

	<u>Levegőtartalom, légtartalom</u>	
Németül:	Luftgehalt	
Angolul:	Air content	
Franciául:	Teneur en air	

A beton a leggyorsabb tömörítés ❖ ellenére is tartalmazhat pórusokat (Pórusszerkezet ❖), amelyeket a beton korától ❖, (Hidratáció ❖) és víztartalmi állapotától ❖, (Víz-tartalom ❖) függően többé-kevésbé levegő tölti ki. Levegőtartalomnak az egységnyi térfogatú bedolgozott friss betonban lévő levegő által kitöltött tér térfogatát, más szóval a friss betonban lévő levegő és a bedolgozott friss beton befoglaló térfogatának hányadosát nevezzük. A levegőtartalom nevezetlen szám, amelyet sokszor térfogat%-ban fejezzük ki. A bedolgozott friss betonban szándékunk ellenére maradt levegőt *bennmaradt* levegőtartalomnak, a légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegőt *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak nevezzük (MSZ 4798-1:2004). A friss beton levegőtartalmának fogalma rokonítható a megszilárdult beton porozitásának (Tömörtség ❖) fogalmával.

A beton szilárdságát ❖ és tartósságát ❖ jelentős mértékben befolyásolja a beton tömörsége ❖, hézag-tartalma, lényegében levegőtartalma. „A beton próbatest nyomószilárdság vizsgálati eredményét a próbatest hiányos tömörítése miatti levegőtartalom jelentős mértékben rontja a jól tömörített betonhoz viszonyítva. Minden 1% levegőtartalom-növekmény a beton nyomószilárdságának – jó közelítéssel – 4-5 százalékos csökkenését okozza...” (MSZ 4798-1:2004). Adott pépigényű ❖ adalékanyagból ❖ készített, adott víz-cement tényezőjű ❖, különböző péptartalmú, jól tömörített betonkeverékek közül mindig a telített beton levegőtartalma a legkisebb (*Balázs*, 1983).

Palotás (1938, 1952, 1961) a friss beton levegőtartalmának, porozitásának hatását a beton nyomószilárdságára ❖ a konzisztenciától függetlenül – a víz-cement tényező törvényét kitérítve – a víz-levegő-cement tényezővel veszi figyelembe, és azt beépíti szilárdságbecslő betontervezési képletébe. *Weisz* (1952) hangsúlyozza, hogy ha a beton nem dolgozható be olyan tömören, hogy a fölös, elpárolgó víz helyén keletkező pórusokon kívül csak lényegtelen mennyiségű pórus maradjon a betonban, akkor az ilyen, egyéb pórust is tartalmazó – például kellőképpen nem tömörített vagy földnedves konzisztenciájú ❖ – beton jellemzésére a víz-levegő-cement tényezőt kell használni (Víz-cement tényező ❖).

Követelmények

Az építési célnak (szilárdság, tartósság stb.) csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű beton felel meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. A bedolgozott friss beton bennmaradt levegőtartalma ne legyen nagyobb általában, mint 2,0 térfogat%; vasbeton szerkezet esetén, mint 1,5 térfogat%; feszített vasbeton szerkezet esetén, mint 1,0 térfogat%; vízzáró beton esetén, mint 1,0 térfogat%; légbuborékképző adalékszer nélkül készített függőleges felületű fagyálló beton esetén, mint 1,5 térfogat%; légbuborékképző adalékszer nélkül készített vízszintes felületű fagyálló beton és függőleges felületű fagy- és olvasztósó-álló beton esetén, mint 1,0 térfogat%. Ha a beton 4 mm feletti adalékanyagának több mint 50 tömeg%-a újrahasznosított betonhulladék adalékanyag, akkor ezek a megengedett levegőtartalom értékek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal túlléphetők.

A légbuborékképző ❖ adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton ❖ esetén az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke a fagy- és

olvasztósó-álló betonra előírt legkisebb érték (4 térfogat%) + max. 4,0 térfogat%, de ne haladja meg az adalékanyag legnagyobb szemmagysága függvényében megadott osztrák határértéket (1. táblázat), mert 1,0 térfogat% légpórustartalom növekedés 4-5 % beton nyomószilárdság csökkenést okoz.

A megszilárdult beton légbuborék szerkezetet ❖ az MSZ EN 480-11:2006 szerinti mikroszkópos vizsgálattal meg kell határozni.

1. táblázat: Előírás a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmára és légbuborék szerkezetére az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabványban

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában előírják a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemmagyságára (zárójelben az MSZ 4798-1:2004 szabványnak megfelelő D_{max} érték) vetítve a friss betonban, valamint a megszilárdult fagy- és olvasztósó-álló betonok hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a következőképpen:		
Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Összes levegőtartalom a <i>friss cementpépben</i> , legalább, térfogat%	9,0	13,0
Összes levegőtartalom a <i>friss betonban</i> , legalább, térfogat%	2,5	4,0
Összes levegőtartalom a <i>friss betonban</i> , legfeljebb, térfogat%	2,5 + 4,0 = 6,5 *	4,0 + 4,0 = 8,0
Legnagyobb szemmagyság, mm	Összes levegőtartalom a <i>friss betonban</i> , térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
* Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. szakasza és NAD 10. táblázata szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke 5,0 térfogat%, hacsak a kezdeti vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható.		
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége a <i>szilárd betonban</i> (jele: L300), térfogat%	1,0 – 3,0 **	1,8 – 5,0
Távolsági tényező a <i>szilárd betonban</i> (jele: AF), legfeljebb, mm	–	0,18
** Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták.		

A levegőtartalomra vonatkozó követelmény teljesítésének érdekében a bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének a tervezett testsűrűségnél legfeljebb 30 kg/m³-rel szabad kisebbnek lennie, azonban átlagos testsűrűségüknek (ha egy próbatest egy mintát alkot), illetve a több próbatest alkotta minták átlagos testsűrűségeinek átlagából számított testsűrűségnek nem szabad kisebbnek lennie, mint a friss beton tervezett testsűrűsége. Ha adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel e feltételek nem teljesíthetők, akkor egyrészt a tömörítés módját felül kell vizsgálni, másrészt – feltételezve a friss próbatestek és a

szerkezetbe bedolgozásra kerülő friss beton közelítőleg azonos tömörségét – a betonösszetételt a helyszíni tömörítési módhoz igazítva át kell tervezni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása a testsűrűség mérés eredményéből számítással

A bedolgozott friss beton tervezett levegőtartalmának ($V_{\text{levegő}}$) felvételével felírható a beton összetevőinek tervezett térfogatösszegét kifejező összefüggés:

$$\frac{M_{\text{cement}}}{\rho_{\text{cement}}} + \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{\rho_{\text{adalékanyag}}} + \frac{M_{\text{víz}}}{\rho_{\text{víz}}} + V_{\text{levegő}} = 1000 \quad [\text{liter} / \text{m}^3]$$

ahol M a betonösszetevők tervezett tömege és ρ a testsűrűsége. A bedolgozott friss beton tervezett testsűrűsége:

$$\rho_{\text{friss beton tervezett}} = M_{\text{cement}} + M_{\text{adalékanyag}} + M_{\text{víz}} \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

Legyen a bedolgozott friss beton tapasztalati (tényleges) és tervezett testsűrűségének hányadosa:

$$r = \frac{\rho_{\text{friss beton tapasztalati}}}{\rho_{\text{friss beton tervezett}}}$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* testsűrűsége a betonösszetevők *tapasztalati* tömege (M') felhasználásával:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{friss beton tapasztalati}} &= r \cdot \rho_{\text{friss beton tervezett}} = \\ &= M'_{\text{cement}} + M'_{\text{adalékanyag}} + M'_{\text{víz}} = \\ &= r \cdot (M_{\text{cement}} + M_{\text{adalékanyag}} + M_{\text{víz}}) = \\ &= r \cdot M_{\text{cement}} + r \cdot M_{\text{adalékanyag}} + r \cdot M_{\text{víz}} \quad [\text{kg} / \text{m}^3] \end{aligned}$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* levegőtartalma:

$$\begin{aligned} V'_{\text{levegő}} &= 1000 - r \cdot (\text{betonösszetevők tervezett térfogata}) = \\ &= 1000 - r \cdot \left(\frac{M_{\text{cement}}}{\rho_{\text{cement}}} + \frac{M_{\text{adalékanyag}}}{\rho_{\text{adalékanyag}}} + \frac{M_{\text{víz}}}{\rho_{\text{víz}}} \right) = \\ &= 1000 - r \cdot (1000 - V_{\text{levegő}}) = (1 - r) \cdot 1000 + r \cdot V_{\text{levegő}} \quad [\text{liter} / \text{m}^3] \end{aligned}$$

Például: ha $M_{\text{cement}} = 300 \text{ kg/m}^3$, $M_{\text{adalékanyag}} = 1950 \text{ kg/m}^3$, $M_{\text{víz}} = 150 \text{ kg/m}^3$, $V_{\text{levegő}} = 20 \text{ liter/m}^3$, $\rho_{\text{friss beton tervezett}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ és $\rho_{\text{friss beton tapasztalati}} = 2300 \text{ kg/m}^3$, akkor $r = 2300/2400 = 0,95833$ és $V'_{\text{levegő tapasztalati}} = (1 - 0,95833) \cdot 1000 + 0,95833 \cdot 20 = 41,67 + 19,17 = 60,84 \text{ liter/m}^3$,

azaz a *tapasztalati* (tényleges) levegőtartalom a tervezett 2 térfogat% helyett 6,1 térfogat%, és a beton tényleges cementtartalma a tervezett 300 kg/m^3 helyett $M'_{\text{cement}} = r \cdot M_{\text{cement}} = 0,95833 \cdot 300 = 287,5 \text{ kg/m}^3$.

Megjegyzés: A friss beton testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2000 szabvány szerint kell meghatározni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel

A friss beton levegőtartalmát általában nyomásmódszerrel szokás megmérni. A nyomásmódszer neve németül „Druckverfahren”. A módszert az MSZ EN 12350-7:2000 európai szabvány tárgyalja, lényegében ugyanúgy, ahogy azt a mára visszavont MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.2. szakasza is leírta. A módszer a *Boyle-Mariott* törvényen alapul, amely szerint a cseppfolyósítási hőmérsékletüknél jóval nagyobb hőmérsékletű valódi gázok (mint például a levegő) nyomásának (p) és térfogatának (v) szorzata állandó ($p \cdot v = \text{konstans}$).

A szabványok szerint a nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú beton fölé vízréteget kell önteni, ezután a készülékben meghatározott mértékű légnyomást kell létrehozni, majd a túlnyomást fokozatosan meg kell szüntetni. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése megfelelő skálabeosztás esetén levegőtartalmat adja meg térfogatszázalékban. A módszer legfeljebb 32 mm szemmagyságú betonok vizsgálatára alkalmas.

A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék edényébe kell helyezni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként számítjuk ki, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %. A levegőtartalmat térfogat%-ban fejezzük ki.

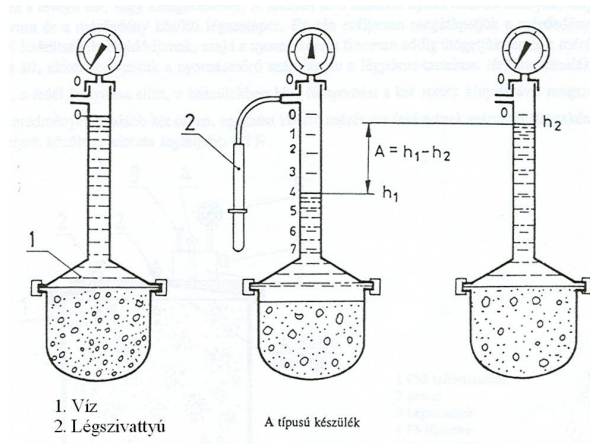
A nyomásmódszerrel dolgozó levegőtartalom mérő készülék lehet „A” típusú, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri, vagy „B” típusú, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri. Az „A” típusú készülék neve németül „Wassersäulenmeßgerät” (az eljárás neve: „Wassersäulenverfahren”), a „B” típusú készüléké „Druckmeßgerät” (az eljárás neve: „Druckausgleichsverfahren”). A gyakorlatban a „B” típusú eljárás alkalmazása terjedt el.

A nyomásmódszert alkalmazó mindkét típusú mérőeszköznek tartozéka a kalibrálóberendezés.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása „A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri (1. ábra).

A készüléket összeállítás után jelzésig vízzel feltöltjük. A készüléket a függőlegestől mintegy 30°-ra megdöntjük, és azzal több teljes kört leírunk, egyidejűleg könnyedén ütögetve a fedelet, hogy a minta felett képződött légbuborékok eltávozzanak. Ezután a berendezést ismét függőleges helyzetbe hozzuk, és könnyedén ütögetve a mérőedény oldalát azt vízzel feltöltjük úgy, hogy a víz szintje a 0 jelzés fölött legyen. A víz tetejéről a habot eltávolítjuk, hogy éles felszingörbület képződjék. A víz szintjét a cső 0 jelzésére állítjuk a vízoszlop tetején lévő szeleppel. A készülékben a megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást létesítünk. A helyi feszültségek feloldása céljából erősen ütögetjük a berendezés oldalát és leolvassuk a h_1 vízszintet. Ezután a vízoszlop tetején lévő szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük és – a mérőedény oldalát egy percig könnyedén ütögetve – leolvassuk a h_2 vízszintet. A levegőtartalom a $h_1 - h_2$ vízszintkülönbséggel arányos. Ezután a mérést megismételjük anélkül, hogy a vízszint 0-ra állna. Ha az alkalmazott vizsgálati nyomás mellett a levegőtartalom nagyobb, mint ami a mérőeszköz skáláján mérhető, a vizsgálati nyomást csökkentjük, és a vizsgálatot megismételjük.

Ha a készülékben lévő nyomást a légszelep segítségével a légköri 1 at nyomásról 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott $\Delta v = h_1 - h_2$ térfogatváltozás a levegőtartalom fele ($v/2$). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha $0,5 \text{ cm}^3$ -t jelölnek $1,0 \text{ cm}^3$ -rel.



1. ábra: „A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék, MSZ 4714-2:1986

A friss beton levegőtartalmának meghatározása „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely levegőnyomással működik, és a térfogatsökkenést méri (2. ábra).

A készülék összeállítása után elzárjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet, és kinyitjuk a fedélen lévő nyílások reteszeit. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül addig töltünk vizet, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik. A készüléket addig rázogatjuk, amíg a minta felett képződött légbuborékok el nem távoznak az edényből.

Ezt követően a légkamra szelepet elzárjuk, és annyi levegőt nyomunk a légkamrába, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10 másodpercig várunk, majd a mérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre visszaállítjuk a levegő be-, vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét lezárjuk, majd kinyitjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet. Ekkor a légkamrában és az edényben lévő nyomás kiegyenlítődik.

Ezután erélyesen megütögetjük a mérőedény oldalát, hogy a helyi feszültségek feloldódjanak, majd a nyomásmérőt finoman addig ütögetjük, amíg a mérő mutatója meg nem áll, ekkor leolvassuk a nyomásmérő számlapján a levegőtartalmat térfogatszázalékban, ha beosztása ennek megfelelő. Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.

Az eredeti *Tonindustrie* készülék $v = 80 \text{ cm}^3$ térfogatú légkamrájában a levegő nyomását a kézi pumpa segítségével $p_0 = 3,5$ at abszolút nyomásra növeljük. A betonban lévő ismeretlen térfogatú ($V_{\text{levegő}}$) levegő nyomása a légköri 1 at nyomásnak felel meg. A légkamra és az edény összenyitása után a $(v + V_{\text{levegő}})$ össztérfogatban uralkodó nyomás p , amiből a beton levegőtartalma ($V_{\text{levegő}}$) kiszámítható:

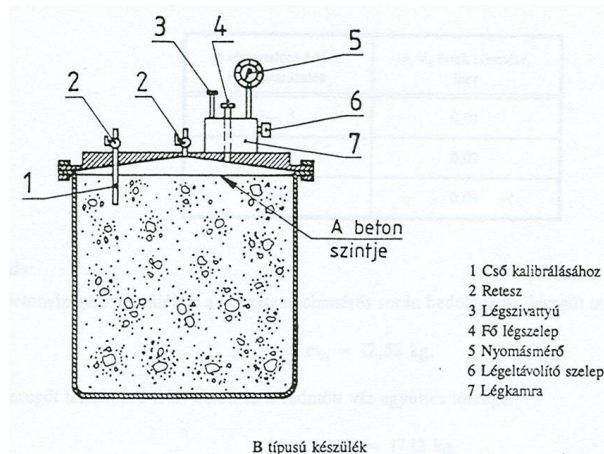
$$p_0 \cdot v + 1 \cdot V_{\text{levegő}} = p \cdot (v + V_{\text{levegő}})$$

$$3,5 \cdot 80 + V_{\text{levegő}} = p \cdot 80 + p \cdot V_{\text{levegő}}$$

$$V_{\text{levegő}} = \frac{280 - 80 \cdot p}{p - 1} \quad [\text{cm}^3]$$

$$V_{\text{levegő}} \% = 100 \cdot \frac{V_{\text{levegő}}}{8000} = \frac{V_{\text{levegő}}}{80} \quad [\text{térfogat}\%],$$

ha az edény térfogata 8 liter. Az újabb készülékek manométerének skáláján a p nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.



2. ábra: „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék, MSZ 4714-2:1986

A friss beton levegőtartalmának meghatározása térfogatos módszerrel

A kissé képlékeny és lágyabb friss betonok levegőtartalmának meghatározására az MSZ 4714-2:1986 szabvány 4.1. szakasza térfogatos módszert is tartalmazott, amelynek mérőeszköze az ejtőkengyeles konzisztencia vizsgáló készülék (VEBE-méteres átfomálási idő \diamond) volt. Az ejtőkengyeles mérőedényben a levegőtérfogatot a levegőtartalmú és a levegőtartalom nélküli beton térfogatának különbségeként mérték meg, és a levegőtartalmú beton térfogatára vonatkoztatták. A térfogatos levegőtartalom mérési módszer a gyakorlatban nem terjedt el, európai szabvány sincs rá.

Felhasznált irodalom

- Balázs György (szerk.): Építőanyag praktikum. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1983.
- Balázs György: Beton és vasbeton I. Alapismeretek története. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1994.
- Balázs György: Barangolásaim a betonkutatás területén. Akadémiai Kiadó. Budapest, 2001.
- Palotás László: A beton. Fejezet a Möller Károly dr. szerkesztésében megjelent Építési Zsebkönyvben. Kir. Magy. Egyetemi Nyomda kiadása. Budapest, 1938.
- Palotás László: Minőségi beton. Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat. Budapest, 1952.
- Palotás László: Építőanyagok II. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1961.
- Weisz György: A betonozás technológiája. Közlekedési Kiadó. Budapest, 1952.
- Weisz György: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. pp. 187-189. Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1974.
- MSZ 4714-2:1986 A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének és légpórustartalmának meghatározása
- MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

- MSZ EN 480-11:2006 Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
- MSZ EN 12350-6:2000 A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
- MSZ EN 12350-7:2000 A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom. Nyomásmódszerek

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A cikk eredeti változata megjelent a	 The logo for 'BETON' features the word 'BETON' in large, bold, green, block letters with a slight 3D effect. Below it, the words 'szakmai havilap' are written in a smaller, black, sans-serif font. The entire logo is set against a light background with horizontal lines above and below the text.	2008. június havi számának 20-23. oldalán
--------------------------------------	--	--

Vissza a

Noteszlapok abc-ben



Noteszlapok tematikusan



tartalomjegyzékhez



Vissza a **Jogalmak** könyvtár tartalomjegyzékéhez