

Érces Gergő¹

ÉPÜLETEK ÉLETCIKLUS-ELEMZÉSE A TŰZVÉDELEMBEN BUILDING LIFE CYCLE ASSESSMENT IN FIRE PROTECTION

Absztrakt

Életünk jelentős részét épített környezetben, épületekben éljük, ezért azok fenntartható és biztonságos kialakítása mára alapvető igénygé vált. Az épületek biztonságának egyik fő területe a tűzvédelem, amely komplex módon szerves részét képezi az épületek teljes életciklusának.

Tűzbiztonság-becslési módszereket, műszaki eljárásokat, kockázat-elemzéseket ismerünk a tűzvédelem tudományában, de azok nem ölelik át egy-egy épület teljes életciklusát az épület – ember – tűz hármasszög kölcsönhatás szempontjából, a komplex tűzvédelem tekintetében. A fenntartható jövő megteremtése céljából használjuk az épületek életciklus-elemzését (LCA), amely mintájára, mérnöki módszerek alkalmazásával vizsgálható az épített környezet tűzvédelmi helyzetének alakulása. Az épületek teljes életciklusára vetítve, a használat tekintetében elemezhető valamennyi az épület tűzvédelmében résztvevő szereplő tevékenysége is.

A közleményben az épületek teljes életciklusán átívelő komplex tűzvédelem megvalósulását elemzem. A kritikus időpontokban, kritikus helyeken, és helyzetekben keletkező tüzesetek vizsgálatával integráltan bemutatom a mérnöki szemléleten alapuló komplex tűzvédelemben, és az épületek tűzvédelmi életciklus-elemzésében rejlő fejlesztési lehetőségeket.

Kulcsszavak: életciklus-elemzés (LCA), komplex tűzvédelem, mérnöki módszerek, biztonság, fenntartható jövő

Abstract

We spend a significant part of our lives in built environment, in buildings; therefore the sustainable and safe design of them has become a basic need nowadays. One major area of the security of buildings is fire protection, which, in a complex way, is an integral part of the life cycle of buildings.

We are aware of fire safety estimation methods, technical procedures, risk assessments in the science of fire protection, but they do not comprise the entire life cycle of a building in terms of building – human – fire triple interaction, nor take account of complex fire protection. We are using building life cycle assessment (LCA) in order to create a sustainable future, to the model of which engineering methods can be used to investigate the development of fire safety status of the built environment. Analyzing the activity of all participants involved in the fire protection of buildings in terms of usage throughout the entire life cycle of the building is also possible.

In the publication I analyze the implementation of complex fire protection across the full life cycle of buildings. Integrated investigation of fires, which were generated in critical times, in critical places, and situations, I introduce the potential development opportunities lying in complex fire protection based on engineering methods, and also in fire safety lifecycle analysis of buildings.

¹Nemzeti Közszolgálati Egyetem, doktorandsz. E-mail: ercesgergo@gmail.com ORCID:0000-0002-4464-4604

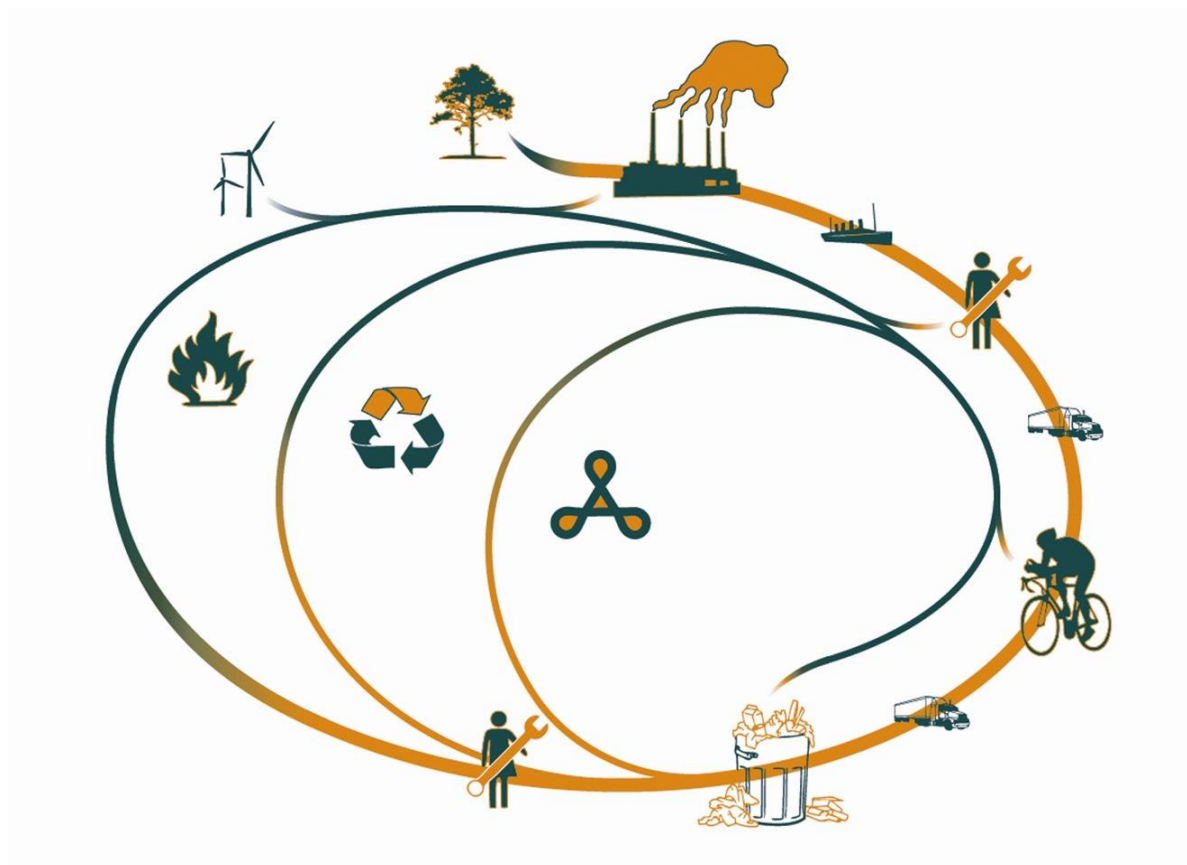
Keywords: life cycle assessment (LCA), complex fire protection, engineering methods, safety, sustainable future

Bevezetés

A fenntartható fejlődés alapvető pillérei, többek között, a biztonság és az egészség. Életünk jelentős részét (vidéken 30-50%, városban 85-95%) [1] épített környezetben, épületekben éljük, ezért azok hosszútávon fenntartható és biztonságos kialakítása mára alapvető igényé vált. Az egészséges emberi élettér biztosítását az épített környezet minősége jelentős mértékben szolgálja, befolyásolja. [2] Az épített minőség több tényezőből áll, amelyek közül a fenntartható biztonság kulcsszerepet fog játszani a jövőben. Az épületek biztonságának egyik fő területe az állékonyságvédelem[3], az egészségvédelem, a vagyonvédelem, stb. mellett a tűzvédelem, amely komplex módon szerves részét képezi az épületek teljes életciklusának, tehát az épített minőség, ezáltal az egészséges emberi élettér egyik alappillére képezi.

Életciklus-elemzés (Life-cycle Assessment - LCA)

Ma az épületeinket 50-100 éves élettartamra tervezzük [4] Ez az időintervallum rövid ahhoz, hogy egy aránytalanul magas tűzvédelmi biztonsági minőséget képezzünk az épületünkkel, de hosszú ahhoz, hogy ne legyen egy átfogó, a teljes időtartamot átívelő teljes körű tűzvédelmi biztonsági háló. Az épületekhez köthető az Európai Unió energiafelhasználásának 40%-a, amellyel arányos a normál használati szennyező anyag kibocsátás is [5]. Ezt a terhelést jelentős mértékben növeli egy esetleges tüzeset során az építőanyagokból, szerkezetekből felszabaduló káros anyag kibocsátás. [6] Az építészeti életciklus-elemzés a fenntartható fejlődés egyik alapját képezi. Az építőanyagok tekintetében az éghetőségi komponensek, a tűzvédelmi osztályok kérdései, a tűzállósági határérték paraméterek, szervesen is kapcsolódnak a szűken értelmezett építészeti épület életciklus-elemzéshez. Tűzvédelmi szempontból egy épület életciklus-elemzése azonban túlmutat a környezeti és a környezetre való hatások elemzésén, értékelésén.



1. ábra LCA [7]

Biztonság

A XX. század végére a környezeti problémák: erőforrások kimerülése, klímaváltozás, ózonréteg vékonyodása, eutrofizáció, stb. olyan problémaként álltak az emberiség előtt, amelyekre mérnöki válaszokat is kellett adni. [8] Az épített környezet esetében az építészeti életciklus-elemzés az egyik leghatékonyabb módszer, amely közvetlen alkalmazása jelentős szerepet játszik az építési termékfejlesztésben, termék előállításban, az építészeti tervezésben, a szerkezeti kialakításokban, stb. és egzakt, mérnöki szemléleten alapuló megoldásokat nyújt. [9]

A XXI. században a környezeti problémák mellett kiemelten fontossá vált az épületek biztonságának a teljes életcikluson át tartó megvalósítása. Ez a biztonság több szempontból is összetett. Egyrészt szolgálja az épített környezet biztonságát, másrészt szolgálja a vagyoni értékek biztonságát, továbbá szolgálja épségünk, egészségünk, életünk biztonságát. Egy-egy épület életciklusa időben azonosul, összehasonul az emberi élet ciklusával. Gyakorlatilag egy emberöltőre építünk épületeket, amelyek biztonságosan ma 1-2 emberöltőnyi időt szolgálhatnak ki.

Épület – ember – tűz

A világ szinte minden országában az építészeti tűzvédelem jogszabályokon, irányelveken, szabványokon nyugszik. [10] Tűzbiztonság-becslési módszereket, műszaki eljárásokat, kockázat-elemzéseket ismerünk a tűzvédelem tudományában, de azok nem ölelik át egy-egy épület teljes élelciklusát az épület – ember – tűz hármasság kölcsönhatás szempontjából, a komplex tűzvédelem: tűz megelőzés, tűzoltás, tűzvizsgálat tekintetében. [11] A nem komplex tűzvédelem következtében „fehér foltok”, kritikus helyek és időtartamok alakulnak ki egy-egy épület tekintetében. [12]

A biztonság szempontjából az épület-ember-tűz hármasság viszonya játssza a legfontosabb szerepet. [13] Külön-külön ismerjük azokat a paramétereket, amelyek definiálják a tűzvédelemben mérhető biztonságot az adott tényezők esetében. A probléma ott rejti magát, hogy ezek valós egymásra hatása sok esetben bizonytalan módosító tényezőket, jellemzően rontó tényezőket eredményez. Egy takarítás során, a takarító felszerelést hordozó kocsival kitámasztott, alapvetően szabályos, önműködő csukó szerkezettel ellátott tűzgátlóajtó nem képes betölteni szerepét, ezáltal a tűz több tűzszakaszba történő terjedése lehetővé válik (emberi tényező). Egy elhúzódozó építészeti átalakítás során az elbontott, de időközben vissza nem épített tűzgátló szerkezetek (falak, földem, stb.) hiánya ugyancsak a tűz gyors terjedését eredményezi (épület tényező). Az épület használata során felhalmozott éghető berendezések, installációk, tárgyak, anyagok égése során felszabaduló toxikus gázok, égéstermékek szintén negatív értelemben befolyásolják az épület tűzvédelmi helyzetét. [14] Ez kihat többek között az épületben tartózkodó emberek menekülési képességére is, amelyet a tervezéskor nem tudtak, vagy nem vettek figyelembe (tűz tényező).

Az egyszerű példákból is látható, hogy egy épület használata során az emberi tényező a legbizonytalanabb, amelyre egzakt mérnöki megoldás nem adható. Az egyetlen reális megoldás az emberek tudatos és folyamatos tűzvédelmi képzése, oktatása, már kisgyermek kortól egészen idős korig. Ezáltal egy automatizmus alakul ki, amely kedvezően hatna a nem szándékos gondatlan cselekvések elkerülésére tekintetében. Mérnöki megoldások szempontjából az épület- és a tűz tényező kezelése már egyszerűbb probléma, mert léteznek egzakt megoldások. [15] A problémát ezen tényezők esetében az egymásra hatások megfelelő elemzésének és értékelésének hiánya okozza, amely a jellemzően heterogén és hosszú élelciklusból és a tűzvédelem szereplőinek különböző tér- és időbeni elhelyezkedéséből fakad.

Tűzvédelem szereplői

A szereplők összetétele szintén heterogén. Alapvetően két részre osztható: hivatásos és civil tűzvédelmi szakemberekre. A hivatásos szakemberek csoportjának két kategóriáját különböztetjük meg: az értékelő-elemzőket és az operatív végrehajtókat; ez utóbbiak további három alcsoportra, szakterületre bonthatók: tűz megelőzési, tűzoltási és tűzvizsgálati szakterületekre. A civil tűzvédelemi szféra négy csoportból áll: a tűzvédelmi tervezők, szakértők, tűzvédelmi előadók, főelőadók; a kivitelezők, karbantartók, felülvizsgálók; a fejlesztők, gyártók, forgalmazók; valamint az önkéntes tűzoltók csoportjából. Az egyes csoportokon, alcsoportokon belül további specializálódás figyelhető meg, amely tovább erősíti a heterogén tűzvédelem megvalósulását. Az eleve összetett építészeti tűzvédelmi tervezésben megjelennek az automatikus beépített aktív tűzvédelmi berendezések, amelyek szerepet játszhatnak akár a tűzterjedés elleni védelemben is, úgy, hogy azok működését egy automatikus beépített tűzjelző rendszer vezérli. Azaz egy alapvető építészeti tűzvédelmi kérdésre: *tűzterjedés elleni védelem*, egyszerre három szereplőnek kellene összehangolt választ adnia: tűzvédelmi tervező, beépített automatikus oltóberendezés (tűzterjedés gátló berendezés) tervezője, beépített automatikus tűzjelző rendszer tervezője. Mivel valamennyi rendszer építési terméknek számít, ezért már a termék kiválasztásánál jelentős szerepet játszik annak tűzvédelmi teljesítménye, minősítése, amelyet a fejlesztők, gyártók határoznak meg és igazolnak. A teljes folyamatot felügyeli a hivatásos szféra legalább két szempontból: hatósági (azon belül: engedélyezési, piacfelügyeleti) és szakhatósági formában. Ezt az egyetlen tűzterjedési problémát tekintve is jól látható, hogy milyen bonyolult és összetett ma a tűzbiztonság megvalósítása. A fenti szereplők egyszerre nincsenek egy térben és időben, és jellemzően a különböző szereplőkön belül is több különböző szakember jár el, így az információ áramlás homogenitása hiányos, ezért hibahelyek alakulnak ki. Egyik szereplő nem tudja pontosan, hogy mit csinál a másik, ezért fontos részletek vesznek el, és végeredményben egy egyszerűnek tűnő tűzterjedés elleni védelem nem lesz képes ellátni megfelelően a feladatát. Ebben a példában most nem boncolgatom tovább, hogy mi történik ezzel a tűzterjedés gátló berendezéssel a használat során, amely rengeteg további bizonytalanságot rejt. [16] Ezáltal jelentősen megnő a beavatkozó tűzoltó állomány helyszíni döntéshozatali kényszere, amely sok esetben nem az adott épület mérnöki tűzvédelmi paraméterein alapszik, ezért eltér attól, és így megnövekedhet a beavatkozás ideje, ezáltal a tűzkár. [17] Összességében tehát az a probléma, akár egy ilyen egyszerű esetben is, hogy hajlamosak vagyunk elhinni, hogy sok pénzért, sok szakember bevonásával biztosan megfelelő védelmet

építettünk ki, és ezáltal hamis biztonságérzetet teremtünk. A gond az, hogy ma alig-alig létezik olyan időpont, amikor a szereplők egy térben jelen vannak és komplexen kezelik ezt a kérdést. Ez ma gyakorlatilag egyedül az épület használatbavételének időpontja lehet, de ez sem törvényszerű. A megoldás abba az irányba kell, hogy mutasson, hogy a szereplők tevékenysége minél homogénebb legyen, minél több és aktívabb kapcsolódási pont alakuljon ki közöttük, ezáltal felállítható egy jól működő kontroll rendszer is, kialakul egy folyamatos oda-vissza csatolás minden szakember között. A speciális szakterületek eredményei valóban hatni kezdenek egymásra. Ennek a rendszernek a digitális, elektronikus megvalósítás az útja, amelyhez a mai infokommunikációs világunkban az infrastruktúra teljes mértékben rendelkezésre áll. [18] Az infokommunikáció lehetővé teszi a szereplők egy „térben”, virtuális térben és valós időben történő jelenlétét, továbbá szolgálja az elektronikus adatbázisok kapacitásának kényelmes elérését. [19] Így a szakember fluktuáció miatt sem történik információ veszteség, bárki be tud kapcsolódni az adott rendszerbe.

Követelményeknek való megfelelés

Világszerte elfogadott és működő módszer a tűzvédelemi problémákra adott megoldások jogszabályi követelménnyel való összehasonlítása. [10] Ezáltal sok esetben megállapítható, hogy az ismert tűzvédelemi paraméter megfelel-e az ismert követelmény értéknek, vagy nem. Azonban ez a szótár jellegű módszer csak a meghatározott problémákra ismer válaszokat és a problémák összetettsége is véges lehet. Messze nem fedi le az építészeti tűzvédelem összetett jellegét, nem tudja követni a kortárs építés technikai fejlődését. Sok esetben a rendelkezésre álló technika – akár egy szoftver, akár egy műszaki termék esetében – fejlettsége előre mutatóbb a rugalmatlan jogi szabályozásoknál. Mérnöki szemléleten alapul a fenti módszer fejlesztése, amely során követelményeknek való megfeleltetés műszaki irányelvek, műszaki szabványok felhasználásával biztosított. Ezen módszerrel jelentősen nő a mozgástér, a tervezés, megvalósítás szabadsága, de még mindig egy keretrendszerben mozoghat csak a módszer alkalmazója. Ma ez a módszer a legelterjedtebb, és optimálisan a legjobban használható. Ezt a módszert alkalmazzák Európa több országában (harmonizált szabványok alkalmazása), közte Németországban (DIN, VDS rendszer), vagy Magyarországon (harmonizált szabványokon alapuló tűzvédelemi műszaki irányelvek alkalmazása), továbbá az Amerikai Egyesült Államokban is hasonló rendszer működik (NFPA, FM szabványok alkalmazása). [20] Léteznek úgynevezett komplex tűzvédelemi értékelések, amelyek szintén mérnöki elveken nyugszanak, és műszaki szemlélettel kezelik az adott tűzvédelemi

problémákat komplex módon is, de nem kezelik egy épület teljes élelciklusán keresztül. A jövőt a szabályozott mérnöki szemléleten és alapokon működő módszerek jelentik, amelyek kombinált alkalmazásával minden egyedi problémára a legmegfelelőbb egyedi megoldás biztosítható olyan módon, hogy egy épület teljes élelciklusára vetítve átfogó képet kapjunk annak tűzvédelmi helyzetéről, a kritikus helyek és potenciálisan kockázatos időszakok figyelembevételével.

Kritikus helyek és időpontok

A kritikus idő intervallumok megállapításában a tűzvizsgálat tapasztalatai jelentik az origót. Egy a tervezéstől az újratervezésig, vagy bontásig tartó épület élelciklus során különböző kritikus fázisok alakulnak ki, amelyek fehér foltként jelennek meg a tűzvédelemben. Három kritikus fázist mutatunk be különböző nemzetközi tüzesetek példáján.

Az első esetben egy folyamatban lévő felújítás során keletkezett tűz a párizsi Ritz Hotelben, 2016. január 19-én. A már újraindítás előtt álló szálloda építészeti szempontból már szinte elkészült, de tűzvédelmi szempontból mégis egy kedvezőtlen, kritikus állapotban volt. A tűzvédelmi rendszerek nem rendeltetés szerinti állapotban működtek, mert folyamatos munkálatok zajlottak az épületben. A használat sem volt rendeltetészerű, hiszen építkeztek. Mégis az épület és tűz paraméter majdnem olyan értékeket vett fel, amelyek igazak egy rendeltetészerűen funkcionáló épületre.

A második esetben egy átalakítás alatt álló épület, de kivitelezéssel nem érintett, elhagyott építési helyszínen keletkezett tűz Budapesten, az Andrássy úton, 2014. július 15-én. A palota épület felső szintjeiből a belső falakat és födémeket kibontották, ezáltal egy hatalmas légtér, egy óriási tűzszakasz alakult ki, amely hosszú időn keresztül fennállt. A hatalmas tüzesetet, a tűz kiemelten nagy területre történő terjedését a tűzterjedést gátló épületszerkezetek hiánya okozta. A szétbontott, egy légteret eredményező zárt tér hosszú időn át fennálló állapota, azaz az épület paraméter játszott szerepet a kritikus hely és hosszú potenciálisan tűzveszélyes időszak kialakulásához.

A harmadik esetben pedig a tűz paraméter határozta meg a tüzesetet. 2016. január 1-én a dubai The Address Downtown Hotelben keletkezett tűz. A szilveszteri tűzijátékozás során egy pirotechnikai termék okozta a tüzesetet. A kritikus időpontban több helyen is az eltérő használat eredményeként újra értékelődnek a különböző paraméterek. Szilveszterkor koncentrált meg a használatban lévő pirotechnikai termékek száma, amely potenciális

különböző eredmények egymáshoz viszonyított értékelése adja a mérnöki módszer lényegét. Önmagukban a különböző módszerek csak részeredményeket szolgáltatnak, csak olyan részrendszerben, amelyben konkrétan vizsgálat alá kerültek. Egy meghatározott módon elvégzett valós tűzteszt (pl.: homlokzati hőszigetelés tűzterjedési vizsgálata) az adott térbeli kialakítási problémát kezeli, de minden egyedi épületre ugyanaz a rendszer más-más beépítési helyzetben, térbeli kialakításban csak közelítően értékelhető ugyanolyan módon. [27] Felhasználva a valós tűzteszt eredményeit, megfelelő modell tűz választása esetén, [28] és a BIM (épület információs modellezés) alapú tervezés térbeli információit, a ma már rendelkezésre álló és rohamosan fejlődő szimulációs szoftverekkel rendelkezésre áll az a képesség, amellyel tervezhetővé válik a fenti probléma megoldása. Ez természetesen minden egyedi kialakítás esetében egyedi megoldásokat takar, több mérnöki módszer megfelelő alkalmazását követeli meg és egy értékelő-elemző összegzésben ölt végleges formát, amellyel igazolhatóvá válik a tűzvédelmi követelménynek való megfelelés. A mérnöki módszerek tudatos és innovatív alkalmazása egységes szemléleten és közel azonos mértékű tudáson alapuló szakember gárdát igényel, mind a hivatásos, mind a civil szféra szereplőtől. Ezt nagyon alapos és célirányos szakmai képzéssel lehet elérni. Az innovatív mérnöki módszer tehát egy összefüggés rendszer, amely az adott tűzvédelmi problémára úgy ad egyedi megoldást, hogy a szükséges mértékben a szükséges mérnöki módszereket vegyíti, egymásra hatásukat elemzi és a tapasztalati, mért eredményekkel összehasonlítva összegzi, értékeli az épület kritikus helyén, egy-egy kritikus időpontban, vagy intervallumban.

Az innovatív mérnöki módszerek alkalmazásával lehetőség nyílik egy épület életciklusa során a kritikus helyek és potenciálisan tűzveszélyes időszakok meghatározására, ezáltal a megfelelő biztonság kialakítására. Ez a biztonság szolgálja a tűzoltói beavatkozás speciális helyszíni biztonságát is. [29][30] A kritikus helyek meghatározásával egy új típusú, mérnöki módszerekkel igazolt használat tervezhető a potenciálisan kockázatos időintervallumokra. A jogszabályokon nyugvó statikus (csak a jogszabályváltozástól függő szabályozás) használati szabályok helyett új szemléletű dinamikus használati szabályozás alakítható ki.

Következtetések

A közleményben az épületek teljes életciklusán átívelő komplex tűzvédelem megvalósulását elemeztem a biztonság, az épület – ember – tűz, a tűzvédelem szereplői, a követelményeknek

való megfelelés, a kritikus helyek és időpontok és az innovatív mérnöki módszerek, mint fontosabb részterületek szerinti bontásban.

A kritikus időpontokban, kritikus helyeken, és helyzetekben keletkező tüzesetek vizsgálatával integráltan bemutatom a mérnöki szemléleten alapuló komplex tűzvédelemben, és az épületek tűzvédelmi életciklus-elemzésében rejlő fejlesztési lehetőségeket.

Az eddigi kutatásunk során megállapítottuk, hogy a komplex tűzvédelem a szereplők nagymértékű heterogenitása és az épület-ember-tűz paraméterek egymásra hatásának időbeli dinamikus változása olyan kritikus kockázatú fehér foltokat okoz egy épület teljes életciklusát tekintve, amelyek jelentős mértékben csökkentik az épület tűzbiztonságát. Megállapítottuk, hogy mérnöki módszerek innovatív és kombinált alkalmazásával – az egyedi tűzvédelmi kérdések megoldásán túl – a tűzvizsgálat mérnöki eredményei és tapasztalatai alapján kockázatos időszakok és helyek határozhatók meg, amelyekre egzakt módon tervezhető a használat.

Felhasznált irodalom

- [1] Wittstock B. – Albrecht S. – Colodel C. M. – Lindner J. P.: Gebäudeaus Lebenszyklusperspektive – ÖkobilanzenimBauwesen, *Bauphysik*, 2009.
- [2] Aktas C. B. – BilecM. M.: Impact of lifetimeon US residential building LCA results, *Buildings and building materials*, 2012.
- [3] Balázs L. Gy. – Lublós É.: Tűzhatásra való méretezési lehetőségek áttekintése vasbetonszerkezetek esetén, *Vasbetonépítés: A FIB Magyar Tagozat Lapja: Műszaki Folyóirat* 12:(1) (2010), 14-22.
- [4] Kellenberger D. – Althaus H.:Relevance of simplificationsin LCA of building components, *Building and Environment*, 2009.
- [5] Kellenberger D. – Althaus H.:Relevance of simplificationsin LCA of building components, *Building and Environment*, 2009.
- [6] Restás Á.: *Égés- és oltáselmélet*, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Egyetemi Jegyzet 2014.
- [7] www.miljogiraff.se/vara-tjanster/life-cycle-assesment/?lang=en(A letöltés dátuma: 2016. 02. 04.)
- [8] Földi L.: *Climatechange and disasters*, In: Szerk.: Földi László, Szerk.: Padányi József Effects of climatechangeonsecurity and application of military force. Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2014. pp. 197-237.

- [9] Aktas C. B. – Bilec M. M.: Impact of lifetime on US residential building LCA results, *Buildings and building materials*, 2012.
- [10] Beda L.: *Épületek tűzbiztonságának műszaki értékelése*, Doktori értekezés, ZMNE, KMDI, 2004.
- [11] Bérczi L.: A tűzvédelem a katasztrófavédelem rendszerében, *Új Magyar Közigazgatás* 5: (6) pp. 2-8.
- [12] Bérczi L.: A mentő tűzvédelem diszlokációja, *Bolyai Szemle* XXII: (3) pp. 17-28.
- [13] Beda L.: *Tűzmodellezés, tűzkockázat elemzés*, Szent István Egyetem YMMFK, 1999.
- [14] Beda L. – Kerekes Zs.: *Égés- és oltásmélelet II*, Budapest, Szent István Egyetem YMMFK, 2006. 118 p.
- [15] Buchanan A. H.: *Structural Design for Fire Safety*, ISBN: 13:978 0471 88993 9 (H/B), John Wiley&Sons, New Zealand, 421 pp.
- [16] Balázs L. Gy. – Horváth L. – Kulcsár B. – Lublőy É. – Maros J. – Mészöly T. – Sas V. – Takács L. – Vígh L. G.: *Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa)* Oktatási segédlet ISBN 978-615-5093-02-9
- [17] Restás Á.: A tűzoltásvezetők döntései – elméleti szempontból, *Védelem - Katasztrófa-Tűz- és Polgári Védelmi Szemle* 20: (3) pp. 5-10.
- [18] Haig Zs. – Várhegyi I.: A cybertér és a cyberhadviselés értelmezése http://mhtt.eu/hadtudomany/2008/2008_elektronikus/2008_e_2.pdf (A letöltés dátuma: 2015. 11. 17.)
- [19] Haig Zs.-Kovács L.-Munk S.-Ványa L., Szerk.: Kovács L., Tózsza I.: *Az infokommunikációs technológia hatása a hadtudományokra*, Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 173 p.
- [20] Hoffmann I.: The activities of the EU FireSafety Network, *ANNUAL NEWS OF THE SZENT ISTVÁN UNIVERSITY YBL MIKLÓS FACULTY OF BUILDING SCIENCES* 3: (1) pp. 138-143.
- [21] Pántya P.: A tűzoltói beavatkozás veszélyes üzem? *Bolyai Szemle*, 23 3 (2014) 36-42.
- [22] Lublőy É. – Czoboly O. – Hlavička V. – Oros Zs. – Balázs L. Gy.: „Testnevelési Egyetem atlétikai csarnok Budapest, tüzeset 2015. október 15. – következmények” Vsabetonépítés, XVII./3, pp. 50-55. www.fib.bme.hu/folyoirat/vb/vb2015_3.pdf (A letöltés dátuma: 2016. március 21.)
- [23] Zellei J.: Mérnöki módszerek – a tűzszimuláció alkalmazásának módszerei, *Katasztrófavédelmi Szemle*, 20 1 (2013) 23-24.

- [24] Badonszki Cs. – Szikra Cs. – Szilágyi Cs.: Tűzvédelmi mérnöki módszerek a világban – a szomszéd rétje, *Katasztrófavédelmi Szemle*, 20 4 (2013) 31-34.
- [25] Balázs L. Gy. – Lublós É.: *Tűzhatás a betonra*, *Beton* 3, pp 3-8, 2010.
- [26] Balázs L. Gy. – Lublós É.: Firebehaviour of concrete structures, In: Marco Prisco (szerk.) *Advanced incementious materials and structure design*. Konferencia helye, ideje: Milánó, Olaszország, 2013. 09. 10-2013. 09-11. Milano: pp.110-116.
- [27] Kerekes Zs.: Az építőanyagok új „Euroclass” szerinti tűzveszélyességi minősítése és hazai bevezetése, *Tudományos Közlemények, Szent István Egyetem YMMFK* 5:(1) pp. 47-57. (2008)
- [28] Szabó A., Beda L.: Modelltűz-választás valós méretű tűzoltási modellhez, *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle* 21: (6) pp. 19-21.
- [29] Bérczi L.: A tűzoltói beavatkozás biztonsága – helyszínen beépítve. *Védelem Online*, 2012. www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan428.pdf (A letöltés dátuma: 2015. 09.03.)
- [30] Pántya P.: Füsttel telített, zárt terekben történő tűzoltói beavatkozások vizsgálata a biztonság szempontjából, *Bolyai Szemle* XXII. évf. 3. 2013. pp. 47-58.
- [31] *Kritikus helyek az idő függvényében* ábra: készítette a szerző