

# LÖVELLT BETONOK



*Készítette:*

Dr. Salem Georges Nehme  
egyetemi docens, témavezető

**Budapest, 2014. március 31.**

# TARTALOM

1. FOGALMAK	5
2. BEVEZETÉS, CÉLKIZŰZÉSEK	14
3. A BETON ALKOTÓANYAGAIVAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK	17
3.1. Az adalékanyagok	17
3.2. Cement	20
3.3. Keverővíz	21
3.4. Vasalás	21
3.5. Szálak	21
3.5.1. Acélszálak	22
3.5.2. Szintetikus szálak	23
3.6. Adalékszerek	23
3.6.1. Kötésgyorsítók	23
3.6.2. Alkáli-mentes kötésgyorsítók	24
3.6.3. Alkáli-tartalmú kötésgyorsítók	26
3.6.4. További adalékszerek	26
3.6.5. Általános követelmény	27
3.6.6. Teljesítőképességre vonatkozó követelmények	27
3.7. Kiegészítő és kötőanyagok	27
3.7.1. Általánosan	28
3.7.2. Pernye	28
3.7.3. Kohósalak	28
3.7.4. Szilikapor	29
3.7.5. Pigmentek	29
3.7.5. További kötőanyagok	29
3.8. Referencia összetétel lövellt betonok megfelelőségi vizsgálatához	31
3.8.1. Keverési arány	31
3.9. Konzisztencia	32
3.10. Bedolgozási hőmérséklet	32
3.11. Fiatal lövellt beton vizsgálata	32
4. TARTÓSSÁGI KÖVETELMÉNYEK	35
4.1 Általános	35

4.2. Kloridtartalom	35
4.3. Alkáli tartalom	35
4.4. A környezeti jellemzőkkel kapcsolatos követelmények	35
5. KEVERÉKEK ÖSSZETÉTELE	36
5.1. Általános	36
5.2. Tervezett receptúrák	36
5.3. Adott receptúrák	36
5.4. Vegyes receptúra tervezés	37
5.5. A keverék összetétele	37
5.5.1. Száraz keverék (keverék száraz adalékanyagból)	38
5.5.2. Földnedves-keverék (keverék földnedves anyagból) FM-L, FM-S	39
5.5.3. Nedves keverék	41
6. A LÖVELLÉS KIVITELEZÉSE	42
6.1. Előkészítés	42
6.2. A lövellés végrehajtása	42
6.3. Utókezelés	43
6.4. Fagy elleni védelem	43
7. A KÉSZTERMÉKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK	44
7.1. Nyomószilárdság	44
7.2. Hajlító-húzószilárdság	45
7.3. Szívósság	45
7.3.1. Általános	45
7.3.2. Maradó szilárdsági osztály	45
7.3.3. Energiaelnyelési osztályok	47
7.4. Rugalmassági modulus	47
7.5. Tapadás	47
7.6. Száltartalom	48
7.7. Áteresztőképesség	48
7.8. Fagyállóság	48
8. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	49
8.1. A fiatal lövellt beton vizsgálata (korai szilárdsági osztály)	49
8.1.1. Túpenetrációs (behatolási) vizsgálat (mérési tartomány 0 – 1,0 N/mm <sup>2</sup> )	49
8.1.2. Szögbelövési-vizsgálat	50
8.1.2.1. Mérési tartomány: 2 – 16 N/mm <sup>2</sup>	50

8.1.2.2 Mérési tartomány: 17 — 56 N/mm <sup>2</sup>	52
8.2. <i>teszt panelek és próbatestek</i>	54
8.3. <i>Nyomószilárdság és testsűrűség</i>	54
8.4. <i>Hajlítási és maradó szilárdság</i>	55
8.4.1. <i>Hajlítószilárdság megállapítása</i>	56
8.4.2. <i>Maradó szilárdsági osztály meghatározása</i>	57
8.5. <i>Energiaelnyelési vizsgálat (lemez teszt)</i>	58
8.6. <i>Rugalmassági modulus</i>	60
8.7. <i>Tapadási erő</i>	61
8.8. <i>Áteresztőképesség</i>	62
8.9. <i>Fagyállóság</i>	62
8.10. <i>A lövellt beton száltartalmának meghatározása</i>	62
8.10.1. <i>Szilárd minta</i>	62
8.10.2. <i>Friss minta</i>	62
8.10.3. <i>Száltartalom meghatározása</i>	63
8.11. <i>A szulfátállóság vizsgálata</i>	63
8.11.1. <i>A szulfátállóság meghatározása a kiindulási alapanyagokon keresztül</i>	63
8.11.2. <i>A szulfátállóság vizsgálata hasábokon</i>	64
8.12. <i>Az egyenértékű szilárdság és munkavégző képesség</i>	66
8.13. <i>A fokozott tűzállóság vizsgálata</i>	66
8.14. <i>A lövellt beton eluálása</i>	67
9. <b>MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS</b>	68
9.1. <i>Kivitelezés előtti vizsgálatok</i>	68
9.2. <i>Minőségbiztosítás</i>	69
9.2.1. <i>Földalatti megtámasztások</i>	69
9.2.2. <i>Elhelyezés biztosítása</i>	70
10. <b>BIZTONSÁG</b>	72
11. <b>PRÓBALÖVÉSEK</b>	74
11.1. <i>Laboratóriumi vizsgálatok</i>	75
12. <b>ALKALMAZÁSI ELJÁRÁS</b>	88
12.1. <i>Berendezés</i>	88
12.2. <i>Teszt panelek</i>	88
12.2.1. <i>Laboratóriumi zsaluzat</i>	88
12.2.2. <i>A kontrol keverék szórása</i>	88

12.2.3. Teszt keverék szórása	88
12.3. Vizsgálati eljárás	88
12.3.1. Általános	88
12.3.1.1. Nem kötésgyorsító adalékszerek esetén	88
12.3.1.2. Szilárdulás időtartamának meghatározása gyorsító adalékszer használata esetén	89
12.3.1.2.1. Alkotórészek	89
12.3.1.2.2. Referencia cementpép előkészítése	89
12.3.1.2.3. Vizsgálati eljárás	89
12.3.1.2.4. Vizsgálati jegyzőkönyv	89
12.3.2. Nyomószilárdság meghatározása	90
12.3.3. Húzási tapadás a rétegek között, és az alapfelületnél	90
12.4. Konformitás megállapítása	90
12.4.1. Általános	90
12.4.2. Vizsgálat	90
12.4.3. Minőségbiztosítás	90
12.4.4. Konformitás megállapítása a gyártó által	91
12.5. Jelölés	91
13. ALKALMAZÁSI TERÜLETE	93
14. A LÖVÉS OPTIMÁLIZÁLÁSA	94
15. ÖSSZEFOGLALÁS	97
16. FELHASZNÁLT IRODALOM	98

## 1. FOGALMAK

**Aeroszolok:** többfázisú rendszer, mely levegő és más gázok, valamint azokban finoman elosztatott szilárd anyagok, vagy folyadékok halmaza

**Adalékszer:** A friss vagy a szilárd beton tulajdonságainak módosítására keverés során a betonhoz adott, a cement tömegéhez képest kis mennyiségű anyag.

**Alkáli-mentes kötőgyorsítók:** Kötőgyorsítók korlátozott pH-értékkel (3,0 – 8,0) és alkáli tartalommal ( $\text{Na}_2\text{O}$  – egyenérték  $\leq 1,0 \text{ m\%}$ ).

**Alkáli-mentes kötőgyorsítás:** A fiatal lövellt beton szükséges szilárdságát ( $J_1$ -től  $J_3$ -ig) alkáliák hozzáadása nélkül érjük el. Ekkor olyan lövellt beton-kötőanyagokat adagolunk, melyek a közönséges betonokkal ellentétben nem rendelkeznek fokozott alkáli-tartalommal, vagy alkáli-mentes kötőgyorsítóval.

**Azonosító vizsgálat:** Vizsgálat annak megállapítására, hogy a kiválasztott adag vagy szállítmány az előírt alapsokaságú halmazból származik-e.

**Betonlövő fúvóka:** Egy csővezeték egy keverőtesttel a folyadék és/vagy levegő hozzáadására, ahol a keverék elhagyja a szállító vezetékét. Száraz lövési eljárásnál keverővíz és adott esetben porformájú, vagy folyadékállapotú adalékszerek és kiegészítő anyagok, sűrűáramú eljárásban a nedves lövési eljárásnál levegő és esetleg adalékszer hozzávezetése.

**Egyköpenyű építési módszer:** Az alagútbélés összes statikus és szerkezeti követelményét egyrétegű alagútfalazat elégíti ki, amely egy vagy több rétegből áll, melyek egymással össze vannak kapcsolva.

**Előírt szabványos lövellt beton:** Különleges tulajdonságokkal nem rendelkező lövellt beton (max. SpC 12/15) előírt összetétellel. A kezdeti vizsgálat elvégzése nem követelmény (lásd 5.5 pont)

**Eluátum:** A kioldódás (eluálás) által koncentrált folyadék

**Eluálás:** Szilárdanyag oldódó részecskéinek kilúgozódása folyadékkal történő érintkezés folytán

**Felhordási felület:** Az aljzat, amelyre fellövik a lövellt betont.

**Feldolgozási idő:** A cement földnedves adalékanyaghoz történő adagolása (a nedves-keverék előállítás) és a lövellt beton felhordása között eltelt idő. Egyúttal a földnedves adalékanyaghoz adagolt lövellt beton-kötőanyag (SBM) és a fúvókából való távozás között eltelt időt is jelenti.

**Fiatal lövellt beton:** Lövellt beton 24 órás életkorig (korai szilárdsági osztály szerint ( $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ )).

**Földnedves-keverék (FM-L, FM-S):** A száraz lövési eljárásnál használt keverék, amely nedves adalékanyagból, adalékszerből, kiegészítő anyagokból, vízből (eljárástól függően), esetleg szálakból áll.

**Idegen ellenőrzés (jóváhagyott ellenőrző szervezet által):** Egy bizonyos építőanyag és annak előállításának periodikus ellenőrzése egy akkreditált felügyeleti testület által.

**Identifikáció:** A keverék jellemzésére szolgáló eljárások sorozata, a keverékek összehasonlítására: homogeneitás, szín, relatív sűrűség, szárazanyag-tartalom, pH érték és infravörös elnyelés spektrumának vizsgálata.

**Hidratációt szabályozó adalék:** Kétkomponensű adalék. Az első komponens a nedves alapkeverékhez van hozzáadva, a szilárdulás megelőzése és a konzisztencia megtartása érdekében. nedves adalékanyagot tartalmazó száraz alapkeverék esetén a nedves adalékanyaghoz van keverve, a szilárdulás megelőzése érdekében. A második komponens a szórófejben kerül beadagolásra, a szilárdulás és kötés megindítása érdekében.

**Hígáramú anyagszállítás:** A kiindulási keverék pneumatikus transzportja a beépítési helyhez; itt a fellazított száraz- és nedves-keverék sűrített levegős szállítással kerül a betonadagoló géptől a fúvókáig.

**Káros porlerakódás:** A lövellt beton azon finomrésztartalma, amely az aljzatra és a vasalatra lerakódva rontja a tapadást további lövellt rétegek számára.

**Kiegészítő anyag:** A betonban annak érdekében használt, és a keverési folyamat során adagolt finom szemű anyag, hogy a beton egyes tulajdonságai javuljanak, vagy különleges feltételeknek feleljenek meg.

**Kétköpenyű alagútépítési módszer:** Alagútbélés egy vagy több héjrészből, különböző statikus és szerkezeti követelményekkel (nincs kapcsolat közöttük), melyeket független folyamatokban és különböző építési eljárásban állítanak elő (pl. külső héj lövellt betonból, belső héj helyszíni betonból készített boltozatból).

**Keverék:** A mindenkori lövési eljáráshoz elkészített keverék.

**Kezdeti vizsgálat:** A gyártás megkezdése előtt a lövellt beton olyan betonösszetételének megállapítása érdekében végzett ellenőrző vizsgálat vagy vizsgálatok sorozata, amellyel, vagy amelyekkel a beton friss és szilárd állapotára előírt valamennyi követelmény kielégítése igazolható.

**Kihasználtsági fok:** A kihasználtsági fok az igénybevételből számított feszültség és a szilárdság hányadosa egy bizonyos betonkorban.

**Kötésgyorsító (EB):** Porformájú, vagy folyadékállapotú adalékszer a cement kötési sebességének növelésére a felhordott lövellt betonban.

**Visszahullás:** A lövellt beton és az alapfelület szétválása azért, mert a lövellt beton az alapfelület csekély szakítószilárdsága miatt nem képes tapadni.



**Lövellt beton:** cement, adalékanyag és víz homogén keverékének pneumatikus úton történő helyrejuttatása. Általában adalékszerkeket és egyéb adalékokat, pl. szálal anyagot tartalmaz. „A löttbeton olyan betonbedolgozási technológiával készített beton, amelyet: az MSZ 4720 szerinti betontömlőn, ill. csővezetéken kb. 6 atmoszféra nyomás levegővel a beépítés helyére szállítanak és nagy sebességgel (kb. 100 m/s) juttatnak a felhordási felületre, ahol ütközik és megtapad. A már megtapadt betonréteget a később folyamatosan érkező beton ütközése is tömöríti.” (Mi 09.10233/1-77)

**Lövellt beton adalékszer:** Lövellés előtt vagy közben hozzáadott adalékszer, mely a friss vagy megszilárdult beton tulajdonságait módosítja.

**Lövellt beton kötésgyorsító:** Szórás előtt vagy közben hozzáadott adalék, mely a korai szilárdulást és/vagy kötést gyorsítja (MSZ EN 934-2)

#### **Lövellt Beton-kötőanyag (SBM)**

A gyorsan kötő kötőanyagok gyűjtőfogalma, melyek további adalékszerkeket (EB) adagolása nélkül biztosítják a fiatal lövellt beton kellő kötési gyorsaságát és gyors szilárdságnövekedését.

**Lövellt beton réteg:** Megszakítás nélküli munkafolyamat során lövelléssel technológiával felhordott beton.

**Lövellt betonhéj:** Térbeli kialakítású, egy vagy több rétegű szerkezeti elem lövellt betonból, ami önmagában ideiglenes vagy tartós támasztó és/vagy teherhordó szerepet tölt be.

**Lövellt betonkéreg:** Kétdimenziós szerkezeti elem minimális szerkezeti vastagsággal, amely egy vagy több rétegből épül fel (pl. tömítő réteg)

**Lövellt beton keverék:** Azon keverék, mely elhagyja a lövő fejet.

**Megfelelőségi vizsgálat:** Olyan vizsgálat, amelyet a gyártó, ill. a felhasználó hajt végre annak érdekében, hogy a termék megfelelőségét igazolják.

**Mixer kocsival kevert beton:** ÖNORM B 4710-1 szerinti beton, amely kiegészítő követelményeket támasz a mixer kocsival és az adagolóberendezéssel szemben a B 4710-1/9.6.2.3.2 pontja szerint.

**Nedves-keverék (NM):** A nedves lövési eljárás keveréke (általában szivattyúzott beton), adalékanyagok, kötőanyagok, víz, esetleg adalékszerek és szálak keveréke.

**Nedves lövellt beton:** Olyan lövellt beton, amelynek kiindulási keveréke nedves (sűrűáramú eljárásnál általában: szivattyúzott beton).

**Nedves eljárás:** A cement, adalékanyag és a víz (plusz adalékszerek, szálak anyag) a célba juttató eszközbe való betöltés előtt össze van keverve, majd a szórófejben pneumatikus nyomás alá kerül, és így kerül felhordásra

**Nullbeton:** Lövellt beton kötőgyorsító nélkül. A megváltozott műszaki tulajdonságok figyelemmel kísérése érdekében (pl. szilárdságcsökkenés).

**Réteg:** a lövellt beton egyedi vastagsága, mely a szórófej adott számú áthaladásából adódik

**Sűrűáramú anyagszállítás:** A nedves-keverék szivattyús szállítása, amely a szállító vezetékben ezt nem lazítja föl.

**Szálerősítésű lövellt beton:** cement, adalékanyag és megerősítő szál tartalmú beton. Szálerősítésű beton vagy habarcs esetén anyaga acél vagy szerves polimer. Habarcsban üveg vagy szénszál is használható.

**Száraz eljárás:** a cement és az adalékanyag keverése a berendezésben történik, a szárazanyag-keverék nyomás alatti légárammal a szórófejbe jut, ez után történik a víz bepermetezése, végül az anyag kijuttatása.

**Száraz és nedves alapkeverék:**

- nedves alapkeverék – nedves beton a lövellés megkezdése előtt

- száraz alapkeverék – száraz betonkeverék a víz hozzáadása és a szórás megkezdése előtt

**Száraz-keverék (TM):** Száraz lövési eljárás keveréke, amely száraz adalékanyagokat, kötőanyagot, adalékokat, vizet (lövési eljárástól függően) és esetleg szálakat is tartalmaz.

**Száraz lövellt beton:** Lövellt beton, melynek kiindulási keveréke, vagy száraz, vagy nedves.

**Szilárdságcsökkentés:** S kötésyorsítóval készített lövellt beton szilárdságának csökkenése a nullbetonhoz képest.

**Szórófej:** Ezen keresztül távozik a keverék. Ez tartalmazza a keverőegységet, melyben az egyes összetevők összekeverednek. Száraz eljárás esetén itt kerül hozzáadásra a víz és a folyékony adalékszerek, nedves eljárás esetén a folyékony adalékanyagok és a nagynyomású levegő.

**Szükséges adalékszer adagolás:** A hidraulikus kötőanyag mennyiségéhez mért, százalékban megadott adalékszer mennyisége, mely a kívánt hatás eléréséhez szükséges. A szükséges adagolás a gyártó által ajánlott adagolási tartományon belül essen.

**Visszahullási veszteség:** a betonmennyiség, amely kijuttatásra került, de nem tapadt meg a felületen.

**Tapadásjavító szerek:** Lövellés előtt vagy közben hozzáadott adalékszer. A felülethez való tapadást, és/vagy a lövellt beton rétegek egymáshoz tapadás segíti elő.

**Adalékanyag teljesítőképessége:** Az adalékanyag azon képessége, hogy mennyire képes az elvárt hatást teljesíteni, káros mellékhatások nélkül.

**Tixotróp adalék:** A kiszórt lövellt beton megereszkedését megakadályozó adalék, szórás előtt vagy közben adagolható.

**Többköpenyű építési módszer:** Lásd a kétköpenyű építési módszer

**Transzportbeton üzem:** Az ÖNORM B 4710-1 követelményei szerint felszerelt mikroprocesszor vezérlésű létesítmény, ahol a beton előállításához szükséges alkotóanyagok adagolása alapvetően tömeg alapján (folyadékok tömeg vagy térfogat szerint) történik, ahol majd előállítjuk a felhasználásra kész betont.

**Visszaverődés:** A lövellt keverék azon része (keverék és keverővíz), amely a felhordás folyamán a felhordási felületről visszaverődik. A visszaverődött anyag nagy részét az adalékanyagok képezik, kisebb részét a kötőanyag és a keverővíz.

**Víz-cement tényező:** A friss betonban lévő hatékony víztartalomnak és a cementtartalomnak a tömeg szerinti aránya.

## 1.1 Rövidítések

AAR	Alkali-Aggregate-Reaction (alkáli-adalékanyag reakció)
AHWZ	előkészített, hidraulikailag hatékony kiegészítő anyagok
AM	roskadási mérték a friss beton konzisztenciájának megállapításához
ASTM	Amerikai Anyagvizsgáló Társaság
BV	Folyósító
CEN	Európai Szabványügyi Bizottság
CEM	Az MSZ EN 197-1 szabvány szerinti cementtípus
D	A kötésyorsító sűrűsége
D <sub>1</sub>	A cement nyomásslárdsága 1 napos korban
DAfStb	Német Vasbeton Bizottság
DBV	Német Beton- és Építési- Egyesület
DIN	Német Ipari Szabvány
EB	Kötésyorsító
EB-AF	Alkáli-mentes kötésyorsító
EB-AH	Alkáli-tartalmú kötésyorsító
EFNARC	European Federation of National Associations of Specialist Contractors and Material Suppliers for the Construction Industry
EN	Európai Szabvány
F	A fagyállósági ellenállás szerint osztályozott anyagok kategóriája

F	A finomrésztartalom szerint osztályozott adalékanyagok kategóriája
FGSV	Út- és közlekedési Kutatóközösség
FM	Folyósító adalékszer
FM-L	Tárolható földnedves-keverék
FM-S	Földnedves-keverék azonnali felhasználásra
FRSpC	Szálerősítésű lövellt beton
GK	Adalékanyag legnagyobb szemcsenagysága
HK	Gyakorisági osztály
HZ	Tapadó-szilárdság
ISO	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
J	Fiatal lövellt beton
K	A II típusú kiegészítő anyagok számításba vételét engedélyező tényező
LP	Légpórusképző
LPV	Légpórusképző képlékenyítők
LV	Teljesítményjegyzék
MAK	Maximális munkahelyi koncentráció
MS	Szilikapor
NAD	Nemzeti Alkalmazási Dokumentum
ON	Osztrák Szabvány
PB	Szivattyúzott beton
ÖVBB	Osztrák Beton- és Építési Egyesület
R	Korrelációs tényező
RVS	Közlekedés- és útügyi irányelv
SBM	Lövellt beton-kötőanyag a SpC-hez
SI	Shape Index, szemalak tényező
SIA	Svájci Mérnöki- és Építész Egyesület
SN	Svájci Szabvány
SpC	Lövellt beton
SpC-XF4	Fagy- és olvasztósó álló lövellt beton
TM	Száraz-keverék
WA	A cement vérezése során kiváló víz
W	Víztartalom
XAL	Kioldó hatású kémiai korrózió kitéti osztálya
XAM	Koptató-igénybevételi kitéti osztály

XAT	Áradó kémiai korrózió kitéti osztálya
XC1 és XC2	Karbonátosodás okozta korrózió kitéti osztályai
XC3 és XC4	Vízzáróság kitéti osztályai
XD	A nem tengervízből származó kloridok által okozott korrózió kitéti osztálya
XF	Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül kitéti osztálya

## **2. BEVEZETÉS, CÉLKIZŰZÉSEK**

A lövellt betontechnológiának továbbfejlesztése során a környezet befolyásoltságának csökkentése, valamint a biztonságosabb munkavégzés volt a főcélkitűzés. Alkáli-mentes kötésyorsítóval rendelkező lövellt betonok nem károsak a környezetre és a munkaegészségügy szempontjából is előnyösek.

A környezetre gyakorolt hatás megítéléséhez mértékadó a lövellt beton, környező levegőre, vízre és talajra gyakorolt hatása. Az alkáli-tartalmú kötésyorsítókkal szerzett eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy környezeti hatásai csak alárendelt szerepet játszanak. A fellövés során viszont a dolgozókra kihatással lehet.

Az alábbi környezetre gyakorolt hatások fontosak:

- **A levegő befolyásolása**

A lövési munkálatok során általánosságban nem létezik környezetre gyakorolt káros hatás. Keletkező aeroszolok adott esetben csak a munkaegészségügy szempontjai szerint értékelendők.

- **A talaj befolyásolása**

A visszaverődés mértékének csökkentésére alapvetően törekedni kell (szokványos közúti alagutaknál ahol nagy a lövellt betonmennyiség, a visszaverődés nagysága legyen kisebb, mint 25 m %).

Az alkáli-mentes kötésyorsítókkal szerzett eddigi tapasztalatok kimutatták, hogy használatukkal nem várható a kifejtett anyag kilúgozásának rosszabbodása, amennyiben a visszaverődési rész a kitermelt, ill. kifejtett anyagban 5,0 m % alatti.

- **A víz befolyásolása**

Az alagútépítésnél használt lövellt beton, hegyi patakvizeknek és talajvíznek lehet kitéve. A lövellt beton megnövekedett kilúgozódási hajlama elmállásokhoz és a lefolyásra kerülő vizek befolyásolásához vezethet.

A beton a kezdeti szilárdulás során is kilúgozódási hajlamot mutat, és ezzel nem rontja a víz minőségét. Ebből kifolyólag környezetbarát építőanyagként tekinthető. Ezekkel a tulajdonságokkal rendelkezik az alkáli-mentes kötés-gyorsítóval rendelkező lövellt beton is.

Ahhoz, hogy a helyszínen kevert beton kilúgozódási jelleggörbéjéhez hasonlót kapjunk, alkáli-mentes kötés-gyorsítót használjunk, a betont alaposan dolgozzuk be és az alkalmazott víz-cement tényező legyen kicsi ( $< 0,6$ ). Az amorf szilícium adagolása is pozitív hatással lehet a kilúgozódásra. A **2.1 táblázat** szerinti, a lövellt beton eluátumra vonatkozó határértékének betartása kötelező.

**2.1. táblázat:** A 28 napos lövellt beton eluátumára vonatkozó határértékek

Paraméter	Mértékegység	Határérték
pH	----	$\leq 12$
Elektromos vezetőképesség	mS/m	$\leq 100$
Kalcium	mg/l	$\leq 25$
Kálium	mg/l	$\leq 40$
Nátrium	mg/l	$\leq 10$
Alumínium	mg/l	$\leq 1,0$

- **A munkakörnyezet befolyásolása**

A lövésnél a dolgozókat elsősorban porképződés és a levegőben lévő lebegő anyagok alkalitása terheli. Kellő intézkedéseket kell végrehajtani, hogy az aeroszolok képződése minimális legyen. A por a füsttel és a köddel együtt alkotja az aeroszolókat.

A lövés folyamat során keletkező porkoncentráció erősen függ a helytől és az időtől, amit a mérési adatok kiértékelése során figyelembe kell venni. A finompor-koncentráció minősítése a MAK- értékek alapján történik. A finompor alatt olyan port értünk, mely a tüdőbe jutva eléri a tüdőhólyagocskákat. A finom por kvarctartalmúnak minősül, ha kvarctartalma 1,0 m%, vagy ennél több.

A **2.2. táblázat** szerint MAK- érték jelképezi a por koncentráció határértékét, amely megismételt és hosszantartó, rendszerint 8 órás expozícióval rendelkező, azonban az átlagos 40 órás heti munkaidőt túl nem lépő, személyes óvintézkedések nélkül (finom por elleni védő maszkok) a dolgozók egészségére nincs hatással.



**2.2. táblázat: Megengedett porkoncentrációk, C-MAK- értékek**

C [mg/m <sup>3</sup> ]	Por fajtája	Kiértékelési időtartam	Terhelés
15	Összes por	Évi középérték	közömbös
30	Összes por	Órai középérték	közömbös
6	Finom por	Évi középérték	közömbös
12	Finom por	Órai középérték	közömbös
4	Kvarctartalmú finom por		Szilikogén
0,15	Finom por kvarcból		Szilikogén

Mivel az üreges építésnél a különböző munkafolyamatok eltérő porképződéssel járnak, ezért az egész munkaciklus értékelése szükséges. Emellett az órai középértéket napi kétszer érhetjük el, viszont nem egymást követő órákban, amennyiben a 15 mg/m<sup>3</sup>-es (összes por) ill. 6 mg/m<sup>3</sup>-es (finompor) napi középértéket nem lépjük túl. A személyes védő-/óvintézkedések bevezetésével megnövekednek a megengedett határértékek a védő hatásnak függvényében (ÖNORM EN 149).

Az egész munkaciklus folyamán fellépő porkoncentráció csökkentéséhez az alábbi intézkedések elvégzése célravezető:

- Száraz lövési eljárás: Nedves adalékanyagok használata, vagy a száraz-keverék előnedvesítése, gép burkolása, kedvező fúvókakiképzés, fúvókátávolság, víztartalom,
- Nedves lövési eljárás alkáli-mentes kötés gyorsítóval,
- Manipulátor,
- Kiegészítő szellőztetés.

A lövési köd, dolgozókra gyakorolt hatása a mai napig nem egyértelműen tisztázott. Szubjektív vélemények alapján az alkáli-mentes gyorsítás során az irritáló hatás lényegesen kisebb mértékű az alkáli gyorsításával szemben.

A dolgozók egészségét veszélyeztető hatások, különösen a bőr- és szemsérülések elkerülhetőek, ha lemondunk a nagyon lúgos és erősen irritáló hatású adalékszerek alkalmazásáról.

Jelen kutatómunka célja, hogy tudományos körültekintéssel megismerjük a lövellt betonok alapanyagait és felhasználásukkal készült betonok fő tulajdonságait és lehetséges felhasználásait.

A kutatási jelentés a következőket tartalmazza:

- a beton alkotóanyagaival szemben támasztott követelmények,
- tartóssági követelmények,
- keverékek összetétele,
- a lövellés kivitelezése,
- a késztermékkel szemben támasztott követelmények,
- vizsgálati Módszerek,
- minőségbiztosítás,
- biztonság,
- próbálövések.

### **3. A BETON ALKOTÓANYAGAIVAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK**

A cementből, adalékanyagból, vízből és adalékszerekből álló keverék meg kell hogy feleljen a friss és szilárd állapotbeli követelményeknek.

#### **3.1. Az adalékanyagok**

Meg kell hogy feleljen a felhasználás helyén érvényes nemzeti szabványnak, és az alkalmazás által támasztott követelményeknek.

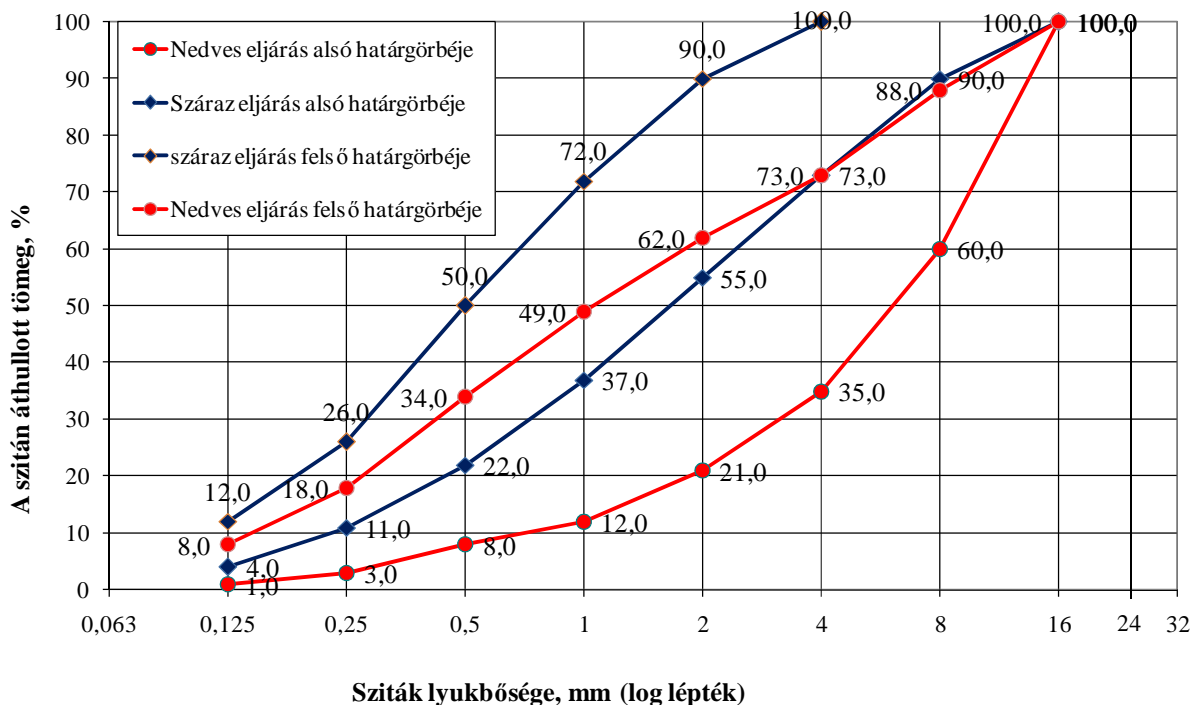
Az adalékanyag szemeloszlási görbéje a **3.1. ábra** vonalkázott területén belül kell hogy essen. A finomabb megoszlású régió alkalmasabb száraz keverékekhez (habár a < 0,25 mm-es szemcsék magas aránya túlzott porképződéshez vezet megfelelő előzetes gőzbefűvés nélkül).

A kivitelező feladata a folyamathoz és az anyagokhoz leginkább megfelelő görbe kiválasztása. Száraz keverék esetén az adalékanyag nedvességtartalma minél egyenletesebb kell hogy legyen, és ne haladja meg a 6 %-ot.

Az adalékanyag osztályozott, és mosott kvarcalapú természetes homokos kavics adalékanyagot kell használni, amely megfelel az **MSZ EN 12620:2002+A1:2008** szabvány követelményeinek. Szennyezettség szempontjából feleljen meg az **MSZ 18293\*** és az **MI-04.19\*** szerint az agyag-iszaptartalom a P besorolásnak és a TT tisztasági osztálynak.

OK	4/8	TT	<b>MSZ EN 12620:2002+A1:2008</b>
OH	0/4	P-TT	<b>MSZ EN 12620:2002+A1:2008</b>

Az ajánlott szemmegoszlási görbe tartományai a nedves és száraz eljáráshoz a **3.1. táblázatban** foglaltuk össze.



**3.1. ábra:** Nedves és száraz eljáráshoz használt adalékanyagok szemeloszlási görbei

\*) Az MSZ EN 4798-1:2004 hivatkozik a hatályon kívüli szabványokra (MSZ 18293 és MI-04-19)

**3.1 táblázat:** Száraz és nedves eljáráshoz használt adalékanyagok szemeloszlása és a konzisztencia szabályozó adalékszer ellenőrzésére szolgáló adalékanyag szemeloszlása

Szemnagyság, mm	Száraz eljárás, a vizsgált szem áthullott mennyisége tömegszázalékban <sup>a b</sup>	Nedves eljárás, a vizsgált szem áthullott mennyisége tömegszázalékban <sup>a b</sup>
<b>16</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
8	90-100	60-90
4	73-100	35-73
2	55-90	21-62
1	37-72	12-49
0,5	22-50	8-34
0,25	11-26	3-18
0,125	4-12	1-8
0,063	<2	<1

<sup>a</sup> A frakciók választhatók mind természetes állapotú mind zúzott adalékanyagból is.  
<sup>b</sup> Az áthullott mennyiségek eltérése minden kiválasztott szemnagyság osztály esetén, mindkét keverékre vonatkozóan (ellenőrző és vizsgálati keverék) nem lehet több, mint  $\pm 2,0$  tömegszázalék

**Javasolt összetétel a nedves eljáráshoz:**

OH	0/4	35 és 73% között
OK	4/8	27 és 65% között

A betonösszetétel száraz adalékanyagra vonatkozik. Ha az adalékanyag a felületén és a felületre nyitott pórusokban vizet tartalmaz, akkor ezzel a vízmennyiséggel a keverővíz tömegét csökkenteni, az adalékanyag tömegét növelni kell.

**Referencia adalékanyag**

Természetes, normál fajsúlyú, alacsony vízfelszívású (< 2 %) adalékanyag. A szemmegoszlási görbe értékei feleljenek meg a **3.2. táblázatban** található értékeknek.

**3.2. táblázat:** Referencia lövellt betonhoz használt adalékanyag szemeloszlási görbéje

Szemnagyság, mm	A vizsgált szem áthullott mennyisége tömegszázalékban <sup>a b</sup>
4	100
2	75-100
1	50-75
0,5	25-50
0,25	7,5-20
0,125	< 7,5

<sup>a</sup> A frakciók választhatók mind természetes állapotú mind zúzott adalékanyagból is.  
<sup>b</sup> Az áthullott mennyiségek eltérése minden kiválasztott szemnagyság osztály esetén, mindkét keverékre vonatkozóan (ellenőrző és vizsgálati keverék) nem lehet több, mint  $\pm 2,0$  tömegszázalék

### 3.2. Cement

Olyan cementeket kell használni, melyek a CE- ill. ŰA- jelzéssel vannak ellátva, és meg kell hogy feleljen az **MSZ EN 197** és **MSZ EN 196** szabványoknak. Csak olyan cement használható, mely tanúsíthatóan alkalmazható lövellt betonhoz (*ld. pl. 3.3. táblázat*).

**3.3. táblázat:** A lövellt betonhoz használható cementek határértékei az **ÖNORM B 3327-1** szerint

Követelmény	Lövellt beton	Lövellt beton. Szulfát-támadás
C <sub>3</sub> A-tartalom	---	0 % Bogue szerint
Kötés kezdete	90 min <sup>1)</sup>	90 min <sup>1)</sup>
Nyomószilárdság 1 nap után	D <sub>18</sub> (D <sub>1</sub> 11 fiatal SpC-vel szembeni követelmények)	D <sub>18</sub> (D <sub>1</sub> 11 fiatal SpC-vel szembeni követelmények)
Blaine szerinti őrlési finomság	Eltérés < 5 %	Eltérés < 5 %
Vérzés 120 perc után	WA 20	WA 20
cementhőmérséklet	Max. 80 °C	Max. 80 °C
Pótlólagos: Alkáli-tartalom (Na <sub>2</sub> O- egyenérték)	< 1,5 m%-a alkáli-mentes Kötésgyorsításnál ÖNORM EN 196-21 szerint vagy MSZ EN 196-21	< 1,5 m%-a alkáli-mentes Kötésgyorsításnál ÖNORM EN 196-21 szerint vagy MSZ EN 196-21

<sup>1)</sup> A korai szilárdsággal szembeni magas követelmények

A minimális cementtartalom, a környezeti viszonyokat figyelembe véve, a **4.4 fejezetben** ill. **MSZ EN 206**-ban megadta.

### **referencia cement**

CEM I 42,5, mely megfelel az EN 197-1-nek. C<sub>3</sub>A tartalom 7-11 m%. Fajlagos felület 320-400 kg/m<sup>3</sup>, az MSZ EN 196-6-nak megfelelően.

### **3.3. Keverővíz**

A keverővíz feleljen meg az **MSZ EN 1008** szabvány követelményeinek, vagy a felhasználás helyén érvényes nemzeti szabványnak. Desztillált vagy ionmentes víz használható.

### **referencia keverővíz**

A keverővíz feleljen meg az **MSZ EN 1008** szabvány követelményeinek, Desztillált vagy ionmentes víz is használható.

### **3.4. Vasalás**

Meg kell hogy feleljen a vasalásra vonatkozó **MSZ EN 10080** és a feszített vasalásra vonatkozó **MSZ EN 10138** előírásoknak, vagy a felhasználás helyén érvényes nemzeti szabványnak.

### **3.5. Szálak**

A szálerősítésre vonatkozó követelményeket elsősorban a lövellt betonra vonatkozó követelmények határozzák meg (más esetben a szál fajtája és a mennyisége a betonban) Különböző szálak esetén más-más mennyiség mellett kapjuk ugyanazt a teljesítményt.

Az acélszálak hossza nem haladhatja meg a szállító csövek és vezetékek belső átmérőjének 0,7-szeresét, amennyiben kísérlet nem igazolja hosszabb szálak alkalmazhatóságát elakadás nélkül.

A szálak tárolási módját a gyártó határozza meg.

**3.4. táblázat:** Szálak (rostok) tulajdonságai – összehasonlítás a betonnal és a cementkővel

Anyag fajta	Húzószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	Szakadó nyúlás, %	Alkáli állóság	Olvadáspont, °C
acél	270–2500	3,5	igen jó	1500
rozsdamentes acél	1000–1500	3,0	igen jó	1400–1600
AE(AR) üveg	1500–4000	2–3,5	jó	1200
E-üveg	2000–4000	4,5	csekély	1200
polipropilén	300–700	15	igen jó	150
poliakrilnitril	600–900	6–9	igen jó	400
nylon	900	13,5	igen jó	200
szén	500–800	2	igen jó	400
„HF”szénszál	1500–3000	1	igen jó	500
cellulóz	200–500	3	csekély	
szizál	250–500	3–5	csekély	
<i>Összehasonlításul</i>				
cementkő beton	3–6 1–4	0,01–0,05 0,02		

**3.5. táblázat:** A szál adagolása

Szál fajta	Hagyományos betonozási eljárások	Lövellt beton, kiinduló keveréke	Legkisebb megengedett adagolás a 7.2.7. szerint (l. később)
Acélszál	25 – 50	30 – 60	20
PP szál	0,9 – 1,5	0,9 – 2,5	0,9
AE* üvegszál (AR)	0,9 – 10	Ø 0,9	
* alkáli ellenálló (ném., ang.: AR alkaliresistant)			

**3.5.1. Acélszálak**

Az acélszáltartalom ellenőrzését az MSZ EN 14488-7 alapján kell hogy végezzük.

A száltartalom ellenőrzése a következő képlettel ellenőrizhető:

$$C_f = \frac{m_f \times 1000}{V_d}$$

ahol:  $C_f$  az acélszál mennyisége 1 m<sup>3</sup> betonban;

$m_f$ : acélszálak tömege a próbatestben;

$V_d$ : A próbatest térfogata.

### 3.5.2. Szintetikus szálak

A szintetikus szálak meg kell hogy feleljenek a nemzeti vagy a felhasználás helyén érvényes szabványoknak.

## 3.6. Adalékszerek

Az adalékszerek meg kell hogy feleljenek az **MSZ EN 934-2** és **MSZ EN 934-5:2008** szabványoknak. Egyéb adalékszerek megengedettek amennyiben bizonyítottan megfelelnek a szabvány (**MSZ EN 934-5:2008**) *1. táblázatának*, és a ZA melléklet *ZAI. táblázatának*. Figyelembe veendő a hatásuk a kész lövellt betonra, és elégséges adat álljon rendelkezésre az alkalmazhatóságukról, beleértve korábbi tapasztalatokat is. Ilyen adalékszereket tartalmazó keverékek eredményei megőrzendők.

### 3.6.1. Kötésgyorsítók

A kötésgyorsítók megfelelő cementekkel és esetleg kiegészítő anyagokkal együtt kerülnek alkalmazásra a 3.2 és 3.7. pontok szerint. Jelenleg alkáli-mentes kötésgyorsítókat használnak. Az alkáli-tartalmú kötésgyorsítókat csak alárendelt feladatokra használják. Különleges esetek alkalmával (pl. erős vízbetöréseknél a felhordási felület helyén) az alkáli-mentes kötésgyorsítók lövellt betonkötőanyagokhoz történő adagolása is szükségessé válhat. A kötésgyorsítóknak rendelkezniük kell egy vizsgálatra akkreditált laboratórium által elvégzett kezdeti vizsgálattal, amely 3 évnél nem régebbi. A kezdeti vizsgálatban szerepelnie kell a kötésgyorsító maximálisan felhasználható mennyiségének, amit a felhasználás során alkalmazhatunk.

A munkálatok megkezdése előtt ki kell választani az alkalmazható adalékszert a cement függvényében, valamint a kötésgyorsítás, kezdeti megdermedés, idősebb kori szilárdság alakulás, esetleg szulfátállóság (ha szükséges) iránti követelmények tekintetében. Ehhez laboratóriumi vizsgálatokat kell végezni.

A kötésgyorsítók azonosítási vizsgálatainál a kötés kezdete  $\pm 60$  másodpercet térhet el a kezdeti vizsgálatkor kapott értéktől. A laboratóriumi vizsgálatok egy jó irányértéket adnak az építési helyszínen való viselkedést illetően, nem tudják figyelembe venni az összes helyszínen



fellépő hatást. Ebből kifolyólag nem helyettesíthető a kezdeti vizsgálat a végleges munkahelyi berendezéssel.

A gyártó köteles megadni a kötésyorsítók kezdeti vizsgálatból származó jellemző adatokat, az azonosítási vizsgálat elvégzéséhez.

### **3.6.2. Alkáli-mentes kötésyorsítók**

A **3.6. táblázat** követelményei érvényesek. A munkaegészségügy szempontjából a kötésyorsító oldatának, vagy szuszpenziójának pH-értéke 3,0 és 8,0 közé eshet. Az adagolt mennyiség 4,0 és 8,0 m-% közötti legyen (folyadékállapotú kötésyorsító esetén a szilárdanyag tartalom ne haladja meg a kötőanyag 5%-át).

**3.6. táblázat:** Adalékszerek és kötésgyorsítókkal szemben támasztott követelmények MSZ EN 934-5 (1. táblázat) szerint (kiegészítésekkel együtt)

<b>Tulajdonságok</b>	<b>Vizsgálati módszer</b>	<b>Követelmények</b>
Egyenletesség	Szemrevételezés	Rétegződés mentesség
Szín	Szemrevételezés	Egyenletes és a gyártó leírásával azonos
Összetétel (hatékony alkotórészek)	MSZ EN 480-6	Nincs eltérés az infravörös színekben a gyártói mintával szemben
Sűrűség	ISO 758	$D \pm 0,03$ $D > 1,10$ -nél $D \pm 0,02$ $D > 1,10$ -nél D a gyártó által megadott sűrűség
Szilárdanyag-tartalom	MSZ EN 480-8	$0,95 T < X < 1,05 T$ , ha $T > 20$ m% $0,90 T < X < 1,10 T$ , ha $T < 20$ m% T = gyártó szerinti szilárdanyag-tartalom, X = vizsgálati érték
pH-érték (csak folyékony adalékszerekre)	ISO 4316	A gyártói utasítás $\pm 0,2$ és $3,0 < \text{pH} < 8,0$
Összes klór	ISO 4316	$< 0,1$ m%
Vízzel oldható klorid	EN 480-10	$< 0,1$ m%
Na <sub>2</sub> O-egyenérték	EN 480-12	$< 1,0$ m%
Korróziós viselkedés	Még nincs előírás	A vasszerelés nem korrodálódik
<b>A kötésgyorsítókra vonatkozó kiegészítő követelmények:</b>		
Kötési idő	Referenciavizsgálat a 12.1.3 pont szerint, vagy az EN 480-2-re támaszkodva	Kötés kezdete $< 10$ min Kötés vége $< 60$ min
Szilárdságcsökkenés	Az MSZ EN 196-1-re támaszkodva a 12.1.5 pont szerint (keverék hőmérséklete $20 \pm 2^\circ\text{C}$ )	$\leq 15,0$ %
<b>Az MSZ EN 934-5-re vonatkozó kiegészítő követelmények:</b>		
SO <sub>3</sub> szulfáttartalom:	MSZ EN 196-2-re támaszkodva	$\leq$ cement és kötésgyorsító összegének a 4,8 m %-a
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (vízben oldódó) szulfátálló lövellt betonhoz (víz SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> tartalma 600 mg/l feletti)	A 12.1.9 pont szerint, vagy a szulfátállóság bizonyítása a referencia-betonon vagy a szerkezeti lövellt betonon a 12.4.7 pont szerint	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> m %-ban szorozva az adagolt kötésgyorsító kötőanyaghoz viszonyított tömegének m %-ban kifejezett értékével $\leq 115$

### 3.6.3. Alkáli-tartalmú kötőgyorsítók

A 3.6. táblázat követelményei érvényesek a pH-értéket ( $\leq 12$ ), a szilárdság csökkenését ( $\leq 30\%$ ) és az  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalmat (nincs határérték) kivéve.

### 3.6.4. További adalékszerek

Az adalékszerek hatékonyságát és az egymás közötti összeférhetőséget (több adalékszer esetén) a lövellt beton kezdeti- és megfeleléségi vizsgálata alkalmával kell bizonyítani.

Adalékszereknek a 3.7. táblázat szerint rendelkezniük kell a műszaki előírások követelményeinek megfelelő engedélyekkel, vizsgálati jelentésekkel és vizsgálati tanúsítványokkal, melyek nem régebbiek 3 évnél. Az összes többi adalékszerrel (kötéskésleltetők, stabilizátorok stb.) a szállítónak igazolnia kell 2 éves ciklusonként, hogy az engedélyezett kloridtartalom  $\leq 0,1\text{ m}\%$ .

A kötéslassító adalékszerek megakadályozzák a cement hidratációját egy adott időszakra, általában néhány órára, maximum 3 napra. Ezáltal lehetőség nyílik a földnedveskeverék FM-L és nedveskeverék NM (frissbeton) átmeneti tárolására minőségbeli veszteség és nedveskeveréknél konzisztencián belüli változás nélkül. A kötéslassító hatását egy összeférhetőségre tesztelt EB adagolásával kell feloldani. A szilárd beton tulajdonságaira és szilárdulásnak alakulására gyakorolt hatásokat figyelembe kell venni (pl. szilárdságcsökkenés). Ehhez kiegészítésként a 3.8. táblázat követelményeit is be kell tartani.

A porképződés és a visszaverődés csökkentésére használt adalékszerek javítják a munkakörülményeket, különösen a száraz-keverék alkalmazása esetén. Az adagolt mennyiség kezdeti vizsgálattal határozható meg. A lövellt beton további tulajdonságait nem szabad negatívan befolyásolniuk. Az adagolás az alkalmazott lövési eljáráshoz igazítandó.

### 3.7. táblázat: További adalékszerek

Adalékszerek	Rövidítések	Szabályrendszer
Képlékenyítők	BV	MSZ EN 934-2
Folyósítók	FM	MSZ EN 934-2
Légpórusképző képlékenyítők	LPV	ÖVBB irányelv <sup>1)</sup>
Légpórusképzők	LP	MSZ EN 934-2

<sup>1)</sup> ÖVBB irányelv „LPV- adalékszerrel rendelkező beton előállítása és vizsgálata”

### 3.8. táblázat: Kötéslasztók kiegészítő követelményei (konzisztencia szabályzók)

Tulajdonság	Referenciabeton	Vizsgálati módszer	Követelmény
A konzisztencia megtartása	MSZ EN 934-5 B függelék	MSZ EN 12350-5	Terület előállítás után 55-60 cm 6 óra csak 80 %
Nyomószilárdság	MSZ EN 934-5 B függelék	MSZ EN 12350-5	28 nap után azonos, vagy nagyobb, mint az összehasonlító keveréké

### 3.6.5. Általános követelmény

Az összes, jelen specifikációban felsorolt adalékszerek meg kell hogy feleljen az **3.6. táblázatban** található általános követelményeknek. Homogenitás, szín, összetétel, relatív sűrűség, száraz-anyagtartalom, pH érték.

### 3.6.6. Teljesítőképességre vonatkozó követelmények

Vizsgálatokat kell elvégezni referencia lövellt betonon, ezen tanulmány előírásainak megfelelően. Össze kell hasonlítani az adalékszeret tartalmazó referenciabeton (tesztkeverés), és egy azonos összetételű, de adalékszer nélküli beton (kontrollkeverés) vizsgálati eredményeit. A tesztkeverés adalékszer tartalma a gyártó által ajánlott érték legyen.

### 3.7. Kiegészítő és kötőanyagok

A kivitelező számára megengedett megfelelő kiegészítő anyag hozzáadása, a **3.9. táblázatban** meghatározott kereteken belül, amennyiben a megrendelő másként nem írja elő. Színezőanyag hozzáadása esetén meg kell felelni az **MSZ EN 206**-nak.

A cement kiegészítő anyagok cement helyettesítőként is előírhatók, de nem léphetik túl az **3.9. táblázatban** látható arányokat.

### 3.9. táblázat: Kiegészítőanyagok maximális adagolása

Kiegészítő anyagok típusa	Maximális adagolás
Pernye	30 m% a portland cementhez viszonyítva
	15 m% a pernyés cementhez viszonyítva
	20 m% a kohósalakos portland cementhez viszonyítva
Granulált kohósalak	30 m% a portland cementhez viszonyítva
szilika por	15 m% a portland cementhez viszonyítva

### 3.7.1. Általánosan

A leggyakrabban pernye, granulált kohósalak, és szilikapor kerül felhasználásra lövelt betonban. Ezeknek meg kell felelniük a felhasználás helyén érvényes nemzeti szabványoknak.

### 3.7.2. Pernye

Finom szerkezetű puccolános anyag, mely a friss és megszilárdult beton egyes tulajdonságait javítja. A pernye a feketekőszéntüzelés egyik égésterméke. A megfelelő pernye kiváló puccolános adalékanyagként használható, amennyiben alacsony a széntartalma, a finomsága fele a cementének, és nagyon finom, gömb alakú szemcséket alkot. Alakja és felszíne miatt pernye használatával a beton vízszükséglete általában csökkenthető.

Az F osztályú pernye antracit és bitumenes szenek származéka. Javarészt alumínátot és szilikátot tartalmaz, és nagyobb az izzítási vesztesége (LOI) mint a C osztályú pernyének. Az F osztályú pernye emellett alacsonyabb kalcium tartalmú, mint a C osztályú pernye. További kémiai követelmények a **3.10. táblázatban** találhatók.

#### 3.10. táblázat: Pernye kémiai követelményei ASTM C618 szerint

Tulajdonságok	ASTM C618 követelményei, %
Min. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ min	70
Max. $\text{SO}_3$	5
Nedvességtartalom	3
Izzítási veszteség	6

A finomra őrölt pernye önálló kötőképes adalékanyagként is használható tömegbetonokban, portlandcementtel együtt (ACI 207.1 R-05, 2006).

*Hazánkban a pernyének meg kell felelnie az MSZ EN 450 szabványelőírásainak.*

### 3.7.3. Kohósalak

A granulált kohósalak nagyrészt kalcium szilikátokból és aluminoszilikátokból áll. A granulált kohósalak az aktivitási indexe alapján három kategóriába sorolható. A 80-as finomságú alacsony aktivitási indexű, és elsősorban tömegbeton szerkezetekben került felhasználásra mivel hőfejlesztése kisebb, mint a portlandcementé. A 100-as finomságú, közepes aktivitási indexszel rendelkezik, ez hasonlítható leginkább a portlandcementhez

cementszerű viselkedése alapján, valamit közvetlenül felhasználható. A 120-a finomságú granulált kohósalak magas aktivitású, cement-állóképessége magasabb, mint a portlandcementé. Cementben való alkalmazásához a **3.11. táblázatban** felsorolt tulajdonságoknak kell megfelelnie.

**3.11. táblázat:** A granulált kohósalak kémiai összetétele az ASTM 989 szabvány szerint

<b>Jelek</b>	<b>Maximális követelmény (ASTM 989), %</b>
Kén (S)	2,5
Szulfát ion $SO^3$ -tól függő	4

*Meg kell felelnie az ASTM 989 vagy nemzeti szabványoknak*

### **3.7.4. Szilikapor**

Szilíciumoxid-por ( $SiO_2$ ), szilícium és szilíciumvegyület, valamint erősen reaktív puzzolán keverékeként. A beton kötése közben a szabaddá való kalcium-hidroxiddal a látens, reakcióképes szilikapor (silicafume) reakcióba lép, és az így létrejövő, további kötések következtében egy lényegesen sűrűbb cementkő-mátrix alakul ki (kevesebb gél pórus alakul ki).

**3.12. táblázat:** Műszaki adatok SikaFume-HR-ről

<b>Külső megjelenés</b>	<b>Sötét szürke (por)</b>
Sűrűség (20 °C-on)	2,34±0,03 kg/l
Szemcseméret	≤ 0,1 μm
Adagolás	5-10 cement tömeg %

### **3.7.5. Pigmentek**

A pigmentek anyagai a króm-oxidhidrátzöld, vas-oxidvörös, vas-oxidsárga és vas-oxidfekete, a megengedett maximális mennyiség a cement tömegére számított 10 %.

### **3.7.5. További kötőanyagok**

A lövellt beton-kötőanyagok segítségével létrehozhatunk, száraz és földnedves adalékanyagból álló olyan, a fiatal lövellt betonra meghatározott követelményeket tartalmazó száraz lövellt betont,

amelyhez nem kell kötőgyorsítót adagolni. A lövellt beton-kötőanyagok vízzel találkozva gyorsan reakcióba lépnek vele. A lövellt beton-kötőanyagokat néhány perc alatt be kell dolgozni. A rövid feldolgozási idő miatt összehangolt eljárástechnika kell, földnedves adalékanyagok használata esetén. A lövellt betonkötőanyag a nedves adalékanyagokkal együtt egy megfelelő, közvetlenül a helyszínen lévő berendezés segítségével kerül összekeverésre és feldolgozásra.

Az EN 14487-1 szerint, a lövellt beton előállításához használt lövellt beton-kötőanyagok túlnyomórészt a száraz lövési eljárás alapanyagát képezhetik, amennyiben az **MSZ EN 197-1**-en túl az alábbi eltérő ill. kiegészítő követelményeket teljesítik:

**3.13. táblázat:** *Lövellt beton-kötőanyagoknak (SBM) az alábbi karakterisztikus mutatószámait ill. követelményit kell lerögzíteni a kezdeti vizsgálatból eredendően <sup>1)</sup>:*

<b>Követelmény</b>	<b>SBM</b>	<b>Szulfát-támadás esetén</b>
Szilárdulás kezdete (vizsgálat a 12.1.3-ban)	$\geq 60''$	
Térfogatállóság (MSZ EN 196-3)	térfogatálló	
SO <sub>3</sub> (MSZ EN 196-3)	$\leq 4,5$ m % $\leq 7,5$ m % <sup>3)</sup>	Vizeknél, ahol SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> $\geq 600$ Mg/I $\leq 3,5$ m-%
CI (MSZ EN 196-2)	Max. 01 m %	
MgO a klinkerben (MSZ EN 196-2)	Max. 5,0 m %	
C <sub>3</sub> A	$\leq 6,5$ m % $\leq 9,0$ m % <sup>3)</sup>	C <sub>3</sub> A-mentes (A klinker C <sub>3</sub> A-tartalma 0 m %, a cement C <sub>3</sub> A-tartalma $\leq 1,0$ m %. Magasabb C <sub>3</sub> A-tartalom esetén 12.4.7 pont szerinti vizsgálat szükséges)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (MSZ EN 196-2)		$\leq 5,0$ m %
Szilárdságok	1h $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> 6h $\geq 1,5$ N/mm <sup>2</sup> és $\geq$ kezdeti vizsgálat 70 %-a 24h $\geq 12$ N/mm <sup>2</sup> és $\geq$ kezdeti vizsgálat 70 %-a 28 nap $\geq 32,5$ N/mm <sup>2</sup> és $\geq$ kezdeti vizsgálat 80 %-a	
Blaine szerinti fajlagos felület	Variációs tényező $\leq 5$ %	
Alkáli-tartalom (MSZ EN 196-2)	Na <sub>2</sub> O –egyenérték $\leq 1,5$ m-%	
Kötőanyag-hőmérséklet	$\leq 70$ °C	

- <sup>1)</sup> Az ellenőrzést végző hatósággal meg kell állapítani a szállítmány felvétele előtt egy megegyezési kísérlet keretében, hogy a vizsgálati eredmények és a gyártó eredményei azonosak-e
- <sup>2)</sup> Meghatározás módszerei lásd 12.1.5 pont. (szabvány szerint 0,35 – 0,45). A vizsgálati víz-cement tényezőt a kezdeti vizsgálatból kifolyólag határozzuk meg.
- <sup>3)</sup> Csak C<sub>12</sub>A<sub>7</sub> – tartalmú kötőanyagokra vonatkozik. A kötőanyag C<sub>12</sub>A<sub>7</sub> kimutatását XRD segítségével végezzük.

Minden lövellt betonkötőanyaghoz kell, hogy tartozzon egy műszaki dokumentáció, amelyben szerepelnek a megengedett reakcióidők, adalékanyag víztartalmának, adalékanyag hőmérsékletének, feldolgozási hőmérsékletének (levegő, keverék) adatai és a befújáskor jelenlévő páratartalommal szemben támasztott követelmények, melyek megadása a gyártó feladata.

Az lövellt betonkötőanyag kezdeti vizsgálatát és idegen felügyeletét egy akkreditált ellenőrző és felügyelő szervezetnek kell elvégeznie. Ezzel az intézménnyel szerződést kell kötni a gyártásközi ellenőrzésre vonatkozóan. Az idegen felügyelet a saját ellenőrzés felülvizsgálatát is jelenti. Az lövellt betonkötőanyag minőségében történő jelentős változásokat, pl. az alapanyagok megváltoztatását a felügyelő szervezet tudtára kell hozni, és egy esetleges újabb kezdeti vizsgálat elvégzéséről kell dönteni.

### **3.8. Referencia összetétel lövellt betonok megfeleléségi vizsgálatához**

A lövellt beton laboratóriumi vizsgálatához nedves keverési eljárás alkalmazandó. A referencia lövellt beton vizsgálataival mérhető az adalékszer hatékonysága.

A tesztkeverés (adalékszert tartalmaz) eredményei összehasonlíthatók a kontrollkeverés (adalékszert nem tartalmaz) eredményeivel. Az eredmények hányadosa %-ban fejezendő ki. A teszt és a kontroll keverés azonos adalékanyag-cement aránnyal kell hogy készüljön, és az anyagok származási helye azonos kell legyen. Keverés előtt az összetevőket  $20 \pm 2$  °C fokon kell tárolni, vagy a frissbeton hőmérséklete legyen  $20 \pm 2$  °C fok közvetlenül keverés után.

#### **3.8.1. Keverési arány**

Az összetevők mennyisége feleljen meg a **3.14. táblázat** értékeinek.



### 3.14. táblázat: A referencia lövellt beton összetétele

Anyagok	Mennyiség, kg/m <sup>3</sup>
Cement (CEM I 42,5)	500 kg ± 5 kg
Víz	225 kg ± 5 kg
Adalékanyag	A maradék mennyiség az 1 m <sup>3</sup> -hez

Az adalékanyag mennyisége annak relatív sűrűségéből számolandó. Az adalékanyag száraz legyen, más esetben a nedvességtartalom meghatározása után a keverési arány módosítandó. Szükség esetén szárított adalékanyag használandó.

Folyékony adalékszerek víztartalma számításba veendő.

#### **Keverék előállítása**

A **3.14. táblázatnak** megfelelően. A keverés történhet kényszerkeverővel, vagy a szóró berendezés saját keverőjével.

### **3.9. Konzisztencia**

A nedves eljáráshoz használt beton konzisztenciáját a beton továbbításának technológiai eljárása határozza meg. Adott cementtartalom és v/c tényező esetén a konzisztencia adalékszerekkel módosítható a keverőtelepen vagy a helyszínen.

### **3.10. Bedolgozási hőmérséklet**

A keverék hőmérséklete nem lehet 5°C alatt, vagy 35°C felett, amennyiben nincs különleges rendelkezés. A beton lövése 5°C környezet hőmérséklet alatt nem ajánlott.

### **3.11. Fiatal lövellt beton vizsgálata**

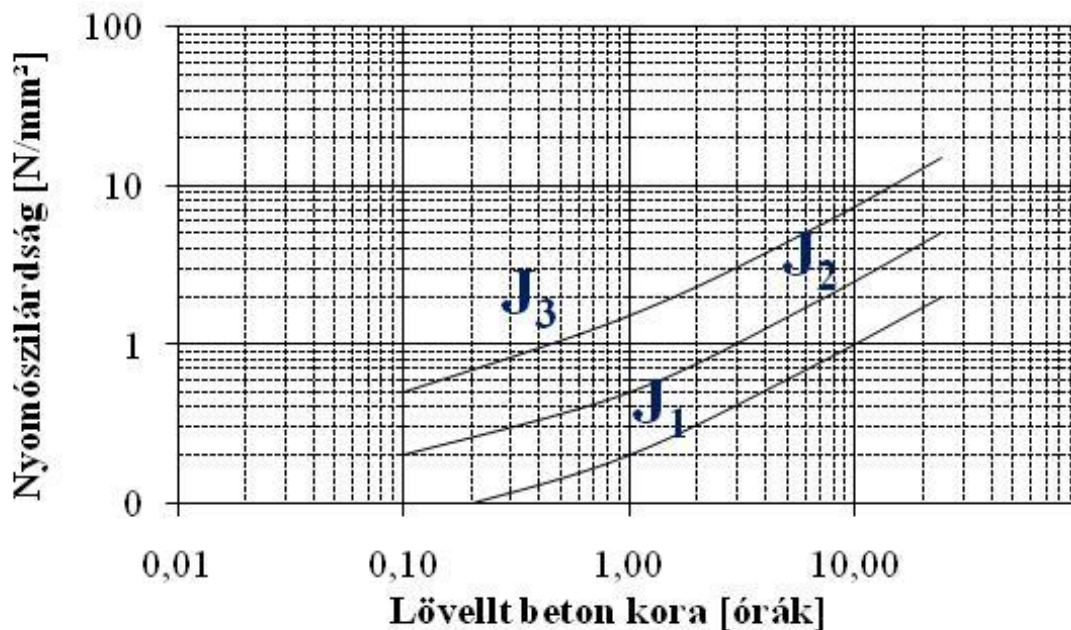
Fiatal lövellt betonnak minősül az a lövellt beton, amelyik még nem idősebb 24 óránál.

Amennyiben követelményeket támasztunk a fiatal lövellt beton szilárdsági alakulására vonatkozóan, akkor ezeket a korai szilárdsági osztályoknak **J<sub>1</sub>**, **J<sub>2</sub>**, **J<sub>3</sub>** megfelelően kell megállapítani (*lásd 3.2. ábra*).

Az első percekben kialakuló megfelelő mértékű szilárdság növekedés előfeltétele a fej feletti felhordásnak (2 perc után a szilárdság  $0,1 - 0,2 \text{ N/mm}^2$ ).

A szilárdság alakulásának jellege az első percek alatt nagy befolyással van a porképződésre és a visszaverődésre, mert gyors szilárdságnövekedés esetén a felületre felhordott lövellt beton hamar megköt, és a következő lövellt beton durva szemcséi nem tudnak kellően beágyazódni. Ebből az okból kifolyólag a porképződés és a visszaverődés nagyságát úgy csökkenthetjük, ha normális körülményű betonlövésnél a szilárdság értéke nem haladja meg a  $0,2 \text{ N/mm}^2$  2 perc után.

Erős vízbetöréseknél vagy kedvezőtlen altalajoknál nagyobb szilárdság elérése válik szükségessé az első perceket követően, eközben rövidebb ideig nagyobb porképződéssel és visszaverődéssel számolhatunk.



**3.2. ábra:** A fiatal lövellt beton korai szilárdsági osztályai

A fiatal lövellt beton szilárdságának alakulását a **8.1. pont** szerinti vizsgálati módszerrel határozzuk meg. A mérési időpontokat és a vizsgálati módszereket úgy kell a szilárdság alakulásával összehangolni, hogy lehetőleg egy folytonos vonalat kapjunk (a diagramban feltüntetett időpontokat irányértéknek kell tekinteni), miközben az adott vizsgálati módszerek miatt nem lehetséges a – a **3.2. ábrán** láthatóan – az  $1,0$  és  $2,0 \text{ N/mm}^2$  közötti szilárdsági értékek méréstechnikai meghatározása. Minden esetben ki kell mutatni a szilárdság fejlődés

jellegét a 6. perctől a 3. óráig, és legalább egy érték megadása szükséges 5 és 9 óra között (a mérőtartományban B eljárás), valamint 24 óra után.

9 és 12 óra utáni szilárdság kimutatás, csak különleges esetekben (pl. kis takarás, meglévő beépítés) szükséges, de a szilárdsági osztályban pontosabban részletezhetjük (pl. J<sub>2</sub>, és 12 h után: 5,0 N/mm<sup>2</sup>, 24 h után 10,0 N/mm<sup>2</sup>).

A **J<sub>1</sub>** lövellt beton alkalmas száraz aljzatra történő vékony rétegek felhordására, melyek nem rendelkeznek különösebb statikai követelményekkel, melyek mellett még a porképződés és a visszaverődés nagysága is kicsi.

A **J<sub>2</sub>** iránti igény adott, ha a lövellt betont vastag rétegben (fej felett is) nagy teljesítménnyel kell felhordani; továbbá csekély vízbetörésnél és a következő munkafolyamatból közvetlenül származó igénybevételeknél (pl. horgonylyukak fúrása, pallók beverése, robbanás általi megrendés).

A közetnyomásból, földnyomásból, vagy benyomuló terhekből keletkező hirtelen hatások estén is követelmény a **J<sub>2</sub>** osztály. Az alkalmazási terület a fiatal lövellt beton kihasználtsági fokától is függ. A vizsgálatok kimutatták, hogy a fiatal lövellt beton maximum 40 %-os kihasználtsága mellett a kúszási viselkedés lineáris, 80% felett erősen progresszív kúszási viselkedés várható szerkezeti hibákkal együtt.

A **J<sub>3</sub>** lövellt beton használatát csak tényleges igény esetén kell előírni (pl. nagy vízbetörés, statikai követelmények, gyors vágathajtás) a megnövekedett porképződés és a visszaverődés miatt.

## **4. TARTÓSSÁGI KÖVETELMÉNYEK**

### **4.1 Általános**

Tartós beton létrehozására, mely megvédi a vasalást a korrózió ellen, és ellenáll a tervezett élettartam alatt a környezeti és használati hatásoknak, a következő tényezőket kell figyelembe venni:

- összetevők megfelelő kiválasztása, ne legyenek ártalmas összetevők,
- olyan betonösszetétel kiválasztása, mely megfelel az előírt követelményeknek.

### **4.2. Kloridtartalom**

Nem haladhatja meg az EN 206 5.5 fejezetében leírt értékeket.

### **4.3. Alkáli tartalom**

Az adalékanyag alkáli tartalma nem haladhatja meg a nemzeti szabványban előírt értéket, az alkáli-szilika reakciók megelőzése érdekében.

### **4.4. A környezeti jellemzőkkel kapcsolatos követelmények**

A lövellt beton besorolandó az **MSZ EN 206 5.** fejezetében található környezeti osztályok szerint, a következő kivételezésekkel:

- a v/c nem lehet nagyobb, mint 0,55,
- a minimális cementtartalom  $300 \text{ kg/m}^3$ ,
- a fagyállóság nem légtartalom alapján határozandó meg, hanem fagyasztásos-olvasztásos vizsgálattal (**7.8. fejezet**),
- a minimális betonfedés a betonacélra és betonacél hálóra vonatkozik, nem az acélszálakra.

## **5. KEVERÉKEK ÖSSZETÉTELE**

### **5.1. Általános**

Száraz keverék esetén ajánlott a receptúra tervezése, az adott receptúrákkal szemben, mert jobban meghatározott és konzisztens anyagot eredményez.

### **5.2. Tervezett receptúrák**

A keverék tervezése a kivitelező feladata, az előírt nyomószilárdság és egyéb tulajdonságok elérése figyelembevételével.

Ezen kívül kikötendők a következő követelmények:

- legkisebb cementtartalom,
- maximális v/c tényező,
- hajlítószilárdság,
- szívósság,
- korai szilárdság,
- maximális szilárdság,
- áteresztőképesség,
- vízfelvétel,
- tapadás az alapfelülethez.

### **5.3. Adott receptúrák**

A kivitelező rendelkezhet adott receptúrával, mely a gyakorlatban már bevált az adott felhasználási célra.

A meglévő receptúra a következő adatokat kell, hogy tartalmazza:

- cement típus és tartalom,
- v/c tényező és/vagy konzisztencia,
- adalékanyag/cement arány,
- száltípus és adagolás (in situ),
- adalékanyag típusa és mennyisége,
- adalékszerek típusa és mennyisége,

- kiegészít anyagok típusa és mennyisége.

Száraz eljárás esetén nehézkes a víztartalom előírása, de helyszíni (in situ) víz-cement tényezők általánosan 0,35 - 0,5 között mozognak.

## 5.4. Vegyes receptúra tervezés

Amennyiben sem a tervezett, sem az adott receptúrával való tervezés nem megfelelő, lehetséges egy hibrid módszer, a **5.2 és 5.3 fejezetek** kombinálásával.

## 5.5. A keverék összetétele

A keverék a tudomány jelenlegi állása szerint az **5.1 táblázatnak** megfelelően kerül besorolásra, mint a száraz- és a nedves lövellt beton kiindulási terméke. A keverék összetételére vonatkozó irányértékek az **5.2. táblázatból** veendőek

### 5.1. táblázat: A keverék felosztása

	Száraz lövellt beton			Nedves lövellt beton
	Adalékanyagok víztartalma	w < 0,2 m%	Szab. tartománya w = 2,0 m % - 4,0 m % Szórás tartománya w = 1,5 m% - 5,0 m %	
Megnevezés	Száraz-keverék	Földnedves-keverék tárolható	Földnedves-keverék azonnali	Nedves-keverék
Rövidítések	<b>TM</b>	<b>FM-L</b>	<b>FM-S</b>	<b>NM</b>
Kötőanyagok	Cement és kiegészítő anyagok vagy lövellt betonkötőanyag	Cement és kiegészítő anyagok	lövellt betonkötőanyag	Cement és kiegészítő anyagok
Az kötésyorsító adagolása	Esetenként a keverő berendezésben	A feldolgozásnál	Esetenként a keverő berendezésben	A feldolgozásnál
Gyártás	Gyári vagy munkahelyi keverés	Gyári vagy munkahelyi keverés	Átfutó keverés a feldolgozásnál	Gyári vagy munkahelyi keverés
Tárolás	Zárt (pl. siló, zsák)	Védett helyen	-	Védett helyen
Felhasználhatóság	Nincs korlátozás	Korlátozott felhasználás	Nincs korlátozás	Korlátozott felhasználás
Tartalékolás (kötésslassítás nélkül)	Igény szerinti készletezés	Készletezésre való gyártás, feldolgozás a tárolási idő alatt (max. 1,5 h)	A közvetlen szükségletre való gyártás	Készletezésre való gyártás, feldolgozás a tárolási idő alatt (max. 1,5 h)

**5.2. táblázat** Az SpC és SpC III keverék összetevőinek irányértékei

	Száraz lövellt beton	Nedves lövellt beton
Cement, SBM kiegészítő anyagok (pl. pernye)	310 – 360 kg/m <sup>3</sup> 30 – 50 kg/m <sup>3</sup>	380 – 420 kg/m <sup>3</sup> 0 – 70 kg/m <sup>3</sup>
Kötőanyag-adagolás (cement, SBM és kiegészítő anyagok)	340 – 380 kg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	400 – 450 kg/m <sup>3</sup>
Víz-cement tényező	≤ 0,50 a J <sub>2</sub> és/vagy J <sub>3</sub> igénye esetén	
Konzisztencia (terülés)		Kedvező tartomány: sűrűáram: AM = 55-60 cm <sup>2)</sup> hígáram: AM = 65 ± 5 cm <sup>2)</sup>
Adalékanyagok: szabályozási tartomány: ld. 4/4 táblázat	d <sub>max</sub> 8, d <sub>max</sub> 11	d <sub>max</sub> 8, max. d <sub>max</sub> 11

<sup>1)</sup> 340 kg/m<sup>3</sup> alatti kötőanyag adagolás esetén a lövellt beton felületi tapadása jelentősen csökken

<sup>2)</sup> lásd 7.2 pont

**5.5.1. Száraz keverék (keverék száraz adalékanyagból)**

- Előállítás

A száraz-keverék, száraz adalékanyagok és cement, cement és EB és tetszés szerint kiegészítő anyagok, vagy lövellt beton-kötőanyagok (SBM) kombinációjából állítható elő egy helyszíni keverő-berendezésben, vagy gyári keverékként.

A keverő berendezésnek az alábbi kritériumoknak kell megfelelnie:

- Berendezés a cement, vagy lövellt beton-kötőanyagok és kiegészítő anyagok száraz tárolására, valamint berendezések az adott szemszerkezetű adalékanyagok tiszta tárolására,
- Mérlegek ± 0,3 m%-os mérési pontossággal, az összes kiindulási alapanyag esetén,
- Adagoló berendezések egy adott adagolási pontossággal (eltérések kell-van) a kiindulási alapanyagokra vonatkozóan az ÖNORM B 4710-1/NAD 15. táblázata szerint,
- Keverő berendezés kellő keverési teljesítménnyel, hogy egy homogén keverék előállítása lehetséges legyen. Mikroprocesszor-vezérlésű keverő berendezés, amely az ÖNORM B 4710-1, 9.6.2.3.1 pontjának megfelel. Dokumentálási terjedelem ezen irányelv 12.7 pontja szerint.

- Bedolgozási hőmérséklet

Az 5.3. táblázat értékeit kell betartani.

**5.3. táblázat:** A száraz- és a földnedves-keverék hőmérséklete a bedolgozás során

	TM	FM-L FM-S	TM	FM-L FM-S
Feldolgozási hőmérséklet	Max. °C		Min. °C	
Lövelt beton-kötőanyag	+ 60	+ 50	Nincs követelmény	
Adalékanyag	+ 40		+ 5	+ 10
Keverővíz	+ 60		Nincs követelmény	
Keverék	+ 40	+ 30	+ 5	+ 10

A keverék kedvező hőmérsékleti tartománya + 13 °C és + 25 °C közötti. A +13 °C alatti hőmérsékletek befolyásolják a kezdeti szilárdságot, a + 25 °C felettiak lerövidítik a feldolgozási időt. Negfagyott adalékanyagokat nem szabad felhasználni.

- Az adalékanyagok nedvességtartalma

A maximális nedvességtartalom: 0,2 m% ill. a lövelt beton-kötőanyag gyártója által megadott érték.

- Tárolás és szállítás

A száraz keverék zárt térben tárolandó, és a szállítás közben nem módosulhat hátrányosan. A szétosztályozódás elkerülése végett intézkedéseket kell alkalmazni (pl. központi cső a silóban, a silót nem ürítjük ki teljesen, rázó fenéklemezes kiürítés). A szállító levegő nedvességtartalma a lövelt beton kötőanyagoknál idő előtti kötéshez vezethet.

Az olyan keverékek, melyek az anyagátadásnál elszóródnak, vagy a lövőgép által kifújódnak, csak újbóli előkészítés után használhatóak fel.

- A keverék tárolhatósága

A száraz keverék TM tárolhatósága több hónapot is kitehet, a gyártó ennek megadására kötelezve van.

### 5.5.2. Földnedves-keverék (keverék földnedves anyagból) FM-L, FM-S

- Előállítás

A földnedves-keverék FM-L földnedves adalékanyagokból, cement és kiegészítő anyagokból állítható elő transzportbeton-üzemben, vagy munkahelyi keverőberendezésben, majd a felhasználás helyére szállítandó. A kiindulási alapanyagok



adagolási pontossága és a keverő-berendezés a **5.5.1 pontnak** kell, hogy megfeleljen. A keverő-berendezés a beépítés helyszínéhez olyan közel legyen, hogy az 1,5 órás maximálisan megengedett bdeolgozási idő kiegészítő intézkedések nélkül is teljesíthető legyen.

Az lövellt betonkötőanyag használata esetén a földnedves-keverék azonnali felhasználásra előállítása, a néhány percre korlátozott feldolgozási idő miatt, egy közvetlenül a lövellt betonszállító (lövőgép) előtt lévő állandó keverésű saját keverő-berendezésben történik. Egy állandó átkeverést biztosító keverő-berendezés engedélyezett. A kiindulási alapanyagok kimérése és átkeverése a felhordási felületen homogén lövellt betont kell, hogy eredményezzen. Az adagolás volumetrikusan (térfogatméréssel) történik adagoló fogaskerékkel, vagy a még jobb mérlegelő szalag segítségével. A kimérést úgy kell összehangolni, hogy a kívánt keverési arány az ÖNORM B 4710-1/NAD 15 táblázatnak megfelelő pontosságú legyen, és kellően dokumentálva legyen (kalibrálás a **12.5.1 pont** szerint). A tőrési hatás  $\pm 5\%$ -os emelése a száraz lövési eljárás összes kiindulási alapanyagának esetében engedélyezett, mivel a végleges keverési összetétel a felhordás során kerül beállításra.

- Feldolgozási hőmérséklet

Az **5.3. táblázat** hőmérsékleteit kell betartani.

A kedvező bedolgozási hőmérséklet megközelítéséhez szükséges műveletek:

- Alacsony hőmérsékleteknél: Fűtés (közvetlen gőzöltetés nélkül), lefedés ill. az adalékanyagok zárt térben tárolása, az adalék, ill. a keverővíz fűtése.
- Magas hőmérsékleteknél: A 4/8 ill. 4/11 frakciók permetezése, lefedés ill. az adalékanyagok zárt térben tárolása, különleges esetekben a kiindulási alapanyagok hűtése.

- Az adalékanyagok nedvességtartalma

Az összes adalékanyag nedvességtartalma 1,5 m % - 5,0 m % (szabályozás tartománya: 2,0 m % - 4,0 m %) közé kell, hogy essen.

A szabályozás tartományának betartása főleg SBM használata esetén fontos, hogy megfelelő minőségű keveréket és bedolgozást érjünk el. Ehhez a szállítás és tárolás

közbeni lefedés szükséges az időjárási viszontagságok ellen. Csekély nedvességtartalom esetén a keveréket nedvesíteni kell, közvetlenül a további feldolgozás előtt.

- Tárolás és szállítás

Az FM-L keveréket a feldolgozásig külső befolyások ellen védeni kell a szállítás és a tárolás alatt is. Az olyan keverékek, melyek az anyagátadásnál elszóródnak, vagy a lövőgép által kifújódnak, csak újbóli előkészítés után használhatóak fel.

- Bedolgozási idő

Az FM-L keverék feldolgozási ideje jelentősen függ a külső befolyásoló tényezőktől, a kötőanyag fajtájától és adagolásától, az adalékanyagok víztartalmától, ill. a hőmérsékletektől.

A lövellt beton kifogástalan minőségének biztosításához a **3.2. pont** szerint alkalmazható cementek esetén nem léphető túl az a szabály szerinti 1,5 óra, ami alatt a keverék feldolgozásra kerül. A bedolgozási idő meghosszabbítása csak kötéslassítók alkalmazása esetén lehetséges.

Az SBM használata esetén az FM-S keverék számára a termékspecifikus feldolgozás a mértékadó (néhány perces bedolgozási idő).

### 5.5.3 Nedves keverék

- A szivattyúzható beton és nedves-keverék előállítása hígáramú anyagszállításhoz a keverő-berendezésnek az ÖNORM B4710-1/9.6.2.3 pontjának kell megfelelnie. Mikroprocesszor vezérlésű berendezéseket kell használni. A gépkocsi által kevert beton használata is engedélyezett.

- Bedolgozási hőmérséklet

Az adalékanyagoknak és a frissbetonnak legalább 15 °C feletti hőmérséklettel kell legyenek. A 20 °C feletti hőmérséklettel rendelkező frissbetonok esetén a kötőanyag idő előtti hidratációja a szivattyúzott beton erős megmerevedését és kedvezőtlen kötési viselkedést okozhatja.

- Bedolgozhatóság

A feldolgozási idő szabály szerint lépheti túl az 1,5 órát. A bedolgozási idő meghosszabbítása kötéskeleltetők és kötéslassítók használatával lehetséges.

## **6. A LÖVELLÉS KIVITELEZÉSE**

### **6.1. Előkészítés**

A beton lövellése előtt a következő előmunkálatokra van szükség:

Kőzet megtámasztása esetén:

- laza kőzetdarabok eltávolítása,
- kőzetfelület felmérése a szükséges betonmennyiség céljából,
- vízkifolyások megszüntetése – a vízutánpótlás megszüntetése leeresztéssel vagy betöméssel.

Betonjavítás esetén:

- a szerkezet állapota felméréndő,
- az elváltozás okai megállapítandók és megszüntetendők amennyiben lehetséges,
- laza vagy nem megfelelő felületi réteg eltávolítása (beton, tégl stb) az alapfelület megfelelő tapadást kell hogy biztosítson,
- ha a beton alapfelület karbonátosodott, vagy kloriddal szennyezett, szükséges az újra alkalicálás, ill. a klorid eltávolítása. Ha ez nem lehetséges, a szennyezett betonrészt el kell távolítani, a szerkezeti egységesség megtartása érdekében.

### **6.2. A lövellés végrehajtása**

- előnedvesítés szükséges, amennyiben nincs ettől eltérő előírás,
- a nagyobb hiányosságokat elővigyázatosan kell feltölteni, a fő munkafolyamat előtt,
- a szórás lentről felfelé végzendő. Ennek oka a visszahulló anyagra történő rábetonozás elkerülése,
- a szórófej lehetőleg 90 fokos szögben tartandó a felülethez képest,
- A betonsebesség és a szórási távolság a maximális betontapadás és tömörödés figyelembe vételével megválasztandó.

### **6.3. Utókezelés**

Az EN 206-nak megfelelően, vagy bármely más módszerrel, mely biztosítja a cement folyamatos hidratálását az utókezelés ideje alatt

### **6.4. Fagy elleni védelem**

Fagy elleni védelem szükséges, amíg a beton el nem éri az  $5 \text{ N/mm}^2$  nyomószilárdságot

## 7. A KÉSZTERMÉKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

### 7.1. Nyomószilárdság

A lövellt beton nyomószilárdsága C24/30 és C48/60 között határozandó meg EFNARC *9.1.1. táblázata* szerint, az EN 206-nak megfelelően. (ld. *7.1. táblázat*)

*7.1. táblázat: Szilárdság jellemző értékei*

Jellemző szilárdsági értékek							
Szilárdsági osztály	C24/30	C28/35	C32/40	C36/45	C40/50	C44/55	C48/60
Henger	24	28	32	36	40	44	48
Kocka	30	35	40	45	50	55	60

Annak meghatározására, hogy a beton megfelel-e a nyomószilárdsági követelményeknek, az in situ követelményeket tartalmazó *7.2. táblázat* értékei használandók EFNARC *9.1.2. táblázata* szerint, melyek 50 mm átmérőjű 100 mm hosszú magmintára vonatkoznak, és tartalmazzák az in situ mintavétel 0,85 csökkentő tényezőjét.

*7.2. táblázat: Szilárdság jellemző értékei*

Legkisebb szilárdsági érték							
Szilárdsági osztály	C24/30	C28/35	C32/40	C36/45	C40/50	C44/55	C48/60
Henger, 50×100 mm	20,5	24	27	30,5	34	37,5	41

A *7.2. táblázat* értékei 3-3 db 28 napos szilárdsági értékek átlagai. Egyetlen egyedi nyomószilárdsági érték sem lehet az előírt szilárdság 75 %-ánál alacsonyabb.

Amennyiben lehetséges, a beton nyomószilárdsága nyomon követendő meghatározott korokban. Amennyiben az építési helyszín, a szilárdulás folyamatát befolyásoló tényezői megkívánják, a mintadarabokat ennek megfelelően szükséges utókezeln.

A vizsgálati módszerek a *8. fejezetben* találhatóak.

## 7.2. Hajlító-húzószilárdság

Amennyiben elő van írva hajlító-húzószilárdság, a **7.3. táblázat** értékei használandók. A hajlító-húzószilárdság nagyrészt a beton/habarcs függvénye (szálerősítés esetén is) és ezen tanulmányban úgy definiáljuk mint a maximális rugalmas húzófeszültség az első csúcsterhelésnél (lásd. **8.4.1. fejezet**).

**7.3. táblázat:** Hajlító-húzó szilárdsági eredményei

Legkisebb hajlító-húzószilárdsági érték			
Szilárdsági osztály	C24/30	C36/45	C44/55
Gerenda	3,4	4,2	4,6

Három gerenda hajlítószilárdságának átlagértéke a **7.3. táblázatban** található, a megfelelő osztályhoz tartozó értéket kell hogy elérje. Egyetlen egyedi érték nem lehet alacsonyabb, mint jellemző értéknek 75%-a.

## 7.3. Szívósság

### 7.3.1. Általános

Az anyag szívóssága meghatározható a maradó szilárdság osztálya (gerenda vizsgálatból) vagy energiaelnyelési osztályból (lemez teszt). Ezek a vizsgálatok nem adnak egymással összemérhető eredményt.

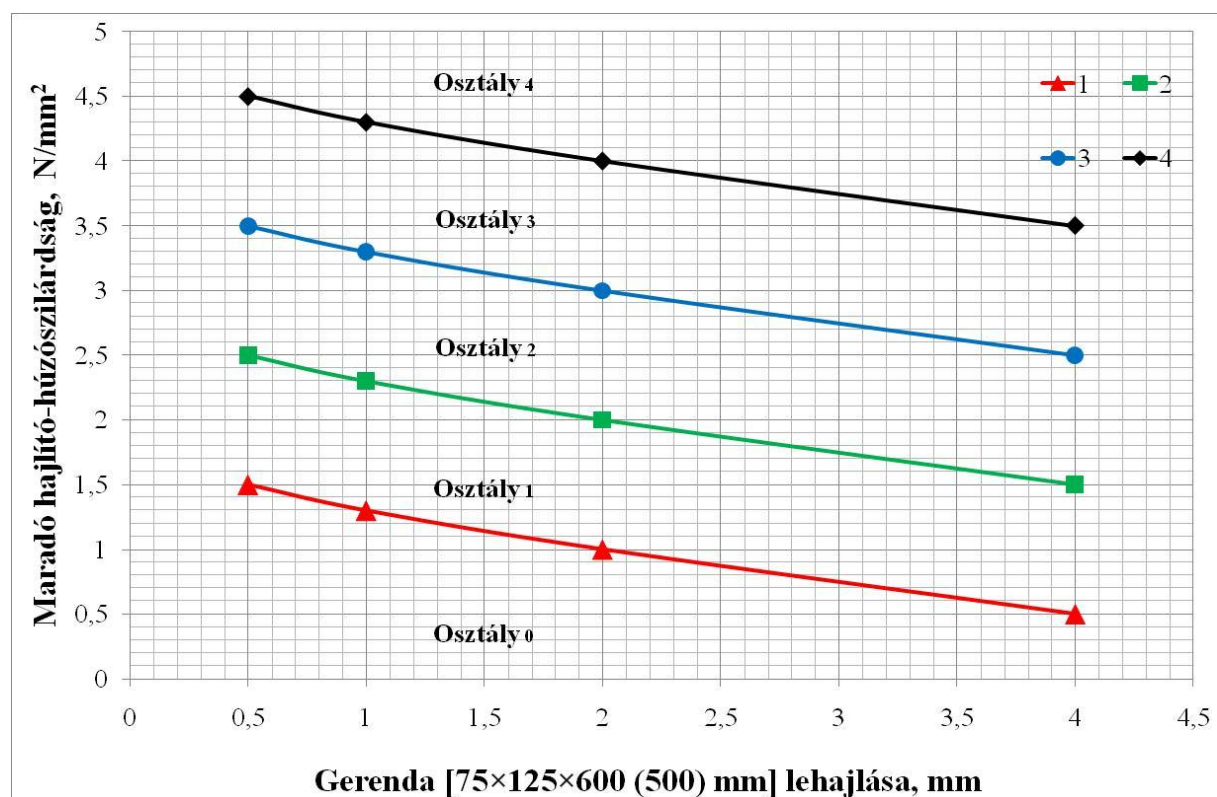
### 7.3.2. Maradó szilárdsági osztály

A **7.1. ábra** és a **7.4. táblázat** szerint a gerenda feszültség-alakváltozás diagramja alapján 5 maradó szilárdsági osztály határozható meg. A táblázat pontosan megadja a 4 pontot, melyek meghatározzák a határokat az egyes osztályok között. A három gerenda közül legalább kettő meg kell hogy tartsa az osztályához előírt hajlító-húzófeszültséget egészen a lehajlásnak az alakváltozási osztályban megadott értékének eléréséig. Pl.: a normál alakváltozási osztályba tartozó gerenda meg kell hogy tartsa az előírt értékű vagy annál magasabb hajlító-húzófeszültséget 0,5 és 2,0 mm középponti lehajlás között. Egy gerenda feszültség-

alakváltozás diagramja sem eshet az eggyel alacsonyabb osztály görbéje alá (kivétel az 1. osztály)

7.4. táblázat: Maradóhajlító-húzószilárdsági osztályok

lehajlási osztály	gerenda lehajlása, mm	Maradószilárdság a szilárdsági osztályhoz, N/mm <sup>2</sup>			
		1	2	3	4
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
alacsony	1	1,3	2,3	3,3	4,3
normál	2	1	2	3	4
magas	4	0,5	1,5	2,5	3,5



7.1. ábra: Maradó hajlító-húzószilárdsági osztályok

Az alakváltozási osztályok célja annak lehetővé tétele, hogy a tervező megválassza a lövellt beton alakváltozását használati körülmények között. Egy adott osztályhoz tartozó megengedett lehajlás meghatározható, mint a szögelfordulás, vagy repedéstágasság függvénye, a tartó felezőpontjánál. (pl. 1 mm lehajlás = 0,25 fok, vagy 0,67 mm)

### 7.3.3. Energiaelnyelési osztályok

Amennyiben elő van írva energiaelnyelési osztály, a 7.5. táblázat értékei használandók a lemez tesztre vonatkozóan.

7.5. táblázat: Energia elnyelési osztályok

Osztály	Energia elnyelő képesség joulanban 25 mm lehajlásnál
a	500
b	700
c	1000

### 7.4. Rugalmassági modulus

Ha a modulus (nyomás, húzás, vagy hajlítás esetén) befolyásolja a szerkezet viselkedését, vagy teherbírását, az helyszíni (in situ) modulus megállapítása szükséges. Zsugorodási vagy hőtágulási követelmények esetén a tervezőnek elő kell írnia a megfelelő értékeket.

### 7.5. Tapadás

Amennyiben elő van írva tapadási szilárdság, a 7.6. táblázat értékei használandók, beton és kőzet esetére. Amennyiben a kőzethez nem tapad (köt) a beton, még tisztítás után sem, nem lehet előírni kötési szilárdságot.

Egyetlen egyedi érték sem lehet az átlagérték (3 db 28 napos minta) 75%-ánál alacsonyabb.

7.6. táblázat: Tapadó-szilárdság, minimális követelmény

Tapadás típusa	Minimális tapadó-húzószilárdság betonban, N/mm <sup>2</sup>	Minimális tapadó-húzószilárdság a beton és kőzet között, N/mm <sup>2</sup>
Nem szerkezeti	0,5	1
Szerkezeti	1	0,5



## 7.6. Száltartalom

A száltartalom  $\text{kg/m}^3$ -ban határozandó meg, lövés utáni állapotra vonatkozóan. A hajlító-húzószilárdság és/vagy szívósság elérése in situ száltartalom vizsgálattal határozható meg. A minőségbiztosítás érdekében meghatározható minimális száltartalom (in situ vagy teszt panelekkel) a száltartalom vizsgálat eredménye 3-3 friss és megszilárdult minta átlagaként számolható. Az átlagérték meg kell hogy haladja a minimum értéket, és egyedi érték nem lehet 75 % alatt.

## 7.7. Áteresztőképesség

Vízzáró lövellt beton esetén az EN 7031-nek megfelelően a vízbehatolás maximális mértéke nem haladhatja meg az 50 mm-t, és az átlagérték nem lehet több mint 20 mm.

Alternatív módszerként a vízzáróság meghatározható a vízáteresztés mérésével. A lövellt beton vízzárónak tekinthető, amennyiben a vízáteresztés együtthatója kisebb, mint  $10^{-12}$  m/s.

Vízzáróság követelménye esetén általában az Erősen agresszív környezeti osztályba sorolt lövellt beton alkalmazandó.

Amennyiben lehetséges, építés előtt vizsgálandó és meghatározandó a gázáteresztő-képesség.

## 7.8. Fagyállóság

Az MSZ EN 206 (MSZ 4798-1) szerinti sómentes fagyasztásos-kiolvasztásos módszerrel vizsgált lövellt betonra nincsenek további követelmények fagyállóság szempontjából. Agresszív környezet esetén (MSZ EN 206) a fagyállósághoz a következő követelményeknek kell megfelelni:

- Lehámlási ellenállás, sós vagy tiszta vízben, a kitéti osztálynak megfelelően, SS137244 vagy ASTM C 672,
- ASTM C666 fagyasztás-olvasztás ellenállás vízbe merítéssel.

## 8. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

### 8.1. A fiatal lövellt beton vizsgálata (korai szilárdsági osztály)

Mérési tartománytól függően (lásd 3.2. ábra) a 8.1.1 pontnak és 8.1.2 pontnak megfelelően különböző módszerek alkalmazhatóak a szilárdság vizsgálatára.

#### 8.1.1 Túpenetrációs (behatolási) vizsgálat (mérési tartomány 0 – 1,0 N/mm<sup>2</sup>)

A túpenetrációs vizsgálatnál megméri az erőt, amely szükséges egy meghatározott méretű tűnek a lövellt betonba történő 1,5 cm-es benyomására. A méréshez az ASTM C 403-95 megfelelően egy Proctor-penetrométer<sup>1)</sup> használunk. A készülék a kalibrált rugó összenyomásakor megmutatja az ellenállási erő nagyságát a mérőórán.

A készülék és a vizsgálati módszer leírása:

a) Tű 3 mm átmérővel és 60° alatti tűhegykiképzéssel a nyomószilárdság meghatározására 0,1 N/mm<sup>2</sup>-ig.

A módszer a közönséges lövellt betonokra ezen irányelv szerint van kalibrálva.

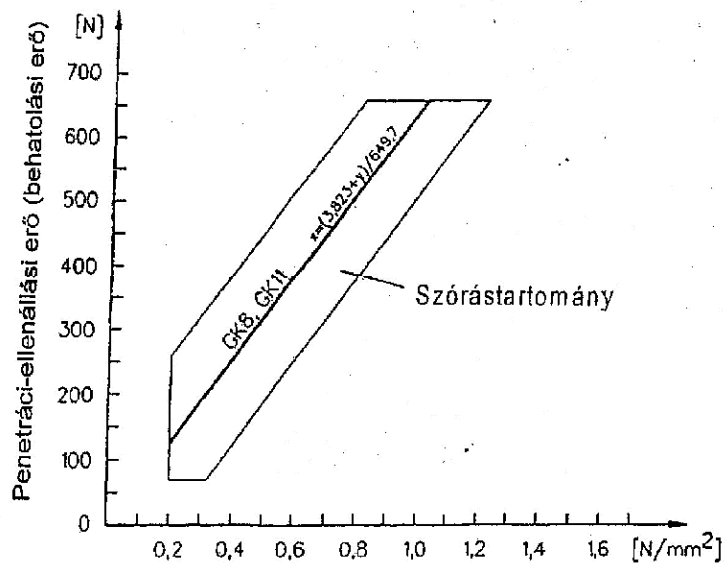
Ettől való eltérés esetén a saját kalibrálási-görbéket az alábbiak szerint kell előállítani:

A kalibráláshoz 20 cm × 20 cm × 20 cm méretű próbakockák és 30 cm × 30 cm × 10 cm méretű lemezek lesznek előállítva. Mindig azonos időpontban kell meghatározni a próbakockák szilárdságát és elvégezni a lemezek vizsgálatát. A kiértékelés a regressziós számítás szerint történik.

b) Vizsgálat és kiértékelés

- A készülék elhelyezése és a tű egyszerre történő folytonos benyomása 1,5 cm mélyre,
- Az ellenállási erő leolvasása, majd feljegyzése,
- Legalább 10 egyedi kísérlet vizsgálati eljárásonként – eközben ügyelni kell egy nagyobb adalékszem elkerülésére,
- Időpont és vizsgálati hely rögzítése.

A b) alpont szerinti mérések középértékével megkapjuk a kalibrálási görbéből a kockaszilárdságot (8.1. ábra). Extrapolációk nem megengedettek.



8.1. ábra: Kockaszilárdság meghatározása

## 8.1.2. Szögbelövési-vizsgálat

### 8.1.2.1 Mérési tartomány: 2 – 16 N/mm<sup>2</sup>

Belövőszögeket lövünk a betonba, meghatározzuk a behatolási mélységet és közvetlenül utána meghatározzuk méréssel a kihúzáshoz szükséges erőt. A nyomószilárdság paramétere a kihúzó erő és a behatolási mélység hányadosa, amiből megbecsüljük a nyomószilárdságot. A belövéshez zöld patronú HILTI DX 450 L típusú készüléket használunk.

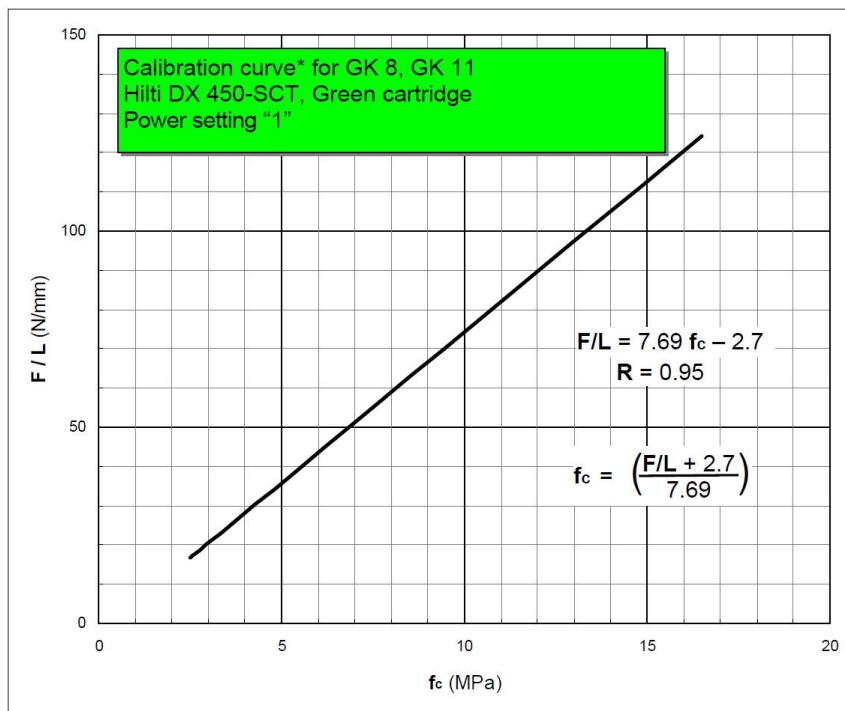
A kihúzóerőt egy kihúzóvizsgálathoz alkalmas eszközzel (pl. HILTI vagy ETIRIP) határozzuk meg. A viselkedés közönséges lövellt betonokhoz lett kalibrálva. Ettől való eltérés esetén – főleg az adalékanyagok Mohs-féle keménység szerint – a kalibrálást a 8.1.1 pont szerint kell elvégezni.

#### Vizsgálati eljárás és kiértékelés

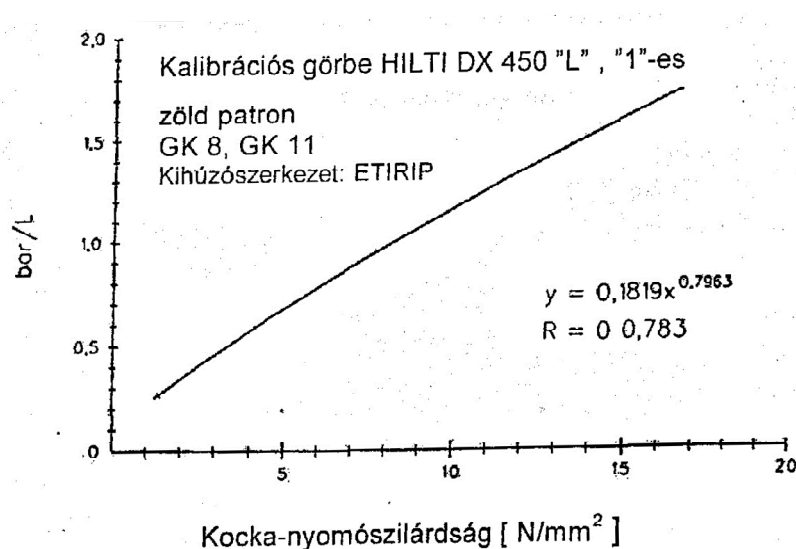
- Szögek betöltése és készülék „1.” beállításon,
- Készülék elhelyezése és szög belövése, 10 egyedi kísérlet vizsgálati eljárásonként,
- A szögek kinyúlásának mérése és feljegyzése,
- Behatolási mélység megállapítása,

- Anya rögzítése és a szögek azonos sorrendben történő kihúzása,
- Kihúzóerő, időpont és vizsgálat helyének rögzítése, erő korrigálása a kalibrálási-görbe segítségével,
- A kihúzóerő „F” és a behatolási mélység „L” arányának meghatározása – az egyedi értékek F/L-j e,
- A mérések középértékének segítségével a kockaszilárdság meghatározása a kalibrálási-görbéből a **8.2. vagy 8.3. ábrának** megfelelően.

A vizsgálat megengedi a mérés tetszőleges helyen történő elvégzését, előkészületek nélkül. Ebből kifolyólag nagyon alkalmas ellenőrző vizsgálatok ellenőrzésére. A mérőhelyek nagyobb területre való szétosztása esetén a beton nyomószilárdságának mindenkori ingadozása megragadható.



**8.2. ábra:** A szögbelövési-vizsgálat kalibrálási görbéje, mérési tartomány  $2 \text{ N/mm}^2 - 16 \text{ N/mm}^2$ , HILTI szögbelövő



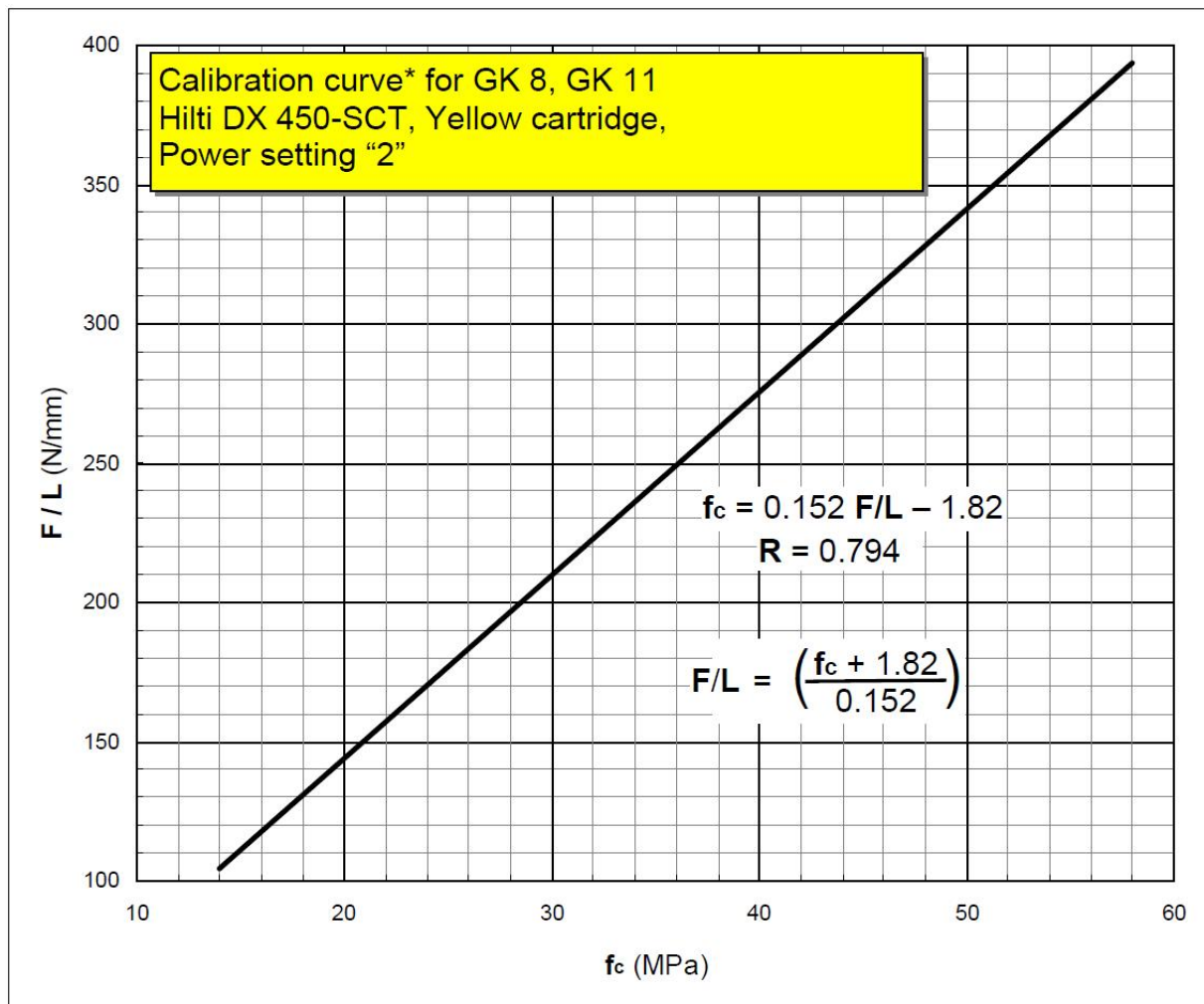
**8.3. ábra:** A szögbelövési-vizsgálat kalibrálási görbéje, mérési tartomány  $2 \text{ N/mm}^2 - 16 \text{ N/mm}^2$ , ETIRIP szögbelövő

#### 8.1.2.2 Mérés tartomány: $17 - 56 \text{ N/mm}^2$

M6-8-52 D12 (60mm) típusú HILTI-belövőszögeket behajtása a betonba, a behatolási mélység meghatározása, majd közvetlenül utána kihúzása, a kihúzóerő mérése mellett.

A nyomószilárdság paramétere a kihúzó erő és a behatolási mélység hányadosa, amiből meghatározzuk a nyomószilárdságot. A belövéshez sárga patronú HILTI DX 450 L típusú készüléket használunk, 2. beállítás mellett. A kihúzóerőt egy kihúzóvizsgálathoz alkalmas eszközzel (pl. HILTI Tester 4) határozzuk meg. A viselkedést közönséges betonok esetében egy referencia-egyenes jellemzi (8.4. ábra), a többváltozós kiértékelés  $y = 44,297 + 0,057 \times F/L - 1,546 \times L$ ,  $R = 8,24$ -re javítja a korrelációt. Ettől való nagy eltérés esetén, – kiváltképp az adalékanyagok Mohs-féle keménységétől – egy újabb referencia-egyeneset kell meghatározni 8.1.1 pontnak megfelelően.

A kezdeti vizsgálat során, a lövellt beton magmintáinak vizsgálatával egyidejűleg, (7, 28, vagy 56 nap után – legalább 2 mérés) egy összehasonlító vizsgálatot kell elvégezni, a szögbelövő-vizsgálat segítségével. Az átlagos magminta-szilárdság és a 10 mérésből származó F/L hányados átlagának kapcsolatát ábrázolni kell a referencia-egyenes diagramjában. A referencia-egyeneset addig kell párhuzamosan eltolni, amíg regressziós egyenesként meg nem adja a magminta-nyomószilárdságok és az F/L mérési adatok közötti kapcsolatot (= kalibrálási-görbe). A referencia-egyenes és regressziós-görbe közötti nagyobb eltérés esetén egy újabb kalibrálást kell elvégezni.



**8.4. ábra:** A szögbelövesi vizsgálat referencia-egyenes, mérési tartomány:  $17 \text{ N/mm}^2 - 56 \text{ N/mm}^2$

Vizsgálati eljárás és kiértékelés:

- Szögek betöltése és készülék „2” beállításon, sárga patron,
- Készülék elhelyezése és szög belövése, 10 egyedi kísérlet vizsgálati eljárásonként,
- A szögek kinyúlásának mérése és behatolási mélység meghatározása,
- Anya rögzítése és a szögek azonos sorrendben történő kihúzása,
- Kihúzóerő leolvasása,
- A kihúzóerő „F” és a behatolási mélység „L” arányának meghatározása,
- Középtértékképzés és a regressziós-egyenesből (nem referencia görbe) a magminta-szilárdság leolvasása.

## 8.2. teszt panelek és próbatestek

Kézi szórás esetén min. 60×60 cm-es, gépi szórás esetén min. 100×100 cm-es vízzáró anyagú, merev sablon. A próbatest vastagsága legalább 10 cm legyen, de igazodjon annak többi méretéhez. Megakadályozandó a visszahulló anyag bedolgozása a próbatestbe.

A zsalu függőlegesen legyen elhelyezve, és a munkahelyi körülményeknek megfelelően, azonos berendezéssel, technológiával, rétegvastagsággal, szórási távolsággal stb. történjen a bedolgozás. A kezelő ugyanaz a személy legyen.

Bedolgozás után a zsaluzat 18 órán át mozdulatlan legyen. Az utókezelés ezután 7 napig történjen, a kizsaluzásig.

A próbatesteken történő mintavétel történhet fúrással vagy vágással (EN 7034) de a próbatest szélétől számított 125 mm-es rész nem lehet benne (kivéve hajlítási/szívóssági vizsgálatokhoz készített gerenda esetén a gerendavég benne lehet)

Szállítás közben a mintadarabokat meg kell védeni mechanikai sérülés és kiszáradás ellen.

## 8.3. Nyomószilárdság és testsűrűség

Az EN 4012-nek megfelelően, a kész szerkezetből vagy tesztpanelekből fúrt mintákon, melyeknek átmérője 50 mm, a magasság/átmérő aránya 1,0-2,0. 2,0-tól eltérő arány esetén a vizsgálati eredmények a **8.1. táblázat** segítségével átváltandók ekvivalens henger nyomószilárdsággá.

**8.1. táblázat:** *Fúrt magminták nyomószilárdsági eredményeinek átszámítása szabványos kockára vagy hengerre*

Fúrt magminták, magasság/átmérő	kockára átszámított érték	Hengerre átszámított érték
2,00	1,15	1,00
1,75	1,12	0,97
1,50	1,10	0,95
1,25	1,07	0,93
1,10	1,03	0,89
1,00	1,00	0,87
0,75	0,88	0,76

A nyomószilárdság megállapítható legalább 60×60×60 mm-es kocka próbatesteken is, az EN 6275-nek megfelelően.

A sűrűség az EN 6275-nek megfelelően levegőben és vízben történő méréssel állapítható meg (vízkiszorításos módszer).

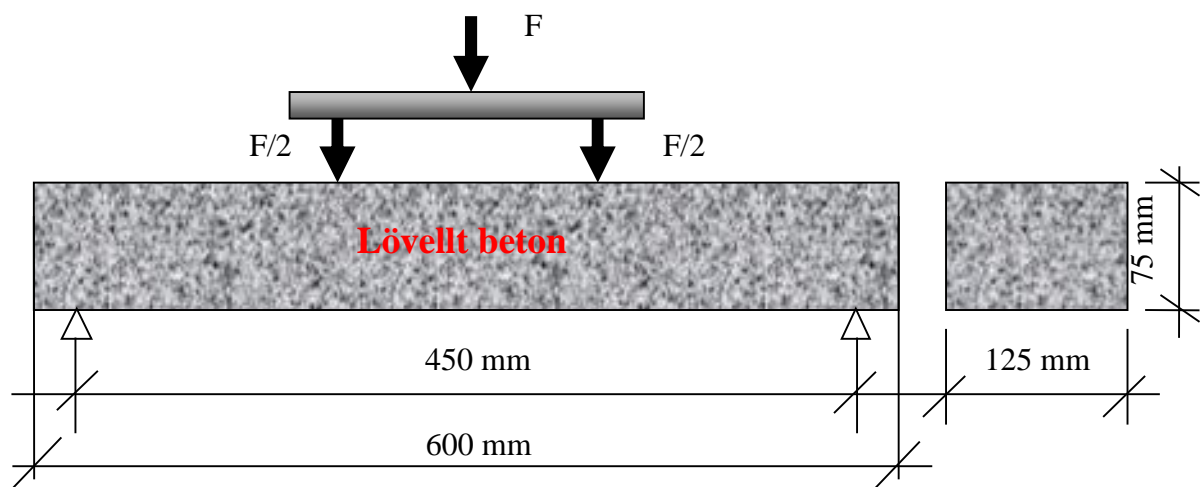
A vizsgálatok 7 és 28 napos korban végzendők.

A vizsgálati jegyzőkönyv a következőket tartalmazza:

- Próbatest jele és méretei,
- nedvességi állapota,
- utókezelés és kor,
- maximális teher és nyomószilárdság (0,5 N/mm<sup>2</sup> pontossággal),
- sűrűsége (10 kg/m<sup>3</sup> pontossággal),
- külső jellemzők (amennyiben szokásostól eltérő).

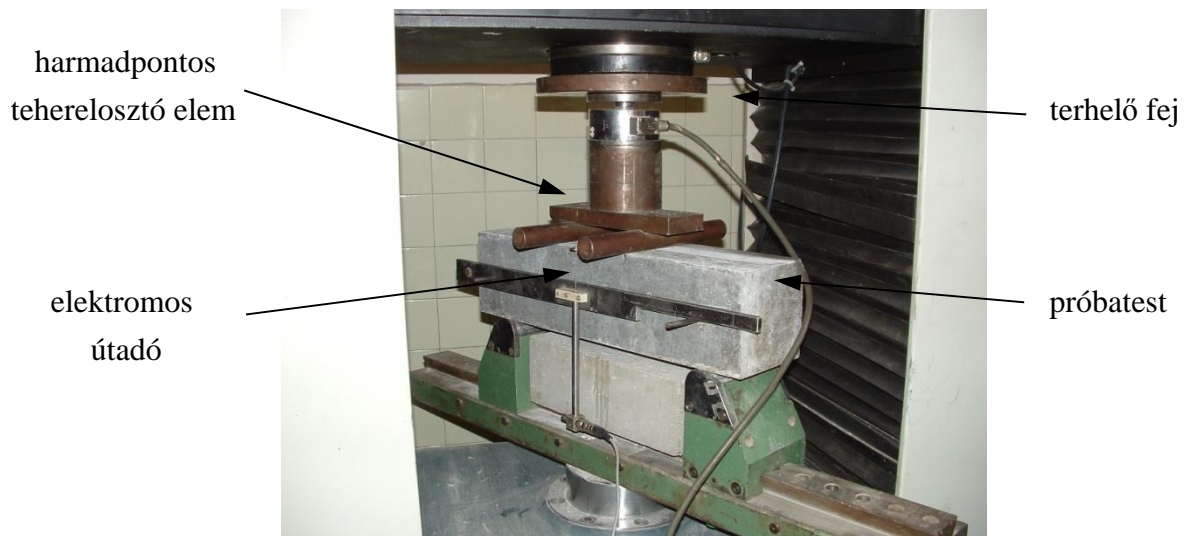
#### 8.4. Hajlítási és maradó szilárdság

A hajlító-húzószilárdság és maradó hajlító-húzószilárdság vizsgálata 75×125×600 (500) mm-es gerenda próbatesteken végzendő, melyek a tesztpanelekből lettek kivágva. Az erők a harmadpontokon hassanak. A próbatestek kivágás után, közvetlenül a vizsgálatig legalább 3 napig vízben legyenek. A gerenda elhelyezése a 8.5. *ábra* alapján történjen. A vizsgálat 28 napos korban végzendő. A készített próbatestek meg kell felelni az *EN 12390-1* szabvány követelményeinek.



8.5. *ábra*: A lövelt beton próbatest alakja és a terhelés módja





**8.1. kép:** Kísérleti elrendezés az Instron törőgépben

Vizsgálat közben mérhető kell legyen a lehajlás a fesztáv felénél, a támaszelmozdulás figyelembe vételével. A lehajlás sebessége a 0,5 mm lehajlási érték eléréséig  $0,25 \pm 0,05$  mm/perc legyen. Ezután a sebesség 1,00 mm/perc-re növelhető. Az erő-lehajlás görbe folyamatosan regisztrálendő.

A vizsgálati berendezés legyen kellően merev a valós lehajlási értékek regisztrálásához. A felfekvési és terhelési pontok 10-20 mm-es sugárral legyenek lekerekítve. A vizsgálat véget ér, ha a gerenda eléri a 4mm-es lehajlást.

#### **8.4.1. Hajlítószilárdság megállapítása**

A hajlítószilárdság a erő-lehajlás görbéből becsülhető, a következőképpen: A görbe kezdeti, egyenes szakasza a maximális teher 50 %-ánál vehető fel. Ezt az egyenest 0,1 mm-rel eltolva a lehajlási skálán, az egyenes és az erő-lehajlás görbe metszéspontjából ( $P_{0.1}$ ) számolható a hajlítószilárdság. A hajlító-húzószilárdság ekvivalens rugalmas húzószilárdságként számítható.

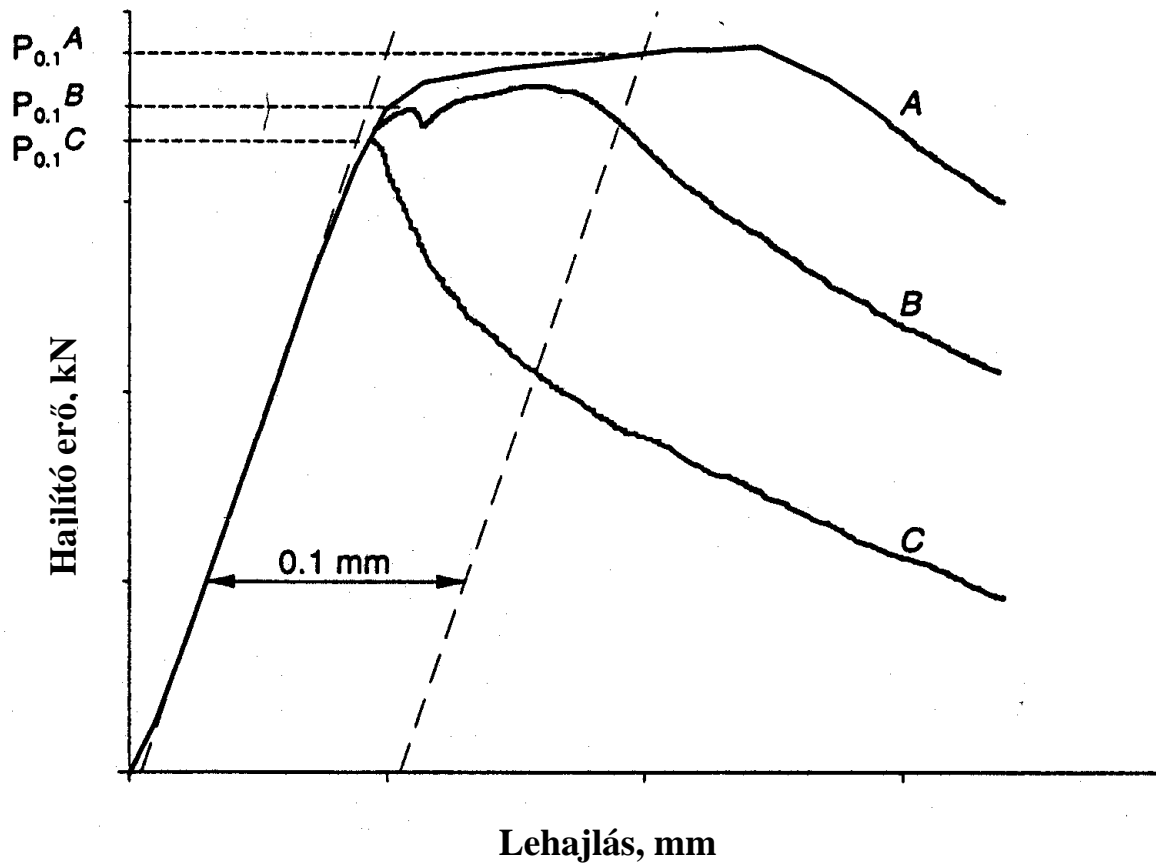
$$\text{Hajlítószilárdság} = P_{0.1} \times l / (b \times d^2) \quad [\text{N/mm}^2]$$

ahol:

$l$  = fesztáv (450mm)

$b$  = gerenda szélesség (125 mm)

$d$  = gerenda magasság (75 mm)



8.6. ábra: Erő-lehajlási görbék (MSZ EN 14488-3:2006)

A jegyzőkönyv tartalmazza:

- Vizsgálati berendezés típusát,
- Próbatétel jelét,
- méreteit,
- utókezelést, kort,
- alakváltozás mértékét,
- erő-lehajlás diagramot és az első csúcsterhet ( $P_{0.1}$ ),
- számított hajlítószilárdságot,

#### 8.4.2. Maradó szilárdsági osztály meghatározása

A maradó szilárdsági osztály meghatározható az erő-lehajlás görbéből, a lehajlásból származó húzófeszültség értékeiből 0,5, 1, 2 és 4 mm lehajlások között, az alakváltozási osztálytól függően MSZ EN 14487-1 szerint. (ld. **7.1. ábra** és **7.4. táblázat**)

Ajánlott minden egyes gerenda esetén a gerenda maradó hajlítási osztályhoz tartozó hajlítási feszültség teherré (erővé) konvertálása (a gerenda méreteinek felhasználásával) és ezen értékek ponthalmazának ábrázolása és egyenesekkel történő összekötése az erő-lehajlás diagramon.

A vizsgálati jegyzőkönyv tartalmazza:

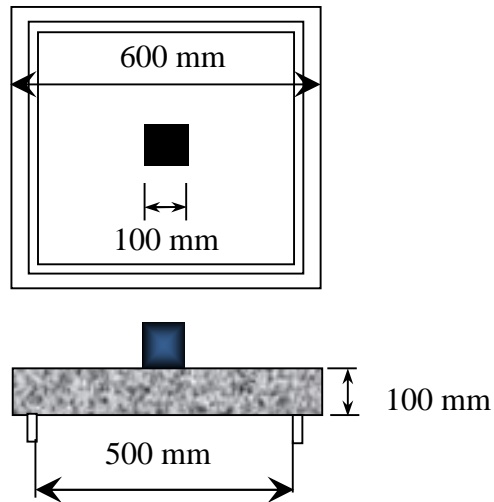
- berendezés típusát,
- próbatest jelét,
- méreteit,
- utókezelést és korát,
- alakváltozást,
- erő-lehajlás diagramot, az alakváltozási osztályokhoz tartozó hajlítószilárdsági értékekkel,
- alakváltozási és maradó szilárdsági osztályé.

## **8.5. Energiaelnyelési vizsgálat (lemez teszt)**

Egy négy sarkán megtámasztott, 600×600×100 mm-es lemez középső 100×100 mm-es felületét terheljük (**8.7. ábra**). Vizsgálat közben a durva felület lefelé nézzen, mivel a teher a szórással ellentétes oldalon jelentkezik.

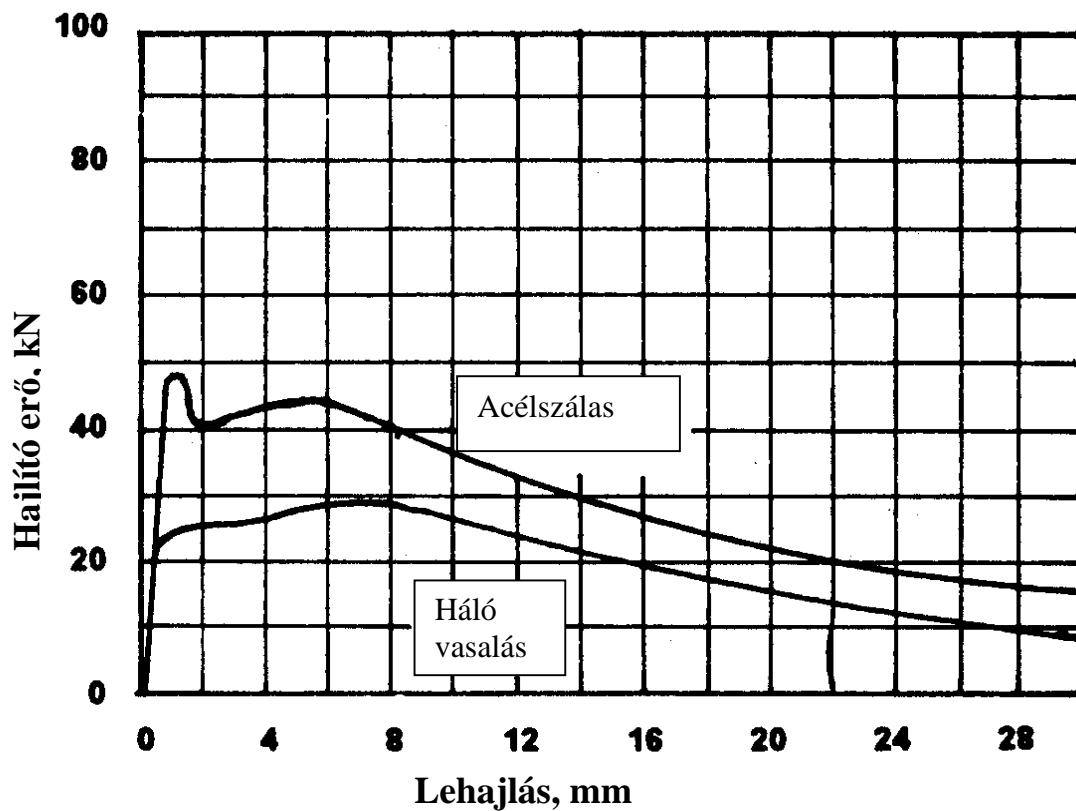
Az alakváltozás sebessége 1,5 mm/perc.

A lemez egy lövellt beton panelből kerüljön kivágásra.



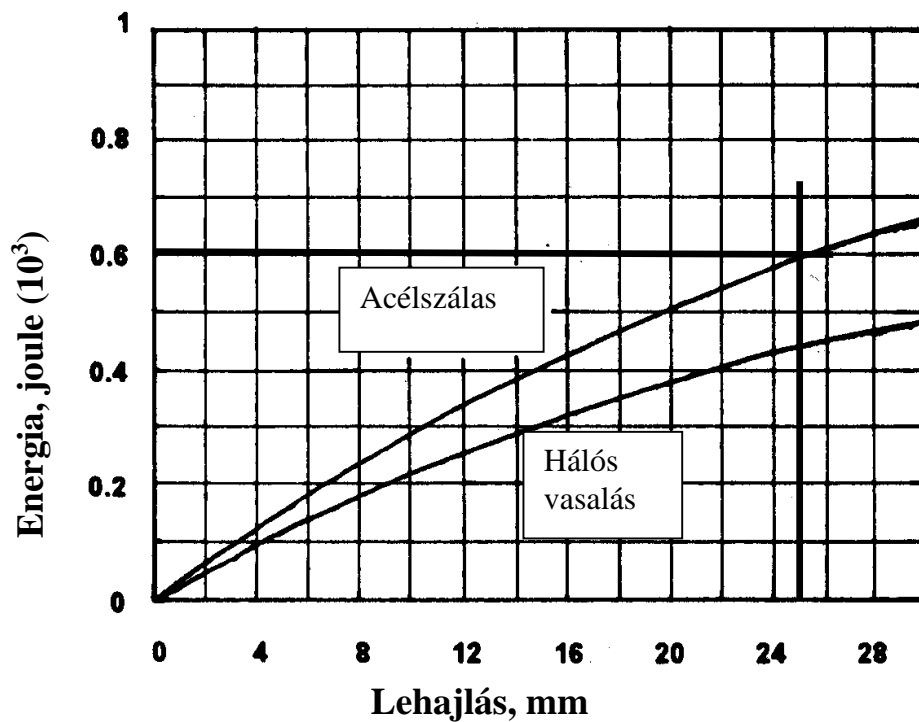
8.7. ábra: Löveltt beton panel lemez alakja és a terhelés módja

Az erő-lehajlás görbe (8.8. ábra) rögzítése a 25 mm-es középponti lehajlás eléréséig történjen. Az erő-lehajlás görbéből megrajzolható egy görbe, mely az elnyelt energiát a lemez alakváltozásának függvényében adja meg. (8.9. ábra)



8.8. ábra: Erő-lehajlási görbe (MSZ EN 14488-5:2006)

A szívóssági követelmények adott alakváltozáshoz tartozó elnyelt energia mennyiséggel kerültek meghatározásra.



8.9. ábra: Energia lehajlási görbe (MSZ EN 14488-5:2006)

A vizsgálati jegyzőkönyv tartalmazza:

- berendezés típusa és merevsége,
- próbatest jele,
- méretei,
- utókezelés és kor,
- alakváltozás mértéke,
- számított energia-alakváltozás görbék,
- első repedéshez tartozó teher és maximális teher,
- elnyelt energia a 25 mm-es lehajlás eléréséig (Joule).

## 8.6. Rugalmassági modulus

Az EN 6784-nek megfelelően.

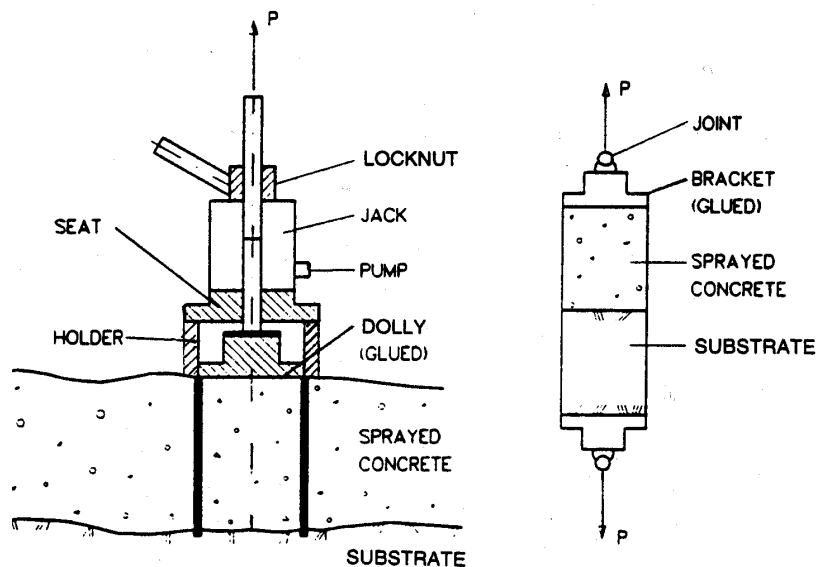
A jegyzőkönyv tartalma:

- próbatest jelét,

- méreteit,
- utókezelést és kort,
- alakváltozás mértékét,
- erő-lehajlás görbét,
- becsült rugalmassági modulust.

## 8.7. Tapadási erő

A tapadási erő megállapítása részleges magminta húzási vizsgálattal történik (MSZ EN 1542) a **8.10. ábra** szerint. A tehernövelés mértéke  $1.0\text{-}3.0\text{ N/mm}^2/\text{perc}$  között legyen. A magátmérő  $50\text{-}60\text{mm}$  legyen. Az húzóerőnek központosnak kell lennie.



**8.10. ábra:** magminta húzási vizsgálata (MSZ EN 14488-4:2005)

A jegyzőkönyv tartalma:

- Vizsgáló laboratórium nevét és címét,
- Jegyzőkönyv készítési időpontját,
- próbatest nevét,
- méreteit,
- kora és utókezelését,
- Vizsgálat időpontját,
- terhelés sebességét,

- maximális erőt, számított tapadási erőt,
- tönkremenetel módját és síkját.

## **8.8. Áteresztőképesség**

Az EN 7031-nek megfelelően

## **8.9. Fagyállóság**

A lehámlási ellenállás vizsgálata ASTM C672 vagy SS 137244 szerint, fagyasztási-kiolvastási ellenállás ASTM C666 szerint.

## **8.10. A lövellt beton száltartalmának meghatározása**

A lövellt beton száltartalma meghatározható friss és megszilárdult beton/habarcsmintákon. Mindkét fajta minta alkalmas acélszálak esetére, azonban szintetikus szálak esetén csak frissbetonmintán végezhető.

Friss minták az alapkeverékből nyerhetők, az in situ anyagból, vagy panelteszt során. Szilárd minták vehetők in situ anyagból, vagy tesztpanelből. Figyelembe veendő, hogy a száltartalom helyenként eltérő lehet, a szórásifolyamat jellege miatt.

### **8.10.1. Szilárd minta**

3 mintadarabra van szükség, melyet helyszíni (in situ) vagy tesztpanelekből vágathatók ki. Az átmérő 75-150 mm, a minta hossza 75-150 mm. (amennyiben a rétegvastagság kisebb, mint 75 mm, a minta hossza megegyezik a rétegvastagsággal). A magminták térfogata számítható a méretek alapján, vagy vízbemerítéses módszerrel. (EN 6275)

A magmintákat össze kell törni annyira, hogy minden egyes szál elkülöníthető legyen a betontól. Mágnesezhető szálak könnyedén eltávolíthatók mágnes segítségével. A szálakat tisztítani kell, majd a tömegüket 0,1 g pontossággal megmérni.

### **8.10.2. Friss minta**

3 db mintadarabra van szükség, in situ vagy tesztpanelből kivágva. A minták tömege 1-2 kg legyen, és egy darabban kell eltávolítani a mintavétel helyéről. A minták térfogata vízbemerítéses módszerrel határozandó meg (EN 6275).

A minta vízzel történő szétmosása után az összetevők szétválaszthatók egy szűrőberendezéssel. Szintetikus szálak esetén alkoholba merítés és megkeverés után a szálak a felszínre emelkednek. A szálakat tisztítani kell, majd tömegüket 0,1 g pontossággal megmérni.

### 8.10.3. Száltartalom meghatározása

Az egyes mintadarabok száltartalma a szálmennyiségből és a minta térfogatából számítható ( $\text{kg/m}^3$ ).

A jegyzőkönyv tartalma:

- minta jelét (mintavétel helyét, lövés időpontját),
- minta típusát (szilárd vagy friss) méreteit, térfogatát,
- vizsgálat időpontját,
- száltípust,
- számított száltartalom mintánként, és a 3 minta átlagát.

## 8.11. A szulfátállóság vizsgálata

### 8.11.1. A szulfátállóság meghatározása a kiindulási alapanyagokon keresztül

A lövellt beton szulfátállósága adottak tekinthető, ha III. osztály szerint, és mint XC4 (maximális behatolási mélység 30 mm) lesz előállítva, ahol a kiindulási alapanyagok megfelelnek az alábbi követelményeknek:

Lövellt beton-kötőanyag  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalma (MSZ EN 196-2)  $< 1 \text{ m } \%$  Bogue szerint.

$\text{SO}_3$  (MSZ EN 196-2)  $\leq 4,8 \text{ m } \%$

$\text{Al}_2\text{O}_3$  (MSZ EN 196.21)  $< 4 \text{ m } \%$

Cement A klinker  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalma (MSZ EN 196-2)  $0 \text{ m } \%$  Bogue szerint

A cement  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalma (MSZ EN 196-2)  $< 1 \text{ m } \%$  Bogue szerint

kötésyorsító Szulfáttartalom  $\text{SO}_3$  formában az MSZ EN 196-2-re támaszkodva  $\leq 4,8 \text{ m } \%$  az alkalmazott cement ill. SBM tömegéhez viszonyítva.

$\text{Al}_2\text{O}_3$  (vízben oldható) a következők szerint  $\text{m } \%$ -ban szorozva adagolt kötésyorsító kötőanyaghoz viszonyított tömegének  $\text{m } \%$ -ban kifejezett



értékével  $\leq 115$ .

### ***Kötésgyorsító vízben oldható $Al_2O_3$ -tartalma***

A meghatározása rendszerint komplexometriás titrálás segítségével történik, ahol Titriplex III és Xylenolorange az indikátorok.

Kísérlet megvalósítása:

1 ml mintát felhígítunk 100 ml kétszer desztillált vízzel. Ezt az oldatot 50 ml 0,1 m (mólos) Titriplex III-oldattal és 2 ml 1 n (normális) sósavval rövid ideig felforraljuk és 10 percig a forrásban lévő vízfürdő fölé tartjuk. A lehűlés után nátriumacetáttal beállítjuk a pH-t körülbelül 5 és 6 közöttire, majd a Xylenolorange-indikátor-szétmorzsolás és 0,1 m cinkszulfát-oldat hozzáadása után egészen az erőteljesen következő átkeverésig sárgától a pirosig titráljuk.

Xylenolorange- indikátor-szétmorzsolás: 1 g Xylenolorange  
99 g káliumnitrát

Hasonló módon lesz a titeroldat ellenőrzéséhez egy összehasonlító minta titrálva.

*Számítás:*

$$1. \quad (50-V) \times 5,098 = [Al_2O_3]$$

V = felhasználás ml-ben 0,1 m cinkszulfát oldat

$$2. \quad \frac{mg [Al_2O_3]}{\rho \times 10} = \% [Al_2O_3]$$

$\rho =$  sűrűség  $+20^\circ C$ -on  $g/cm^3$ -ben

### **8.11.2. A szulfátállóság vizsgálata hasábokon**

A lövellt beton-kötőanyagok, kötőanyag /EB kombinációk és lövellt beton szulfátállóságának vizsgálata az ÖNORM B 3309-re támaszkodva történik a Graf-Kaufmann módszer szerint, hosszváltozás mérésével és lövellt beton próbatestek szemrevételezésével, valamint telített gipszoldatokban való tárolással.

A tengervíz-állóság megítélése a szintetikus tengervízben való tárolás eljárásával analóg módon történik.

#### **- Minta előállítása**

A próbatesteket lehet külön előállított lövellt mintázó ládák lövellt betonjából vagy az

építményből venni. A kivett próbatestekből 20×40×160 mm méretű hasábokat kell kivágni. 5 próbatestet kell elkészíteni.

- **A méréshez való előkészítés**

Legalább 25 napos lövellt betonkorban:

- $\varnothing$  6 mm fúrások, központosan a hasábok homloklapfelületein,
- Mérőcsapok alkalmas ragasztóval történő beragasztása,
- A mérőcsapok rögzítése opció szerint felragasztással is történhet,
- A  $+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízben történő tárolás a mérőcsapokkal egyetemben, egészen a 28 napos betonkorig.

- **Mérés**

*Elv:* A hasábok hosszváltozásának mérése Graf-Kaufmann szerint, ami tengervíz- és szulfáttámadás miatt válik szükségessé.

A hosszváltozás mérése a követelmények szerint különböző közegben történő tárolásnál, mint:

- Telített gipszoldat ( $\text{CaSO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$ ) üledékkel,
- Szintetikus tengervíz,

A hasábok null-mérése (mérési sorozat kiindulási mérése) csak megfelelően előkészített és minimum 24 óráig vízben tárolt próbák esetén következhet.

A szulfáttámadás közbeni mérés 4, 8, 12, 16, 20, 28, 40 és 52 hét tárolás után történik. Előzetes minősítés csak 12 hét tárolás után lehetséges. Egy részeredményt 28 hét tárolás után kaphatunk.

Ezután következik a mindenkori hosszváltozás mérése, valamint a repedésekre való ellenőrzés, lepattogzások, meggömbülés, adalékanyag kioldása vagy ehhez hasonló.

- **Tárolás vizsgálati közegekben**

Tárolás  $+ 20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ -on.

A tárolási közeg/próbatétel térfogatának aránya  $\geq 4:1$ .

Közegenként 3, ill. 5 hasáb tárolása.

A közeg cseréje: havonta egyszer.

- **A vizsgálati közegek előállítása**

a) Telített gipszoldat:

- 2 g/l porformájú  $\text{CaSO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$  feloldása  $+30^\circ\text{C} - + 40^\circ\text{C}$  hőmérsékletű csapvízben, keveréssel,
- Lehűtés  $+ 20^\circ\text{C}$ -ra,
- 20 g/l  $\text{CaSO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$  belekeverése, mint fenéküledék,
- A hasábok raktározása a fenéküledék adagolását követően.

b) Szintetikus tengervíz

*Összetétel:* Feloldás 1000 g vízben

NaCl	30,0 g
$\text{MgCl}_2, 6 \text{H}_2\text{O}$	6,0 g
$\text{MgSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$	5,0 g
$\text{CaSO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$	1,5 g
$\text{KHCO}_3$	

- **Minősítés**

A szulfátállóság minősítése szemrevételezéssel történik, felületi adottságok megváltozása alapján. Repedéseknek, lepattogzásoknak, meggömbülésnek, adalékanyag kioldásnak nem szabad fellépniük. A hosszváltozás meghatározása csak informatív értékű és nem szabad a minősítéshez felhasználni.

## 8.12. Az egyenértékű szilárdság és munkavégző képesség

A szálerősítésű lövellt beton különleges tulajdonságai – szívósság, megnövekedett abszorbeáló képesség – a hajlító vizsgálatban mutatott viselkedései, különösen a maximális hajlítószilárdság túllépését követően lesznek jellemezve.

A vizsgálat elvégzése a „szálerősítésű beton” ÖVBB-irányelv, 10.5 pontja szerint történik.

## 8.13. A fokozott tűzállóság vizsgálata

A vizsgálat a „belsőhéjú beton” című ÖVBB-irányelv 5. függeléke szerint történik a lövellt beton alaplemezekre való felhordásával, ahol a vizsgálat területe az 1 hónapos korban lévő későbbi tűzhatásnak kitett lemezek és további 1 hónapra tárolt nedves ill. száraz lemez. Az

érintkező rétegben 3 kiegészítő érzékelőt kell elhelyezni az égési felületen szétosztva.

#### **8.14. A lövellt beton eluálása**

A lövellt beton eluálását 28 napos magmintán kell elvégezni, ahol a magminta átmérője 50 mm és magassága 100 mm. A magminta vétele nedves fúrással történjen, ahol a lövellt beton életkora 7 és 14 nap közé essen. A kivett magmintákat szárazon és szobahőmérsékleten kell tárolni egészen a vizsgálat időpontjáig.

A próbatestet 24 órán keresztül egy kilúgozó tartályban kell egy kilúgozó szerrel eluálni, ahol a szert egy mágneses keverő (keverési sebesség = 200 - 300 ford./perc) tartja mozgásban. Eluáló szerként szolgálhat a deionizált víz, ahol a próbatest teljes benedvesítése esetén a próbatest-kilúgozó szer tömegaránya 1:10 kell hogy legyen. Az eluátumot a pH-érték, elektromos vezetőképesség, kalcium, kálium, nátrium és alumínium paraméterekre meg kell vizsgálni.

## 9. MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

A lövellt beton előállításának folyamatát minőségi ellenőrzésnek kell alávetni. A minőségbiztosítás definíciója olyan döntések és intézkedések kombinációja, mely az előírások betartásával és ellenőrzések véghezvitelével biztosítja, hogy a betonra vonatkozó követelmények teljesülnek.

Az ellenőrzésnek 3 fokozata van:

- I. Kisebb fokú ellenőrzés
- II. Normál ellenőrzés
- III. Kibővített ellenőrzés

Az ellenőrzés fokának megválasztása a tervező feladata, a szerkezet típusának és a lehetséges meghibásodás következményeinek függvényében.

- I. és II. ellenőrzési fokozat esetén nincs külön követelmény a munkafolyamatra. III. fokozat esetén organizációs tervre van szükség, valamint egy a minőségbiztosítással megbízott mérnökre.

### 9.1. Kivitelezés előtti vizsgálatok

A lövellt beton összetételét kivitelezés előtt, a szükséges jellemzőket vizsgáló vizsgálatokkal lehet meghatározni. A következők vizsgálhatók:

Frissbeton:

- vízigény, bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság,
- szórhatóság, visszahullás,
- roskadás, sűrűség,
- kötésyorsító mennyisége.

Szilárd beton:

- nyomószilárdság 7 és 28 napos korban,

- hajlítószilárdság,
- maradószilárdság,
- száltartalom,
- tapadás.

A felsorolt tulajdonságok vizsgálatának szükségessége a szerkezet és a lövellt beton típusának függvénye, de III. fokozatú minőség-ellenőrzés esetén mindenképpen szükséges.

## **9.2. Minőségbiztosítás**

### **9.2.1. Földalatti megtámasztások**

Kétfajta ellenőrzés van előírva:

- gyártásközi ellenőrzés,
- konformitásellenőrzés.

A gyártásközi ellenőrzés az MSZ EN 206 szerint kell hogy történjen. A következők ellenőrzéséből áll:

- nyomószilárdság,
- hajlítószilárdság,
- maradó szilárdság,
- energiaelnyelés,
- tapadás,
- száltartalom,
- vastagság.

Az összes vizsgálat helyszíni (in situ), vagy teszt panelekből vett mintákon végzendő, a **8.1. fejezetnek** megfelelően.

A vizsgálatok gyakoriságának megállapítása a tervező feladata, figyelembe véve a lövellt beton funkcióját (beleértve a szerkezeti integritást) élettartamát, a kivitelezés összetettségét, a környezeti osztályt, és a károsodás következményeit. A **9.1. táblázat** értékei irányadóak.

**9.1. táblázat: Az ellenőrzés gyakorisága**

<b>Ellenőrzés gyakorisága</b>			
Ellenőrzés típusa	Ritkán	Normál	Gyakran
Nyomószilárdság	500	250	100
Hajlító-húzószilárdság		500	250
Maradó hajlító szilárdsági érték		1000	500
Energia		1000	500
Tapadó szilárdság		500	250
Szálak mennyisége		250	100
Vastagság	50	25	10

### **9.2.2. Elhelyezés biztosítása**

Az elhelyezés biztosítása annak érdekében szükséges, hogy a lövellt beton építése megfelelő módon történjen, előírt vastagságú vastagságú, egyenletes betonréteg jöjjön létre. Az elhelyezés biztosítására kitűződrótok, kitűzőlécek, vastagságjelölők, vastagságmérők, vagy zsaluzatok alkalmazandók.

**Kitűződrót:** 0,8 vagy 1mm vastag acéldrót, mely egy feszítőrugó segítségével mindig a kellő feszességű marad. A legcélszerűbb módszer a szórás irányának és helyének meghatározására. Sarkok kijelölésére is alkalmas, nagyobb felületek esetén párhuzamos szálakkal biztosítható a besimíthetőség.

**Kitűzőléc:** legfeljebb 25×50 mm keresztmetszetű fa lécek, 0,6-0,9 m kiosztásban. Javítás és új betonozás esetén is jól alkalmazható

**Vastagságjelölő:** fém vagy műanyag elemek a hordozó felületre merőlegesen rögzítve, a beton szükséges vastagságának kijelölésére. Simítás után a felület alatt maradnak.

**Vastagságmérő:** acél tüskék, az előírt betonvastagságnak megfelelő helyen megjelölve. Akkor alkalmazható, ha a megengedett tűrés tartomány nagyobb. A tüskét a betonba az alapfelületig benyomva ellenőrizhető annak vastagsága. Akkor alkalmazható, ha a felületen megengedhetők a lyukak.

**Zsaluzat:** kivételes esetekben használatos. Alkalmazása esetén nincs szükség egyéb kitűzési módszerekre.

**Felület bedolgozása:** a követelmények szerint az alábbiak lehetnek:

**Szórt:** nincs beavatkozás szórás után

**Vágott és utószórt:** a beton a tervezett formára van levágva, és a szilárdulás megkezdődése után felületi szórást kap egy túlnedvesített keverékkel, így egy texturált felület jön létre.

**Simított bedolgozási módok:** a vágott és utószórt bedolgozást követően az anyag simítása a következő eszközökkel történhet:

- acélsimító,
- fasimító,
- ecset,
- szivacs.

**Tűrések:** a következők meghatározandók:

- vastagsági tűrés,
- maximális eltérés egy 2m-es egyenes szélen.



## 10. BIZTONSÁG

A lövellt beton alkalmazása meg kell hogy feleljen a helyi egészségügyi és biztonsági előírásoknak.

Az Európai Unió tagállamainak termékei, valamint az EFTA (Európai Szabad-kereskedelmi Társulás) – államaiból származó áruk, melyek az európai gazdasági térséghez tartoznak és ennek az irányelvnek nem tesznek eleget, de a tagállamban elvégzett és elismert vizsgálatoknak, folyamatos ellenőrzéseknek megfelelnek, az itteni vizsgálatokkal és folyamatos ellenőrzésekkel együtt egyenértékűnek tekinthetők. Ez csak abban az esetben igaz, ha a biztonságra, egészségre és a használhatóságra vonatkozó védettségi szintet azonos mértékben, huzamosabb ideig kielégítjük.

- A lövellt betontechnológiának továbbfejlesztése során a környezet befolyásoltságának csökkentése, valamint a biztonságosabb munkavégzés volt az egyik főcélkitűzés. Alkálimentes kötőgyorsítóval rendelkező lövellt betonok nem károsak a környezetre és a munkaegészségügy szempontjából is előnyösek.
- Fúvókatávolságot és fúvókairányt, valamint a kilépési sebességet a fúvókakezelő optimalizálni tudja a mindenkori felhasználási esetnek megfelelően. A fúvókakezelő a felhordási felülettől távol van és ezzel a közvetlen visszaverődési- és porbefolyásolási zónától is. Elhelyezkedése a berendezés típusától függően lehetséges a lövőfejet tartó kar alsó részén vagy a (lövőkészüléket) hordozó berendezésen kialakított munkahelyen, vagy távirányító egységgel szabadon mozogva a talajon. Ezáltal a fúvókakezelő egy jobb nézőponttal, egy munkaegészségügyileg kedvezőbb és magasabb biztonsággal rendelkező helyen dolgozhat.
- Fúvókatávolságot és fúvókairányt, valamint a kilépési sebességet a fúvókakezelő optimalizálni tudja a mindenkori felhasználási esetnek megfelelően. A fúvókakezelő a felhordási felülettől távol van és ezzel a közvetlen visszaverődési- és porbefolyásolási zónától is. Elhelyezkedése a berendezés típusától függően lehetséges a lövőfejet tartó kar alsó részén vagy a (lövőkészüléket) hordozó berendezésen kialakított munkahelyen, vagy távirányító egységgel szabadon mozogva a talajon. Ezáltal a fúvókakezelő egy jobb nézőponttal, egy munkaegészségügyileg kedvezőbb és magasabb biztonsággal rendelkező helyen dolgozhat.

- A szerkezeti minimális betonfedést minden helyen be, kell tartani. A tervezésnél a tűrés mértékével nagyobb minimális betonfedéssel számoljunk, ill. alkalmazzunk (lásd RVS 9.35), fagy- és olvasztósó igénybevétel és/vagy nagyobb tűzbiztonság esetén külön megállapításokat kell hozni.

**10.1. táblázat: Betartandó betonfedések**

	<b>Építési minimális érték</b>	<b>Tűrés érték</b>	<b>Tervezési minimális érték</b>
SpC I	1,5 cm	1,5 cm	3,0 cm
SpC II	2,0 cm	1,5 cm	3,5 cm
SpC III	3,0 cm	1,5 cm	4,5 cm

## 11. PRÓBALÖVÉSEK

Kezdés előtt kell elvégezni a próba betonlövést.

**példa egy próbalövésről:** 2008.05.06-án SwO Metró 4 Építő Kft. és a MAB Kft. közösen végezte a próba betonlövést.

A próba betonlövések a 2 (SIKA adalékszereiből és BASF adalékszereiből készített) receptúrából történtek.

2008.07.06-án és 2009.03.20-án a Betonplasztika Kft. végezte a próba betonlövést a Mapei adalékszereiből készített receptúrából különböző betongyárakból szállított betonnal történt.

**11.1. táblázat:** SIKA adalékszerével készített receptúra összetétele (L8-62 számú)

Anyag	Fajta vagy frakció	Tömeg, kg/m <sup>3</sup>	Térfogat, l/m <sup>3</sup>
Homok Kavics	0/4 mm 65%	1126	426
	4/8 mm 35%	606	230
	<b>Összesen 100%</b>	<b>1732</b>	<b>656</b>
Cement	CEM I 42,5 N	450	143,3
Szilikapor	4,5%	20,0	8,7
Acélszál	Dramix 30/0,5	30	3,8
Víz	$m_w/m_c =$ 38,0%	171	171
Adalékszer cem. m% Helyszíni	Viscocrete SC 305 AT 0,78%	3,51	3,3
	Sigunit –L-AF 5,00%	22,5	22,5
Levegő		--	10
<b>Összesen</b>	Betongyárban testsűrűség	2406	1000

**11.2. táblázat:** BASF adalékszerével készített receptúra összetétele (L8-63 számú)

Anyag	Fajta vagy frakció	Tömeg, kg/m <sup>3</sup>	Térfogat, l/m <sup>3</sup>
Homok Kavics	0/4 mm 60%	1014	384
	4/8 mm 40%	676	256
	<b>Összesen 100%</b>	<b>1690</b>	<b>640</b>
Cement	CEM I 42,5 N	450	143,3
Szilikapor	4,5%	20,0	8,7
Acélszál	Harex KSF 30/0,6	30	3,8
Víz	$m_w/m_c =$ 41,00%	185	185
Adalékszer cem. m% Helyszíni	Glenium T 803 1,35%	6,08	5,5
	MEYCO SA 183 5,00%	22,5	22,5
Levegő		--	10
<b>Összesen</b>		2381	1000

**11.3. táblázat:** Mapei adalékszerével készített receptúra összetétele

<b>Anyag</b>	<b>Fajta vagy frakció</b>	<b>Tömeg, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Térfogat, l/m<sup>3</sup></b>
Homok Kavics	0/4 mm 70%	1200	455
	4/8 mm 30%	514	195
	<b>Összesen 100%</b>	<b>1715</b>	<b>650</b>
Cement	CEM I 42,5 N	420	133
Acélszál	Dramix	30	3,8
Víz	$m_w/m_c =$ 42,86%	180	180
Adalékszer cem. m%	Dynamon SR3 0,9 %	3,78	3,44
Helyszíni	Mapetard D 0,3%	1,26	1,26
Levegő		--	29
<b>Összesen</b>	Betongyárban testsűrűség	2350	1000

### 11.1. Laboratóriumi vizsgálatok

A első és második receptúrából készített és a BME laboratóriumába beszállított próbatestekből 600×150×150 mm, 150×150×150 mm, és 200×200×120 mm próbatesteket készítettünk kővágó berendezéssel. 28 napos korban végeztünk nyomószilárdsági, vízzárósági és hajlító-húzószilárdsági vizsgálatokat.

A 3. receptúrából készített és a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriumába beszállított első próbálóvétel betonjából 600×150×150 mm, 150×150×150 mm, és 200×200×120 mm próbatesteket készítettünk kővágó berendezéssel. 28 napos korban végeztünk nyomószilárdsági, vízzárósági és hajlító-húzószilárdsági vizsgálatokat. A második és harmadik próbálóvétel frissbetonjából készített próbatestek nyomószilárdsági és vízzárósági vizsgálatát végeztük. A lövellt betonból készített lappróbatestekből levágott próbatestek hajlító-húzószilárdsági, nyomószilárdsági és vízzárósági vizsgálatát a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriumában végeztük.

#### **Nyomószilárdsági vizsgálat:**

2008.05.06-án végzett próbálóvétel lövellt betonjából 3-3 levágott kocka nyomószilárdságát vizsgáltuk. A vizsgálati eredményeket a **11.4 táblázatban** foglaltuk össze.

**11.4. táblázat:** A próbatetek nyomószilárdsági és testsűrűségi eredményei

<b>Próbatest jele</b>	<b>Nyomószilárdság, N/mm<sup>2</sup></b>	<b>Testsűrűség, kg/m<sup>3</sup></b>
SIKA/1	47,09	2232
SIKA/2	41,30	2233
SIKA/3	46,07	2237
<b>Átlag</b>	<b>44,80</b>	<b>2234</b>
BASF/1	50,35	2267
BASF/2	47,02	2258
BASF/3	43,76	2261
<b>Átlag</b>	<b>47,20</b>	<b>2261</b>

A magmintákat fúrás után a kivitelező beszállította az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriumába, ahol kővágó berendezéssel alakítottuk ki a nyomóvizsgálathoz szükséges, párhuzamos véglapú próbatesteket, melyeket ezután 1 napig 60 °C -on szárítottunk. 7 db próbatestet szárításuk után vizsgáltunk.

Kiszáritás után megmértük a próbatetek méreteit és a tömegüket. Az eredményeket, a számított testsűrűségekkel együtt a **11.5. táblázatban** foglaltuk össze.

**11.5. táblázat:** A magminták mérete, tömege, testsűrűsége

<b>Próbatest jele</b>	<b>Átmérő, mm</b>	<b>Magasság, mm</b>	<b>Testsűrűség, kg/m<sup>3</sup> *)</b>
BASF/1	152,0	150,6	<b>2272</b>
BASF/2	152,6	149,9	<b>2265</b>
BASF/3	152,0	154,0	<b>2283</b>
BASF/4	152,2	151,2	<b>2287</b>
<b>Átlag</b>			<b>2277</b>
SIKA/1	151,2	151,2	<b>2291</b>
SIKA/2	150,1	153,2	<b>2320</b>
SIKA/3	152,1	147,2	<b>2255</b>
<b>Átlag</b>			<b>2289</b>

\*) a magminták tartalmaznak acélszálakat

A magminták nyomott felületeit gyorsan kötő habarccsal lesimítettük, majd a habarcs megszilárdulása után, 2008.06.06-án végeztük el a nyomószilárdsági vizsgálatokat. A **11.6. táblázatban** összefoglalt eredményeket kaptuk.

**11.6. táblázat:** A magminták nyomószilárdsága

Próbatest jele	Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>
BASF/1	53,72
BASF/2	55,10
BASF/3	54,51
BASF/4	49,55
<b>Átlag:</b>	<b>53,22</b>

SIKA/1	43,87
SIKA/2	43,19
SIKA/3	40,94
<b>Átlag</b>	<b>42,67</b>

Az MSZ 4720-2: 1980 4.5.2 pontja értelmében a beépített megszilárdult betonból kivett próbatestek törőszilárdságát át kell számítani a megfelelő alakú és korú próbatestek értékeire. Az alaki tényezőket az [Szalai, 1982] szakirodalomból vettük, a 28 napos kor utáni szilárdulási ütemet csak becsülni lehet.

A számításhoz figyelembe vett tényezőket és a minősítéshez szükséges, számított szilárdságokat a **11.7. táblázatban** adtuk meg.

**11.7. táblázat:** A magminták mért nyomószilárdsága  $f_{150/300}$  hengerre átszámítva

Próbatest jele	Magasság/átmérő	$\alpha_{ci}$	$\alpha_{mi}$	$R_{\Phi 150/300}$ , N/mm <sup>2</sup>
BASF/1	0,991	1,013	0,828	45,02
BASF/2	0,982	1,014	0,825	46,10
BASF/3	1,013	1,013	0,833	45,98
BASF/4	0,993	1,013	0,828	41,57
<b>Átlag:</b>				<b>44,67</b>
SIKA/1	1,000	1,012	0,830	36,82
SIKA/2	1,021	1,010	0,835	36,41
SIKA/3	0,968	1,013	0,822	34,08
<b>Átlag:</b>				<b>35,77</b>

**A beton karakterisztikus értéke:**

BASF:  $R_{k,nom} = 37,7 \text{ N/mm}^2$

SIKA:  $R_{k,nom} = 30,5 \text{ N/mm}^2$

Az MSZ 4719-82 szabvány szerint mind a két lövellt beton nyomószilárdsága megfelel a C30 nyomószilárdsági osztály követelményeinek (lásd jegyzőkönyvek).

2008.07.06-án lappróbatesteket készítettünk és 6 db 150 mm élhosszúságú kockát és 3 db 200×200×120 mm próbatesteket vágunk le beton nyomószilárdsági és vízzárósági vizsgálatokhoz, a levágott kockákat 28 napos korban törtük. A nyomószilárdsági vizsgálat eredményeit a **11.8. táblázatban** foglaltuk össze.

**11.8. táblázat:** A próbatestek nyomószilárdsági és testsűrűségi eredményei, (próbalövés: 2008.07.06.)

Próbatest jele	Szabványos 150 mm élhosszúságú levágott próbatestek Nyomószilárdsági eredményei, $\text{N/mm}^2$	Testsűrűség, $\text{kg/m}^3$
Mapei 1	45,54	2272
Mapei 2	47,09	2328
Mapei 3	47,75	2331
Mapei 4	49,04	2315
Mapei 5	44,44	2348
Mapei 6	47,65	2353
<b>Átlag:</b>	<b>46,92</b>	<b>2324</b>

**A 150×150×150 mm levágott beton próbatestek jellemző (karakterisztikus) értéke:**

$$f_{ck,cube} = 37,9 \text{ N/mm}^2$$

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a lövellt beton nyomószilárdsága megfelel a C25/30 nyomószilárdsági osztály követelményeinek (lásd jegyzőkönyvek).

Az MSZ EN 13791:2007 „Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése” figyelembe véve a C30/37 szilárdsági osztályhoz tartozó jellemző értéket a 150 mm élhosszúságú próbatesteknél:  $31 \text{ N/mm}^2$ .

$$f_{ck,cube} = 37,9 \text{ N/mm}^2 > f_{ck,is,cube} = 31 \text{ N/mm}^2$$

Így a **beton megfelel a C30/37 szilárdsági osztálynak.**

2009.03.20-án frissbetonból készítettünk próbatesteket nyomószilárdsági és vízzárósági vizsgálatokhoz és lövellt betonból lappróbatesteket készítettünk nyomószilárdsági, vízzárósági és hajlító vizsgálatokhoz. A nyomószilárdsági vizsgálat eredményét az **11.9.-11.11. táblázatokban** foglaltuk össze.

**11.9. táblázat:** Acélszálás lövés előtti **beton** próbatestek nyomószilárdsági és testsűrűségi eredményei (TBG betongyár eredményei), a vizsgálatot 2009.03.20-án végeztük

Próbatest jele		Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>
1 napos	03.20 lött/T	15,3	2338
	03.20 lött/T	14,8	2345
	03.20 lött/T	15,0	2335
<b>Átlag:</b>		<b>15,0</b>	<b>2338</b>
14 napos	03.20 lött/T	67,0	2338
	03.20 lött/T	65,8	2338
	03.20 lött/T	67,7	2353
<b>Átlag</b>		<b>66,8</b>	<b>2343</b>
28 napos	03.20 lött/A	67,8	2290
	03.20 lött/A	68,7	2320
	03.20 lött/A	71,2	2323
	03.20 lött/A	71,1	2329
	03.20 lött/A	69,9	2326
<b>Átlag:</b>		<b>69,7</b>	<b>2318</b>

**A 150×150×150 mm friss betonból készített próbatestek jellemző értéke:**

$$f_{ck,cube} = 60,8 \text{ N/mm}^2$$

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a lövellt beton nyomószilárdsága megfelel a C45/55 nyomószilárdsági osztály követelményeinek (lásd jegyzőkönyvek).

**11.10. táblázat:** Műanyagszálás lövés előtti **beton** próbatestek nyomószilárdsági és testsűrűségi eredményei (TBG betongyár eredményei)

Próbatest jele		Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>
1 napos	03.20 lött/T1	8,1	2259
	03.20 lött/T1	8,7	2301
	03.20 lött/T1	8,7	2287
<b>Átlag:</b>		<b>8,5</b>	<b>2282</b>
14 napos	03.20 lött/T2	60,3	2284
	03.20 lött/T2	58,1	2258
	03.20 lött/T2	58,8	2299
<b>Átlag</b>		<b>59,1</b>	<b>2280</b>



28 napos	03.20 lött/M	68,8	2287
	03.20 lött/M	68,4	2258
	03.20 lött/M	65,5	2261
	03.20 lött/M	67,9	2335
	03.20 lött/M	68,4	2332
<b>Átlag:</b>		<b>67,8</b>	<b>2295</b>

**A 150×150×150 mm friss betonból készített próbatestek jellemző értéke:**

$$f_{ck,cube} = 58,8 \text{ N/mm}^2$$

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a lövellt beton nyomószilárdsága megfelel a C40/50 nyomószilárdsági osztály követelményeinek (lásd jegyzőkönyvek).

*11.11. táblázat: A kifűrt próbatestek nyomószilárdsági és testsűrűségi eredményei (TBG betongyár eredményei), a magminták mért nyomószilárdsága  $\varnothing$  150/300 hengerre átszámítva, (próbalövés dátuma: 2009.03.20)*

Próbatest jele	Szabványos hengerre átszámított egyedi nyomószilárdsági értékek $f_{ci,cyl}$ , N/mm <sup>2</sup>	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>
Mapei A/1 (acélszálas)	42,78	2271
Mapei A/2 (acélszálas)	40,33	2279
Mapei A/3 (acélszálas)	43,58	2286
<b>Átlag</b>	<b>42,23</b>	<b>2279</b>
Mapei M/4 (műanyagszálas)	38,01	2255
Mapei M/5 (műanyagszálas)	33,65	2277
Mapei M/6 (műanyagszálas)	34,27	2235
<b>Átlag:</b>	<b>35,31</b>	<b>2256</b>

**Az acélszálas lövellt beton jellemző (karakterisztikus) értéke:**

$$f_{ck,cyl} = 36,7 \text{ N/mm}^2$$

A fűrt magminták nyomószilárdság vizsgálata alapján a betontétel az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint: megfelel a C30/35 szilárdsági osztálynak.

Az MSZ EN 13791:2007 „Betonszerkezetek és előregyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése” figyelembe véve a C40/50 szilárdsági osztályhoz tartozó jellemző értéket szabványos henger próbatesteknél: 34 N/mm<sup>2</sup>.

$$f_{ck,cyl} = 36,7 \text{ N/mm}^2 > f_{ck,is,cube} = 34 \text{ N/mm}^2$$

Így a *beton megfelel a C40/50 szilárdsági osztálynak.*

### **Vízzárósági vizsgálat**

A beton vízzárósági követelménye (kitéti osztálya) XV2 (H) volt. A 200×200×120 mm névleges élhosszúságú mintákat 3 napon keresztül tartottuk 5 bar víznyomás alatt, majd hasítottuk és megmértük a vízbehatolás mértékét, mely alapján minősítettük a betont, ha a vízbehatolás kisebb, mint 40 mm, akkor megfelel.

**11.12. táblázat: a víz behatolási mélysége**

Próbatest jele	Behatolási mélység, mm
SIKA/1	25
SIKA/2	20
SIKA/3	22
<b>Átlag</b>	<b>22,3</b>
BASF/1	12
BASF/2	3
BASF/3	5
<b>Átlag</b>	<b>6,7</b>

A **11.12. táblázat** azt mutatja, hogy mind a két beton keverék vízzárósági szempontból megfelel.

2009.03.20-án frissbetonból 3-3 db 150×150×150 mm élhosszúságú próbatesteket készítettünk vízzárósági vizsgálatához.

A lövellt beton lappróbatestből 200×200×120 mm próbatesteket (2008.07.06) levágtunk és 150 mm átmérőjű magmintákat (2009.03.20) fúrtunk vízzárósági vizsgálatához.

A lövellt beton vízzárósági követelménye (kitéti osztálya) XV2 (H) volt. A próbatesteket 3 napon keresztül tartottuk 5 bar víznyomás alatt, majd elhasítottuk és megmértük a vízbehatolás mértékét. Ez alapján minősítettük a betont, úgy, hogy amennyiben a vízbehatolás kisebb volt, mint 40 mm, akkor megfelel (*lásd 11.13.-11.15. táblázatok*).

**11.13. táblázat:** A víz behatolási mélysége (2008.07.06)

<b>Próbatestek jele</b>	<b>Behatolási mélység, mm</b>
Mapei/V1	32
Mapei/V2	31
Mapei/V3	35
<b>Átlag</b>	<b>33,7</b>

**11.14. táblázat:** Acélszálas frissbetonból készített próbatestek víz behatolási mélysége, (TBG betongyár eredményei), a próbálövést 2009.03.20-án végeztük

<b>Próbatestek jele</b>	<b>Behatolási mélység, mm</b>
03.20/A-1	20
03.20/A-2	19
03.20/A-3	15
<b>Átlag</b>	<b>18</b>

**11.15. táblázat:** Acélszálas lövellt betonból fúrt magminták víz behatolási mélysége, (TBG betongyár eredményei), a próbálövést 2009.03.20-án végeztük

<b>Próbatestek jele</b>	<b>Behatolási mélység, mm</b>
03.20/A1	38
03.20/A2	36
03.20/A3	31
<b>Átlag</b>	<b>35</b>



**11.1. kép:** Vízjárósági készülék

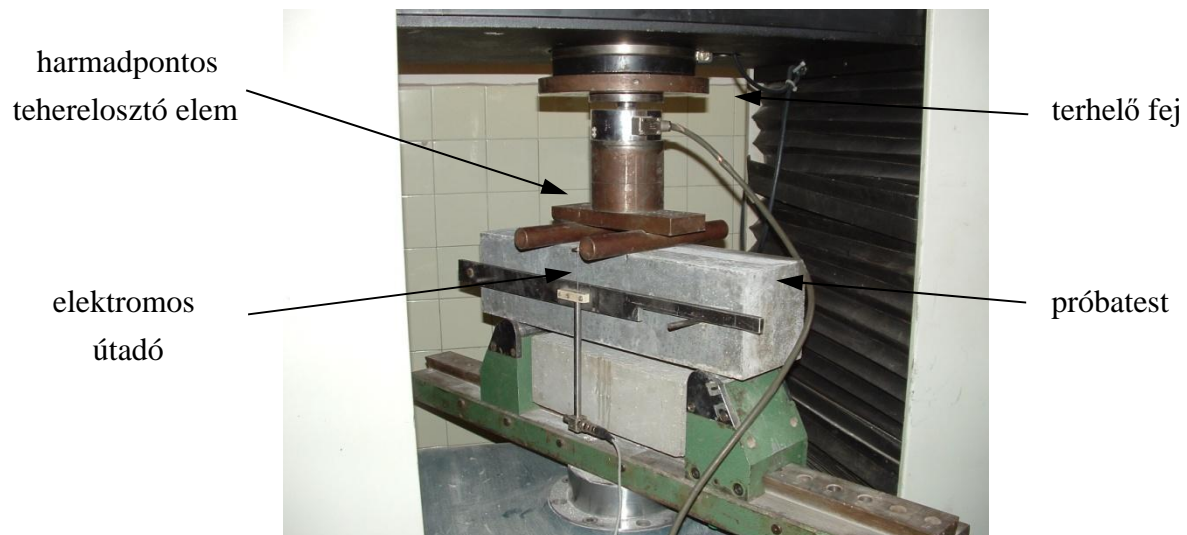


### ***Hajlító-húzószilárdság***

A hajlító-húzószilárdság vizsgálatot Instron törőgéppel végeztük. A 600×150×150 mm névleges méretű ládából levágott próbatesteket 28 napos korukban vetettük alá az alakváltozás vezérelt hajlító vizsgálatnak. A gerendákat 450 mm fesztávolságú kéttámaszú tartóként terheztük harmadpontos teherelrendezéssel. A próbatestekre elektromos útdát rögzítettük, melynek segítségével a terhelő erő változása mellett az alakváltozások (lehajlás és alsó felület nyúlása) rögzítésére és számítógépes rendszerrel történő kiértékelésére is lehetőség adódott (lásd NBN B 15-238 szabvány).

A vizsgálat során a terhelőfej átlagos sebessége 0,2 mm/perc volt. A teher-lehajlás diagrammot a 3,5 mm-es lehajlási értékig rögzítettük.

A hajlító-húzószilárdság mérés kísérleti elrendezése a **11.1. ábrán** látható és az eredményeket a **11.16. táblázatban** foglaltuk össze. A hajlító-húzószilárdság és a húzószilárdság átlag értékeit úgy számítottuk, hogy a kisebb értéket választottuk az első repedéshez tartozó hajlító-húzószilárdság, a tengelyirányú húzószilárdság és a 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító-húzószilárdság, tengelyirányú húzószilárdság közül.



**11.1. ábra:** Instron törőgép kísérleti elrendezése

**11.16. táblázat:** Hajlító-húzóvizsgálat eredményei

Próbatestek jele	Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlítóerőből számított hajlító-húzószilárdság $f_{max}$ N/mm <sup>2</sup>		Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlítóerőből számított húzószilárdság $f_u$ N/mm <sup>2</sup>	
	Első repedéshez tartozó $f_{max}$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_{max}$	Első repedéshez tartozó $f_u$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_u$
SIKA/1	<b>2,893</b>	3,223	<b>1,018</b>	1,134
SIKA/2	3,235	<b>3,195</b>	1,139	<b>1,125</b>
SIKA/3	<b>2,831</b>	2,954	<b>0,996</b>	<b>1,039</b>
SIKA/4	3,463	<b>3,026</b>	1,219	<b>1,065</b>
<b>Átlag</b>	<b>2,986</b>		<b>1,051</b>	
BASF/1	3,460	<b>3,029</b>	1,218	<b>1,066</b>
BASF/2	<b>2,908</b>	3,051	<b>1,015</b>	1,065
BASF/3	3,238	<b>2,599</b>	1,140	<b>0,914</b>
BASF/4	3,365	<b>2,709</b>	1,184	<b>0,953</b>
<b>Átlag</b>	<b>2,811</b>		<b>0,987</b>	

Az átlag húzószilárdsági eredményekből számoltuk a karakterisztikus értékeket. A tervezési értékek (húzó-határfeszültségek) a következő képletből számíthatók (*lásd 11.17. táblázat*).

$$s_{h,H} = \frac{R_h}{1,5}$$

ahol  $\sigma_{h,H}$ : tervezési érték;  $R_h$ : húzószilárdság karakterisztikus értéke

**11.17. táblázat:** A húzószilárdság karakterisztikus értékei

	Szórás, N/mm <sup>2</sup>	Karakterisztikus érték, N/mm <sup>2</sup>	Tervezési érték, N/mm <sup>2</sup>
SIKA	0,060	0,938	0,63
BASF	0,067	0,844	0,56

Az eredményeink jobbra adódtak, mint az irodalomban szereplő C30/37 nyomószilárdsági osztályhoz tartozó határfeszültség érték [Dulacska, 1999]: 0,45 N/mm<sup>2</sup>, ezért a biztonság javára a statikai számításnál a 0,45 N/mm<sup>2</sup> használatát javasoljuk.

A 2008.07.06. és 2009.03.20. alkalmak lövellt betonjainak hajlító-húzószilárdságának mérési kísérleti elrendezése a 2. képen látható és az eredményeket a **11.18.-11.19. táblázatokban** foglaltuk össze. A hajlító-húzószilárdság és a húzószilárdság átlag értékeit úgy számítottuk, hogy a kisebb értéket választottuk az első repedéshez tartozó valamint a 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító-húzószilárdság, tengelyirányú húzószilárdság közül.

**11.18. táblázat:** Hajlító-húzóvizsgálat eredményei (2008.07.06-án)

Próbatestek jele	Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító erőből számított hajlító-húzószilárdság $f_{max}$ N/mm <sup>2</sup>		Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító erőből számított húzószilárdság $f_u$ N/mm <sup>2</sup>	
	Első repedéshez tartozó $f_{max}$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_{max}$	Első repedéshez tartozó $f_u$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_u$
Mapei/H1	3,288	<b>2,999</b>	1,157	<b>1,055</b>
Mapei/H2	3,546	<b>3,426</b>	1,248	<b>1,206</b>
Mapei/H3	<b>3,113</b>	3,362	<b>1,095</b>	1,183
<b>Átlag</b>	<b>3,179</b>		<b>1,119</b>	

**11.19. táblázat:** Hajlító-húzóvizsgálat eredményei (2009.03.20-án)

Próbatestek jele	Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító erőből számított hajlító-húzószilárdság $f_{max}$ N/mm <sup>2</sup>		Első repedéshez tartozó vagy 0,2 mm repedéstágassághoz tartozó hajlító erőből számított húzószilárdság $f_u$ N/mm <sup>2</sup>	
	Első repedéshez tartozó $f_{max}$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_{max}$	Első repedéshez tartozó $f_u$	0,2 mm repedéstágassághoz tartozó $f_u$
	3,89	<b>2,83</b>	1,35	<b>0,98</b>
	<b>3,21</b>	3,52	<b>1,12</b>	1,30
	3,11	<b>2,57</b>	1,08	<b>0,89</b>
<b>Átlag</b>	<b>2,84</b>		<b>0,997</b>	

Az átlag húzószilárdsági eredményekből számoltuk a karakterisztikus értékeket. A tervezési értékek (húzó-határfeszültségek) a következő képletből számíthatók.

$$f_{ct,d} = \frac{f_{u,k}}{1,5}$$

ahol

$f_{ct,d}$ : tervezési érték;

$f_{u,k}$ : húzószilárdság karakterisztikus értéke

**11.20. táblázat:** A húzószilárdság karakterisztikus értékei

Mapei	Szórás, N/mm <sup>2</sup>	Jellemző érték, N/mm <sup>2</sup>	Tervezési érték, N/mm <sup>2</sup>
2008.07.06-án	0,089	0,915	0,610
2009.03.20-án	0,136	0,686	0,458

A 2008.07.06. és 2009.03.20. próbálövések eredményei jobbra adódtak, mint az irodalomban szereplő C30/37 nyomószilárdsági osztályhoz tartozó határfeszültség érték [5]: 0,45 N/mm<sup>2</sup>, ezért a biztonság javára a statikai számításnál a 0,45 N/mm<sup>2</sup> használatát javasoljuk.



## **12. ALKALMAZÁSI ELJÁRÁS**

### **12.1. Berendezés**

A nedves eljárással dolgozó gép teljesítménye 0,5 m<sup>3</sup>/óra legyen. A keverék adagolója  $\pm 0,5\%$ -os pontosságú legyen, az adagolás mennyiségére vonatkozóan.

### **12.2. Teszt panelek**

Szórás előtt biztosítandó annak folyamatossága, megállapítandó a szükséges teljesítmény.

#### **12.2.1. Laboratóriumi zsaluzat**

Merev, kb 500×500×120mm méretű

#### **12.2.2. A kontrol keverék szórása**

A zsaluzat vízszintes helyzetben a földön legyen. A szórófej távolsága 0,5-1 m, merőleges irányú a felületre. A szórási időt mérni kell. Az adalékszer-felhasználás mérendő,  $\pm 5\%$ -os pontossággal. Az adalékszer adagolása a szórási teljesítmény alapján legyen meghatározva, és ne legyen az ajánlott adagolásnál nagyobb. Bedolgozás után párazáró réteget kell felvinni.

#### **12.2.3. Teszt keverék szórása**

A zsaluzat függőleges állásban legyen. A szórófej távolsága 0,5-1 m, merőleges irányú a felületre. A kötésgyorsító adagolása  $\pm 5\%$ -os pontosságú legyen.

### **12.3. Vizsgálati eljárás**

#### **12.3.1. Általános**

##### **12.3.1.1. Nem kötésgyorsító adalékszerek esetén**

A szilárdulás ideje meg kell feleljen az EN 480-2-nek.

### **12.3.1.2. Szilárdulás időtartamának meghatározása gyorsító adalékszer használata esetén**

Referencia cementpépek használandók, adalékszerrel (teszt keverék) és anélkül (kontroll keverék). Szilárdulási vizsgálat (Vicát-készülék) EN 196-3 szerint. A kontroll és teszt keverék szilárdulási ideje fontos információ, de egymással nem összehasonlíthatóak.

Megjegyzés: Ezen specifikáció a referencia eljárást ismerteti. Alkalmazható eltérő eljárás is, amennyiben bizonyított, hogy nem befolyásolja az eredményeket. Vitás esetben csak a referencia eljárás alkalmazható.

#### **12.3.1.2.1. Alkotórészek**

Meg kell hogy feleljenek az 3. pontnak.

#### **12.3.1.2.2. Referencia cementpép előkészítése**

A cement, víz és a berendezés laboratóriumi körülmények között legyen tárolva 12 óráig a vizsgálat előtt.  $300 \pm 15$  g cement összekeverendő  $105 \pm 5$  g vízzel, homogén állapot eléréséig. Az adalékszer hozzáadása után minél hamarabb a Vicát-készülékbe helyezendő a minta. A keverés és az elhelyezés között 15-30 s telhet el, elkerülendő a vibrálást vagy szegregálódást.

#### **12.3.1.2.3. Vizsgálati eljárás**

A vizsgálati eljárás, és a szilárdulás kezdetének és végének meghatározása az EN 196-3 szerint.

#### **12.3.1.2.4. Vizsgálati jegyzőkönyv**

- berendezés típusa,
- alapanyagok,
- hőmérséklet  $1^\circ\text{C}$  pontossággal,

- szilárdulás kezdete és vége percben kifejezve, a kontroll és teszt keveréken.

### **12.3.2. Nyomószilárdság meghatározása**

EN 4012-nek megfelelően. A kontroll és teszt panelekből vett minták vizsgálata 1, 7, 28 és 90 napos korban. A minták átmérője és magassága 100mm. A magfűrés 2 órával a vizsgálat előtt történjen, amennyiben ettől eltérően elő nincs írva. Egy sorozat 5 próbatestből áll, az eredmény ezen minták nyomószilárdságainak átlagértéke.

### **12.3.3. Húzási tapadás a rétegek között, és az alapfelületnél**

EN 1542 és ZTV-SIB 90 szerint.

## **12.4. Konformitás megállapítása**

### **12.4.1. Általános**

Eljárás a lövellt beton keverék jóváhagyásának céljára.

### **12.4.2. Vizsgálat**

A gyártónak meg kell vizsgálnia az adalékszer konformitását, valamint a követelményeknek való megfelelését.

### **12.4.3. Minőségbiztosítás**

A gyártónak az EN 29000 szerinti minőségbiztosítási rendszert kell alkalmaznia az adalékszerek előállítási helyén.

Jelen követelmények teljesítését tanúsítványban kell rögzíteni, minden egyes gyártó létesítményben.

A tanúsító testületnek évente legalább egyszer auditálnia kell a gyártó létesítményt. Amennyiben az EN 29000 valamely követelménye nem teljesül: a bizottság a következőképpen járhat el:

- elrendeli záros határidőn belül a korrigálást, ha ez időn belül nem teljesül, bevonja a tanúsítványt,
- Azonnal bevonja a tanúsítványt.

#### **12.4.4. Konformitás megállapítása a gyártó által**

Amennyiben egy adalékszerre teljesülnek a 3.6. pont által támasztott követelmények, a gyártó megállapíthatja annak konformitását. Amennyiben az adalékszer összetétele bárminemű módon megváltozik, újbóli megállapításra van szükség.

A konformitási vizsgálatok között legfeljebb 5 év telhet el.

#### **12.5. Jelölés**

Az adalékszerek megjelölésére a következő információk szükségesek:

- név, védjegy, egyéb azonosító jelzés a gyártó által,
- kereskedelmi név, márkajelzés, referenciaszám,
- adalékszer típusa,
- kloridion tartalom, tömeg %-ban kifejezve,
- alkáli tartalom Na<sub>2</sub>O ekvivalens tömeg %-ban megadva,
- tárolási mód leírása, szavatosságra vonatkozó információk,
- felhasználási útmutató, biztonsági óvintézkedések,
- javasolt adagolási tartomány,
- ezen specifikáció releváns szekciói, száma, dátuma.

**12.1. táblázat:** A próbatestek méretei és tárolási körülményei

	<b>Magminták</b>		<b>Tárolási körülmények lásd ÖNÖRM B 3303 5.1.3 pont</b>
	<b>Átmérő</b>	<b>Magasság</b>	
Nyomószilárdság 20 napos korig	100 mm	100 mm	Tárolás vízben, a vizsgálat előtt 24 óráig természetes szárítás
Nyomószilárdság 21 napos kortól			7 napig vízben, ezután a vizsgálatig levegőn
Hasítószilárdság	100 mm	50 mm	A fúrás után a vizsgálatig víz alatti tárolás
Vízzáróság	150 mm	Min.120 mm	
Fagyállóság	100 mm	250 mm	
Rugalmassági modulus	100 mm	250 mm	
Tapadószilárdság	50 mm	250 mm	
Eluálás	50 mm	100 mm	A fúrás után a vizsgálatig szabad levegőn való tárolás
	<b>Hasábok</b>		
Szulfátállóság	20×20×160 mm hasáb		A kivágás után a vizsgálatig víz alatti tárolás
T vagy TG szálerősítésű b.o.	150×150×500 mm hasáb		
E szálerősítésű b.o.	600 × 600 × 100 mm lemez		

## 13. ALKALMAZÁSI TERÜLETE

A lövellt beton főleg „vékony” speciális beton-, vb. szerkezetek készítésére és alagútfalak biztosítására alkalmas, mint például:

- héjszerkezetek,
- lemezművek,
- utófeszített, kör alaprajzú tartályok,
- tartályfalak,
- csatornaburkolatok,
- úszómedencék,
- alagútfalak (NÖT, NATM),
- szennyvízcsatornák,
- vágatbiztosítás bányákban,
- tömegbetonokhoz zsaluzat készítésére,
- ideiglenes és végleges rézsűbiztosításra.

### **Régi szerkezetek megerősítése**

A megerősítés a szerkezet vastagításával, a régi és az új rétegek együttdolgozásának biztosításával történik. Alkalmazható téglá-, kő-, beton-, vasbeton és acélszerkezeteknél.

### **Tűzvédő és tűzálló bevonatok készítése acélszerkezeteknél, kémény-, kemencefalaknál.**

Itt elsősorban polipropilén szálerősítésű, vékony 3-5 cm réteget hordanak fel a fogadó felületre.

### **Földművek, munkagödör-elhatárolások megtámasztása.**

Támfalaknál, hátrahorgonyzott munkagödör-biztosításokhoz, berlini dúcolathoz stb. alkalmazható a lött beton.

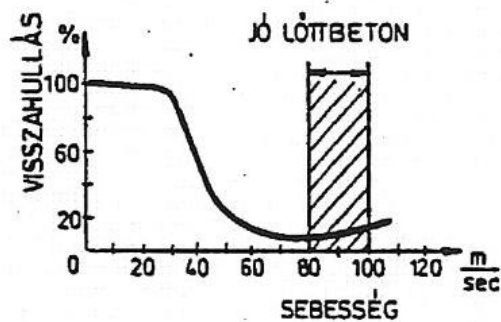
### **Szigetelések készítése (vízzáró)**

Ez nem tipikusan lövellt beton, hanem olyan cementbázisú szigetelő membrán, melyet egyenetlen fogadófelületre lehet ráhordani. Ilyen technológiával készült a Rákóczi- és a Fővám téri metróállomás szellőzőalagútjainak szigetelése

## 14. A LÖVÉS OPTIMÁLIZÁLÁSA

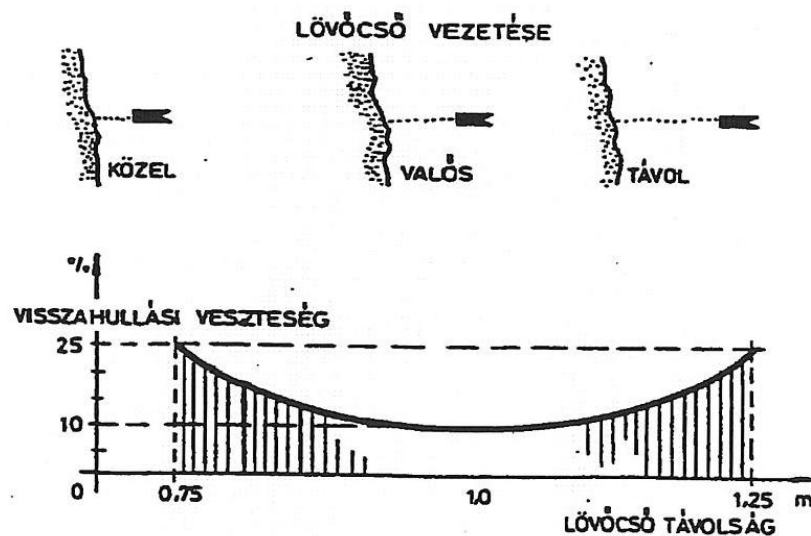
Alapvető probléma jelent a visszahulló anyag, mert nem tapad meg a lőtt felületre. A visszahulló anyag mennyiségét befolyásolja a lövő cső átmérője, távolsága a lőtt felülettől, a kilőtt keverék sebessége, a lövő csőnek a vízszintessel és a zsaluzattal bezárt szöge, a friss beton konzisztenciája ( $v/c$ ), az adalék maximális szemnagysága, összetétele.

A lövési sebesség és a visszahullási veszteség kapcsolatát mutatja a 14.1. ábra. A sraffozással jelölt sebességtartományban működnek a lövő gépek.



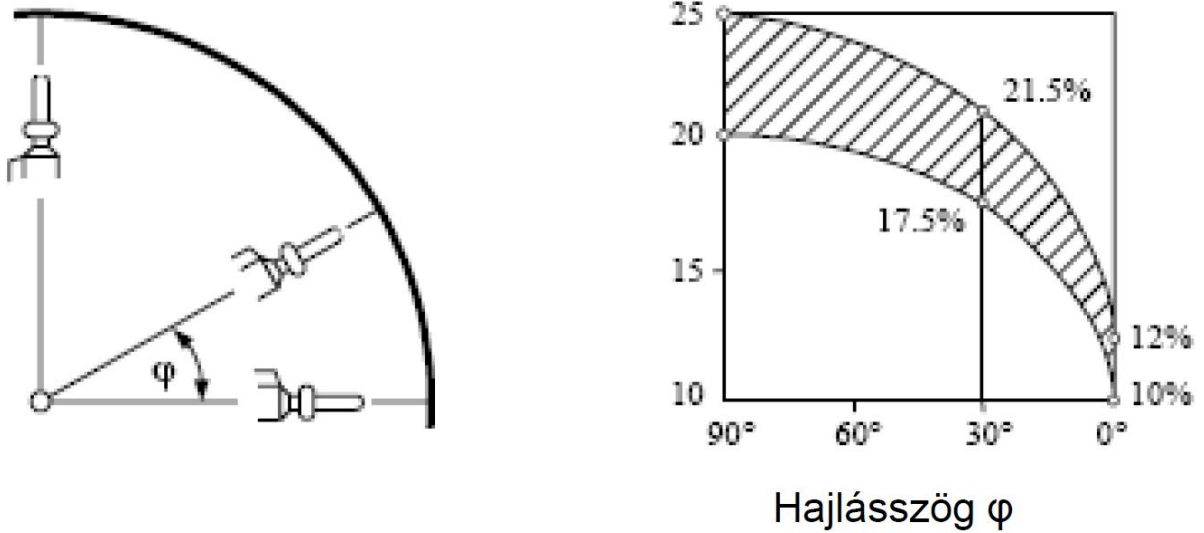
14.1. ábra: Kilövési sebesség hatása

A lövő csőnek a lőtt felülethez viszonyított helyzetétől is függ a visszahullási veszteség. A lövési távolság változásának visszahullási veszteségre gyakorolt hatását mutatja be a 14.2. ábra.

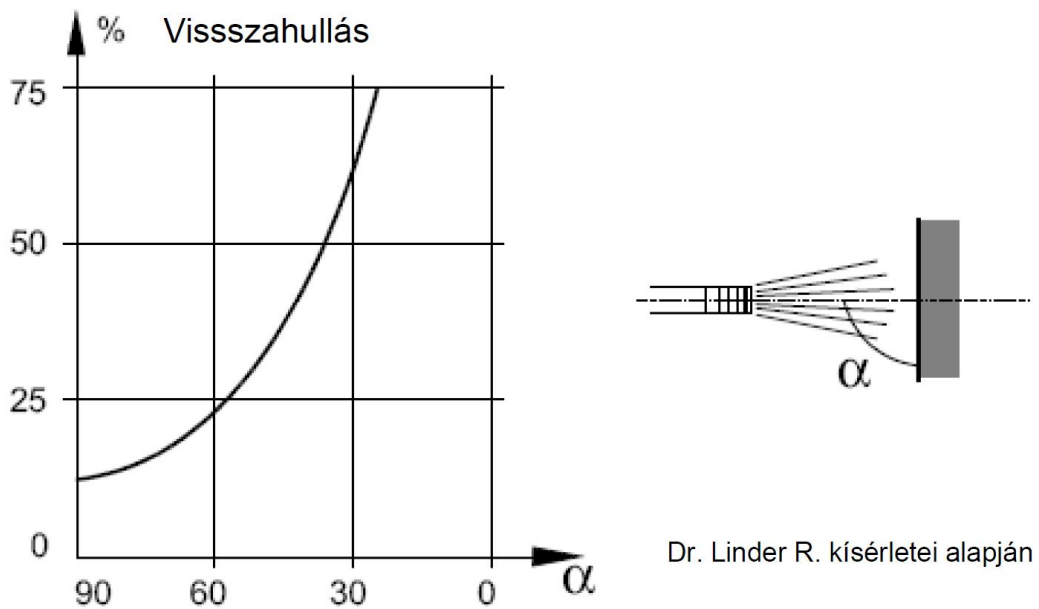


14.2. ábra: Lövési távolság hatása a visszahullásra

Az 1 m körüli optimális távolság megszabja a lövéshez szükséges helyigényt is. A **14.3. és 14.4. ábrák** a ferde felületre történő lövéskor várható visszahullási veszteségről ad tájékoztatást.



**14.3. ábra:** Összefüggés a visszahullás és a hajlásszög között

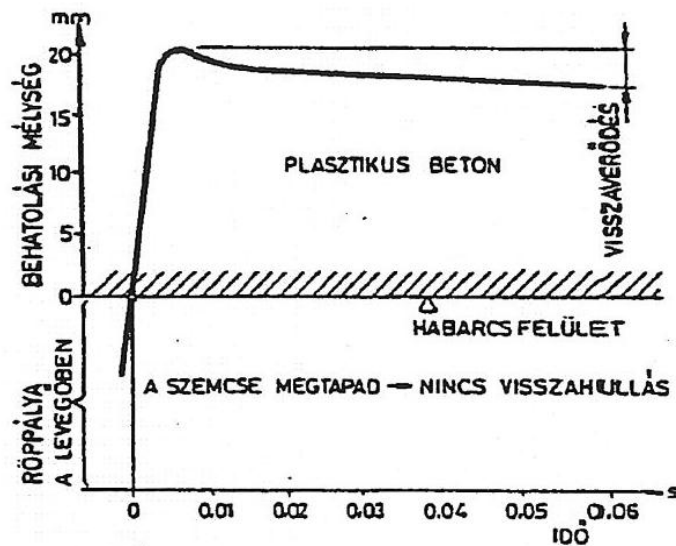


**14.4. ábra:** Visszahullás m%

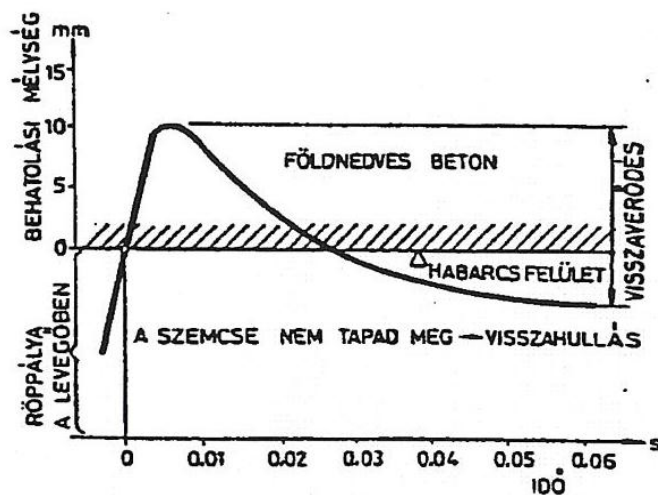


A fej feletti lövésnél tapasztalható nagyobb veszteséget az okozza, hogy az új betonréteg teljes súlyát csak a tapadás biztosítja „rögzíti” az előző réteghez, és így a nagyobb, súlyosabb szemcsék könnyen leeshetne, növelve a visszahullási veszteséget.

A lövő cső helyes tartását a **14.3. és 14.4. ábrák** mutatják be. Nyilvánvaló, hogy a felületre merőleges lövő csőtartásnál lesz a legkisebb a visszahullás, mivel ekkor a visszapattanó szemcsék az anyagsugarba ütközve és újra a lőtt felületre kerülve megtapadhatnak. A bedolgozásra kerülő beton konzisztenciája is befolyásolja a veszteséget. A képlékeny betonról kisebb a visszahullás (**14.5. ábra**). Mivel a szemcsék mélyebbre hatolnak a betonba, és kevesebb az esély arra, hogy a visszaverődés után kilépjenek belőle, mivel kisebb a visszaverődési út, mint a földnedves betonnál (**14.6. ábra**).



14.5. ábra: Konzisztencia hatása a visszahullásra (folyós beton)



14.6. ábra: Konzisztencia hatása a visszahullásra (földnedves beton)

## 15. ÖSSZEFOGLALÁS

A lövellt betonok alkalmazása széleskörű lehet pl. alagútépítési szerkezetek megerősítése nedves technológiával. A nedves technológiával lehetőség nyílik nagy vastagságban, olcsón végzett lövellt betonozásra is. A meglévő szerkezetek megerősítése száraz lövellt beton technológiával történt általában, kis felhordási vastagság mellett. Mind a kiindulási összetevőkre, mind pedig a friss és megszilárdult lövellt betonokra számos új európai szabályozás készült, elősegítve a megkívánt minőség elérését, melyeket jelen tanulmányban ismertettük.

### **A kutatás témája: lövellt betonok tulajdonságai és alkalmazhatósága**

Jelen kutatómunka célja, hogy tudományos körültekintéssel megismerjük ezen Lövellt betonok alapanyagait és felhasználásukkal készült betonok fő tulajdonságait és lehetséges felhasználásait.

A kutatási jelentés a következőket tartalmazza:

- A beton alkotóanyagaival szemben támasztott követelmények,
- Tartóssági követelmények,
- Keverékek összetétele,
- A lövellés kivitelezése,
- A késztermékekkel szemben támasztott követelmények,
- Vizsgálati Módszerek,
- Minőségbiztosítás,
- Biztonság,
- Próbálövések.

## 16. FELHASZNÁLT IRODALOM

- MSZ EN 13263:2005+A1 „Szilikapor betonhoz. 1. rész: Fogalommeghatározások, követelmények és megfelelőségi feltételek”
- MSZ EN 13263-2:2005+A1 „Szilikapor betonhoz. 2. rész: Megfelelőségértékelés”
- MSZ EN 14487-1:2006 Lőtt beton. 1. rész: Fogalommeghatározások, előírások és megfelelőség
- MSZ EN 14487-2:2007 Lőtt beton. 2. rész: Kivitelezés
- MSZ EN 14488-1:2005 Lőtt beton vizsgálata. Mintavétel friss és megszilárdult betonból
- MSZ EN 14488-2:2007 Lőtt beton vizsgálata. 2. rész: A fiatal lőtt beton nyomószilárdsága
- MSZ EN 14488-3:2006 Lőtt beton vizsgálata. 3. rész: A szálerősítésű gerendapróbatestek hajlítószilárdságának (első repedési, legnagyobb és nagy lehajlásokhoz tartozó maradék szilárdságának) meghatározása
- MSZ EN 14488-4:2005+A1:2008 Lőtt beton vizsgálata. 4. rész: A fúrt mag tapadószilárdsága közvetlen húzással
- MSZ EN 14488-5:2006 Lőtt beton vizsgálata. 5. rész: A szálerősítésű lappróbatestek energiaelnyelő képességének meghatározása
- MSZ EN 14488-6:2007 Lőtt beton vizsgálata. 6. rész: Az alapfelületre fellőtt beton vastagsága
- MSZ EN 14488-7:2006 Lőtt beton vizsgálata. 7. rész: A szálerősítésű beton száltartalma
- MSZ EN 934-5:2008 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 5. rész: Adalékszerek lőtt betonhoz. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés
- MSZ EN 1542:2000 Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A tapadószilárdság meghatározása leszakítással
- MSZ 4798-1:2004: „Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon”
- MSZ EN 12350-2:2000: „A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadásvizsgálat”
- MSZ EN 12350-5:2000: „A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés rázóasztalon”

MSZ EN 12350-4:2000: „A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörödési tényező”

MSZ EN 12350-6:2000: „A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség”

MSZ EN 12390-3:2002: „A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága”

MSZ EN 196 „cementvizsgáló módszerek”

MSZ EN 197:1994 Cement – Összetétel, követelmények és megfelelési feltételek

MSZ EN 480-1:2007: Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgáló módszerek. 1. rész: Referenciabeton és referenciahabarcsvizsgálatokhoz

MSZ EN 480-2:2007: Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgáló módszerek. 2. rész: A kötési idő meghatározása

MSZ EN 480-6:2006: Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgáló módszerek. 6. rész: Infravörös vizsgálat

MSZ EN 480-8:1998: Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgáló módszerek. 8. rész: A szárazanyag-tartalom meghatározása

MSZ EN 480-10:1998: Adalékszer betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgáló módszerek. 10. rész: A vízdoldható kloridtartalom meghatározása

MSZ EN 934-2:2002: Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés

MSZ EN 934-6:2002 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 6. rész: Mintavétel, megfelelés-ellenőrzés és megfelelésértékelés

MSZ EN 1008:2003: Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is

MSZ EN 1542:2000: Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgáló módszerek. A tapadószilárdság meghatározása leszakítással

EN 4012 Testing concrete - Determination of compressive strength of test specimens

EN 7034 Testing concrete - Cored specimens - Taking, examining and testing in compression

EN 9812 Testing concrete - Determination of consistency - Flow test

MSZ EN 29000: 1991: „Minőségirányítási és minőségbiztosítási szabványok kiválasztásának és alkalmazásának irányelvei”

ISO 780-1979 Liquid chemical products for industrial use - Determination of density at 20°C

ISO 1158: 1984 Plastics - Vinyl chloride homopolymers and copolymers - Determination of chlorine

ISO 4316: 1977 Surface active agents - Determination of pH of aqueous solutions – Potentiometric method

DIN 1048-2: 1991 Testing methods for concrete - Hardened concrete in structures and components

ZTV-SIB 90 “Regulation for bond testing of surfaces and layers” issued by the Federal Ministry of Traffic, Germany (1990)

MSZ 4798-1:2004. „Beton. 1 rész. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon”

MSZ EN 12620:2003 „Adalékanyag betonhoz”

MSZ 4719-82 „Betonok”

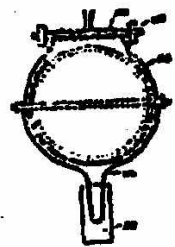
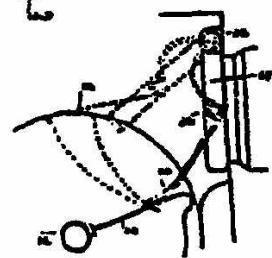
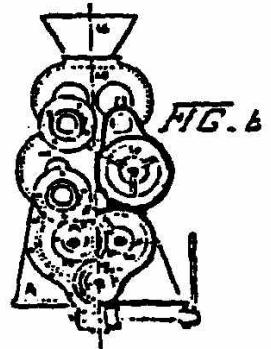
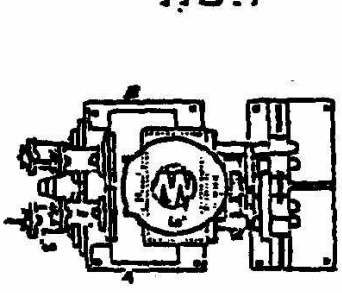
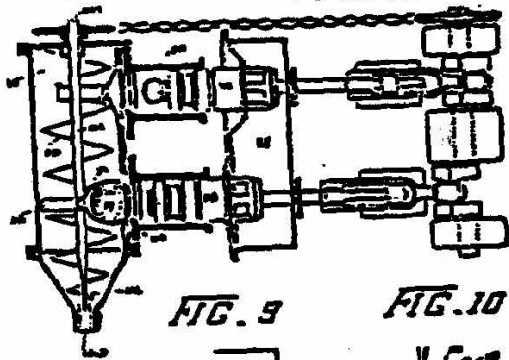
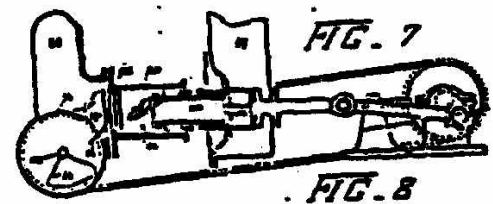
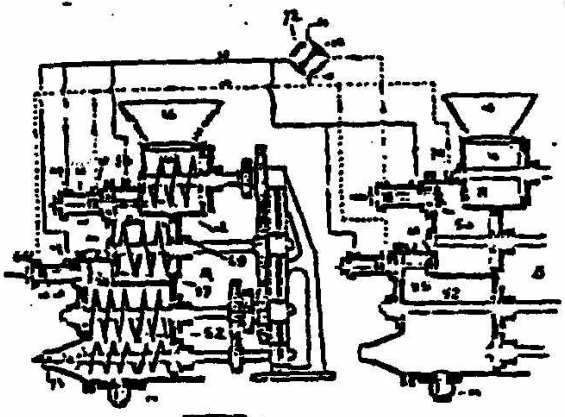
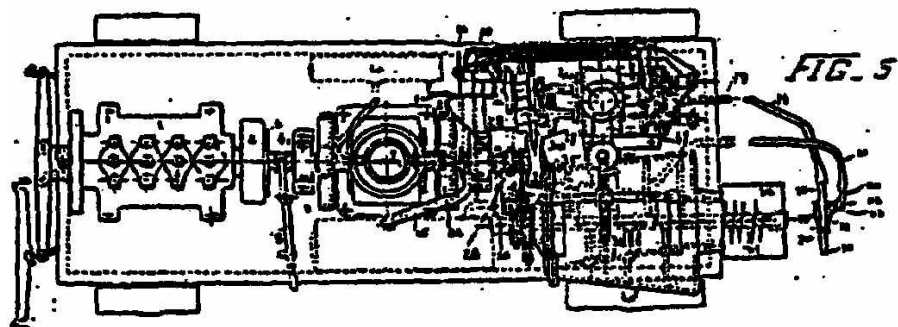
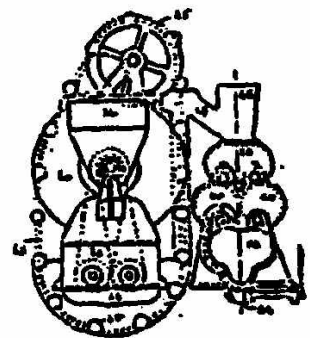
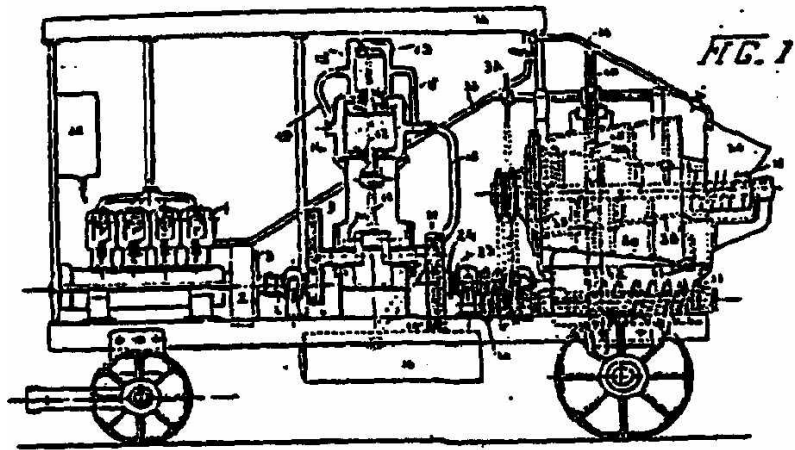
MSZ 4720-2: 1980 „A beton minőségének ellenőrzése. Általános tulajdonságok ellenőrzése”

Szalai K. (1982): „A beton minőségellenőrzése”, Szabványkiadó Bp., 1982.

NBN B 15-238:1992 „Szálerősítésű beton vizsgálata – Hajlítási vizsgálat hasáb alakú próbatesten” Belga szabvány

Guideline Sprayed Concrete, Austrian, August 2006

Dulácska E. (1999): „Az acélszál-erősítésű beton és vasbeton méretezéselmélete” *Szálerősítésű betonok – a kutatástól az alkalmazásig, fib Konferencia 1999*, pp 194-214. oldal



Vass József mérnök által beadott szabadalom rajzi melléklete