4300\text{-}5200 \text{ kg/m}^3$.

A **hematit** (Fe_2O_3) szürkés, gyakran vörösesbarna, a friss törési felületen szürkésfekete színű vasérc, mintegy 50 % vastartalommal. Nyomószilárdsága $20\text{-}80 \text{ N/mm}^2$, testsűrűsége $3500\text{-}4500 \text{ kg/m}^3$.

A különböző **fémsalakok** (pl. ólom-, réz-, krómsalak) alkalmazása akkor lehetséges, ha nem okoznak egymáshoz és főleg az acélarmatúrához képest mérhető galvanikus eltéréseket. Átlagos testsűrűségük 3700 kg/m^3 , szilárdságuk rendszerint nagyobb, mint 60 N/mm^2 .

A **vas adalékanyag** részben ipari hulladék, részben vas anyagok feldarabolásából származik, részben sörét. Beton készítéséhez csak szabályos alakú (gömb, félgömb, kocka, zömök henger vagy hasáb) szemcsék alkalmasak, a túszerű, ágas-bogas, lyukas, fogazott, fésűs vasanyagot nem

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

szabad felhasználni, mert ilyen anyaggal a betonkeverék nem tömöríthető megfelelően. A vas nem lehet olajjal, zsírral szennyezett, ezért égetéssel, vegyszerrel vagy gőzsugárral meg kell tisztítani (a tisztításra használt vegyszer nyomokban sem maradhat a vas adalékanyagban, ezért vegyszeres kezelés után erős vízszugárral le kell mosni).

A vas adalékanyagról a szennyeződések jóval a felhasználás előtt el kell távolítani, majd ezt követően a szemcsék felületét vékony tapadásközvetítő és korróziógátló anyaggal szükséges bevonni. Ez növeli a beton szilárdságát és megakadályozza a vas további rozsdásodását a betonban. A laza, revés rozsdától meg kell tisztítani a vas adalékanyagot.

A vas adalékanyag testsűrűsége $7400-7800 \text{ kg/m}^3$, a vassörété azonban ritkán haladja meg a $7300-7400 \text{ kg/m}^3$ értéket. Szemnagysága ne legyen 16 mm-nél nagyobb. Általában csak akkor alkalmazzuk, ha más módon nem lehet elérni az előírt testsűrűséget.

4.4.2.3. Hidrátbetonokhoz használt adalékanyagok

A **szerpentin** tömeges, szálás vagy táblás megjelenésű, túlsúlyban agyagásványokat tartalmazó, zöldes színű kőzet, amelynek MgO tartalma kb. 40 %, SiO_2 tartalma kb. 40% és hidrátvíztartalma 11-14 %. A kőzet meghatározott hidrotermális körülmények között keletkezett. Testsűrűsége kb. 3500 kg/m^3 , nyomószilárdsága kb. 60 N/mm^2 . Hidrátvíztartalmát kb. $+350^\circ\text{C}$ hőmérsékletig megtartja.

A **limonit** ($2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$) barna, sárgásbarna, néha vöröses vagy szürke vasérc (általában magnetittel és hematittal keveredve fordul elő). Vastartalma kb. 60 %, hidrátvíztartalma 10-15 % (de a lelőhelytől függően vastartalma 40 %-ig, hidrátvíztartalma 4 %-ig csökkenhet). Kémiaileg kötött víztartalmát kb. $+150^\circ\text{C}$ hőmérsékletig megtartja.

A limonit puha, laza, valamint kemény, tömör szövetű változatban egyaránt található, így szilárdsága $10-60 \text{ N/mm}^2$, testsűrűsége $3200-3800 \text{ kg/m}^3$ között változhat. A túlzott porképződés elkerülése érdekében célszerű hengeres törőn aprítani. Sokszor csak 0-4 mm-es homokként használható; a limonithabarc összetartóképesége igen jó, ezért az ebbe ágyazódó vasadalékanyag szétkeveredési veszélye csekély. A vörös színű anyag 4-5%, a sárgás színű 8-10 % hidrátvíztartalmú, és utóbbi kéntartalma óvatosságra intő mértékben nagy.

A **bauxit** ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$) vörös színű, puha, porózus kőzet, kémiaileg kötött víztartalma 20-25 %, vízfelvétele 10-25% lehet. A bauxit víztartalma annál nagyobb, minél több benne a timföld, mennél kevesebb az anyag tartalma és mennél inkább hidrargillites. Kis szilárdságú kőzet – nyomószilárdsága csak $3-25 \text{ N/mm}^2$, testsűrűsége $2700-3000 \text{ kg/m}^3$ – amely nagyon könnyen

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

aprózódik, ezért csak 0-4 mm-es homokként használható. Ragacsos habarcsot képez. Ez legfeljebb C20/25 legnagyobb szilárdságú nem tartószerkezeti beton készítésére alkalmas.

4.4.2.4. Könnyű adalékanyag

Könnyű adalékanyagként használhatók többek között a keramzit, pórusos kohósalak, hőerőművek hamusalak keveréke, pernyéje, ha egyéb korróziós hatása nincs, valamint zártcellás duzzasztott polisztirol gyöngy és duzzasztott perlit gyöngy.

4.4.2.5. Adalékanyag öntömörödő betonkeverékhez (ÖTB)

A szemek alakja közelítse a gömbformát, de legalább lekopott csúcsú- vagy élű poliéderek legyenek, ne legyenek hajlamosak szegregációra.

2. táblázat: Az ÖTB-hez felhasználásra kerülő adalékanyag finom frakciója feleljen meg az alábbi követelményeknek:

Szitaméret, mm	a szitán fennmaradó rész, %
2,5	0-15
1,25	5-40
0,63	30-70
0,315	60-90
0,16	90-100

4.4.2.6. Sugárvédő betonokhoz használható, legfontosabb adalékanyagok tulajdonságai

A sugárvédő betonokhoz használható, legfontosabb adalékanyagok tulajdonságait a 3. táblázat tartalmazza.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

3. táblázat: Alkalmas adalékanyagok sugárvédő betonokhoz (Zement-Merkblatt, Betontechnik B10 1.2002.)

Anyagcsoport	Testsűrűség kg/dm ³	Vastar- talom %	Kristály víz	Bórtar- talom	Elemösszetételi jellemzők
Normál testsűrűségű adalékanyagok					
Kvarckavics	2,6-2,7	-	-	-	Si, Ca, Mg, Na,
Mészkeő	2,5-2,8	-	-	-	K
Gránit	2,6-2,8	-	-	-	Ca, Mg, Al, C, O
Bazalt	2,9-3,1	<10	-	-	Si, Al, K, Na, O Si, Al, Fe, Mg, O
Nehéz adalékanyagok					
Barit	4,0-4,3	-	-	-	Ba, S, O
Limonit	4,6-4,7	35-40	-	-	Fe, Ti, O
Magnetit	4,6-4,8	60-70	-	-	Fe, O
Hematit	4,7-4,9	60-70	-	-	Fe, O
Mesterséges adalékanyagok					
Nehézfémsalakok	3,5-3,8	<25	-	-	Si, Ca, Fe, O
Ferroszilícium	5,8-6,2	80-85	-	-	Fe, Si
Ferrofoszfor	6,0-6,2	65-70	-	-	Fe, P
Acélgranulátum (≤ 8 mm)	6,8-7,5	90-95	-	-	Fe
Acélhomok (0,2-0,3 mm)	7,5-7,6	~95	-	-	Fe
Nagy kristályvíztartalmú anyagok					
Limonit (4-16 mm)	3,6-3,8	50-55	10-12	-	Fe, O, H
Goethit	3,2-3,6	50-60	10-12	-	Fe, O, H
Szerpentin	2,5-2,6		11-13	-	Si, Mg, O, H
Bauxit	2,7-3,0		20-25	-	Al, O, H.
Bórtartalmú anyagok					
Bórkalcit, Kolemanit	2,3-2,4	-	16-20	~13	B, Ca, O, H
Bórfritt	2,4-2,6	-	-	~15	B, Si, Na, O
Bórkarbid	2,4	-	-	~78	B, C

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Anyagcsoport	Testsűrűség kg/dm ³	Vastar- talom %	Kristály víz	Bórtar- talom	Elemösszetéti jellemzők
Könnyű adalékanyagok					
Keramzit	1,8-2,0	-	-	-	Ca, Si, Al
Duzzasztott kohósalak	2,0-2,4	15-20	-	-	Ca, Si, Fe, Al

4.4.2.7. Adalékanyagok szemnagysága, szemmegoszlási görbéje

A sugárvédő betonok adalékanyagának a legnagyobb szemnagysága nem lehet nagyobb a szabad acéltávolság 3/4-énél, a falszerkezetek legkisebb keresztmetszeti méretének 1/5-énél. A vas adalékanyag legnagyobb mérete legfeljebb 16 mm legyen.

Az adalékanyagok szemmegoszlási görbéje az MSZ 4798 szabvány E mellékletében feltüntetett határgörbék A-B tartományának felső felében haladjon. A szemmegoszlást eltérő testsűrűségű adalékanyagok (pl. nehéz adalékanyag és folyami homok) használatakor a tömeg szerinti keverési arány helyett térfogat szerinti keverési arány figyelembevételével kell megtervezni. A szemmegoszlási görbét a vas adalékanyag nélkül kell meghatározni. A színesfém-salakok szemalakja általában nem kedvező, ezért a 4 mm-nél kisebb szemcséi helyett használjunk természetes homokot.

Az MSZ 4798 szabvány E melléklete az adalékanyag szemmegoszlási határgörbékét foglalja össze.

4.4.3. Keverővíz

A keverővízre vonatkozó követelményeket az MSZ EN 1008 szabvány tartalmazza. Nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetekhez a betongyártásból származó újrahasznosított víz nem használható fel.

A fenti szabványban előírt vizsgálatokat ki kell egészíteni szulfidok vizsgálatával, melyek S²⁺-ra átszámított értéke legfeljebb 100 mg/l lehet.

4.4.4. Adalékszerek

A betonok fő összetevője a kötőanyag (cementek), adalékanyag (szilárd vázanyag) és a víz (hidratálóközeg). E három összetevőből készülhet a beton, de annak tulajdonságai korlátozottak. A betonadalékanyag általában helyi, vagy környékbeli bányászott termék, melynek alaktani (granulometriai) adottságai korlátozzák a frissbeton-keverék bedolgozhatóságát, a kialakuló tulajdonságait.

E tulajdonságok javíthatók a kötőanyag mennyiségi és minőségi változtatásával, de ez is csak korlátok között lehetséges.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A jelentősebb tulajdonságváltozás olyan anyagok adagolásával lehetséges, amelyek nagymértékben átalakítják a beton összetevőinek együttműködését. Friss állapotban átalakítják a rendszer reológiáját, melynek megfelelően más-más helyzetben állnak össze, más tömörségi, rendezettségi státuszban szilárdulnak meg.

Ezeket a szereket nevezzük adalékszereknek.

Az adalékszereknek igazodniuk kell az alaprendszer tulajdonságaihoz.

A kötőanyag, adalékanyag, víz és adalékszer (illetve a kiegészítőanyagok) harmóniája teremti meg az adott szituációhoz rendelhető optimális betonanyagot.

A vasbeton szerkezeteknek igazodniuk kell az acélbetét által megkívánt igényekhez is.

A felhasznált anyagok nagy része (a víz kivételével) kémiaileg-anyagtanilag kevert rendszer, melynek összetétele esetenként változik. (Pl. bányászott termékek, valamint ezek feldolgozott, átalakított termékei). Következésképpen a megkövetelt tulajdonságok értékeit úgy a nyersanyag, mint a késztermék vonatkozásában csak behatárolt toleranciával lehet betartani.

A nukleáris ipari alkalmazásoknál sokkal nagyobb pontosságú közelítés szükséges a megcélzott tulajdonságok eléréséhez, mert a statikai igény mellett mértékadó kérdés az ionizáló sugárzásból, továbbá az akár magas üzemi hőmérsékletből, vegyi összeférhetőségből stb. származó tartóssági követelmény is: ezeket a szerkezetek teljes élettartamára kell szavatolni.

Rögzíthető, hogy a nukleáris alkalmazású szerkezetek készítéséhez, karbantartásához, javításához speciális, az építő-építészmérnöki ismereteken túlmutató ismeretek és gyakorlat szükséges.

Az ionizáló sugárzások hatása ezeknél a rendszereknél azért okozhat problémát, mert ásványi származásuk folytán tartalmazhatnak – akár nyomokban – olyan kémiai elemeket, melyek jelentős hatáskeresztmetszettel rendelkeznek neutronsugárzás okozta felaktiválódásra (pl. Co, Fe, Eu). Az adalékszerek elemi összetétele, illetve az esetlegesen nyomokban bennük lévő szennyezőanyagok hozzájárulnak ehhez a felaktiválódáshoz, vagy fordított irányban éppen az adalékszerek működését blokkolják, illetve mellékreakciókat indítanak be. (Pl. gázképződés.)

Az adalékszerek mellékhatásait a széles körben változó üzemi (esetleges havária) hőmérséklet is erőteljesen befolyásolja. Ezért alkalmazásuk előtt teljes körű vizsgálatot kell végezni az összes tényező figyelembevételével.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Az előre várható üzemi hőmérséklet alapesetben is magas (60°C körül), de helyi jelleggel ennél sokkal nagyobb hőmérsékletek várhatóak.

Amennyiben 1 éven keresztül 90 °C hőmérséklet terheli a betonszerkezetet, az visszafordíthatatlan változásokat okoz a beton mikroszerkezetében, de különösen a beleadagolt adalékszerekkel kapcsolatosan.

Ennél jelentősebb hatást eredményez, ha 3 napon keresztül 200 °C körüli hőmérséklet terheli a betont. Ez esetben a cementklinker hidrátjaiban biztosan irreverzibilis folyamatok zajlanak le, amelyek a beton és acél részeinek öregedési folyamatait nagymértékben beindítja.

A viszonylag gyorsan változó hőmérséklet megváltoztatja a szerkezetek egyensúlyi nedvességviszonyait, mely hőtágulási, repedési problémákat okozhat.

A primerköri részek egyes helyein mindezekon túlmenően vegyszeres hatások növelik a betonszerkezetek igénybevételét.

Ilyen hatású pl. a bórsav, amely ha bekerül a betonszerkezetbe, a pH-értéket befolyásolja (csökkenti), ezért a beton önvédő rendszerét rontja. A betonokban jelen lévő lúgos hatású anyagok (kalcium-, nátriumionok) 12 pH érték feletti közeget biztosítanak, ha ez 8-9 pH-érték alá csökken, a beágyazott, illetve érintkező szénacél szerkezeti részek korróziója lép fel.

Mindezekhez a pH-csökkenésekhez jelentősen hozzájárulnak az adalékszerek.

Mindezek a tényezők azonban jól kézben tarthatók, ha kellően gondosan tervezik, és próbálják ki a rendszereket. A tényleges próbának nagy jelentősége van, ahol bármely komponens minimális változtatásakor előre nem számítható mértékű alkalmassági változás állhat be.

Az adalékszerek alkalmazását tehát előre le kell modellezni a kísérleti technológia szabályai szerint a következőképpen:

0. Az adott célfeladatra, a cement, adalékanyag, acélbetét, betontechnológia ismeretében meg kell határozni az alkalmazandó adalékszert, vagy adalékszer-kombinációt.
1. Laboratóriumi viszonylatban meg kell határozni az eredményességét, összehasonlítva az etalon mintával. Eredményesség esetén el kell végezni a félüzemi próbát.
2. A félüzemi kísérletben gyártási sarzsi mennyiségben próbát kell tenni (léptékhatás-vizsgálat). Eredményesség esetén lehet továbblépni.
3. Pilotprojekt kísérletben a gyártási körülményekkel azonos módon (gépek, körülmények stb.) kell bizonyítani az alkalmasságot.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Meg kell határozni a fő- és mellékhatásokat, a toleranciákat és a helyettesíthetőséget (más cementtel, adalékszerekkel, kiegészítőanyagokkal stb).

4. Sorozatgyártás kiértékelése. Eredmények statisztikai vizsgálata.

Az adalékszerekkel szemben támasztott követelmények:

1. Az adalékszereket az MSZ EN 934-2 szabvány szerinti első típusvizsgálat és nukleáris környezetállósági tanúsítás eredményei alapján szabad alkalmazni.
2. Az adalékszerek mennyisége általában a betonban ne haladja meg összesen az 5%-ot a cement tömegére vonatkoztatva.
3. Feszített vasbeton esetén mennyiségük nem lehet 2% m/m cementnél nagyobb.
4. Nagyszilárdságú betonban legfeljebb 5% m/m cement, többféle adalékszer alkalmazása esetén összesen 6% m/m cement lehet a mennyisége.
5. Ha a cement tömegére vonatkoztatott 2%-nál kisebb mennyiségben adagolják, akkor csak folyadék állapotban alkalmazható, ha eredetileg poralakú volt, akkor a keverővíz egy részében fel kell oldani, de a vízmennyiséget bele kell számítani a tervezett értékbe.
6. Az adalékszer használata nem csökkentheti a beton kedvező fizikai és mechanikai tulajdonságait, nem okozhatja az armatúra és egyéb beépített elemek korrózióját, nem fejleszthet toxikus és/vagy robbanásveszélyes gázkeverékeket, használatával nem növekedhet meg a gázkiválás (hidrogén).
7. A konténment szerkezetéhez készítendő betonokhoz, valamint a sugárvédő betonokhoz nem megengedett olyan adalékszer felhasználása, amelyik ionizáló sugárzás, illetve 250°C-ig megemelkedő hőmérséklet hatására robbanóképes, vagy mérgező gázt fejleszt.
8. Klorid tartalmú anyagokat (kötőanyag, adalékanyag, kiegészítőanyag, adalékszer, víz, habarcs...) nem lehet az alábbi vasbeton szerkezeteknél alkalmazni:
 - feszített szerkezetek,
 - lágyvasalású vasbeton szerkezetekben 5 mm és az alatti átmérőjű betonacél esetén,
 - nedves, párás környezetben,
 - elektrokorrózió kialakulásának lehetőségekor.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

9. Nitrátok, nitritek, tiocianátok, formiátok a fenti esetekben csak laboratóriumi vizsgálattal igazoltan használhatók.
10. Potenciálisan reakcióképes adalékanyagok és kiegészítőanyagok környezetében a nátrium- és káliumion tartalmú anyagok nem alkalmazhatók.
11. A légbuborék képző adalékszerek esetében 5 % nyomószilárdság csökkenés és 3 % m/v testsűrűség csökkenést figyelembe kell venni a betonreceptúra tervezése során.
12. Az adalékszereknek az alkalmazandó cementtel, adalékanyaggal, kiegészítőanyaggal, vízzel, másfajta adalékszerrel való összeférhetőségét igazolni kell.
Az igazolást az adagolandó mennyiségek szerint is produkálni kell (tervezett adagolás).
13. A folyékony adalékszerek víztartalmát a folyadék/cement tényező számításánál figyelembe kell venni 3l v/m beton érték felett.
14. A felhasznált adalékszerek az MSZ EN 934-1 szabvány követelményeinek feleljenek meg.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

4. táblázat: Leggyakrabban alkalmazott adalékszerek

Megnevezésük	Hatásuk
Képlékenyítők (plasztifikátorok)	Viszkozitáscsökkenés révén lágyabb frissbeton-konzisztencia, keverővíz-megtakarítás és/vagy cementmegtakarítás
Folyósítók (szuperplasztifikátorok)	Felületfeszültség- és/vagy viszkozitáscsökkenés, folyós frissbeton, jelentős vízmegtakarítás és/vagy cementmegtakarítás, öntömörödés
Kötés- illetve szilárdulásgyorsítók	A kötőanyag aktiválásával felgyorsul a kötési-szilárdulási folyamat
Kötéskésleltetők	A kötési folyamat ideiglenes gátlása. Megnyúlt bedolgozási idő.
Vízáróság-fokozók (tömörítők) (friss- és öregbeton-tömítés)	A felületi feszültség csökkentésével a frissbeton anyagrészekéi jobban megközelítik egymást, a kapillárisok részben eltömődnek
Stabilizálók	A frissbeton anyagrészekéi nem mozdulnak el, nem „vérzik ki” a beton
Légbuborék-képzők	Ideiglenes gázbuborékok képződése miatt 10-300 mm átmérőjű „üreg” szakítják meg a kapillárisokat, így nem szív fel vizet, nem fagy meg
Injektálás segítők	A csökkenő viszkozitás miatt a beton „üregeit” tökéletesen kitölti a habarcs, a behatolást a fejlődő hidrogéngáz segíti
Vízalatti betonozást segítők	A frissbeton felülete ideiglenesen hidrofób lesz, a víz nem mossa szét, nem hígul
Reoszerek	Átalakítják a frissbeton folyási modelljét, tixotropizálók
Lövelltbeton-segítők	Növelik a felületi tapadást, pillanatkötetést
Fagyásgátlók	Növelik a kötésből származó hőt, „felfűtik” a frissbetont, fagyáspontcsökkentők
Habképzők	Mechanikus habképzéssel légbuborékokat képeznek, tűzállóság-fokozók
Pillanatkötetők	Vízbetörés-javítás
Korróziógátlók	Acélbetétek védelme impregnálással
Hidrofobizálók	Betontestek víztaszítóvá tétele
Kellősítők	Betonfelületek erőzáró kapcsolatainak elősegítése (régi-új betonok)

Az adalékszerek viselkedése, működése tehát jórészt a cement-adalékanyag-adalékszer-kiegészítőanyagok által biztosított harmonikus együttműködésük függ.

A rendszerre együtt is érvényesek a heterogén fázisú reakciókra vonatkozó általános törvények, de emellett fontos figyelembe venni a viszkozitási változásokra vonatkozó szabályokat, illetve a katalitikus hatásokat. Ezek a

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

tényezők csak fő vonalakban befolyásolják a működésüket, mert a részhatások sok esetben elfedik a másik tényezőt. Az eredő hatások aránytalanok a bennük szereplő anyagok egyedi minőségéhez, mennyiségéhez képest.

Az adalékszerek működésének előbecslése egyedi esetekben csak nagyon kevésbé lehetséges. **Az adalékszerek hatását kísérleti úton szükséges bizonyítani.**

Minden adalékszernek a célzott hatása mellett (főhatás) ún. mellékhatásai vannak. (Pl. folyósítószereknél mellékhatás lehet a kötés késleltetés.)

Az adalékszerek hatása az alkalmazáskori hőmérséklettől is függ.

Az általános törvény, hogy a szokásos hőmérsékleti tartományban a hőfok emelkedésével a reakciósebesség hiperbolikusan nő. Ha az adalékszerben gáz oldódik, akkor a hőmérséklet növekedésével csökken az adalékszernek a betonkeverékben történő oldhatósága, így passzivitása előtérbe kerülhet.

Fontos tényezők ezek az ún. hatásidők figyelembevételénél.

Az adalékszerek alkalmazásánál meg kell adni a hatásidőt, ami után az elérendő hatás már nem biztosított.

Ezért sok esetben az adalékszereket rész kvantumokban adagolják.

Fontos azonban, hogy az összkvantum ilyenkor sem lépheti túl a kiírt mennyiséget.

A hőmérsékletváltozások és az adagolt adalékszer-mennyiség összehangolása a nukleáris érintettségű betonoknál, betonozásoknál különösen fontos, mert a túllépés hatása eltérő lehet az előre számítottaktól.

Különösen fontos ez olyan esetekben, ha hidrogéngáz fejlődhet (pl. alupasztás anyagok, injektálások). A fejlődő hidrogén nukleáris problémákat is okozhat, de az acélarmatúrába diffundálva ridegít. Ez különösen a hegesztett részeknél jelenthet problémát.

Nukleáris környezetben fontos a rendszerek kiszellőztetése, hogy ott semmilyen szennyezettség ne maradjon. Az adalékszerek vizsgálata fontos tényező a használatukban.

A vizsgálatokat párhuzamosan több ágon kell végezni, így:

- a) Az adalékszerek minőségi és mennyiségi „ujjlenyomatát” rögzíteni kell. Ezeket a modern analitikai kémia módszereivel szaklaborokban kell elvégezteni (infravörös spektroszkópia, röntgen diffraktometria, derivatográfia, korróziós hajlam fémre, betonra stb.)

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- b) Az alkalmazott betonba keverve, szilárdítva modellvizsgálatokat kell végezni és vakpróba-betonnal összevetni (szilárdsági, testsűrűségi, hidrosztatikai, „ujjlenyomati” azonosítási vizsgálatok, elemanalízis, ionanalízis, radiometria)
- c) Hatékonysági vizsgálatokat kell végezni (frissbeton-, szilárdbeton-tulajdonságvizsgálatok, mikroszkópiai azonosító vizsgálatok, mint pórustartalom, pásztázó elektronmikroszkópos elemanalízis stb.)

A vizsgálatok gyakoriságát a tervező-beruházó-nukleáris technológus határozza meg.

Az alkalmazás során az MSZ 4798 szabvány vonatkozó részeit figyelembe kell venni.

A vizsgálatokat az MSZ EN 480 szabványsorozat szerint kell végezni.

A követelmények az MSZ EN 934 szabványsorozatban találhatók, speciális esetekben figyelembe kell venni a gyári útmutatókat, illetve iparági szabályozásokat (pl. Lövellt beton – Europäische Richtlinie für Spritzbeton. EFMARC Richtlinie 1997)

4.4.5. *Kiegészítőanyagok (beleértve az ásványi töltőanyagokat és pigmenteket)*

Általában a betonkészítéshez felhasználható kiegészítőanyagokat az alkalmasságuk elbírálása után szabad felhasználni.

Az MSZ 4798-ban részletezett k-érték elve és a beton egyenértékű teljesítőképességének elve nem alkalmazható a sugárvédő betonok esetében.

A lassú és a termikus neutronok befogására, valamint a neutronok befogásakor keletkező nagy energiájú gamma-sugarak sugárzásának mérséklésére előnyösen használhatók a bórtartalmú kiegészítőanyagok, mint a kolemanit, a borokalcit és a bórax. A tiszta bór adagolása $5-20 \text{ kg/m}^3$ legyen (pl. a B_2O_3 -ban lévő elemi bórtartalom 31 %). A bór alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy késleltetheti a cement kötését és szilárdulását, továbbá a kötéskésleltető adalékszerekkel szemben csökkenti a beton végszilárdságát is.

A **kolemanit** ($2 \text{ CaO} \cdot 3 \text{ B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$) fehéres színű, kalciumborátot tartalmazó ásvány. A beszerezhető kolemanit B_2O_3 tartalma kb. 30 %, kémiaailag kötött víztartalma 28-30 %. A 0,125 mm-nél finomabb szemeket ki kell szitálni az adalékanyagból, mert lassítja a szilárdulást és csökkenti a végszilárdságot.

A **borokalcit** ($\text{CaO} \cdot 2 \text{ B}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$) kalcium-borátot tartalmazó ásvány, B_2O_3 tartalma 40-50 %, kémiaailag kötött víztartalma átlagosan kb. 17 %. Finom

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

szemcséi kevésbé oldódnak a kolemaniténál, ezért kevésbé kell tartani a kötési-késleltetéstől és a végszilárdság csökkenésétől.

A **bórax** ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) a bórsav színtelen, fehér, kristályos nátriumsója. Bórtartalma 10-11 %, testsűrűsége általában 1700 kg/m^3 . Kötés- és szilárduláskésleltető hatása erőteljes; nagyon kell vigyázni az adagolásával, mert a szilárdulás esetleg meg sem indul. Változatlan összetétel mellett a bóraxot is tartalmazó beton 28 napos szilárdsága a bóraxot nem tartalmazóhoz viszonyítva 75-90 %. Számítani kell a betonfelület kivirágzására is.

Metakaolin a kaolinitből előállított nagy reaktivitású agyagásvány (HRM). Lehetőséget nyújt a beton teljesítményértékeinek jelentős növelésére. Fokozatos kalcinálás folytán $100\text{-}200^\circ\text{C}$ között az adszorbeált víz távozik, majd $500\text{-}800^\circ\text{C}$ között a kaolin kalcinálódik és vízmentessé válik. Hidratációs reakciókészsége megnő, amit a lúgos közeg segít (puccolán hatás). Hidrofil tulajdonsága miatt gyorsan diszpergálódik. Jelentősen növeli a nyomó- és hajlító-húzószilárdságot. „Krémes” állaga miatt jól használható az öntömörödő betonokban, nagyteljesítményű betonokban, előregyártásban, szélsőséges hőmérsékletek között. Csökkenti a permeabilitást, így általában nő a beton kémiai ellenállása. Csökkenti az alkálszilika aktivitást. Csökken a beton zsugorodása, javul a bedolgozhatósága. Kis szemcsemérete miatt tömör illeszkedésű, fajlagos felülete $10^5 \text{ m}^2/\text{kg}$. 5-10% m/m cementadagolásra optimális. A víz/(cement + metakaolin) összefüggésben a k-érték változó, ezért esetenként kísérletileg kell meghatározni.

Szilikapor különböző fémipari technológiák mellékterméke, illetve célirányos terméke. Nagyon intenzív csiszolós technológiák folytán a SiO_2 extrém nagy fajlagos felületet nyer ($15\text{-}25$ ezer m^2/kg), emiatt pelyhes amorf, multifunkcionális reaktivitású cementek és egyéb lúgos anyagok keverékeként puccolános tulajdonságú. Hidratációs képessége nagy. Latens hidraulikus tulajdonsága miatt vizes szuszpenziós formában, vagy szárazon cementhez adagolva használható. A beton vízigényét megnöveli, ezt kompenzálандó folyósítószerke adagolása előnyös. Nagy teljesítményű betonokban, ultranagyteljesítményű betonokban (HPC és UHPC) jól alkalmazható. Csökkenti a permeabilitást, ezért általában javítja a vegyszerállóságot (szulfátállóság, kloridszennyeződések stb.). Szélsőséges hőmérsékletek változásait eltűri. Csökkenti a betonok zsugorodását. A k-érték kísérletileg határozható meg és függ a víztartalomtól.

Polimer diszperziók

Csak lúgos közeget tartósan elviselő polimerek alkalmazhatók. A cementekkel semmiféle átalakulásuk, melyek a teljes használati idejükben létrejöhetnek, nem megengedett. A cementekre és a beton összes

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

komponensére való ráépülést bizonyítani kell. Az adott cementtel, adalékanyaggal, adalékszerrel a vizes kioldhatatlanságot bizonyítani kell. Nem képezhetnek gázokat, nem csökkenthetik a tapadást. Deklarálni kell a funkcióikat a szerkezet gyártási, üzemelési, illetve üzemzavari időszakában és hőmérsékletén. Bizonyítani kell alkalmasságukat az üzemzavari hőmérséklet határain. Azonosító vizsgálatokkal kell igazolni a kémiai csoporttulajdonságukat (ún. „ujjlenyomat-vizsgálatok”). Meg kell határozni a szilárdság, alakváltozási és hidrotechnikai tulajdonságukat. Részt kell venniük a szerkezet erőjékében. Alkalmazásuk nem ronthatja a tűzbiztonságot. Tűz esetén nem képződhetnek belőlük mérgező és/vagy robbanásveszélyes gázok.

Polimer szálak (szénszálak)

Lásd mint polimer diszperzióknál.

Csak nagy húzási rugalmassági modulusú szálak alkalmasak betonban.

5. táblázat: Kiegészítőanyagok hatása

Megnevezésük	Hatásuk
Zsugorodáskompenzálók	A szilárdulás közbeni természetes zsugorodást azzal kompenzálják, hogy mérsékelten duzzadnak
Sugárzáskompenzálók (Bórtartalmú kiegészítőanyagok)	A betont érő neutronsugárzást részben/egészében elnyelik
Polimer szálak	Tűzvédelem, nem mágnesezhető betonfalak

4.4.6. Betonacél

A betonacélokra vonatkozóan Nemzeti Műszaki Értékelések (NMÉ-k) készülnek, melyek összeállítása során figyelembe veszik az MSZ EN 10080 szabványt, az egyedi, illetve a nukleáris követelményeket, különösen a környezetállósági minősítést.

Epoxi bevonat

Epoxi bevonat alkalmazása az acélbetéteken csak sugárállósági és tapadásvizsgálati próba után megengedett.

Galvanizált acélbetét alkalmazása esetén meg kell akadályozni, hogy a cinkbevonat kémiai reakcióba lépjen a cementtel, vagy a betont csak olyan cementből szabad készíteni, amelynek nincs káros hatása a galvanizált acélbetéthez való tapadásra.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

MEGJEGYZÉS: a cinkbevonat semlegesítése kétféleképpen érhető el: vagy úgy, hogy a termékeket egy darabig szabad levegőn tárolják, vagy bevonat alkalmazásával. (Lásd epoxi bevonat)

A vasalásra vonatkozó megfelelés a CEN/TR 15481 műszaki jelentés (Acélbetétek hegesztése – Hegeszthetőség – Vizsgálati módszerek és a végrehajtás követelményei) alapján bírálható el. A betonacélok hegesztésére az MSZ EN ISO 17660-1, -2 szabványok vonatkoznak.

Betonacélok egyenletes erőátadást biztosító lehetséges toldási módjai a 14. táblázatban (3. sz. melléklet) találhatóak. A betonacéltoldásokat igazolni kell a vonatkozó szabványoknak megfelelően.

Hegesztett kötéseket az MSZ EN ISO 17660-1 szabvány előírásai szerint minősíteni szükséges. A beépített betonacélok hegesztett kötéseinek megfelelését penetrációs vizsgálattal (minden 100-dik toldásnál) igazolni szükséges, amely során meg kell határozni a hegesztés okozta ridegedési zóna kiterjedését és mértékét.

4.4.7. Feszítőacélok és segédanyagok

A feszítőacélokra (huzal, pászma, rúd) vonatkozó műszaki előírásként Magyarországon Nemzeti Műszaki Értékelések (NMÉ-k) készülnek, melyek a prEN 10138 szabványon alapulnak, továbbá figyelembe veszik az egyedi, illetve a nukleáris követelményeket, különösen a környezetállósági minősítést. Az acélszalagból készült burkolócsövek feleljenek meg az MSZ EN 523 szabványnak. Az ETAG 013 ad útmutatást a szerkezetek feszítésére készített utófeszítő eszközökre vonatkozó követelményekről. A kábelcsatornák és lehorgonyzások kitöltéséhez használt közösleges injektálóhabarcok követelményeit az MSZ EN 447 és az MSZ EN 446 szabványok tartalmazzák.

4.5. Betonösszetétel tervezési feltételek

Nukleáris környezetbe kerülő, előírt összetételű betonok összetételét alkalmassági vizsgálatokkal kell megállapítani. Az előírt összetételű beton meghatározását lásd az MSZ 4798 3.1.1.10 fejezetében. Az A mellékletben részletezett (Kezdeti vizsgálat) tulajdonságok mellett a különleges tulajdonságokra vonatkozó teljesítőképességet is igazolni kell. Meg kell adni a hidratációs hőfejlődést, a szükséges utókezelési időtartamot. A beton hőfejlesztése bizonyítható kísérleti úton, vagy speciális számítógépes programokkal.

A nehézbetonoknál eltérő betontervezési feltételeket szükséges figyelembe venni.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A betonkeverék **alapkonzisztenciája**, amelyet a vízadagolás számításakor kell figyelembe venni, kissé képlékeny legyen. Területtel mérve F2-F3, roskadással mérve S1-S2. Ha a pórusmentes bedolgozás érdekében képlékeny vagy folyós konzisztenciájú beton szükséges, akkor ezt a konzisztenciát képlékenyítő vagy folyósító adalékszerrel kell beállítani. Vas adalékanyagot tartalmazó nehézbeton konzisztenciája az adalékszer adagolása után se legyen képlékenynél (F3-nál, vagy S2-nél) lágyabb. A konzisztenciát célszerű a roskadás vagy a vibrációs idő mértékével jellemezni.

A **testsűrűség** a sugárvédő betonok egyik legfontosabb tulajdonsága. A kivitelezési tervdokumentációban a száraz állapotú (tömegállandóságig szárított) beton testsűrűsége van előírva (ρ_e). A bedolgozott, friss sugárvédő beton ρ_k testsűrűsége a következő összefüggésből számítható:

$$\rho_k = \rho_e + m_{wp} + 1,645 \times s \quad \text{kg/m}^3 \quad (1)$$

ahol m_{wp} = a betonból elpárolgó víz, kg

s = a testsűrűség feltételezett szórása, kg/m^3 (ennek értéke a munkahelyi adottságoktól függően – begyakorlottság, az ellenőrzés szintje – 15-60 kg/m^3 lehet).

A betonból elpárolgó víz a keverővíz és a cement által kémiaailag kötött víz különbsége (a cement kémiaailag kötött víztartalma 28 napos korban, normális környezeti körülmények mellett kb. 15 %, teljes hidratáció után 23 %).

A hidrátbeton **kémiaailag kötött víztartalmának** el kell érnie a kivitelezési tervben előírt értéket. A cement kémiaailag kötött víztartalma általában nem elegendő a kivitelezési terv szerinti követelmény kielégítéséhez, ezért kell a hidrátbeton készítéséhez a részletes betontechnológiai utasításban hidrátvíztartalmú adalékanyag (szerpentinit, limonit, bauxit) használatát előírni. A kémiaailag kötött víztartalom a következő összefüggésből számítható:

$$m_{wk} = m_{wc} + m_{wa} \quad \text{kg/m}^3 \quad (2)$$

ahol m_{wc} = a cement által kémiaailag kötött víz, kg/m^3

m_{wa} = az adalékanyag hidrátvíztartalma, kg/m^3

A beton kémiaailag kötött víztartalmához 30 kg/m^3 adszorbeált – fizikailag kötött – vizet hozzá szabad számítani, ha a várható környezeti hőmérséklet legfeljebb $+30^\circ\text{C}$. Megjegyzendő, hogy a cement $+100^\circ\text{C}$ felett fokozatosan elveszti a kémiaailag kötött víztartalmát. A kiszáradó betonok neutronelnyelő képessége a víztartalomhiány miatt csökken.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A sugárvédő beton **kémiai összetétele** követelmény. A beton adalékanyagait és a betonkeverék összetételét ezt figyelembe véve kell kiválasztani. Ehhez a munkához szakértőt kell igénybe venni.

A szilárd sugárvédő betonnak el kell érnie a statikai tervben rögzített szilárdsági jelhez tartozó minősítési értéket. A tervben előírható szilárdsági jelek az MSZ 4798 szerintiek.

Különleges esetekben megengedett köztes szilárdsági osztályok használata (pl.: C10/12,5, B20/22,5 stb.) Minden esetben azonban tisztázni kell az eltérések okozta tulajdonságváltozás nagyságát a normál beton minőségjelektől.

Nehézbetonoknál a tervezett szilárdság mellett meghatározandó a tervezett testsűrűség, illetve szükség esetén egyéb tulajdonságok (pl.: vízzáróság, fagyállóság)

E betonfajták alosztálya az ún. kötött testsűrűségű betonok, ahol a megvalósítandó testsűrűség szórása kötöttebb. Ennek oka a megfelelő biológiai védelem, illetve teherbírási megszorítások. Különösen olyan esetekben fontos ennek a megoldása, amikor a betonkeverék alkotói nagy eltérést mutatnak testsűrűségük tekintetében. (Pl. acélsörétes betonok.)

A beton szilárdsági osztálya és átlagsűrűsége megállapítandó tervezett korban (általában 28 nap) abban az esetben, ha a beton szilárdulása normál körülmények között zajlik (páratartalom $95\pm 5\%$, hőmérséklet $20\pm 2^\circ\text{C}$). A fővállalkozóval egyeztetve megállapítható más kor és szilárdulási körülmény, pl. 3, 5, 7, 14, vagy műszaki gazdasági számításokkal megalapozva 60, 90, 180 vagy 360 nap.

A hidrátbeton jelölését a betonkiírásban szövegesen lehet megadni.

A felsorolt betonfajták biológiai védőhatásánál az összes alkotó hatását be kell számítani. (Pl. a bennmaradó acélzsaluzat hatását)

A burkoló acéllemez úgy kell a betontömbhöz kötni, hogy az erőátadó kapcsolat biztosítva legyen, továbbá ne alakulhasson ki közöttük galvánelemes hatás, vagy kémiai korrózió.

Különleges szerkezeteknél fontos a nem mágnesezhetőség, melynél a felhasznált adalékanyagok, cementek ilyen irányú vizsgálata is fontos (vezérlőpadozat).

Ez vonatkozik a szikramentes padozatok készítésére is, ahol el kell érni a megfelelő vezetőképességet is.

Bizonyos esetekben műanyag szál adagolásával készülnek a betonok a tűzállóság javítása érdekében.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Fentiek alkalmazása tervezői feladat.

A nehéz- és a hidrátbetonok a fagy és olvasztósó, valamint az agresszív oldatok, talajok és gázok hatásával szemben általában nem ellenállók. Ilyen követelmények esetén ezeknek a betonoknak a megfelelő védelméről gondoskodni kell.

Az **ionizáló sugárzás hatására** a beton vagy vasbeton szerkezetek esetében – a sugárzás okozta hőhatás és kémiai vagy fizikai-kémiai változások miatt – romolhat a szerkezet nyomó- és húzószilárdsága, valamint rugalmassági modulusa. A műszaki tervben be kell mutatni a beton- és vasbeton szerkezeteket érő, várható gamma-dózis- és neutronfluens-értékeket. Ionizáló sugárzásnak kitett beton- és vasbeton szerkezetek esetében a környezetállósági minősítés során kell igazolni, hogy a tervezett élettartam alatt a várható gamma-dózis- és neutronfluens-értékek nem okoznak káros mértékű elváltozást. A beton-/vasbeton szerkezetekre vonatkozó határértékek az N3a.15. sz. útmutató 3.3.4.2. pontja szerint kerülnek meghatározásra.

A betonösszetétel tervezésekor a jelentős neutronsugárzásnak kitett vasbeton szerkezetek esetében figyelemmel kell lenni a **felaktiválódásra**. A tervezés során biztosítani kell az atomerőmű leszerelhetőségét, amit a felaktiválódás minimalizálásával kell megvalósítani.

Az ionizáló sugárzás és a felaktiválódás kapcsán figyelembe kell venni az N3a.15 számú útmutató ajánlásait.

4.6. Alapkövetelmények a betonösszetételre

4.6.1. A konténment betonja

6. táblázat: Az újonnan tervezett atomerőmű-konténmentek betonjának meg kell felelnie az alábbi minimális követelményeknek:

Minőségi mutató		Belső köpeny	Külső köpeny
Nyomószilárdság		C40/50	
Vízzáróság		XV2	
Fagyállóság*	ciklus	50	100
Átlagos sűrűség,	kg/m ³	≥2350	
Zsugorodási együttható határértéke,	m/m	30x10 ⁻⁵	
Kúszási együttható**		2,0	

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Minőségi mutató	Belső köpeny	Külső köpeny
Kezdeti rugalmassági modulus, MPa	38 000	30 000
Kezdeti keresztirányú deformációs együttható	0,2	
A hőtágulási együttható – ami nem okoz maradandó károsodást – -10°C és +50°C közötti hőmérsékleten	$\leq 1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	
Tartósság, év	100	

Megjegyzés:

* a próbatestek legalább a táblázatban megadott fagyasztási-olvasztási ciklust bírjanak ki tiszta vízben vizsgálva, miközben a tömegvesztés legfeljebb 3%, és a szilárdságcsökkenés 5% lehet.

** A maximális plasztikus deformáció és a rugalmas terhelési nyomaték hányadosa

4.6.2. A nehézbeton összetétele

A nehézbetonok összetételét mindenkor kísérleti úton (próbakeveréssel és próbabetonozással) kell meghatározni, a tervező által előírt testsűrűségből kiindulva (kiszárított állapotra értelmezett testsűrűség), az (1) képlet segítségével. A nehézbeton szilárdsági osztályai általában C12/15 és 50/60 közöttiek, de nagyszilárdságú (C100/115-ig és LC80/88-ig) beton is használható.

Zsugorodási együttható határértéke legfeljebb $30 \times 10^{-5} \text{ m/m}$.

A hőtágulási együtthatója – ami nem okoz maradandó károsodást – -10°C és +50°C közötti hőmérsékleten $1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

A kísérletekhez az alapkeveréket úgy kell megtervezni, hogy a beton telített legyen, mert adott testsűrűségű adalékanyagot alkalmazva annak a betonkeveréknek lesz a testsűrűsége a legnagyobb, amely éppen telített. A telítetlen keverékben a péphiány miatti levegőtartalom következtében csökken a testsűrűség, a túltelített keverékben pedig azért, mert a cement sűrűsége legfeljebb 3150 kg/m^3 , a nehéz adalékanyagoké pedig általában nagyobb, mint 3600 kg/m^3 .

4.6.3. A hidrátbeton összetétele

A hidrátbeton összetételének olyannak kell lennie, hogy mind az előírt száraz állapotban mért testsűrűséget, mind az előírt hidrátvíztartalmat kellő biztonsággal el lehessen érni. A hidrátbeton összetételét próbakeveréssel és próbabetonozással kell meghatározni. Az összetétel attól is függhet, hogy a beton készítésétől a szerkezet üzemszerű igénybevételéig mennyi idő telik el, mert a cement kémiaiilag kötött víztartalma a szilárdulás (a hidratáció) időtartamától függ.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A betonösszetétel változatainak a számítása után az adalékanyag hidrátvíztartalmából és a cement kötött víztartalmából meghatározható a szilárd beton hidrátvíztartalma is. Azokat a betonösszetétel-változatokat kell a próbakeverés során ellenőrizni, amelyek mind az előírt testsűrűséget, mind az előírt hidrátvíztartalmat tekintve megfelelőnek mutatkoznak.

Ha a számítások eredményei szerint a rendelkezésre álló nehéz adalékanyaggal az előírt testsűrűséget és az előírt hidrátvíztartalmat – (2) képlet szerinti számítás – nem lehet egyidejűleg elérni, akkor más – nagyobb hidrátvíztartalmú és/vagy nagyobb testsűrűségű – adalékanyagot kell keresni.

4.6.4. Nagyszilárdságú könnyűbetonok

A könnyűbetonok (D1,4–D2,0) (LC20/22 és LC50/60 közötti szilárdsággal) hatékonyságát úgynevezett szerkezeti minőségi tényezővel határozzák meg. Abban az esetben használható fel a könnyűbeton, amennyiben ez a tényező az alábbi feltételnek megfelel:

$$R_{ny}/\rho_{sz} \geq 0,25, \text{ ahol}$$

R_{ny} – a beton nyomószilárdsága, kg/cm^2

ρ_{sz} – a beton testsűrűsége, kg/m^3

A könnyűbetonok olyan helyeken alkalmazhatók, ahol a környezet egyáltalán nem, gyengén, vagy közepesen agresszív.

Jó hőszigetelő képességük miatt a magas szilárdságú és tartósságú könnyűbetonokat célszerű a külső és tartószerkezetek építésére felhasználni, elsősorban a fűtött épületek falaihoz. Födémszerkezeteknél történő felhasználáskor a súlycsökkentés és a kevesebb betonacél-felhasználás miatt az alapokra kisebb teher nehezedik.

Műszaki gazdaságossági számítással igazolva lehet felhasználni atomerőmű építéséhez.

A frissbeton nedvességtartalma megszilárdulás után nem lehet 12 tömeg% felett.

Vízzel telített adalékanyag fagyállósági követelmény esetén nem használható.

4.6.5. Öntömörödő betonok

Az MSZ 4798-ban meghatározott betonok a következő szempontok szerint alkalmazhatók:

Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága $D_{\max}=24$ mm (zúzaléknál 22 mm), de kedvezőbb, ha nem több mint 8 (zúzaléknál 11) mm. Meg kell jelölni az alkalmazott adalékanyag fajtáját és minőségi mutatóit.

A keverék összetételét úgy kell meghatározni, hogy a víztartalom 5-10 l/m³-es változásával a keverék tulajdonságai lényegesen ne változzanak.

4.7. A környezeti osztályokra vonatkozó szempontok

A követelményeket a teljesítőképesség szerinti tervezési módszerekből szabad levezetni, az összetételre vonatkozó határértékekkel nem lehet. Az összetételt tapasztalati (kísérleti) úton kell meghatározni, és a vonatkozó szabványok szerint igazolni.

4.8. A frissbeton

4.8.1. Levegőtartalom (légtartalom) és testsűrűség

Meg kell határozni a beton összes levegőtartalmát az MSZ EN 12350-7 szerint. A levegőtartalmat a keverési arányból és a bedolgozott frissbeton testsűrűségéből is szabad számítani. Magyarországon a frissbeton bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) ajánlott tervezési értéke legfeljebb 2 térfogatszázalék.

4.9. Szilárd beton

4.9.1. Nyomószilárdság, hajlító-húzószilárdság és hasító-húzószilárdság

A beton nyomószilárdság-, hajlító-húzószilárdság- és hasító-húzószilárdság-vizsgálatát, illetve a próbatestek előkészítését az MSZ EN 12390 sorozat 1-6 kötetei szerint kell elvégezni.

4.9.2. Testsűrűség

A szilárd beton levegőtartalma a sugárelnyelés szempontjából lehet jelentős. A beton kiszárított állapotban mért testsűrűségét az MSZ EN 12390-7 szerint kell meghatározni.

A vegyesen tárolt, szilárd próbatestek testsűrűségét légszáraz állapotban, ugyancsak szilárdságvizsgálat előtt kell megmérni, a tervezett testsűrűségtől az eltérés kisebb 5 %m/v-nél.

Normál beton esetén a kiszárított állapotban mért testsűrűség 2000 kg/m³-nél nagyobb legyen, de 2600 kg/m³-nél ne legyen nagyobb. A nehézbeton kiszárított állapotban mért testsűrűsége 2600 kg/m³-nél nagyobb legyen. Ha a nehézbeton testsűrűségét tervezett értékkel írják elő, akkor a tűrés ±100 kg/m³.

4.10. Műszaki feltételek a betonra

4.10.1. Általános előírások

Sugárvédő betonok esetén a betonösszetételre, valamint az alapanyagokra (például fajta, származási hely) kiegészítő feltételek szükségesek,

amelyekben előzetesen meg kell egyeznie az előírónak (a tervezőnek), a felhasználónak (a kivitelezőnek) és a gyártónak. Sugárvédő betont előírt összetételű betonként kell kiírni.

4.10.2. *Műszaki feltételek az előírt összetételű betonra*

Az előírt összetételű betont minden esetben az MSZ 4798 6.3.2. szakasza szerinti alapkövetelményeivel kell megadni, és szükség esetén azt az MSZ 4798 6.3.3. szakasza szerinti kiegészítő követelményekkel ki kell egészíteni. Az előírt összetételű betonra vonatkozó alap és kiegészítő követelményeket (a beton összetételét) vagy az építető vagy a szerkezettervező vagy a felhasználó betontechnológusának kell előíróként teljes felelősséggel megadnia. A betonösszetétel tervezésének vagy előírásának alapja az első típusvizsgálat eredményei legyenek.

4.11. A konténment betonja

A hőmérsékletváltozásból eredő repedések csökkentése/megakadályozása érdekében a betonfelület és a betontest közepe közötti hőmérsékletkülönbséget minél alacsonyabbra kell csökkenteni.

Előre ki kell számolni az exotermikus folyamatok alapján a várható hőmérsékleteket, a felmerülő feszültségeket a konkrét körülmények alapján (felhasznált anyagok, betonösszetétel, klimatikus viszonyok a betonozás és utókezelés idején, a bedolgozás sebessége, a szerkezet sajátosságai, a betonból kiálló vasak átmérője, hossza, csővezetékek méretei és anyaga, stb.). A fenti számítás alapján meg kell határozni a szükséges intézkedéseket a repedések elkerülése érdekében.

A betonösszetétel tervezésekor, a hőmérséklet-különbségből adódó repedések elkerülése érdekében a következőket szükséges megtenni:

- a) betontechnológusi (aki az összetételt megalkotta) felügyeletet kell biztosítani a betonozás idejére, és a TU kidolgozásához.
- b) a bebetonozott szerkezetek hőmérsékletének figyelését biztosítani kell. A mért értékeket fel kell jegyezni
- c) a beton szilárdulását folyamatosan figyelni kell roncsolásos vagy roncsolásmentes módszerrel a technológiai utasításban megfogalmazottak szerint. Roncsolásos vizsgálat esetén a próbatesteket a szerkezettel azonos körülmények között kell tárolni.
- d) a minősítő vizsgálat próbatesteinek normál körülmények között kell szilárdulniuk

Eltolható a szilárdság vizsgálatának/minősítésének kora: 28 nap helyett a belső falaknál 60 napra, míg a külső falnál 90 napra, ami lényegesen

csökkenti a felhasználandó cement, és a keletkező hő mennyiségét, amivel csökkenthető a beton repedésérzékenysége.

Rögzíteni kell a feszített szerkezeteknél a feszítés legkorábbi időpontját és a hozzátartozó szilárdságot.

A nagy tömeg és magas szilárdság figyelembevételével a konténment betonösszetétele meghatározásakor törekedni kell a minél alacsonyabb hőfejlesztésű alapanyagok kiválasztására, a szilárdulás ütemének lassítása, és ezzel párhuzamosan a kialakuló hőmérsékletek csökkentése érdekében.

A fentiekben megfogalmazottak mellett optimális az 50% alatti trikálcium-szilikát (C₃S) tartalmú cement használata.

Olyan adalékszerek és/vagy kiegészítőanyagok használhatók, melyekkel csökkenthető a felhasználandó cement mennyisége, miközben nem növekedik a szilárdulás üteme.

A hőmérsékleti feszültségek csökkentése érdekében mikroszilika, pernye, őrlött kohósalak használható. A kiegészítőanyagok optimális mennyisége a betonösszetétel tervezésekor 5-25% között tartandó, miközben a pernye mennyisége nem haladhatja meg a 15%-ot a cement tömegéhez viszonyítva.

4.12. A frissbeton átadása

Az MSZ 4798-ban foglaltak szerint kell eljárni.

4.13. Előírt összetételű beton megfelelés-ellenőrzése és a megfelelési feltételek

Az előírt összetételű beton cementtartalmának, az adalékanyag szemmegoszlásának, legnagyobb névleges szemnagyságnak, valamint a víz/cement tényező értékének és az adalékszer vagy a kiegészítőanyag mennyiségének megfelelését minden adag esetében értékelni kell. A cement, az adalékanyag (minden előírt szemnagyságra), az adalékszer és a kiegészítőanyag, a termelési jelentésben feljegyzett vagy a keverési adagnak a nyomtató által kiírt mennyiségei az MSZ 4798 27. táblázatában megadott tűréseken, a víz/cement tényező eltérése az előírt értéktől $\pm 0,04$ értéken belül legyen. A megfelelés igazolását végre kell hajtani. Az egyes tulajdonságok ellenőrzését dokumentálni szükséges.

4.14. Gyártásellenőrzés

Az MSZ 4798 9. fejezete és a C melléklet tartalmazza a normál és nehézbetonok ellenőrzését.

A sugárvédő betonok minőségének az ellenőrzésére minőségellenőrzési tervet kell készíteni, amelyet a tervdokumentációhoz kell csatolni. A

minőségellenőrzési tervben meg kell adni az alkotóanyagok, a betonkeverék, a bedolgozott frissbeton és a szilárd beton vizsgálatának módját és gyakoriságát.

Ha a betonkeverék az **építéshelyen** készül, akkor legalább az **1. mellékletben** szereplő vizsgálatokat kell előírni.

Ha a betonkeverék **központi betonüzemben** készül, akkor elő kell írni, hogy az üzem a sugárvédő betonkeverékek összetételét részletesen bizonylatolja. Mivel a sugárvédő beton csak **rendelt összetételű** lehet, ezért a rendelés szerinti összetételi és keveréstechnológiai adatokat kell a betonüzemnek szavatolnia. Meg kell, hogy adja a felhasznált cement fajtáját és gyártási idejét, az adalékanyag jellemzőit (szennyezettség, szemmegoszlás, testsűrűség, hidrátbeton esetén a hidrátvíztartalom), az adalékszer és a kiegészítőanyag fajtáját, továbbá a beton tömeg szerinti keverési arányát és a betonkeverék konzisztenciájának mérőszámát. A betonszerkezet készítője adja meg a felhasználandó alapanyagok keverési sorrendjét és idejét, valamint írja elő, hogy a transzportbeton-üzem mindazokat a vizsgálatokat végezze el, amelyek az építéshelyi betonkészítés esetére elő vannak írva.

4.15. Építéshelyi ellenőrzés

Transzportbeton alkalmazása esetén az építéshelyen az alábbi vizsgálatokat kell elvégezni:

- a konzisztencia ellenőrzését szállítmányonként ugyanazzal az eszközzel, mint amelyet a betongyár használ (ebben előzetesen meg kell állapodni),
- a hőmérséklet ellenőrzését szállítmányonként a konzisztencia vizsgálat idejében,
- a készítési testsűrűség ellenőrzését minden műszak kezdetekor 3 db próbakocka készítésével, ez után, hosszan tartó betonozás esetén 3 óránként
- a levegőtartalom – amennyiben előírt – ellenőrzését minden műszak kezdetekor az első 3 szállítmányból, majd óránként
- 50 m³-enként, de műszakonként legalább egy alkalommal a 28 napos nyomószilárdság és a száraz állapotú testsűrűség vizsgálatára 3-3 db próbakockát kell készíteni.

A **konténment** betonját az alábbiak szerint kell vizsgálni:

- nyomószilárdság – roncsolásos vagy roncsolásmentes módszerrel
 - projektben meghatározott (ez lehet 28, 60, 90... nap) korban
 - kizsaluzáskor

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- a belső fal integrált vizsgálatakor
 - feszítéskor
- b) testsűrűség
- c) fagyállóság
- d) vízzáróság
- e) repedéstérkép (alak, hossz, tágasság)

A **konténment belső fal**ánál ezen felül vizsgálandó:

- a) kezdeti rugalmassági modulus
- b) kezdeti oldalirányú deformációs együttható
- c) a zsugorodás mértékének határértéke
- d) a kúszás mértékének határértéke
- e) lineáris hőtágulási együttható 50°C alatti hőmérsékleten (dilatométer)

A saját ellenőrzés keretében végzett ellenőrzésen kívül külső ellenőrző labort is meg kell bízni a sugárvédő beton minőségének vizsgálatával.

4.16. A megfelelés értékelése

Az MSZ 4798 a teljesítmény igazolására a 2+ módozatot írja elő. Sugárvédő betonoknál a 2+ módozat az **1. mellékletben** leírt szigorításokkal együtt érvényes (lásd még az MSZ 4798 szabvány **C melléklet** A gyártásellenőrzés értékelésére, felügyeletére és tanúsítására vonatkozó utasítások).

5. A BETONSZERKEZET TERVEZÉS ALAPJAI

A betonszerkezetek tervezéséhez az **NBSZ** 3a. kötetében lefektetettek az irányadóak. Minden olyan esetben, amiben a tervezési kérdésekről az NBSZ külön nem rendelkezik, *az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet (OTÉK)* előírásai a mértékadók, különös tekintettel annak 50. és 51. §-ára.

Az építési engedélyezési eljárásban a tartószerkezetek tervezésére a hatályos szabványsorozat az Eurocode.

A betonszerkezetek tervezési szabványa az MSZ EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése, amely a normál hőmérsékleten működő normál (közönséges) és könnyűbetonokra vonatkozik.

A beton szabvány csomaghoz/sorozathoz az alábbiak tartoznak még:

- a) MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- b) MSZ EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- c) MSZ EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés
- d) MSZ EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre
- e) MSZ EN 13670: Betonszerkezetek kivitelezése

A szerkezettervezésre általában alapként figyelembe vehető az MSZ EN 1992, amely azonban nem vonatkozik különleges építmények tervezésére (pl. a nukleáris létesítmények, gátak, stb.). Ugyanakkor az útmutatóban megfogalmazott iránymutatások betartása mellett, illetve betontechnológus bevonásával készített beton receptúra elkészítésével szükséges az NBSZ követelményeit igazolhatóan teljesíteni.

A tervezési alapelveket a szerkezetek biztonságával, használhatóságával és tartósságával kapcsolatos követelményeket az MSZ EN 1990 szabvány tartalmazza. A szerkezetek megbízhatóságával az ISO 2394 szabvány foglalkozik.

Az MSZ EN 1990 szabvány alapján a nukleáris létesítményeknél az NBSZ előírásainak figyelembevételével

- a) az előírt tervezési élettartamot 100-150 évre kell felvenni (tervezett üzemidő, üzemidő-hosszabbítás, leszerelésig pihentetés),
- b) a kárhányad szerinti osztály CC3 vagy annál magasabb legyen,
- c) a megbízhatósági osztály RC3 vagy annál magasabb legyen,
- d) a tervellenőrzési szint a DSL3 vagy annál magasabb legyen.

A betonfedésre vonatkozó feltételeket az MSZ 4798-1 szabvány N melléklete és az MSZ EN 1992 szabvány 4. fejezete tartalmazza. A tartósság és a betonfedés tekintetében az elvárt szerkezeti osztály S6.

A tervezés minőségbiztosításánál az MSZ EN ISO 9001 szabvány alkalmazható.

A minőségügyi terv és az ellenőrzés fogalom meghatározásai az MSZ EN ISO 9000 szabvány szerint értelmezhető. A minőségügyi tervek készítéséhez az ISO 10005 szabvány ad útmutatást.

Az élettartamra való tervezésnél figyelembe vehető a Model Code for Service Life Design (fib 2006 Bulletin 34 p. 110) és az ISO 15686 szabványsorozat.

A konténment belső feszített szerkezeténél ASME és a releváns ACI 349 és ACI 359 amerikai beton szabványokat figyelembe kell venni. A biztonsági osztályba sorolt épületek/építmények tartószerkezeteinek földrengésre való tervezése során figyelembe kell venni ASCE 4-16, ASCE 43-5 szabványokat.

6. BETONSZERKEZETEK KIVITELEZÉSE

6.1. Bevezetés

A nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetek kivitelezésére vonatkozó általános előírásokat az MSZ EN 13670 szabvány tartalmazza. Mivel csak általános követelményeket ad a betonszerkezetek kivitelezésére, ezért az NBSZ 9.3.3.0300. a) pontja szerinti műszaki tervben kell előírni, ha más alkotóanyagokat (pl. nehéz adalékanyag sugárvédő betonokhoz) és speciális technológiákat (pl. öntömörödő beton, lövellt beton, betonjavítás stb.) alkalmaznak.

Szakaszos betonozás, vagy kényszerleállás esetén a betonozás folytatásához a régi betonfelületen olyan kellősítő anyagot kell alkalmazni, mely a frissbetonhoz is tökéletesen hozzáköt és hézagmentes, vízzáró, erőzáró kapcsolat keletkezik.

Az MSZ EN 13670 a tervezéskor lefektetett követelményeket továbbítja a kivitelezőnek, azaz a tervező és a kivitelező közötti kapcsolatot biztosítja, megadja a kivitelezés szabványos követelményeit és a tervező ellenőrzőlistája is egyben annak ellenőrzésére, hogy minden szükséges műszaki adatot megadott-e a szerkezet kivitelezőjének (lásd az MSZ EN 13670 A fejezetét).

A kivitelezésre vonatkozó jogszabály a 191/2009 (IX.15.) Korm. rendelet. A rendelet hatálya kiterjed többek között az építőipari kivitelezési tevékenység folytatására, a tevékenységben részt vevők feladataira, az e-építési napló és a kivitelezési dokumentáció tartalmi követelményeire.

6.2. Fogalommeghatározások

Az útmutató alkalmazza az MSZ EN 13670 szabványban ismertetett meghatározásokat, valamint az alábbiakat:

Kivitelezési dokumentáció (191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet)

Az Étv. 31. §-ának (2) bekezdésében meghatározott követelmények kielégítését bizonyító, az építmény megvalósításához – minden munkarészre kiterjedően az építők, szerelők, gyártók számára kellő részletességgel – a szükséges és elégséges minden közvetlen információt, utasítást tartalmazva bemutatja az építmény részévé váló összes anyag, szerkezet, termék, berendezés stb. helyzetét, méretét, minőségét, mérettűrését, továbbá tanúsítja az összes vonatkozó előírásokban, valamint az építésügyi hatósági engedélyezésnél és az ajánlatkérési műszaki dokumentációban részletezett követelmények teljesítését.

Technológiai utasítás

A munka végrehajtásához használt módszereket és eljárásokat leíró dokumentum.

Tartószerkezet

Olyan építményszerkezet, szerkezeti elem, amelynek feladata az erőhatások felvétele és továbbítása (pl. a talajra). A tartószerkezet az építmény „erőtani vázát” alkotja, ezért erőtani (statikai) tervezéssel az egyensúly megtartására úgy kell méretezni, hogy a várható hatások (terhek) következtében a megengedett mértéket meghaladó mértékű elmozdulás, törés, repedés, folyás ne keletkezzék.

Tartószerkezeti műszaki leírás

A tervezett tartószerkezet jellemzőit tartalmazza. Készülhet a tartószerkezeti terv kiegészítéseként, és önállóan, ha egyedül ez adja meg a tervezett építmény tartószerkezetének leírását, jellemzőit. A tartószerkezeti műszaki leírás tartalmaz minden olyan fontos jellemzőt, amelyet a tervező a szerkezet megtervezésénél figyelembe vett, illetve amelyet a kivitelezés során be kell tartani, így különösen:

- a) a szerkezet alapvető rendszerének leírása,
- b) az alkalmazott számítási modell,
- c) a szerkezet típusa, méretei,
- d) a társtervezők által megadott adatszolgáltatás (talajmechanika, gépészet stb.).

6.3. Kivitelezés

A kivitelezés előfeltételeit az MSZ EN 13670 szabvány 4.1. pontja tartalmazza.

Az atomenergiáról szóló törvény hatálya alá tartozó építményekkel, létesítményekkel kapcsolatos műszaki szakértői, tervezői, műszaki ellenőri és felelős műszaki vezetői tevékenység szerinti szakmagyakorlásra való alkalmasság igazolásának és nyilvántartásba vételének részletes szabályairól, továbbá a nyilvántartás adattartalmára vonatkozó szabályokról szóló **184/2016. (VII. 13.) Korm. rendelet**ben megfogalmazottak betartása kötelező. Csak a fenti rendelet szerint az OAH szakmagyakorlási nyilvántartásában szereplő építészeti felelős műszaki vezető irányíthatja a kivitelezést.

Az építés megkezdése előtt az OAH sajátos elektronikus építési napló rendszerében meg kell nyitni az e-építési naplót, amit folyamatosan naprakészen kell vezetni. Minden nap szerepelnie kell napi bejegyzésnek,

amennyiben nem történik munkavégzés egy, vagy több napra vonatkozóan, azt is szerepeltetni kell napi bejegyzésben.

6.3.1. Dokumentáció

A kivitelezéshez szükséges dokumentációkat az MSZ EN 13670 szabvány 4.2. pontja tartalmazza.

6.3.2. Minőségirányítás

A minőségbiztosítási feladatokat az MSZ EN 13670 szabvány 4.3. és 4.4. pontjai tartalmazzák.

6.4. Állványzat és zsaluzat

Az állványzat és a zsaluzat készítésével kapcsolatban az MSZ EN 13670-ben foglaltakat (5. fejezet, C melléklet, MSZ EN 12812 és MSZ EN 12813 szabványok) kell figyelembe venni.

6.4.1. A konténment zsaluzata

A zsaluzatot ankerekkel szükséges a konténment szerkezetéhez rögzíteni. A rögzítési pontokat előre meg kell határozni. Az építkezés folyamán a zsaluzat emelését egyenletesen, zökkenőmentesen kell végrehajtani.

Minden emelés után geodéziailag ellenőrizni szükséges a zsaluzat helyzetét.

A zsaluzat teteje legalább 50 mm-rel legyen a beton felső széle felett.

A zsaluzat rögzítési pontjait a betonozás alatt folyamatosan ellenőrizni szükséges. A zsaluzat elmozdulása esetén a betonozást abba kell hagyni, a zsaluzatot tervezett helyére kell állítani, és rögzíteni, szükség esetén meg kell erősíteni. Ezzel egyidőben meg kell vizsgálni, hogy a bejuttatott beton megfelel-e a követelményeknek, használható-e, vagy pedig el kell távolítani.

A zsaluzat eltávolítása során ügyelni kell a betonfelület épségére. Amennyiben a beton felülete megsérül, akkor a beton szilárdságával egyező szilárdságú, finom szerkezetű betonnal (vagy habarccsal) javítandó a felület. A sérült beton teljesértékű kijavítására javítási útmutatót kell készíteni, megjelölve az alkalmazandó anyagokat és technológiát.

A kizsaluzás után a zsaluzatot alaposan le kell tisztítani, a sérült részeket helyre kell állítani. Amennyiben a sérülés nagysága nem teszi lehetővé a helyszíni javítást, akkor a zsaluzatot (vagy egy részét) cserélni szükséges.

A zsaluzat továbbléptetése akkor történhet meg, amikor a beton elérte a tervezett szilárdságának 30 %-át, illetve a tervező által megadott értéket.

6.4.2. *Bennmaradó zsaluzat*

A konténment belső falának belső felületéhez hermetikusan zárt acéllemezek használata esetén, azt a betonacél armatúrával egybe kell építeni, statikailag méretezni szükséges. A megtámasztás megépítése előtt a betonacél szerelését nem lehet elkezdeni.

A bennmaradó acélzsalurész betontömbhöz való rögzítését a tervben szerepeltetni kell.

Az acéllemezeket egymáshoz kell hegeszteni, és a kapcsolat hermetikusságát ellenőrizni szükséges.

A hegesztett kötések megfelelőségét penetrációs vizsgálattal (legalább minden 100. kapcsoltnál) igazolni szükséges, amely során meg kell határozni a hegesztés okozta ridegedési zóna kiterjedését és mértékét.

A külső köpeny bennmaradó zsaluzatához szálerősítésű betonlemezek használhatóak.

A kupola betonozása a középpont felé haladó koncentrikus gyűrűk egymáshoz betonozásával végezhető el, melyek erőtani kapcsolóháló segítségével csatlakoznak egymáshoz.

6.5. Vasalás

A vasalás elkészítésére vonatkozó műszaki feltételeket az MSZ EN 13670 6. fejezete és a D melléklete foglalja össze.

A vasalás meggyorsítása érdekében az armatúrát nagyobb egységekre bontva külső üzemben, vagy a helyszínen lehet előregyártani a megfelelő tárolás biztosítása mellett.

Az acélarmatúra korrózióvédelmi célokból bevonható epoxi gyantával, de ennek tapadása és betonnal való együttműködése, tartóssága kísérletileg ellenőrizendő.

A kötöződrót végei úgy álljanak, hogy ne a zsaluzat felé nézzenek, csökkentve az előírt betontakarás mértékét, hanem a szerkezet belseje felé.

6.5.1. *A konténment belső falának vasalása*

Az előregyártott armatúrákba elhelyezendő a hermetikus lezárást biztosító acéllemezek, valamint ankerek, technológiai áttörések, elektromos járatok. Előregyártandók a szállítás, elhelyezés közbeni deformációt megakadályozó merevítések, és rögzítő pontok. Elhelyezendő még a konténment állapotát ellenőrző műszerek, eszközök, berendezések.

Az előregyártott armatúrablokkok legfeljebb az alábbi eltérésekkel fogadhatók el:

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- a) a blokkok szélessége és magassága: ± 10 mm
- b) a blokkok vastagsága: ± 5 mm
- c) a konténment belső felületének eltérése a tervezett sugártól: ± 10 mm (30°-os belső szögnél vizsgálva)
- d) átlók közötti különbség: ± 10 mm
- e) hermetikus csőátvezető idomok elhelyezése:
 - a lemez felülete és a karimák tengelye között: ± 10 mm
 - beépített elemek hossza (ferdeség): ± 5 mm.

A blokkokat az alábbi tűréseken belül kell elhelyezni:

- a) függőleges, sugár irányú és körkörös irányban: a magasság 1/1500-ad része
- b) blokk felső pontja: ± 10 mm
- c) a középponttól mért távolság: ± 10 mm
- d) függőleges varratok eltérése a tengelytől: ± 10 mm
- e) a belső bennmaradó acéllemezeket legalább a vastagságuk 3,5-szeresével megegyező átfedéssel kell egymáshoz illeszteni.

6.5.2. A konténment külső falának vasalása

A konténment külső falának vasalásához nagyblokkos előregyártott armatúra, vagy betonacél rudakból helyszínen készített vasalás alkalmazható. Utóbbi esetben előre méretre vágott, méretre hajlított, szükség esetén toldóelemekkel ellátott vasalat használható.

A beépített elemek, kapcsolóelemek, technológiai fogadóelemek, áttörések legfeljebb az alábbi eltérésekkel szerelhetők a tervezett helyükre:

- a) a beton- és a beépítendő elemek felületeinek eltérése: max. 5 mm
- b) a tervezett helyzettől való eltérés: ± 10 mm
- c) csőáttörések tengely irányú eltérése: $\pm 1^\circ$
- d) a beépítendő elemek felületének síktól való eltérése: ± 5 mm

Az egyes ütemek készítése előtt az előző ütemben készített betonacélokat alaposan meg kell tisztítani, a ráragadt betont és a laza rozsdaréteget el kell távolítani, majd a hulladékot ipari porszívóval össze kell gyűjteni.

A vasalás elkészítéséről, valamint a beépített elemekről dokumentációt kell készíteni.

6.6. Feszítés

A feszítés kivitelezését az MSZ EN 13670 7. fejezete és az E melléklete tárgyalja. A CEN Workshop Agreement CWA 14646:2003 „A szerkezetek megfeszítésére készített utófeszítő eszközök szerelésére vonatkozó követelmények, szakértő cég és személyzetére vonatkozó minősítő előírások” című munkabizottsági megállapodást figyelembe kell venni.

6.7. Betonozás

A betonozásra vonatkozó általános szabályokat az MSZ EN 13670 8. fejezete és az F melléklete tartalmazza.

A sugárvédő betonok készítésére az alábbi szabályok érvényesek.

A betonozás megkezdése előtt ellenőrizni kell a zsaluzat teherbírását, terv szerinti helyzetét és méreteit, a beépített gépészeti berendezések helyzetét, azok rögzítésének a módját. Az ellenőrzés terjedjen ki arra, hogy a gépészeti szerelvények (pl. szellőző csatorna) és azok tartóelemei nem akadályozzák-e a betonszerkezet hézagmentes elkészítését. Nem szabad megengedni, hogy a levegőt eltávolítani nem engedő zugokban (pl. lefelé nyitott U-szelvény esetében) betonnal ki nem töltött részek maradjanak. Hasonló okokból kerülni kell a hüvelyes távolságtartók használatát, mert a bennmaradó hüvelyek kitöltése nehéz (sugárvédő) habarccsal alig lehetséges.

A zsaluzatnak a betonnal érintkező felületét, az acélbetéteket, valamint a betonban maradó szerelvényeket és azok tartóelemeit minden szennyeződéstől meg kell tisztítani. A zsaluzat esetleges hézagait a habarcselfolyás elkerülése végett gondosan tömíteni kell.

A betonozás megkezdése előtt – az utólagos viták elkerülése érdekében – célszerű a gépészeti berendezéseket építő vállalattól írásbeli nyilatkozatot kérni a munka befejezésének és a beépített szerelvények kipróbálásának (nyomáspróba) időpontjáról.

Az alapanyagok tárolására és a beton keverésére az MSZ 4798 előírásai vonatkoznak. A sugárvédelmi célra készülő normál betonok előállíthatók központi betonkeverő telepen és az építés helyén egyaránt. A speciális adalékanyagokat tartalmazó sugárvédő betonokat azonban csak az építés helyén, illetve attól legfeljebb 15 percnyi szállítási távolságban lévő keverőtelepen szabad keverni.

A betonkeverő telepnek rendelkeznie kell saját automata folyamatirányító rendszerrel, valamint az adalékanyag-folyam útjában lévő folyamatos nedvességtartalmat jelző műszerrel, melynek a mért értékei alapján a betonkeverékhez adagolandó vízmennyiséget a folyamatirányító rendszer automatikusan korrigálja.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A beton gravitációs vagy kényszerkeverőben egyaránt keverhető. A keverőgép és szállítóeszköz kapacitásokat úgy kell megválasztani, hogy nagytömegű betonoknál az együtemű betonozás alatt a betonrétegek egymáshoz való kötése (friss a frissre) biztosított legyen, és az összevibrálás megvalósítható legyen. A speciális adalékanyagokat tartalmazó betonkeverékeket hosszabb ideig kell homogenizálni, mint a normál betonkeverékeket; a szükséges keverési idő a keverőgép és a beton fajtájától függően 2,5-4 perc között változik. A szükségesnél rövidebb keverési idő veszélyezteti a beton homogenitását, a túl hosszú keverés a finomszemcsék feldúsulásának a veszélyével jár, ha az adalékanyag morzsolódásra hajlamos, továbbá a nehéz adalékanyag a keverőlapátok gyors kopását okozhatja. Az optimális keverési időt kísérleti úton kell meghatározni.

A nehézbetonok keverésekor figyelembe kell venni, hogy a nehéz adalékanyag a keverőgép lapátjaira, a keverőedény falára, valamint az egész keverőgépre nagyobb mechanikai hatást gyakorol, mint a közönséges adalékanyag. Az ebből eredő károsodások és balesetek elkerülése végett a nehézbeton megkeverendő mennyiségét a testsűrűséggel fordított arányban kell csökkenteni adagonként.

A betonkeveréket lehetőleg átrakás nélkül, a lehető legrövidebb útvonalon kell a bedolgozás helyére szállítani, ezért a keverőgépet a bedolgozási hely közelében kell elhelyezni. A szállítást úgy kell megoldani, hogy ennek során a betonkeverék minősége ne változzék meg. A betonkeveréket szállítás alatt figyelni kell. Szétosztályozódott betonkeveréket nem szabad bedolgozni.

A szedimentáció ellenőrzésére minden betonkeverékből három-három mintán kell ellenőrizni az egyenletes anyagminőséget.

A szállítóeszköz lehet keverőgépkocsi, betonszivattyú, szállítószalag vagy betonszállító konténer. Csak terelőlappal kombinált ejtőcsővel ellátott szállítószalagot szabad használni. A betonszállító konténer legyen jól tömített és tegye lehetővé az ürítés szakaszolását. Betonszivattyúhoz alumínium csővezetéket nem szabad alkalmazni, mert a csőfalról leváló alumínium részecskék a betonban lévő mészhidráttal reakcióba lépnek és ennek során hidrogéngáz fejlődik, amely pórusokat hoz létre, következésképpen csökken a beton testsűrűsége és szilárdsága.

A szállítóeszközt a konzisztenciától függően kell kiválasztani (pl. folyós konzisztenciájú betont szállítószalagon nem szabad szállítani).

A keverőgépkocsival (mixer) szállított betont menet közben keverni kell, valamint felhasználás előtt jól át kell keverni. Az átkeverés fordulatszámát és keverési idejét a beton összetételének függvényében a betontechnológiai utasításban kell meghatározni.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A felhasználás előtt a beton konzisztenciája legfeljebb ± 20 mm-rel térhet el a tervezettől roskadás vizsgálat esetén, területvizsgálat esetén ± 30 mm lehet a maximális eltérés.

Vas adalékanyagot tartalmazó betonkeveréket csak konténerben szabad szállítani. A betonszállító konténert tehergépkocsi rakfelületén, esetleg motoros targoncával lehet a daru hatósugarába vinni. A motoros targonca csak kiépített, megfelelő állapotú úton, rövid (legfeljebb 150 m) távolságra használható. Hosszabb (> 200 m) szállítási távolság esetén a nehézbetonkeverék szétosztályozódásának elkerülése végett a tehergépkocsi gumibroncsait az előírt nyomásnál kisebb levegőnyomással célszerű feltölteni.

A nehézbetonkeveréket szabadon ejteni legfeljebb 1,0 m magasságból szabad. Ebben az esetben is a pumpacső végére minimum 2 könyököt kell helyezni a beton sebességének csökkentése érdekében. Ennél nagyobb magassághoz ormánycövet kell használni.

A betonkeveréket a hőmérséklettől függően a keverővíz hozzáadásától számított 1-2 órán belül be kell dolgozni. Állni hagyott betonkeveréket, amelynek a konzisztenciája szemmel láthatóan megváltozott, nem szabad beépíteni. Az eredeti konzisztenciát nem szabad víz hozzáadásával helyreállítani.

Adalékszer hozzáadásával lehet csak beállítani a tervezett konzisztenciára a keveréket, de csak abban az esetben, ha a keveréstől számított idő még nem lépte túl a beton tervezett bedolgozhatósági/szállíthatósági idejét. Ebben az esetben a keveréket minimum 5 percig tartó ideig kell átkeverni folyékony, illetve 10 percig szilárd adalékszer használatakor.

A betonkeverék konzisztenciát legfeljebb 1 osztállyal lehet a helyszínen módosítani.

A betonkeveréket 30-40 cm vastag vízszintes rétegekben kell a zsaluzatban elteríteni és merülő vibrátorral kell tömöríteni. A rázófejet legalább 15 cm-re az előzőleg tömörített rétegbe is be kell vezetni. A vibrátor bemerítési távolságát és a vibrálás időtartamát próbavibrálással kell meghatározni. A szükségesnél hosszabb vibrálást a szétosztályozódási veszély miatt kerülni kell.

A betonacél és a zsaluzat közötti minél jobb mértékű betonnal való kitöltés érdekében javasolt zsaluvibrátor alkalmazása. A vibrálás időtartamát úgy kell meghatározni, hogy a szerkezetbe épített elemek (hermetikus lezáró kapcsolatok) ne sérüljenek. A vibrálás osztásköze általában 0,5-1,0 m lehet.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Folyamatosan, megszakítás nélkül kell betonozni. Az egymásra vagy az egymás mellé kerülő betonrétegek tömörítésekor ügyelni kell arra, hogy mindig friss beton kerüljön friss betonra, hogy így a két réteg összedolgozható legyen. Az összedolgozhatóság érdekében betartandó időhatárok megegyeznek az általános szabályokkal. Ha az egyes rétegek átfedése az előírt időtartamon belül nem lehetséges, akkor a beton kötését késleltetni kell. A megfelelő mértékű késleltetéshez szükséges kötés-késleltető adalékszer mennyiségét helyszíni kísérellettel kell meghatározni.

3 napnál hosszabb kötés-késleltetés nem megengedhető. A kötés-késleltető vegyszer hatását az egyéb adalékszer hatásával össze kell vetni (folyósítás). Amennyiben az összevibrálás már nem lehetséges, a betonjavítás szabályai szerint kell az erő- és vízzáró kapcsolatot kialakítani.

Betonzás közben az előző rétegek hőmérsékleteit három napon túl is kell ellenőrizni addig, amíg a hőmérsékleti értékek $\pm 5^{\circ}\text{C}$ -ra megközelítik a környezeti hőmérsékletet.

Falak betonzásakor, valamint munkahézagra való betonzásakor az első 20-25 cm vastag réteget olyan betonkeverékkel kell készíteni, amely abban különbözik az egyébként használttól, hogy abból a legnagyobb szemnagyság felénél nagyobb adalékanyag szemcséket kiostáltuk. Ezzel a lágyabb konzisztenciájú betonkeverékkel lehetővé válik a csatlakozó felületek fészekmentes kivitelezése.

Ellenőrizni kell a kétféle konzisztenciájú beton sugárgátló képességének az eltérését (biológiai védelem).

Vibrálásakor ügyelni kell arra, hogy a rázófej az acélbetéteket huzamosabb ideig ne érintse. A betonzás alatt – különösen falak betonzásakor – gondoskodni kell arról, hogy a rázófejek teljesítménye szemmel jól ellenőrizhető legyen (pl. megvilágítással).

A munkahézagot csak előre megtervezett helyen szabad létesíteni, váratlan keletkezését – hacsak lehet – meg kell akadályozni. Munkahézagot csak ott szabad kialakítani, ahol a betonban számottevő húzó- és nyíróerő nem lép fel és ahol a betonzás megszakítása a szerkezet egységes működését nem zavarja. A munkahézagot kellően merev, ideiglenes zsaluzattal kell elhatárolni. A munkahézag alakját a radiológus és a szerkezettervező határozza meg.

A betonzás folytatása előtt a munkahézag felületét szakszerűen kell kiképezni: a cementben és vízben dús fedőréteget el kell távolítani oly mértékben, hogy a durva adalékanyag-szemcsék a felületből kiálljanak. Az ily módon kiképzett felületről a keletkezett törmeléket el kell távolítani, majd a

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

felületet a betonozás folytatásáig nedvesen kell tartani. A betonozás megkezdése előtt a munkahézag felületéről az esetleg tócsában álló vizet el kell távolítani, majd meg kell várni, amíg a víztől fényes betonfelület matt-nedvessé válik. Kellősítő anyaggal kell biztosítani a következő frissbetonréteg együttműködését. Ezt követően haladéktalanul meg kell kezdeni a betonozást.

A cement kötésekor hő fejlődik, amelynek következtében a betonszerkezet felmelegszik. A hőmérséklet emelkedésével hőmérsékletkülönbségek lépnek fel a szerkezet különböző rétegeiben és ez feszültséget okoz, továbbá párolgás kezdődik. Nagy tömegű (kis felületi modulusú) szerkezetekben ezek a feszültségek olyan mértékűek lehetnek, amiktől a beton megreped. A repedés felületi és átmenő lehet. A felületi repedések a betonszerkezet külső és belső rétegei közötti hőmérsékletkülönbségek következményei. Az átmenő repedések keletkezése arra vezethető vissza, hogy a betonszerkezet a környezetnél magasabb hőmérsékleten szilárdul meg, majd lehűlésekor összehúzódik. Ha az összehúzódás gátolva van (pl. falak esetében), akkor a betonszerkezet bizonyos távolságokban teljes keresztmetszetében átreped. Az átmenő, illetve mély repedések javítási módját a technológiai utasításban rögzíteni kell.

A betonszerkezetekben kialakuló hőmérsékletet a következő módokon lehet csökkenteni:

- a) a betonösszetétel helyes megválasztásával (kis hőfejlesztésű cement alkalmazása, a cementtartalom csökkentése),
- b) a betonozás időpontjának helyes megválasztásával a levegőhőmérsékletet figyelembe véve (a levegő hőmérséklete lehetőleg ne legyen +15°C-nál magasabb),
- c) az adalékanyag hűtésével (pl. vízzel, vagy más módon – folyékony nitrogén –, de ez esetben a vízadagoláskor az adalékanyag nedvességtartalmát figyelembe kell venni),
- d) a betonkeverék hűtésével (pl. a keverővíz egy részének jéggel való helyettesítésével),
- e) lassú, folyamatos betonozással,
- f) szakaszolt betonozással, melynek ütemét, módját be kell tervezni,
- g) a bedolgozott beton hűtésével a hidratáció kezdeti időszakában (pl. csővezetékben áramoltatott vízzel).

Az (a) és (b) szerintiék kellő szakértelemmel és gondos építésszervezéssel könnyen megoldhatók. Az adalékanyag permetezése vízzel ronthatja a víz/cement tényező egyenletességét. Az (e) szerinti lassú betonozás alatt

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

legfeljebb 0,5 m/nap sebességű, folyamatos (munkahézag nélküli) betonozást kell érteni, ehhez a módszerhez kötéskeletető adalékszer adagolása szükséges. Szakaszolni általában az alakváltozásban gátolt betonszerkezetek (pl. falak) betonozását lehet; a szakaszolás lehet vízszintes vagy függőleges irányú. A függőleges irányú szakaszolás azt jelenti, hogy naponta kb. 1,0 m vastag betonréteg készül, majd ezt követően munkahézagot alakítunk ki. A betonozást akkor folytatjuk, ha a beton hőmérséklete a szerkezet belsejében is mérséklődött (a betonozási szünet 3-6 nap). A vízszintes irányú szakasz hossza a hőmérséklet függvénye. A szakaszolás nem veszélyeztetheti a szerkezeti részek kompaktságát.

Szakaszolt betonozáskor a hőmérsékletet a beton belsejében a felszín közelében mérni kell. Ismerni kell továbbá annak a betonszerkezetnek (pl. alaptestnek) a hőmérsékletét, amely a készülő szerkezettel érintkezik.

A bedolgozott beton hűtése csővezetékben áramoltatott vízzel a káros feszültségek elkerülése szempontjából lehetséges. A biológiai védelem szempontjából mérlegelni kell a beépülő vezeték hatását. A csöveket injektálni kell. A beton megrepedése elkerülhető, ha

- a) a beton belsejének és a felületközeli rétegnek a hőmérséklet-különbsége nem több mint 20 °C,
- b) a készülő és a vele érintkező betonszerkezet átlagos hőmérsékletkülönbsége 10, 20, 30 és 40 m hosszúságú betonozási szakaszok esetén rendre nem több, mint 30, 25, 20 és 15 °C.

Hideg vagy meleg időjárás esetén a MÉASZ ME-04.19 20. műszaki előírás és a 21. fejezeteiben leírt követelményeket kell értelemszerűen figyelembe venni.

A zsugorodási repedések elkerülése és a minél nagyobb, kémiaiilag kötött víztartalom elérése érdekében a sugárvédő betonszerkezeteket megszakítás nélkül, folyamatosan nedvesen kell tartani. Az utókezelés lehetséges módzatai a következők:

- a) állandó nedvesen tartás locsolással, vízpermetezéssel, folyamatosan nedvesített zsákvászonnal, nemezzel, stb. való letakarással,
- b) párolgás elleni védelem szorosan záró műanyag fóliával való letakarással,
- c) párolgásgátló bevonat felhordásával,
- d) zsálatban tartással.

Ezeket a módszereket lehet alkalmazni kombinálva, figyelembe véve, hogy a fenti sorrend egyúttal az utókezelés hatékonyságának a sorrendje is (azaz legjobb az állandó nedvesítés). Kis felületi modulusú, nagy tömegű betonszerkezetek locsolására használt víz hőmérséklete ne térjen el a

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

szerkezet hőmérsékletétől 10 °C-nál nagyobb mértékben. Az utókezelés szükséges időtartama legalább 14 nap. Az utókezelési osztályt jelezni kell a kivitelezési leírásban.

A zsaluzatot csak akkor szabad eltávolítani, ha a szerkezet belső és felületi rétegei között a hőmérsékletkülönbség nem több mint 15 °C. Hőmérsékleti adatok hiányában a betonszerkezeteket egy hetes kor előtt nem szabad kiszaluzni.

A kiszaluzás után a sugárvédő betonszerkezetek felületét gondosan meg kell vizsgálni és a felderített hibahelyeket (fészkeket, üregeket) véséssel a szilárd, tömör betonig fel kell tárni, majd az eredetivel megegyező minőségű betonnal pótolni úgy, hogy a javítóanyag részt vegyen a szerkezet erőjátékában és a biológiai védelemben. A javítóanyagot 5 cm mélységig vakolatszerűen, ennél nagyobb mélységű hibákat zsebes zsaluzattal végzett betonozással kell kijavítani. A hibák helyét és azok kijavításának módját az építési naplóban hitelt érdemlően részletezni kell és a tervezővel jóvá kell hagyni.

A beton felületekre vonatkozó követelményeket az MSZ 24803 Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai szabványsorozat szabványlapja tartalmazza.

6.7.1. A Konténment betonozása

A Konténmentek kúszózsálas betonozása előtt nagyminta kísérettel kell igazolni a betonozási ütemek megfelelőségét (az ütemeket 1-2 m magasságban lehet megállapítani).

A hőmérsékleti feszültségek csökkentésének egyik módja, a beton hőmérsékletének csökkentése a bedolgozás időszakában. Ehhez a frissbeton hőmérsékletének a lehető legalacsonyabbnak kell lennie.

Meleg időszakban történő betonozás esetén a beton hőmérsékletének csökkentése érdekében

- a) meg kell akadályozni az adalékanyag napsugárzás miatti felmelegedését sátor, vagy zárt tárolók alkalmazásával
- b) a cement felmelegedésének megakadályozása érdekében a cementsilókat fehérre kell festeni és/vagy kívülről nagy hatékonyságú vékony rétegű hőszigeteléssel és fényvisszaverő fóliával kell beborítani.
- c) a lehető legalacsonyabb hőmérsékletű víz használata
- d) a betonozást éjszaka végezni
- e) egyéb körülmények biztosítása a beton hőmérsékletének csökkentése érdekében.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Betonozás és utókezelés közben ügyelni kell arra, hogy a beton külső felülete és belső magja közötti hőmérsékletkülönbség ne haladja meg a 20°C-t.

A betonok be nem zsaluzott felületeire nem vízáteresztő anyagot kell teríteni. +5°C alatti levegő-hőmérsékleten meg kell akadályozni a betonkeverék megfagyását. (Elővigyázatosságból a lehetséges további lehűlések miatt.)

Lehetséges módszerek:

- a) olyan adalékszer vagy kiegészítőanyag használata, ami csökkenti a betonkeverék fagyáspontját,
- b) olyan szilárdulásgyorsító, vagy egyéb anyag, mely a felszabaduló hidratációs hő által fűti a betonkeveréket. Ez csak közvetlenül a bedolgozás előtt a helyszínen adagolható,
- c) zsaluzat melegítése,
- d) a beton melegítése,
- e) a zsaluzat és a betonacél-armatúra betonozás előtti felmelegítése,
- f) melegített beton alkalmazása.

Az alkalmazott módszereket a zsaluzatba öntött beton hőmérséklete alapján kell meghatározni a kötés kezdetéig. Számításba kell venni az alap, a zsaluzat, a betonacél hőmérsékletét, mennyiségét, a hővezetési tényezőket stb.

A beton szilárdulása közbeni hőfejlődési folyamat szabályozása történhet a felmelegedés és a melegítés szabályozásával, szükség esetén a zsaluzott, illetve nem zsaluzott felületek hőszigetelése vastagságának változtatásával.

A hőmérséklet-különbségből adódó feszültségek csökkentése érdekében a betontechnológiai utasításban szükséges meghatározni a betonszerkezet kiszaluzhatóságának időpontját, de legalább a beton tervezett szilárdságának 30 %-os elérése szükséges.

Rögtön a zsaluzat levétele után – a beton nedvességtartalmának megőrzése, és a felületi repedések elkerülése érdekében, a betonszerkezet külső felületét hőszigetelő anyaggal kell beteríteni. 25°C feletti levegő-hőmérséklet esetén az előzőnél nagyobb hőszigetelő képességű, illetve kipárolgást gátló megoldást kell használni.

Ha máshogy nem rendelkezik a technológiai utasítás (TU), akkor a beton felületéről a hő- és párazáró szigetelést 2-3 hét múlva lehet levenni akkor, amikor a beton belső (7-10 cm mélységben) és a levegő hőmérséklete közötti különbség nem haladja meg a 3-5°C-t.

6.7.2. Öntömörödő betonok (ÖTB)

Az öntömörödő betonok készítésére vonatkozó szabályokat a European Guidelines for Self Compacting Concrete May 2005 és a CEN TS 14754-1 tartalmazza. Az öntömörödő betonokra európai szabvány készült (MSZ EN 206-9 „Kiegészítő szabványok öntömörödő betonhoz”) melyhez az alábbi vizsgálati szabványok tartoznak:

- MSZ EN 12350-8 „Öntömörödő beton. A roskadási terület vizsgálata”
- MSZ EN 12350-9 „Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat”
- MSZ EN 12350-10 „Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat”
- MSZ EN 12350-11 „Öntömörödő beton. Az ülepedési stabilitás szítás vizsgálata”
- MSZ EN 12350-12 „Öntömörödő beton. Fékezőgyűrűs vizsgálat”

Öntömörödő beton bedolgozása közben a betonkeverék vibrálása nem megengedett az alábbi esetek kivételével:

- A sűrűn vasalt területek környékén – szükség esetén – rövid ideig (2-3 másodperc) megengedett tűvibrátor használata.
- ha a levegő megreked a zsaluzat zárt részeiben,
- betonozási szünetek után, amennyiben esély van a két réteg között elválasztókéreg kialakulására,
- nagy vízszintes felületek betonozásakor – ha jel mutatkozik a keverék rétegződésére – a felület kiegyenlítése érdekében.

Ellenőrző, mérőelemek környékén tilos a vibrátor alkalmazása.

7. táblázat: Az ÖTB-keverék egyes tulajdonságainak megengedett eltérése a tervezettől

Betonkeverék minőségi tulajdonságának megnevezése	A vizsgálati értékek határa	Megengedett eltérés
Átlagsűrűség, kg/m ³	minden értékhatár	± 20
Pórusosság, %	minden értékhatár	± 1
Hőmérséklet, °C	minden értékhatár	± 3
Terület, mm SF	minden értékhatár	±80

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

Betonkeverék minőségi tulajdonságának megnevezése	A vizsgálati értékek határa	Megengedett eltérés
Viszkozitás mutatója tölcséres kifolyással vizsgálva, s, VF	minden értékhatár	± 3
Akadálykikerülő képesség, L-szekrényes vizsgálattal,	minden értékhatár	$\pm 0,05$
Összetartó képesség, %	minden értékhatár	+3
Eltarthatóság	1 ó 30 perc alatt	- 10 perc
	1,5 és 3,0 óra között	- 20 perc
	3,0 óra felett	- 30 perc

6.8. Kivitelezés előregyártott betonelemekkel

Az előregyártott betonelemekre vonatkozó feltételeket az MSZ EN 13670 9. fejezete foglalja össze.

6.9. Geometriai tűrések

A geometriai tűrésekre vonatkozó előírásokat az MSZ EN 13670 10. fejezete és G melléklete részletezi. A geometriai tűréseknek az MSZ 24803-6-3 szabvány és a funkció alapján meghatározott követelményszint (alap, normál, magas, különleges) szerinti tűrési értékeken belül kell maradniuk, a tűrések osztályát elő kell írni.

A zsaluzat elkészítése pontosságának, valamint a betonfelület minőségének a **2. mellékletben** meghatározott tűréseken belül kell lenniük.

7. MINŐSÉGELLENŐRZÉS

A szerkezetek építése közben – beszállítói szintenként – folyamatos minőségellenőrzést kell végezni az NBSZ 9. kötete előírásainak betartásával.

Amennyiben bármelyik beszállító egy adott vizsgálatra nem rendelkezik jogosultsággal, akkor megengedett külső akkreditált laboratórium alkalmazása.

8. AZ ELKÉSZÜLT BETONSZERKEZET ELLENŐRZÉSE

A meglévő szerkezetek értékelésénél az ISO 13822 szabványt lehet alkalmazni.

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A kész szerkezet kiterjesztett ellenőrzését a Model Code for Service Life Design (fib 2006 Bulletin 34 p. 110) alapján CCL3 osztályba kell sorolni.

Az elkészült betonszerkezetek értékelésére MSZ EN 13791 szabvány vonatkozik. A beton vizsgálatát szerkezetben az MSZ EN 12504 szabványsorozat tartalmazza.

Minden betonozási szakasz után a zsaluzat lebontását követően az elkészült szerkezet geometriáját ellenőrizni szükséges. Az alábbi építményeknél – az építmény élettartama során bekövetkező mozgások regisztrálása érdekében – geodéziai érzékelőket kell beépíteni:

- a) konténmenten belüli szerkezetek,
- b) konténmenten kívüli szerkezetek, melyek befolyásolhatják a konténment erőjátékát,
- c) minden olyan szerkezetnél, ahol a geometriai torzulás jelentősen befolyásolja a szerkezet funkcióit, illetve a velük erőtan kapcsolatban álló technológiai berendezéseket.

A feszítőpázmákban lévő feszítőerőt (relaxációt) a kivitelezés után és az élettartam során ellenőrizni kell. Az ellenőrzések módjára, számára és gyakoriságára vonatkozóan vizsgálati programot kell kidolgozni.

1. SZ. MELLÉKLET

Eltérés a 2+ gyártásellenőrzési rendszertől

GYÁRTÁSELLENŐRZÉS: SZIGORÍTOTT 2+

A beton csak tanúsított gyártásellenőrzéssel rendelkező betonüzemből származhat. A teljesítmény értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszer 2+ módozatú, melyet az MSZ 4798 szabvány részletesen tárgyal.

E melléklet az MSZ 4798 szabványhoz képest további szigorításokat ír elő.

- A) A gyártásellenőrzés kezdeti és folyamatos ellenőrzését és tanúsítását csak **akkreditált és kijelölt tanúsító** szervezet végezheti.
- B) A betonüzem gyártásellenőrzéséhez szükséges vizsgálatokat csak akkreditált vizsgálólaboratórium végezheti, mely az **MSZ EN /IEC 17025** szerinti minőségirányítási rendszeren kívül rendelkezik az **MSZ EN ISO 14001** Környezetközpontú irányítási rendszerrel valamint **az MSZ ISO 45001: A munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszere. Követelmények alkalmazási útmutatóval.**
- C) **Az alkotó anyagok ellenőrzésének** és vizsgálatának a módszerét és gyakoriságát a 8. táblázat szerint kell megválasztani. A betonfajták jelölése a következő:
- | | |
|------------|--|
| C | szokványos, szerkezeti beton (testsűrűsége 2000-2500 kg/m ³) |
| HCC | nagyszilárdságú beton (szilárdsági jel \geq C50/60) |
| HC | nehézbeton (testsűrűség kiszárított állapotban \geq 2600 kg/m ³) |
| D | nehézbeton testsűrűséggel meghatározandó minősége |
- D) **A berendezések ellenőrzését** a 9. táblázat szerint kell előírni. A berendezések ellenőrzésének milyensége és gyakorisága független a betonfajtatól.

- E) **A mintavétel legkisebb gyakorisága** az üzemi gyártásellenőrzés során a megfelelőség értékeléséhez a 10. táblázat, 11. táblázat, 12. táblázat szerinti. A mintavétel során ellenőrizni kell a frissbeton konzisztenciáját, testsűrűségét és víztartalmát, valamint a szilárdbeton törési testsűrűségét és nyomószilárdságát. A konzisztencia ellenőrzését az ellenőrzőlabornak és a külső labornak ugyanazzal a módszerrel (eszközzel) kell végrehajtani. Mintavételkor mérni kell a levegő és a frissbeton hőmérsékletét, és ezt a mintavételi lapon vagy mintavételi jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

A próbakockák tárolásának módja:

a gyártást követő 24 ± 2 óráig $20 \pm 5^\circ\text{C}$ -on, páratelt térben

7 napos korig (kizsaluzás után) $20 \pm 2^\circ\text{C}$ -os vízben

28 napos korig $20 \pm 5^\circ\text{C}$ -os, $> 50\%$ relatív páratartalmú térben

A nyomószilárdságot lehet 28 napon túl más időpontban is vizsgálni és minősíteni, de ebben az esetben az időpontban előre meg kell állapodni.

- F) **A nyomószilárdság megfelelőségi feltételei**

F1) **Típusvizsgálat**

Az első típusvizsgálat elvégzésének feltételeit az MSZ 4798 szabvány A melléklet, A4 fejezete szabályozza, a típusvizsgálat elfogadásának feltételei az alábbiakban látható. A típusvizsgálat során a legalább három, egymás után vizsgált próbatest átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételeket:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $< \text{C}50/60$ és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor

$$f_{cm, test} \geq (f_{ck}/0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $\geq \text{C}50/60$ és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor

$$f_{cm, test} \geq (f_{ck}/0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2$$

Más tulajdonságok ellenőrzésekor (vízzáróság, fagyállóság, kopásállóság) a betonnak ki kell elégítenie az MSZ 4798 szabványban előírt értékeket.

F2) **Gyártásellenőrzés egyedi eredmények feltételei**

A beton nyomószilárdságának megfelelőségét a próbatestek 28, 56, ... de akár 360 napos korban vizsgált 150×150 mm élhosszúságú próbakocka törési eredményeiből kell értékelni. Minden egyes vizsgálati eredménynek ($f_{ci, test}$) mind a kezdeti, mind a folyamatos gyártás során a következő feltételeket kell teljesítenie:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $< \text{C}50/60$, akkor

Új atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,92 - 4,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,95 - 5,5) \text{ N/mm}^2$$

F3) Gyártásellenőrzés átlageredményeinek feltételei kezdeti gyártásban

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $<$ C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2$$

F4) Gyártásellenőrzés átlageredmények feltételei folyamatos gyártásban

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $<$ C50/60, akkor a próbakockák átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt:

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,92 + 1,48 \times \sigma_{test}) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor a próbakockák átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt:

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,95 + 1,48 \times \sigma_{test}) \text{ N/mm}^2$$

A próbakockák nyomószilárdsága szórásának (σ_{test}) számításba vehető legkisebb értéke:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $<$ C50/60, Akkor

$$\sigma_{test} = 3,3 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, Akkor

$$\sigma_{test} = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

8. táblázat: Az alkotóanyagok ellenőrzése

	Alkotó anyagok ^{g)}	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
1.	Cementek	C	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt	Mebizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű.	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)
		HCC ^{a)}				Aláírás, pecsét Teljesítmény nyilatkozat	
		HC ^{a)}	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt Fajlagos felület Kötésidő Hőfejlesztés Szilárdság (korai és minősítő)		Szállítólevél ellenőrzése minden szállítmánynál Az alábbi cementtulajdonságok ellenőrzése 1000 tonnánként: fajlagos felület, vízigény, kötéskezdet és kötésvég ^{f)} .	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény nyilatkozat Vizsgálati jegyzőkönyvek	üzemvezető
2.	Homok, homokos kvarckavics ^{e)}	C	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt.	Mebizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű.	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)
3.			Az adalékanyag szemrevételezése ürítés előtt.	Összevetni a normális megjelenéssel szemmegoszlása, szemalakja és szennyezettsége tekintetében	Minden szállítmány. Szállítószalag esetén a helyi vagy a szállítási körülményektől függően.	Aláírás, pecsét Teljesítmény nyilatkozat	
4.		HCC			Kétség esetén a szemrevételezést követően.	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns

	Alkotó anyagok ^{g)}	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
			Szítavizsgálat az MSZ EN 933-1 szerint.	Megállapítani a szabványnak vagy más elfogadott szemmegoszlásnak való megfelelést	Gyanú esetén.		
5.				Megállapítani a szemmegoszlás esetleges változását.	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
6.		HC	Szennyezettség vizsgálata	Megállapítani a szennyeződés jelenlétét, vagy esetleges változását	Csak folyamatosan regisztráló szondával ellátott adalékanyag-depóból lehet a betont készíteni (0/1, 0/4, 0/8 frakció). Gyanú esetén víztartalom-ellenőrzés kiszáritásos módszerrel.	Keverési program Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
			Víztartalom-vizsgálat, folyamatos mérési rendszer, szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat	Meghatározni az adalékanyag száraz és vizes tömegének arányát és az adagolandó vizet			

	Alkotó anyagok	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
7.	Nehéz adalékanyagok	HC	A szállítólevél ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
			Szennyezettség vizsgálata	Megállapítani a szennyeződés jelenlétét	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
			MSZ EN 1097-3 szerinti vizsgálat	Laza halmazsűrűség és hézagterfogat meghatározása	Kétség esetén a szemrevételezést követően. Időszakonként a helyi, illetve szállítási körülményektől függően.	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
			Hidrátbeton esetén a hidrátvíz-tartalom ellenőrzése röntgen diffrakciós módszerrel Vízfelvétel meghatározása az MSZ EN 1097-6 szerint	neutronsugárzás elleni védelem ellenőrzése	Tanúsított gyártásellenőrzésből származó anyagnál gyanú esetén. Nem tanúsított gyártásellenőrzésből származó anyag esetén minden szállítmányból.	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
8.	Adalékszerek	C HCC	A szállítólevélnek és a tartály ólomzárának ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelően van megjelölve	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)

	Alkotó anyagok	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
			Azonosító vizsgálatok az MSZ EN 480-1 szerinti referenciabetonnal	A gyártó által közölt értékkel való összehasonlítás	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
		HC	A szállítólevélnek és a tartály ólomzárának ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelően van megjelölve	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)
			Azonosító vizsgálat infravörös színekép (IR) alapján	A gyártó által közölt értékkel való összehasonlítás	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, szakintézmény
9.	Por állapotú kiegészítőanyagok ^{b)}	HCC	A szállítólevél ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítménynyilatkozat	diszpécser (keverőmester)

A táblázat a következő oldalon folytatódik

	Alkotó anyagok	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
10.	Kiegészítőanyag szuszpenzióban b)	HCC	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
			A sűrűség vizsgálata	Megbizonyosodni az egyenletességről	Minden szállítmány és időszakosan a beton gyártása alkalmával	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítménynyilatkozat Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
11.	Víz c) d)	C HCC HC	Vizsgálat az MSZ EN 1008 szerint	Megbizonyosodni, hogy a víz mentes a káros alkotórészekről amennyiben a víz nem hálózati ivóvíz.	Első alkalommal, amikor nem hálózati ivóvizet használnak. Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, laboráns
a)	Hetenként egyszer ajánlatos minden cementfajta szállítmányból egy mintát venni, és ezt tárolni a kétséges esetek vizsgálatához.						
b)	Ajánlatos minden szállítmányból mintát venni és tárolni.						
c)	A gyógyvíz, az artézi kút vize – bár iható – betonkeverés céljára nem használható.						
d)	A beton visszamosásából származó vizet HCC betonhoz felhasználni TILOS!						
e)	4 mm alatti újrahasonított adalékanyagot vagy visszanyert adalékanyagot HCC és HC betonhoz felhasználni TILOS!						
f)	A vizsgálatot csak akkreditált laboratórium végezheti						
g)	Szilárd alkotókat csak tömeg szerint lehet adagolni						

9. táblázat: A berendezések ellenőrzése

	Berendezés	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
1.	Anyagtárolók, depóniák	Ellenőrzés szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy az alkotóanyagok tárolása az MSZ 4798 szabvány 9.6.2.1. szakasza szerinti követelményeknek való megfelelésről.	Hetenként egy alkalommal, de kétség esetén azonnal	Ellenőrzési napló, karbantartási napló	keverőmester üzemvezető
2.	Mérlegek ^{a)}	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy a mérleg tiszta és jól működik	Naponta	Ellenőrzési napló	keverőmester üzemvezető
3.		A mérési pontosság vizsgálata (MSZ EN 45501, MSZ 4798)	Megbizonyosodni, hogy a pontosság az MSZ 4798 9.6.2.2 szakasza szerinti.	Beszerezéskor Időszakosan a nemzeti utasítástól függően negyed-évente, illetve kétség esetén	Kalibrálási jegyzőkönyv	keverőmester üzemvezető
4.	Adalékszer- adagoló (beleértve mixerkocsira felszerelt adagolót)	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy a mérőberendezés tiszta és szabatosan működik	Minden egyes adalékszer naponkénti első alkalmazásakor	Ellenőrzési napló	keverőmester
5.		A pontosság vizsgálata MSZ EN 4798	A pontatlan adagolás elkerülése	Beszerezéskor Beszerzés után időszakosan Kétség esetén, évente	Kalibrálási jegyzőkönyv	keverőmester üzemvezető
6.	Vízmérő, mixerkocsira szerelt vízadagoló	A mérési pontosság vizsgálata	Megbizonyosodni, hogy a pontosság a 9.6.2.2 szakasz szerint	Beszerezéskor Beszerzés után időszakosan Kétség esetén	Jegyzőkönyv	üzemvezető
7.	Berendezés a finom anyagok víz tartamának folyamatos	A tényleges mennyiség összehasonlítása (kiégetéses módszer) a mérőleolvasással	Megbizonyosodni a pontosságról	Beszerezéskor Beszerelés után negyedévente, illetve kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető laborvezető

	Berendezés	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
	mérésére (víztartalom mérő szonda)					
8.	Adagolási rendszer	Ellenőrzés szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy az adagolóberendezés szabatosan működik	Naponta	Ellenőrzési napló	keverőmester
9.		Az alkotóanyagok tényleges tömegének összehasonlítása a tervezett tömeggel és automatikus adagolási adatgyűjtő esetén a regisztrált tömeggel (az adagolási rendszertől függő megfelelő módszer segítségével (MSZ 4798 27. táblázat)	Megbizonyosodni az adagolási pontosság eléréséről	Beszerezéskor Beszerezés után évente, illetve kétség esetén	Jegyzőkönyv Mérési jegyzőkönyv	üzemvezető
10.	Vizsgáló eszközök	A beton ellenőrzését csak az MSZ EN ISO/IEC 17025 szerint akkreditált vizsgálólaboratórium végezheti. A vizsgálóeszközök ellenőrzése ott van szabályozva.				laboratórium
11.	Keverőgépek (mixerkocsi is)	Szemrevételezéssel	A keverőgépkopás ellenőrzése	Időszakosan	Ellenőrzési napló	keverőmester
12.		Egyenletesség (MSZ 4798 NAD 15. táblázat)	Keverék egyenletességének ellenőrzése	Évente	Mérési jegyzőkönyv	üzemvezető
a)	A mérlegek, adagolóberendezések ellenőrzését, kalibrálását csak akkreditált kalibráló laboratórium végezheti					

10. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága normál testsűrűségű beton (C) esetén

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága	
	A gyártás első 50 m ³ -re	Az első 50 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/150 m ³ vagy 1 mintavétel/1 termelési nap ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	1 mintavétel/250 m ³ vagy 1 mintavétel/2 termelési nap ^{b)}

^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga
^{b)} a „termelési nap” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.

11. táblázat A mintavétel legkisebb gyakorisága nagyszilárdságú (HCC) beton esetén

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága	
	A gyártás első 25 m ³ -re	Az első 25 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/150 m ³ vagy 1 mintavétel/1 termelési nap ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	1 mintavétel/250 m ³ vagy 1 mintavétel/2 termelési nap ^{b)}

^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga
^{b)} a „termelési nap” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.

12. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága nehézbeton (HC) esetén

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága ^{c), d)}	
	A gyártás első 10 m ³ -re	Az első 10 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/50 m ³ vagy 1 mintavétel/ műszak ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	

^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga
^{b)} a „műszak” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.
^{c)} a konzisztencia ellenőrzését minden szállítmánynál el kell végezni
^{d)} mintavételkor a frissbeton vizsgálat mellett a 28 napos nyomószilárdság és a száraz állapotú testsűrűség vizsgálatát is el kell végezni

2. SZ. MELLÉKLET

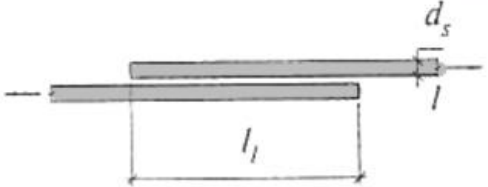
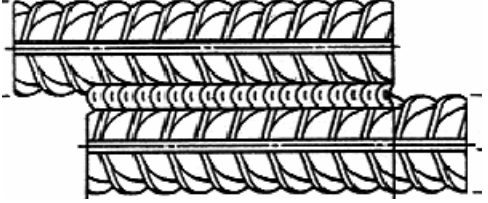
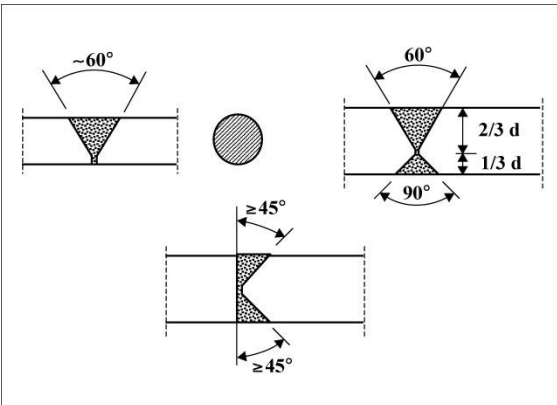
13. táblázat: A zsaluzat mérettűrésének osztályai

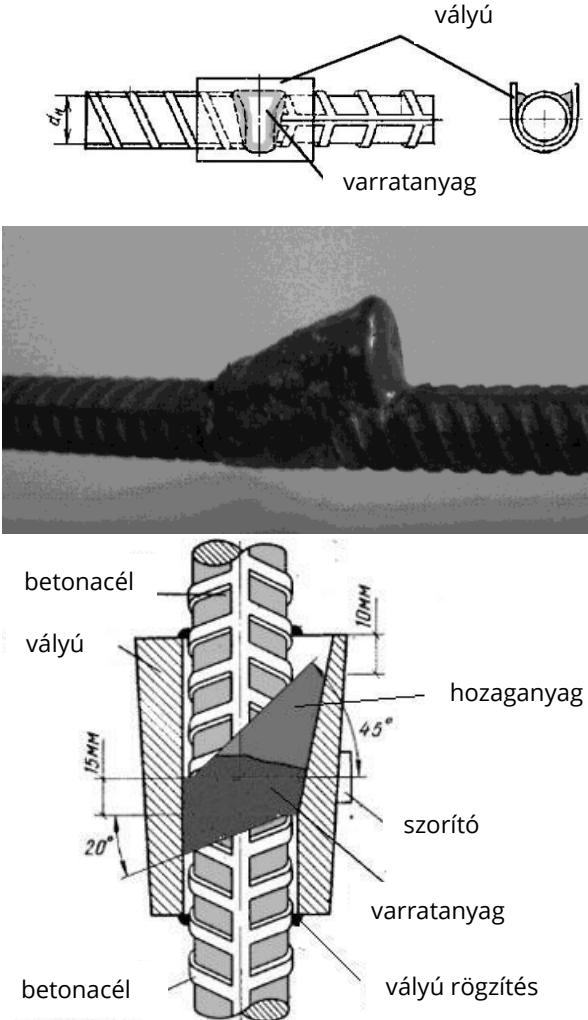
Megnevezés, mértékegység				
	1	2	3	
A zsaluzat elkészítésének pontossága:				
hosszúsági méretek eltérése 1 m-ig,	mm	0,8	1,5	Megbízó előírása szerint
hosszúsági méretek eltérése 3 m-ig,	mm	1,0	2,0	
hosszúsági méretek eltérése 3 m felett,	mm	1,5	3,0	
felületek közötti eltérés síkban				
lemezek csomópontjai,	mm	1	2	-
zsalutáblák csomópontjai,	mm	0,5	2	-
Speciális organizációs kiemelkedés, ami a betonfelületen kiemelkedést okoz,	mm	2	3	-
Födémzsaluzat elemeinek vízszintes hosszirányú irányú eltérése a párhuzamostól,	mm	l/1000, max 10	l/800	-
Sablonok párhuzamostól való eltérése 3m-es léccel,	mm	2	4	-
Födémzsaluzatok függőleges tartóelemeinek eltérése a párhuzamostól,	mm	h/1000	h/800	-
Sablonok síktól való eltérése 3m-es léccel,	mm	2	4	-
3m x 1,2m-es lemezek átlóinak különbsége,	mm	2	5	-
Zsaluzóelemek sarkainak eltérése a merőlegestől 0,5m szélességben,	mm	0,5	2	-


Megnevezés, mértékegység				
		1	2	3
hosszanti toldások közötti rés,	mm	0,5	1	2
zsalufelületek kitüremkedéseinek magassága,	mm	1	2	-
kitüremkedések száma 1 m ² -en,	db	2	4	-
benyomódások mélysége a zsalutábla felületén,	mm	0	1	-
benyomódások száma 1 m ² -en,	db	0	2	-
A betonfelület minősége kizsaluzás után:				
síktól való hosszirányú eltérés 1 m-ig,	mm	4,5	7,5	-
síktól való hosszirányú eltérés 3 m-ig,	mm	9,5	14	-
fészkek átmérője, illetve legnagyobb mérete,	mm	4	10	-
felületi hiány legnagyobb mélysége,	mm	2	3	-
kitüremkedés legnagyobb magassága,	mm	0	2	-

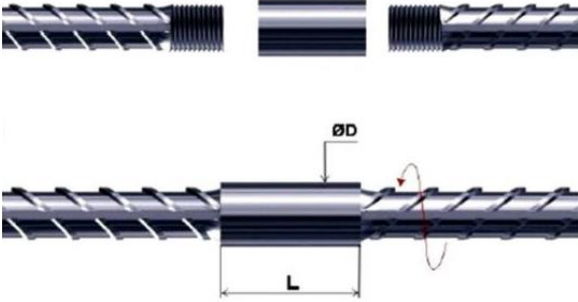
3. SZ. MELLÉKLET

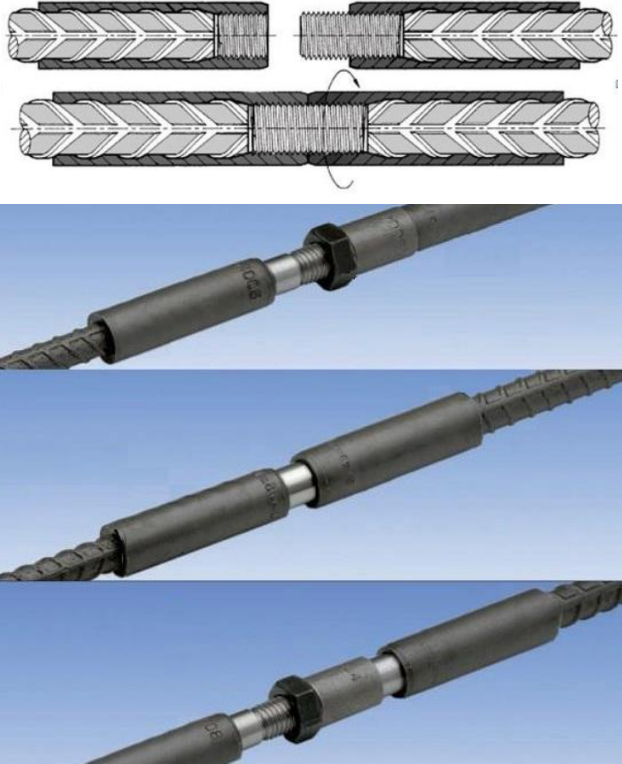
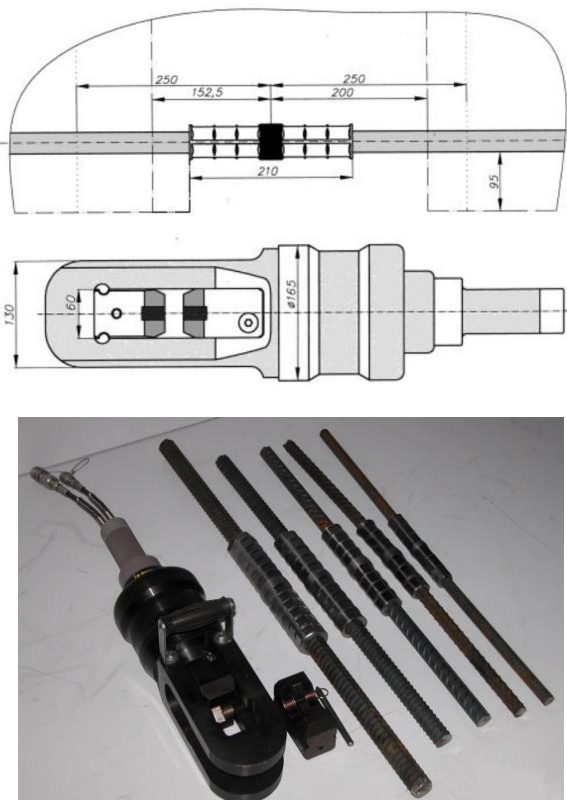
14. táblázat Betonacélok erőátadást biztosító lehetséges toldási módjai

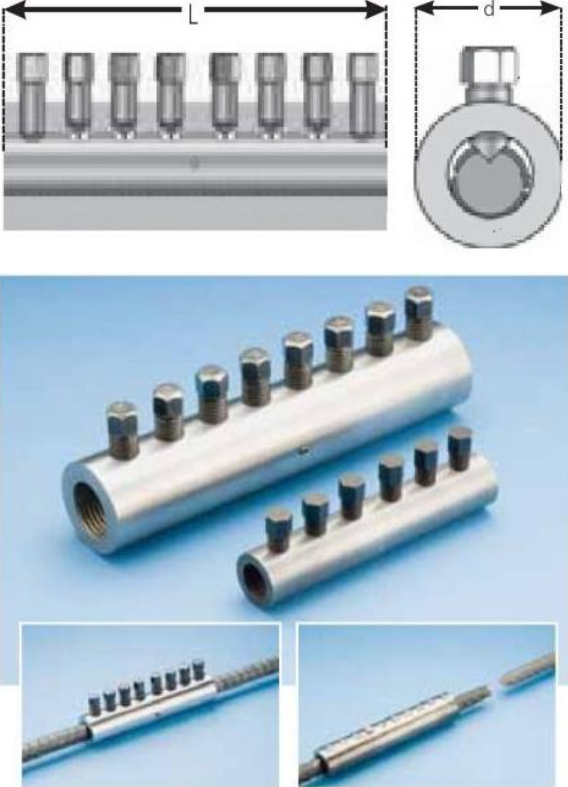
No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
1.	Átfedéses toldás		<p>6 m hosszú Ø 10-40 mm szálakat vizsgálva 3,5-27% veszteség.</p> <p>Ø25 mm felett nem javasolt az alkalmazása</p>
2.	<p>Ívhegesztett betonacéltoldás, átlapoló kötéssel</p> <p>(MSZ EN ISO 17660-1 szabvány 6.3 pontja szerinti kialakítással)</p>		<p>Hegesztőkészülék és minősített hegesztő szakember szükséges.</p>
3.	<p>Ívhegesztett betonacéltoldás, tompavarrattal</p> <p>(MSZ EN ISO 17660-1 szabvány 6.2.1 pontja szerinti kialakítással)</p>		<p>Hegesztőkészülék és minősített hegesztő szakember szükséges. Minimális tartalékkal rendelkezik a kötés egy esetleges zárványos varrat készítésénél.</p>

No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
4.	Ívhegesztett betonacéltoldás, tompa illesztés vályús hevederrel	 <p>The technical drawing shows a cross-section of a butt-welded joint between two concrete steel bars. The joint is reinforced with a channel section (vályú) and a weld (varratanyag). Labels include: vályú (channel), varratanyag (weld), betonacél (concrete steel), and vályú rögzítés (channel fixation). Dimensions shown include 15 mm, 20°, 4.5°, and 10 mm. Other labels include hozaganyag (filling material), szorító (nut), and vályú (channel).</p> <p>The photograph shows a close-up of the welded joint, highlighting the channel section and the weld.</p>	<p>Jelentős energiaigényű és hosszadalmas. Hegesztőkészülék és minősített hegesztő szakember szükséges.</p>

No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
5.	Egyenes kötés menetes betonacéltoldóval		Csavarmenetes profilú betonacél alkalmazása szükséges.
6.	Egyenes kötés kúpos menetes betonacéltoldóval		A kúpos menet készítése és minőségellenőrzése jelentős munkaigényű. A becsavarandó betonacél mozgását biztosítani kell.

No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
7.	Egyenes kötés menetes toldóval, betonacél metszett menettel		<p>Előzetes munkaigényes műveleteket igényel a menetvágáshoz és a minőségellenőrzéshez.</p> <p>A csatlakoztatandó szálak átmérője 12 és 65 mm között lehet.</p> <p>Nyomatékkulcs nem szükséges.</p> <p>Munkaigényesebb a gyártása, mint a kúpos menetes csatlakozásoknál, mivel a menetkészítés előtt a betonacél szálak végeit melegíteni és hűteni szükséges.</p> <p>Továbbá a hengeres menetes csatlakozások szerelése bonyolultabb.</p>

No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
8.	Egyenes kötés belső menetes toldóval		Speciálisan felkészített üzemekben állítható elő
9.	Egyenes kötés hidegen sajtolt toldással		A sajtoló présnek jelentős tömege van (~ 40 kg), és emelőberendezés szükséges a használatához. A sajtolóeszköz mérete megnehezíti a sűrűn vasalt szerkezetekben történő alkalmazást.

No	Kapcsolat típusa	Séma, rajz, vagy fénykép	A csatlakozás előnyei és hátrányai többek között
10	Egyenes kötés csavaros szorító toldóelemme I		<p>Technikailag egyszerű megoldás. A betonacélnak a hüvelybe történő rögzítése nyomatékulccsal történik.</p> <p>A betonacélokat nem kell előre megmunkálni.</p>