



ISSN 2676-9042

Vol 6, 1 (special issue), 2024.

Safety and Security Sciences Review

international, peer-reviewed, professional and
scientific journal of safety and security sciences

2024, VI. évf. 1. különszám

Biztonságtudományi Szemle

a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált,
szakmai és tudományos folyóirata

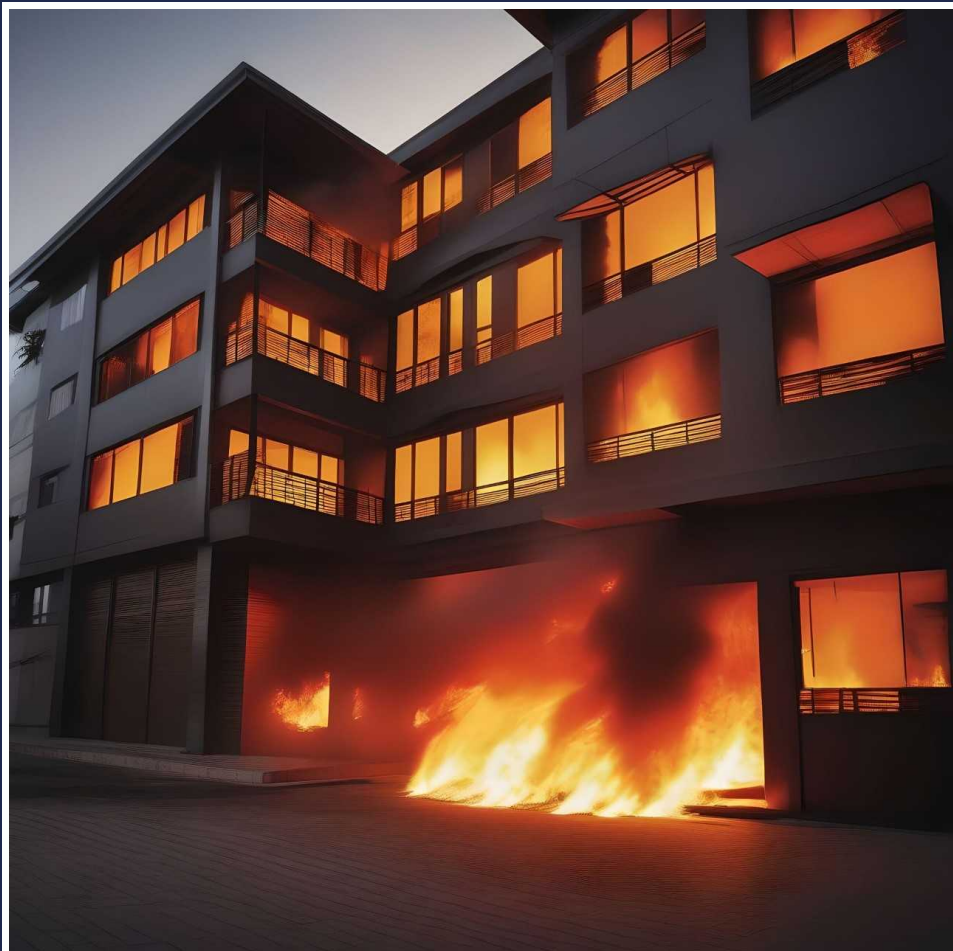
**Fire Safety
SPECIAL ISSUE**

**Tűzbiztonság
KÜLÖNSZÁM**

Dr. habil. NAGY Rudolf | Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD

editors by special issue

a különszám szerkesztői



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

The cover features an artwork created by fotor.com's artificial intelligence algorithm. | A borítón a fotor.com mesterséges intelligencia algoritmusával készített alkotás látható.

© fotor.com, 2024

The Military Science Committee of the 9th Department of Economics and Law of the Hungarian Academy of Sciences classified our journal as a "C" category.

Folyóiratunkat a Magyar Tudományos Akadémia IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztályának Hadtudományi Bizottsága „C” kategóriás folyóiratnak minősítette.

The Safety and Security Sciences Review is a classified journal by Hungarian Science Bibliography.

A Biztonságtudományi Szemle a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) által minősített folyóirat.

Our journal is indexed by the following databases

Folyóiratunkat a következő adatbázisok indexelik

EBSCO



Electronic Periodicals Archive & Database

Elektronikus Periodika Adatbázis

<https://epa.oszk.hu/04100/04186>



Hungarian Periodicals Table of Contents Database

Magyar folyóiratok tartalomjegyzékeinek kereshető adatbázisa

https://matarka.hu/szam_list.php?fsz=2267&nyelv=hun



Digital Archives of Óbuda University

Óbudai Egyetem Digitális Archívum



Országos Széchényi Könyvtár - Digitális Könyvtár

National Széchényi Library Digital Library

OSZK Digitális Könyvtár

<https://oszkdk.oszk.hu/DRJ/39186>



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Global Serials Directory | Globális Sorozatok Könyvtára

<http://ulrichsweb.serialssolutions.com/title/1678275514425/863974>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata
<p style="text-align: center;">COLUMNS</p> <p style="text-align: center;">Material Safety Philosophy and History of the Safety and Security Security Policy Security Systems Security Awareness Domotics Health Security Food Safety Economic Security War Security and Law Enforcement Information Security Industrial and Operational Safety Legal and Social Security Book Review Security of Environment Traffic Safety Facility Security Private Security Artificial Intelligence Safety and Security in General Technical Security Fire Safety and Disaster Management</p>	<p style="text-align: center;">ROVATOK</p> <p style="text-align: center;">Anyagbiztonság Biztonságfilozófia és -történet Biztonságpolitika Biztonságtechnika Biztonságtudatosság Domotika Egészségbiztonság Élelmiszer-biztonság Gazdasági biztonság Hadbiztonság és rendvédelem Információbiztonság Ipar- és üzembiztonság Jog- és társadalombiztonság Könyvismertetés Környezetbiztonság Közlekedésbiztonság Létesítménybiztonság Magánbiztonság Mesterséges intelligencia Munkabiztonság Műszaki biztonság Tűzbiztonság és katasztrófavédelem</p>
<p>The aim of the journal is to publish studies, research reports, book reviews for professionals working in the field of security science or related sciences, or for those interested in the subject of the broadly disciplinary framework of military technical sciences, and for security awareness and developing a safety culture. We know that the cultivation of security sciences includes the study of the history of military and law enforcement security, as well as the knowledge of the historical aspects of our field of science, and its development. We are working towards to present the latest theoretical models and empirical research findings in our journal. We believe that our Journal and our authors can contribute to the creation of a world that enables a (more) secure life for all the inhabitants of the Earth by knowing the historical past and examining the events of the present with precision and accuracy.</p> <p>Published quarterly, typically in Hungarian, occasionally in a foreign language. Special and/or thematic issues related to conferences and topics are occasionally published in Hungarian or in foreign languages.</p> <p>Only those papers will be published which reviewed by two independent reviewers and recommended suitable for publication in the Safety and Security Sciences Review. The submitted manuscripts must meet the requirements both of the form and the content which can be found in the journal's website. Please note: we will not return unapproved manuscripts.</p> <p>The studies of the staff and students of Óbuda University, published in the Journal, are recorded by the staff of the University Library at the Hungarian Scientific Works Library (MTMT).</p>	<p>A folyóirat célja a biztonságstudomány területén, vagy ahhoz kapcsolódó területeken dolgozó szakemberek, vagy a téma iránt érdeklődők számára a katonai műszaki tudományok, s így a biztonságstudomány tágan értelmezett diszciplináris keretébe tartozó tanulmányok, kutatási jelentések, beszámoló, könyvismertetések megjelentetése, s ennek révén a biztonság-tudatosság és a biztonsági kultúra fejlesztése. Tudjuk, hogy a biztonságstudományok művelésébe beletartozik a had-, rendész- és biztonságtörténet vizsgálata, tudományterületünk történeti és történelmi vetületeinek, s így fejlődésének megismerése. Azon dolgozunk, hogy Folyóiratunkban bemutassuk jelenkorunk legújabb teoretikus modelljeit és empirikus kutatási eredményeit. Hiszünk benne, hogy Folyóiratunk és szerzőink a történelmi múlt ismeretével, a jelenkor eseményeinek precíz és akkurátus vizsgálatával hozzá tudunk járulni egy olyan világ megteremtéséhez, amelyik lehetővé teszi a Föld minden lakója számára a biztonságos(abb) életet.</p> <p>Megjelenés negyedévente, jellemzően magyar, eseti jelleggel idegen nyelven. Konferenciákhoz és témákhoz kapcsolódóan különszámok, tematikus számok alkalmi jelleggel magyar, vagy idegen nyelven jelennek meg.</p> <p>A Biztonságtudományi Szemle folyóiratban csak két független lektor által lektorált és megjelentetésre alkalmasnak tartott tanulmányok jelenhetnek meg. A beküldött kéziratoknak formai és tartalmi szempontból egyaránt meg kell felelnie a Folyóirat weboldalán közzétett elvárásoknak. El nem fogadott kéziratokat nem áll módunkban visszaküldeni.</p> <p>Az Óbudai Egyetem munkatársainak és hallgatóinak a Folyóiratban megjelent tanulmányait az Egyetemi Könyvtár munkatársai rögzítik a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT).</p>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

ISSN 2676-9042

<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

Fire Safety SPECIAL ISSUE	Tűzbiztonság KÜLÖNSZÁM
editors by special issue	a különszám szerkesztői
Dr. habil. NAGY Rudolf PhD nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu	Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD kollar.csaba@uni-obuda.hu

Edited by Editorial Board

Chairman of the Editorial Board

Prof. Dr. RAJNAI Zoltán

rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu

Scientific Secretary of the Editorial Board,
person responsible for editing

Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD

kollar.csaba@uni-obuda.hu

Members of the Editorial Board

Prof. Dr. BÁNÁTI Diána banati@mk.u-szeged.hu

BEREK László berek.laszlo@lib.uni-obuda.hu

Prof. Dr. BEREK Tamás berek.tamas@uni-nke.hu

Prof. Dr. BESENYŐ János besenyo.janos@uni-obuda.hu

Prof. Dr. CVETITYANIN Livia cpinter.livia@bgk.uni-obuda.hu

Prof. Dr. Dragan JOVANOVIĆ draganj@uns.ac.rs

Prof. Dr. Jeffrey KAPLAN kaplan@uwosh.edu

Dr. habil. KOVÁCS Tünde PhD kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Cyprian Aleksander KOZERA PhD c.kozera@akademia.mil.pl

Prof. Dr. Maashutha Samuel TSHEHLA samuel@sun.ac.za

Prof. Dr. Manuela TVARONAVIČIENĖ manuela.tvaronaviciene@vgtu.lt

Dr. habil. NAGY Rudolf PhD nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

Staff of the Editorial Board

BELÁZ Annamária, SZALÁNCZI-ORBÁN Virág

English language lecturer | Angol nyelvi lektor

Dr. BEKE Éva PhD

Technical editor | Technikai szerkesztő

HARTMANN László

Editorial office | Szerkesztőség

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Biztonságtudományi Doktori Iskola

1081 Budapest, Népszínház utca 8.

Publisher | Kiadó

Óbudai Egyetem, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B.

Responsible for publishing | A kiadásért felel

Prof. Dr. KOVÁCS Levente

Rector of the Óbuda University | az Óbudai Egyetem rektora

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

The Journal's Professional-Scientific Advisory Board	A Folyóirat Szakmai-Tudományos Tanácsadó Testülete
---	---

Chairman of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület elnöke

Prof. Dr. GODA Tibor DSc.

Az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola vezetője

Members of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület tagjai
in alphabetical order | ABC sorrendben

Prof. Dr. HAIG Zsolt mk. ezredes

A Nemzeti Közszerológálati Egyetem Katonai Múszaki Doktori Iskola vezető helyettese
A Védelmi elektronika, informatika és kommunikáció kutatási terület vezetője

Prof. Dr. KÓNYA Zoltán DSc.

A Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. KORINEK László akadémikus

A Magyar Rendészettudományi Társaság elnöke

LONTAI Márton

A Nemzeti Szakértői és Kutató Központ főigazgatója

Prof. Dr. PADÁNYI József DSc. mk. vezérőrnagy

A Nemzeti Közszerológálati Egyetem Katonai Múszaki Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. RÉGER Mihály DSc.

Az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola vezetője

TIKOS Anita

WOMEN IN IT SECURITY (WITSEC) Egyesület elnökségi tagja

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 6, No 1 (special issue), 2024.

2024. VI. évf. 1. különszám

Authors of this issue

E számunk szerzői

GÁTI József

gati@uni-obuda.hu

The Author is a manufacturing technology operations engineer, mechanical engineer, European and international welding engineer, holder of a technical doctorate in the science of welding. He is an associate professor at Óbuda University. He holds an honorary doctorate from the Technical University of Košice and is a member of the Material Science and Technology Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Academy of Engineering. Former vice-rector of Óbuda University. He has served as the chair and member of numerous international and domestic conferences and scientific symposiums, as well as the chair and member of scientific councils and organizing committees. He is the editor-in-chief of the Welding Technology journal and a member of the Editorial Board of the Gép journal. Throughout his diverse activities, he conducts and publishes scientific and technical-historical research, with a particular focus on presenting the lives and work of our technical greats. He is the author or co-author of 20 books, 10 lecture notes, and holds 1 patent. His publication activity is marked by 408 articles and conference presentations in Hungarian and foreign languages.

A Szerző okl. gyártástechnológus üzemmérnök, okl. gépészmérnök, európai és nemzetközi hegesztőmérnök, a hegesztés szaktudomány műszaki doktora, az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar c. egyetemi docense, a Technical University of Košice tiszteletbeli doktora, tagja az MTA Anyagtudományi és Technológiai Albizottságának és a Magyar Mérnökakadémiának. Az Óbudai Egyetem korábbi rektorhelyettese. Számos nemzetközi és hazai konferencia, tudományos tanácskozás elnöke, tudományos tanácsának és szervezőbizottságának elnöke és tagja, a Hegesztéstechnika folyóirat főszerkesztője, a Gép folyóirat Szerkesztőbizottságának tagja. Szerteágazó tevékenysége során tudomány- és technikatörténeti kutatásokat is végez és publikál, különös tekintettel műszaki nagyjaink életének és munkásságának bemutatásával. 20 könyv, 10 jegyzet szerzője, illetve társszerzője, 1 szabadalom birtokosa, publikációs tevékenységét 408 magyar és idegen nyelvű cikk, konferencia előadás fémjelzi.

GYÖNGYÖSSY Éva

evi.gyongyossy@gmail.com

Civil engineer (Bsc), certified Construction engineer (Msc). She is currently a student at the National University of Public Service, Hungary, at Doctoral School of Military Engineering. Her research area is the design/application/ qualification testing of electrical cable systems from the point of view of fire safety in buildings. The aim of the research is to review the quality requirements of electrical cable systems and develop development proposals to make them safer. She is Junior designer of built-in fire alarm equipment at Schrack Seconet Kft., now for 5 years, during which time she gained experience in many large-scale projects.

Építőmérnök (Bsc), okleveles létesítmény mérnök (Msc). Jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájának hallgatója. Kutatási területe az elektromos kábelrendszerek tervezése/ alkalmazása/ vizsgálata az épületek tűzbiztonsága szempontjából. A kutatás célja az elektromos kábelrendszerek minőségi követelményeinek felülvizsgálata, illetve fejlesztési javaslatok kidolgozása azok biztonságosabbá tételére. Beépített tűzjelző berendezések junior tervezője a Schrack Seconet Kft.-nél, immáron 5. éve, mely időszak alatt számos nagyméretű projektben szerezhett tapasztalatot.

KOMLAI Krisztina

komlai.krisztina@stud.uni-nke.hu

Krisztina KOMLAI was born on 14 February 1989 in Pécs. She began her studies in 2007 at the Budapest University of Technology and Economics Faculty of

1989. február 14-én született Pécsen. 2007-ben kezdte meg tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Chemical Technology and Biotechnology and obtained the BSc degree in Chemical Engineering. She began her MSc studies in 2013 at the University of Pannonia and obtained the MSc degree in Materials Engineering. In 2021, she obtained in Fire Safety Engineering at Óbuda University. She is currently a testing engineer at the Fire Testing Laboratory of ÉMI Non-profit Limited Liability Company for quality control and innovation in building. She began his PhD studies in 2022 at the Doctoral School of Military Engineering at the University of Public Service. Her research topic is “fire resistance testing of load-bearing thermally insulated flat roofs.” The expected time for her thesis defence is spring 2027.

Biomérnöki Karán, ahol vegyész mérnök BSc diplomát szerzett. Ezután 2013-ban a Pannon Egyetemen okleveles anyagmérnök Msc diplomát szerzett. 2021-ben tűzvédelmi szakmérnökként végzett az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karán. Jelenleg az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft. tűzvédelmi vizsgáló mérnöke. 2022-ben kezdte meg doktori tanulmányait a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen a Katonai Műszaki Doktori Iskola hallgatójaként. Kutatási területe a teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfedelmek tűzállósági vizsgálata. Doktori disszertációjának védelme várhatóan 2027 tavaszán esedékes.

KREPUSKA András István

andras.krepuska@zknet.hu

András István KREPUSKA obtained his electrical engineering degree in 2006 at the Budapest Tech Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering. He obtained his MSc degree as Safety Engineer in 2019 at Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering in Óbuda University. He is PhD student under the leadership of assistant professor Dr. habil Rudolf NAGY at the Óbuda University Doctoral School of Security Studies since September 2019. The topic of his doctoral research: Obsolescence of the active fire protection system and its effect on fire safety. Managing director and chief designer of ZKnet Kft. Scope of work: design and installation of built-in fire alarm and fire extinguishing systems. He is a multiple invited speaker at Fireprotection Professional Days in Lakitelek. Together with his colleagues, in addition to doctoral research, he investigates the possibilities of using fluorine-free foam extinguishing systems in his own developed test environment.

KREPUSKA András István villamosmérnöki diplomáját 2006-ban szerezte a Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karán. Okleveles Biztonságtechnikai Mérnök Msc diplomáját 2019-ben szerezte az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karon. Dr. habil NAGY Rudolf PhD hallgatója az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskolában 2019 szeptemberétől. Doktori kutatásának témája: Az aktív tűzvédelmi rendszere avulása és tűzbiztonságra gyakorolt hatása. A ZKNet Kft. ügyvezetője és vezető tervezője. Munkaköre: beépített tűzjelző és tűzoltó berendezések tervezése és betüzelése. A Lakitelki tűzvédelmi szakmai napok többszörös meghívott előadója. Munkatársaival együtt a doktori kutatások mellett a fluormentes habbaloltó rendszerek alkalmazásának lehetőségeit vizsgálja saját fejlesztésű tesztkörnyezetben.

NAGY Rudolf

nagy.rudolf@uni-obuda.hu

Dr. habil. Rudolf NAGY, retired firefighter Colonel, is currently senior lecturer at Óbuda University. He studied in foreign educational institutions. He served as a CBRN defence officer, and took part in industrial safety tasks. He gained experience as an operations officer in the NATO SFOR mission. After that he became Deputy Head of the Emergency Management Department of Hungarian National Directorate General for Disaster Management. Summa cum laude earned a PhD degree in field of Critical Infrastructure Protection. Later he was appointed Deputy Head of the Disaster Management Training Centre.

Dr. habil. NAGY Rudolf nyugalmazott tűzoltó ezredes, jelenleg az Óbudai Egyetem adjunktusa. Külföldi oktatási intézményekben tanult. Vegyivédelmi tisztként szolgált, és részt vett iparbiztonsági feladatokban. A NATO SFOR misszióban műveleti tisztként szerzett tapasztalatokat. Ezt követően az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Veszélyhelyzetkezelési Főosztályának helyettes vezetője lett. Summa cum laude minősítéssel szerzett PhD fokozatot a kritikus infrastruktúrák védelme területén. Később a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ vezetőjének helyettesévé nevezték ki. 2015 óta oktatja

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

He has been teaching subjects of safety and security sciences since 2015, and is responsible for the fire protection engineering specialization. He obtained a habilitated doctorate in the scientific study of self-ignition.

a biztonságtudományok tantárgyokat, a tűzvédelmi mérnöki specializáció felelőse. Habilitált doktori címet szerzett az öngyulladások tudományos vizsgálatából.

PAPP Csenge

pappcsenge1996@gmail.com

She achieved Master's degree in Vehicle Engineering, later earned Master's of Engineering Teacher. She is currently a PhD student in Military Sciences at Ludovika University of Public Services. Her research area is the investigation of the environmental effects of vehicle fires using laboratory and simulation methods. The purpose of this research is to present the environmental and human damage caused by vehicle fires. She has been working as an assistant lecturer at the Machine Design Department of the Széchenyi István University in Győr since 2020.

Okleveles járműmérnök, mérnökktanár. Jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájának hallgatója. Kutatási területe a járműtüzek környezeti hatásainak vizsgálata laboratóriumi és szimulációs módszerekkel. A kutatás célja a járműtüzek okozta a környezeti és humán károk bemutatása. A győri Széchenyi István Egyetem Gépek Tervezése Tanszékén dolgozik tanársegédként, immáron 4. éve.

SOMOGYI Tamás

somogyi.tamas@phd.uni-obuda.hu

Holds a Master's degree in IT engineering and a complementary degree in Legal Studies. He is currently a PhD student at the Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University. His research area is the security issues of the financial sector's infrastructure, with a special focus on natural hazards. He has more than 15 years of experience in the banking industry.

Mérnök-informatikus, mérnök-szakjogász. Az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskolájának hallgatója. Kutatási területe a bankszektor létesítményi infrastruktúrájának védelme és ellenállóképességének fokozása, elsősorban a természeti veszélyek jelentette fenyegetettséggel szemben. Több, mint 15 év banki munkatapasztalattal bír.

STADLER Tamás

stadlert@nszkk.gov.hu

I am Tamás STADLER, I graduated as a geologist in the Eötvös Loránd University, Faculty of Natural Sciences in 2019. Since the graduation, I work as a forensic geologist in the Hungarian Institute for Forensic Sciences. For legal reasons, I investigate a wide range of geological material remnants, using the methods of mineralogy and geochemistry, as well as modern analytical instruments. Beside the daily work, I am a PhD student in the Doctoral School of Military Engineering in the University of Public Service, Budapest, Hungary. My research interests are the accumulations and environmental risks of heavy elements in soils, that can be connected to military actions.

STADLER Tamás vagyok, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán diplomáztam okleveles geológusként 2019-ben. Tanulmányaimat követően a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ Fizikai és Kémiai Szakértői Intézetében helyezkedtem el igazságügyi szakértőjelöltként, majd 2022 óta igazságügyi szakértőként dolgozom. Szakterületem az ásványtan és a geokémia, valamint a nagyműszeres analitika alkalmazása bűncselekményekből származó geológiai anyagmaradványok vizsgálatára. Munkám mellett a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusza vagyok. Kutatási témám a katonai műveletekhez köthető nehézfém felhalmozódások vizsgálata és környezeti kockázata talajokban.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 6, No 1 (special issue), 2024. | 2024. VI. évf. 1. különszám

CONTENT | TARTALOM

NAGY Rudolf

Editorial preface | Szerkesztői előszó
1-5

GÁTI József

Kornél Szilvay patented the fire ex-tinguishing apparatus, a hundred years ago | Száz éve szabadalmaztatta Szilvay Kornél a szárazoltó berendezést
7-21

PAPP Csenge

Fire spread test on materials used in vehicle interiors | Tűzterjedés vizsgálata járművek belső tereiben alkalmazott anyagokon
23-33

SOMOGYI Tamás

Wildfire partners – an American way of defence against wildfires | Wildfire partners – az erdőtűz elleni védekezés egy amerikai módja
35-44

KOMLAI Krisztina

Fire resistance test of loadbearing thermally insulated flat roofs with trapezoidal steel profiles: loadbearing capacity | Teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek tűzállósági vizsgálata: teherhordó kapacitás
45-59

STADLER Tamás

Possible effects of fire extinguisher powders to the mobility of heavy metals in soils | Tűzoltóporok lehetséges hatásai a talajokban található nehézfém-szennyezők mobilitására
61-68

KREPUSKA András István

Examination of fluorinated and fluorin free foams | Fluorozott és fluormentes oltóhabok vizsgálata
69-78

GYÖNGYÖSSY Éva

The possibilities of using the oxygen index in the fire protection rating of cables | Oxigén index alkalmazási lehetőségei a kábelek tűzvédelmi minősítésében
79-92

NAGY Rudolf

Application of material science phenomena to the indoor detection of fire aerosols | Az anyagtudományi jelenségek alkalmazása a tűzaeroszolok zárttéri érzékelésében
93-104

EDITORIAL PREFACE | SZERKESZTŐI ELŐSZÓ

NAGY Rudolf¹

The industrial revolution and the explosion of population growth that followed set in motion an extraordinary and ongoing process of urbanisation and technology. Closely related to this, the development of materials and other engineering sciences has also accelerated. In the built environment and in other aspects of everyday life, humanity has been confronted with a completely different set of threats than in past centuries. Even risks that had been known for thousands of years, such as fire damage, took a very different form from what had been the case before.

At the beginning of the last century, fire-fighting organisations, still using mostly horse-drawn fire-fighting equipment, recognised this and sought to incorporate more and more technical advances into their fire-fighting tools. Kornél Szilvay, who was at the beginning of his career as a firefighter at the time, was also interested in the potential of technical and technological developments in fire protection. Inspired by the firefighting course and the professional knowledge he acquired at the predecessor institution of today's Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering, he contributed to the universal development of fire safety with significant innovations.

In addition to a scientific approach to combustion and extinguishing theory, technical progress must be kept pace with technical developments in order to effectively control fires that do occur. The basic principles of understanding the chemical process of

Az ipari forradalom és az annak nyomán bekövetkező robbanásszerű népességnövekedés rendkívüli és máig tartó urbanizációs és technológiai folyamatokat indítottak el. Ehhez szorosan illeszkedve az anyag és más mérnöki tudományok fejlődése is felgyorsult. Az épített környezetben és a minden napi élet egyéb színterein múlt századokhoz képest teljesen megváltozott veszélyekkel találta szembe magát az emberiség. Még az olyan évezredek óta ismert kockázatok is, mint a tűzkárok bekövetkezése is az addig megszokottól jelentősen eltérő formában jelentkeztek.

A múlt század kezdetén ezt felismerve a még mindig többnyire lóvontatású tűzoltó szerkeket alkalmazó tűzoltó szervezetek is a mind több technikai vívmány igyekeztek a beépíteni a tűz elleni folytatott küzdelem eszközeinek sorába. Az épp ekkortájt tűzoltó karrierje elején járó Szilvay Kornél érdeklődését is felkeltették a tűzvédelem műszaki-technikai fejlesztésében rejlő lehetőségek. Ennek köszönhetően a tűzoltó tanfolyamon szerzett inspiráció mellett a szakmai tudást is a mai – a róla elnevezett és e szám megszületéséhez is aprópóul szolgáló tűzvédelmi konferenciáknak is helyet adó - Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának jogelőd intézményében megszerző feltaláló jelentős újításokkal járult hozzá a tűzbiztonság egyetemes fejlődéséhez.

A bekövetkezett tüzekkel szembeni eredményes védekezésben az égés- és oltáselmélet természettudományos megközelítésén túl a műszaki fejlődéssel is lépést kell tartani.

Az alapvetések, hogy megismerjük tűz, mint

¹ nagy.rudolf@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-5108-9728 | habil. senior lecturer, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary | habil. adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

fire and the thermodynamic phenomena involved are no longer sufficient. Smart homes and other facilities that create unique indoor environments and the activities that take place in them have triggered extensive scientific research projects. The resulting fire safety considerations are essentially grouped around three key issues. These focus on prevention, i.e. how to minimise the risk of fire and what administrative, technical and organisational measures and procedures are effective in preventing fires from starting in the first place. The next is to address the physical and chemical issues involved in the material science of fire and its interactions, including the processes of fire generation and propagation on burning materials and the accompanying phenomenon of fire. Finally, the development of the conditions and tactical options for firefighting to control the fires that are generated.

However, these three aspects of fire safety cannot be separated from each other, as their responses can only lead to a higher level of fire safety in synergy. Answering questions about the nature of physical and chemical processes is as important a task for the statistical processing of fires as is the analysis of laboratory fire tests or the collection of data from fire tests. The analysis of data from these experiments will provide the basis for the validation and comparability of computer fire and evacuation simulations.

Extending our existing knowledge, including the behaviour of new materials or composites in the generation of fires, is essential for the acquisition of up-to-date fire safety knowledge. In addition, global warming, which is causing an increase in forest and agricultural fires and vegetation fires, is also challenging the emergency fire protection professionals. Fires from such disasters have already changed the way we

kémiai folyamatnak a lezajlását, valamint az ahhoz kapcsolódó termodinamikai jelenségeket, ma már önmagában nem elegendőek. Az új tűzhelyszíneket eredményező okok otthonok és egyéb egyedi belső környezetet teremtő létesítményeink és az az ott folyó tevékenység kiterjedt tudományos kutatási projekteket indítottak el. Az ezek nyomán felvetődő tűzbiztonsági megfontolások alapvetően három kulcskérdés köré csoportosulnak. Ezek bázispontja a megelőzés, azaz annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy a tűzveszélyét hogyan lehet minimalizálni, valamint a tűzkockázatok csökkentése érdekében milyen adminisztratív, műszaki-technikai és szervezési intézkedések és eljárások szolgálják eredményesen a tűz keletkezésének kivédését. A következő a tűz és kölcsönhatásainak anyagtudományi jelenségeit górcső alá helyező fizikai és kémiai kérdések megválaszolása jelenti. A tűz keletkezésének és az égő anyagokon lejátszódó tűzterjedési folyamatoknak, illetőleg a tűz kísérő jelenségének a feltárása. Végül a keletkezett tüzek megfékezését szolgáló tűzoltás feltételei és taktikai lehetőségeinek a fejlesztése.

Azonban ezen három színtere a tűzvédelemnek nem választható el egymástól, mivel az ezekben megfogalmazott válaszok, csak megfelelő szinergiában vezethetnek el a tűzbiztonság magasabb szintjére. A fizikai és kémiai folyamatok mibenlétére vonatkozó kérdések megválaszolásának ugyan úgy fontos feladata a tüzesetek statisztikai feldolgozása, mint a laboratóriumi tüztesztek elemzése vagy tűzvizsgálatokkal nyerhető adatok gyűjtése. Az ezek nyomán végzett kísérletekből kapott adatok elemzése megalapozzák a számítógépes tűz- és kiürítésszimulációk validálhatóságát és az eredmények összevethetőségét. A korszerű tűzvédelmi ismeretek szerzéséhez nélkülözhetetlen a már meglévő ismereteink szélesítése, köztük az új anyagok vagy kompozitok viselkedésének megállapítása a tüzek keletkezésében. Emellett az

think about forest fires, for example, in many respects. We are increasingly seeing in the news that, despite the increased use of force and equipment in traditional fire-fighting procedures, they can spread to residential areas and into residential properties. It is therefore necessary to extend the training of the population concerned in order to increase their safety.

But catastrophic fires in the natural environment are not only a threat from fire in a changing climate. The problems caused by the multiplication of forest and bush fires have now spread to large cities. City dwellers cannot escape the effects of toxic smoke, which is hazardous to their health. Smoke-saturated air layers in densely built-up urban environments can pollute the air for days or even weeks, causing mass respiratory illnesses.

In the urban environment, the increasing number of buildings with changing building systems and dense built-up areas are creating new and different fire locations, forcing fire safety professionals to adapt. In more than one case, with the new installation requirements, the matching of traditional active and passive fire protection solutions no longer coincides in terms of compatibility. The new structural solutions for the separation of spaces in the internal structures of buildings and the identification of unusual interactions due to the combination of building materials also require a more in-depth study of the behaviour of structures in fire and the development of test procedures. However, these classical structural testing approaches do not satisfy the scientific needs of both practitioners and researchers in all respects. Consequently, test methods that take into account the fire load, test layout, combustion conditions, duration of fire exposure and other physical and geometrical parameters are being developed to map more precisely the

erdő- és mezőgazdasági, valamint vegetációs tüzek számának növekedését kiváltó globális felmelegedés is kihívások elé állítják a mentő-tűzvédelem szakembereit. Az ilyen katasztrófáknál keletkező tüzek már több tekintetben megváltoztatták például az erdőtüzekről való vélekedésünket is. Hiszen egyre gyakrabban láthatjuk a híradásokból, hogy a hagyományos tűzoltási eljárásokban alkalmazott erő és eszközrendszer fokozása ellenére is mindinkább átterjedhetnek a lakott településekre lakóingatlanokra. Ezért az érintett lakosság biztonságának fokozására a lakosság felkészítését is ki kell terjeszteni.

Azonban a természeti környezetben fellángoló katasztrófális tüzek nem egyedül a tűz révén jelentenek veszélyt a megváltozott éghajlati viszonyok közepette. Az elharapódzott erdő- és bozóttüzek megsokszorozódott földrajzi kiterjedése okozta problémák mára a nagyvárosokat is elérték. Az egészségre veszélyes mérgező füst hatásai alól a városlakók sem vonhatják ki magukat. A városokra rátelepedő füsttel telített légrétegek a sűrűn beépített városi környezetben akár napokon vagy akár heteken át szennyezhetik a levegőt tömeges légúti megbetegedéseket előidézve. A települési környezetben a sűrű beépítéssel egyetemben egyre több és változó építési rendszerekkel létesülő építmények új a megszokottól jóval különböző tűzhelyszíneket létrehozva készítetik a tűzvédelmi szakembereket alkalmazkodásra. Az új létesítési követelmények mellett nem egy esetben a hagyományos aktív és passzív tűzvédelmi megoldások illesztése már nem mindenben vág egybe a kompatibilitást illetően. Az épületek belső struktúráinál alkalmazott térelhatárolás új szerkezeti megoldásai és az építőanyagok kombinálása miatt adódó szokatlan kölcsönhatások azonosítása is a szerkezetek tűzhatásban való viselkedésének behatóbb tanulmányozását és a vizsgálati eljárások fejlesztését szükségessé teszik.

Az említett klasszikus szerkezetvizsgálati

performance characteristics of each fire resistance performance indicator. In order to clarify these technical and scientific issues, laboratory research has been launched to address the problems of finding the expected fire effects and other factors influencing fire spread, with appropriate analytical background. Among the most important parameters investigated which have a direct impact on the spread of fire are the energy released in the fire and the maximum temperature of the combustion products. The processing of experimental data will provide a valuable database for both the fire-fighting personnel involved and the fire planners. The scientifically sound analysis of the resulting statistical background provides a solid basis for the coordination of methods and solutions for the prevention and control of fires in real-life situations with the fire protection equipment adapted to the specific environmental characteristics.

The nature of this interrelationship can only be understood by setting up a scenario that is as close as possible to the actual tactical situation when carrying out a fire-fighting exercise. However, by scientifically processing the case studies, the necessary corrections can be made, which do not necessarily coincide with fire scenarios and exercises of different dimensions. Therefore, the results obtained from standard experiments on these fires using this approach, especially the differences due to dimensional changes, cannot be transferred one-to-one to the course of real fires. Another important issue of our time is highlighted by the environmental safety aspects of fire safety, such as the environmental impact of highly chemically stable extinguishing agents or the health risks of certain flame retardants used in the automotive industry and other industrial products. However, in the combustion processes of

megközelítések azonban sem a szakemberek, sem pedig a kutatók tudományos igényeit nem elégítik ki minden tekintetben. Ebből adódóan a tűzbiztonságot érintő a tűzterhelést, a vizsgálati elrendezést, az égési folyamatok feltételeit, a tűzhatás időtartamát, továbbá a fizikai és geometriai paramétereket egyéb oldalról is számításba vevő vizsgálati módszereket dolgoznak ki az egyes tűzállósági teljesítménymutatók precízebb feltérképezése céljából.

Ezen szakmai és tudományos kérdések tisztázás céljából a várható tűzhatás és az egyéb tűzterjedést befolyásoló tényezők megtalálásának problémái megfelelő analitikai háttérrel felépített laboratóriumi kutatásokat indítottak el. A tűz terjedésére közvetlenül kiható legfontosabb vizsgált paraméterek között kell említeni a tűzben felszabaduló energiát és az égéstermékek maximális hőmérsékletét. A kísérleti adatok feldolgozása révén mind a beavatkozó tűzoltó állomány számára, mind pedig a tűzvédelmi tervezők számára értékes adatbázis képződik. A kapott statisztikai háttér tudományosan megalapozott elemzése biztos alapot kínál a valós körülmények között kialakulható tüzek megelőzése és megfékezése során alkalmazható módszerek és megoldások, valamint az adott környezeti jellemzőhöz igazodó tűzvédelmi eszközrendszer közötti összhang megteremtéséhez.

Ezen összefüggés jellege, csak akkor féltárható a tényleges taktikai helyzetet a lehető legpontosabban megközelítő scenáriót állítunk be a tűzoltási gyakorlat végrehajtásakor. Azonban az esettanulmányok tudományos feldolgozásával a szükséges korrekciók elvégezhetők, amelyek a különböző dimenziójú tűzkísérletekkel és gyakorlatokkal nem feltétlenül vágnak egybe. Ezért az ezekkel kapcsolatban végzett standard kísérletek alapján az ilyen megközelítésben kapott eredmények főként a dimenzióváltások miatti különbségek nem egy az egyben vihetők át a reális

real fires, the environmental impact of combustible flammable and/or explosive substances in non-fire-affected aggregates is decreasing due to the increasing requirements for chemical safety. In almost all cases, combustion-induced thermal decomposition processes and interactions with combustion products form compounds that are seriously harmful to human health and the environment.

However, the intervention conditions developed in fire experiments can help to identify the environmental exposure to the hazardous agent in contact with the environment, as well as to the extinguishing agent. Whether the tactics of firefighting are aimed at reducing chemical risks to the health of the personnel involved or at reducing the environmental damage caused by the extinguishing agent used for firefighting and by the extinguishing agent evaporating, leaching or running off from the fire, the chemical safety regulations must be taken into account.

tüzek lefolyásának menetére. Korunk másik fontos problémájára világítanak rá a tűzvédelem környezetbiztonságot érintő olyan területei, mint a nagy kémiai stabilitású oltóanyagok környezetre gyakorolt hatásai vagy a járműiparban és más egyéb ipari termékek gyártásában használt egyes égéskésleltető anyagok egészségügyi kockázatai. A valós tűzesetek égési folyamatainál azonban az éghető tűz- és/vagy robbanásveszélyes anyagok tűz által nem érintett halmazai okozta környezetterhelés a kémiai biztonság szigorodó feltételei miatt egyre inkább csökken. Az égés okozta termikus bomlási folyamatok és égéstermékekkel való kölcsönhatások szinte minden esetben az emberi egészségre és a környezetre súlyosan káros vegyületeket képeznek. A tűzkísérletekben kialakított beavatkozási feltételek azonban segíthetnek a környezeti tényezőkkel érintkező veszélyes anyag, mint pedig az oltóanyaggal való környezetterhelések megállapítására. A tűzoltási taktika során akár a beavatkozó állomány egészségét fenyegető kémiai kockázatokat kívánjuk csökkenteni vagy a tűzoltásra használt és a tűzfészekből kipárolgó, kimosódó, illetve elfolyó oltóanyag okozta környezeti károk csökkentésére irányuló előírásokat tekintjük a kémiai biztonság előírásrendszerére figyelemmel kell lennünk.

**KORNÉL SZILVAY PATENTED THE FIRE
EXTINGUISHING APPARATUS,
A HUNDRED YEARS AGO****SZÁZ ÉVE SZABADALMAZTATTA SZIL-
VAY KORNÉL A SZÁRAZOLTÓ
BERENDEZÉST**GÁTI József¹**Abstract**

At the beginning of the 19th century, water was considered the primary medium for firefighting. Various fires were extinguished using high-pressure and large quantities of extinguishing water, which often caused significant water damage alongside the fire damage. Kornél Szilvay, a professional firefighter in Budapest, played a crucial role in developing and refining the method of waterless firefighting, creating and improving the dry firefighting equipment system. With the application of the dry extinguishing apparatus patented by him a century ago, firefighting without water damage became achievable. The use of gas and the accompanying powder introduced into the fire zone made it possible to extinguish electrical fires. According to historical records, the dry extinguishing apparatus effectively extinguished fires in Budapest between 1928 and 1941, reaching a total of 95 cases [1].

Keywords

Kornél Szilvay, dry extinguishing equipment, water damage-free extinguishing of fire

Absztrakt

A XIX. század kezdetén a tűzoltás szinte egyedüli közegének a víz számított. Különböző tüzek oltásánál nagy nyomású és mennyiségű oltóvizet alkalmaztak, mely többségében a tűzkár mellett jelentős vízkárt is okozott. A vízkármentes oltás, a szárazoltás módszerének kidolgozásában, az eszközrendszer megalkotásában és fejlesztésében meghatározó szerepet játszott Szilvay Kornél budapesti hivatásos tűzoltó főtiszt. Az általa 100 évvel ezelőtt szabadalmaztatott szárazoltó berendezés alkalmazásával, gázzal, és vele együtt a tűztérbe juttatott porral a vízkármentes tűzoltás, az elektromos tüzek oltása megvalósíthatóvá vált. Az utókor feljegyzése szerint a szárazoltógéppel Budapesten hatékonyan eloltott tüzek száma 1928. és 1941 között elérte a 95 esetet [1].

Kulcsszavak

Szilvay Kornél, szárazoltás, szárazoltó berendezés

¹ gati@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0002-3295-850x | Associate professor, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering | Egyetemi docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

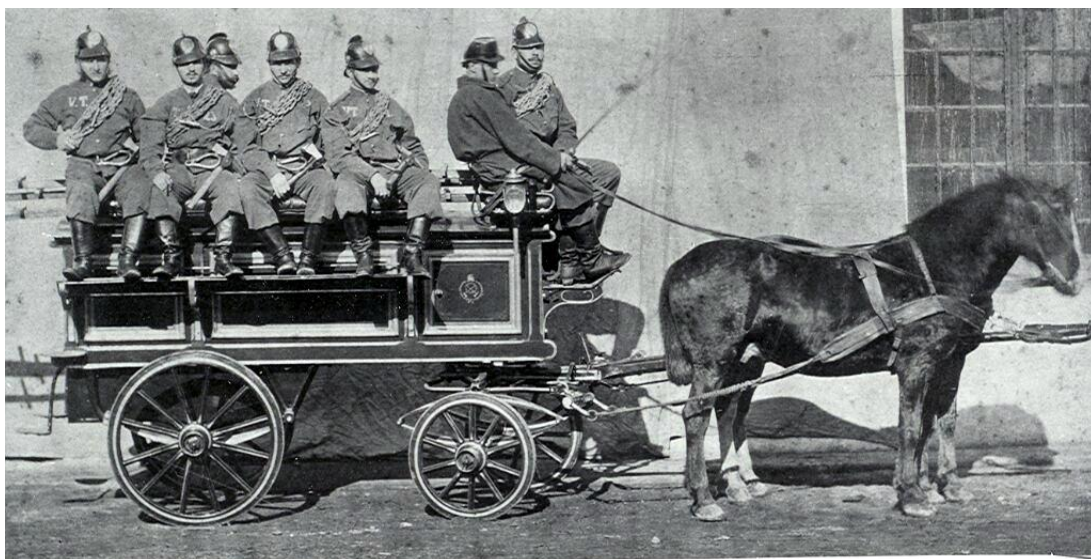
BEVEZETŐ

Budapest a XIX. század végén, a XX. század elején vált valódi nagyvárossá. Az 1873-ban egyesülő Pest, Buda, és Óbuda teljes lélekszáma a múlt század derekán mindössze 150 ezer fő volt. A népesség gyarapodása a kiegyezés után gyorsult fel, 1850 és 1910 között meghatszorozódott. 1900-ban az új épületek száma 16.254 volt, mely 1908-ra 17.324-re emelkedett.

A XX. század elejére a gyors gazdasági fejlődés eredményeként a hazai műszaki és természettudomány kiemelkedő sikereket mutatott fel. Az iparosodás eredményeképpen új gyárak, üzemek létesültek a hozzájuk kapcsolódó raktárakkal, magas építményekkel, áruházzakkal, múzeumokkal, lakótelepekkel.

Az urbanizáció rohamos fejlődése új kihívásokat jelentett a nagyvárosok üzemeltetésében, így többek között a megfelelő életkörülmények biztosításában, a biztonság garantálásában. A gyors bővülés, a villamos hálózat kiépítésével az elektromos tüzek terjedése új feladatok elé állította a tűzvédelmi szakembereket is. A budapesti tüzesetek száma 1900-ban 451 volt, 1908-ra 609-ra nőtt. A tűzoltási eszközök jelentős részét ekkor még a lófogatú és a kézi működtetésű szerek tették ki. A változások elengedhetlenné tették az önkéntes és a hivatásos tűzoltóság létszámának, felkészültségének és technikai eszközrendszerének bővítését, fejlesztését.

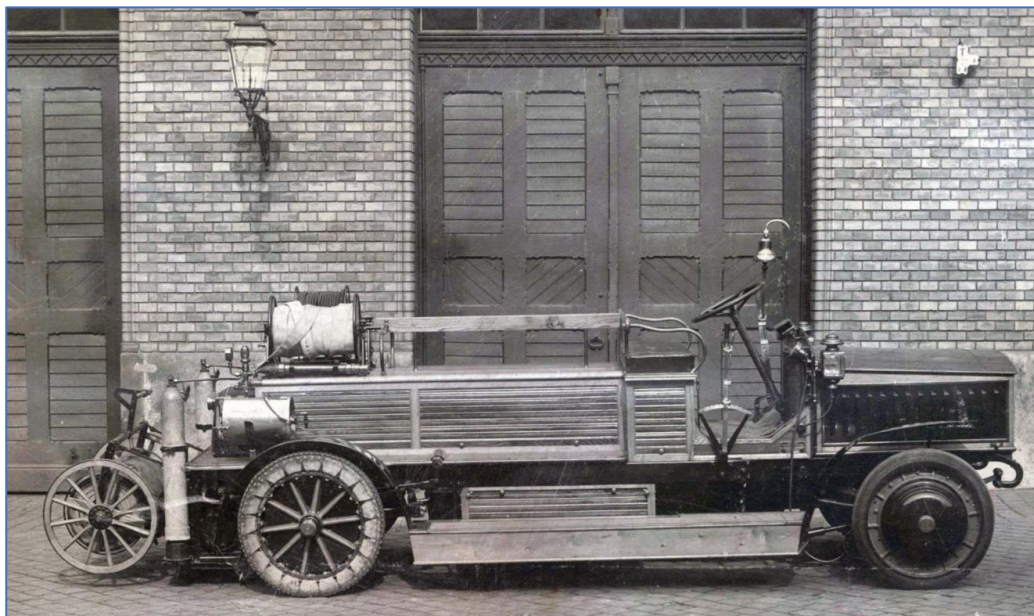
A széles körben elterjedt lófogatú tűzoltó szerek alkalmasak voltak legénységi kocsik, tolólétrák, fecskendők és más szerek a keletkezett városi tüzek helyszínére szállítására.



1. ábra: Tűzoltó szer és legénységi kocsik az 1880-as évekből [2]

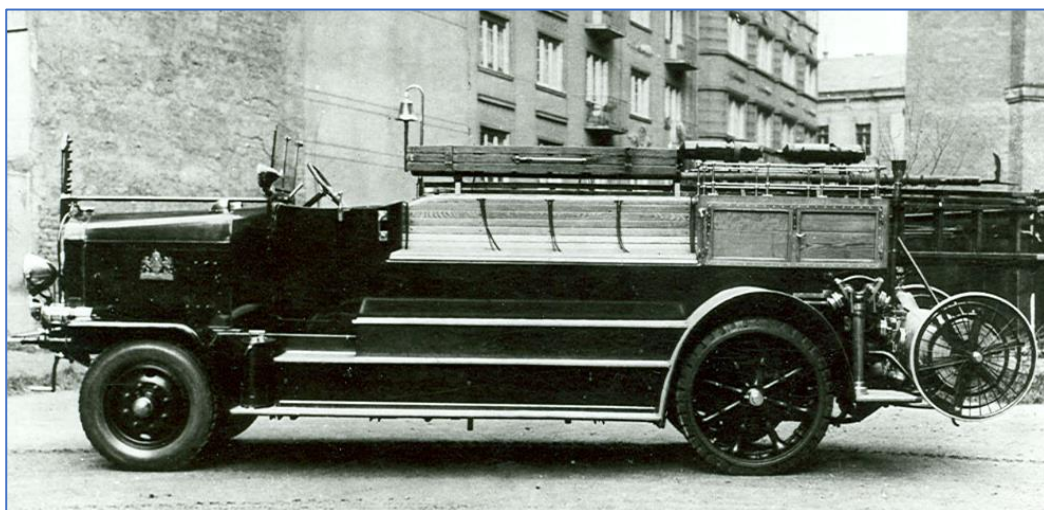
A lóvontatású szerkocsik mellett Budapesten is megindult az automobilos tűzoltószerek beszerzése. A XX. század első évtizedének végére a fővárosi tűzoltóság villanyautomobilos gőz-, és szénsavfecskendővel, balansz létrával, valamint tízszemélyes szerkocsival rendelkezett. A fővárosi hivatásos tűzoltóság – külföldi példák nyomán – a villamos hajtású rendszerről a benzinmotoros hajtóerőre kezdett átállni, az első benzinüzemű automobilját 1906-ban adományból vásárolta meg. 1914-ben Daimler gépkocsi fecskendő és

Daimler-Magius tolólétrát szereztek be, 1918-ban állították rendszerbe a négyhengeres Csonka motorral hajtott turbinafecskendőt. Az 1916. május 14-ei Viktória gőzmalom tüze esete volt az első, melynek során kizárólag benzimotoros autószerekkel és gőzfecskendőkkel táplált sugarakkal oltották el a kiterjedt tüzet [3].



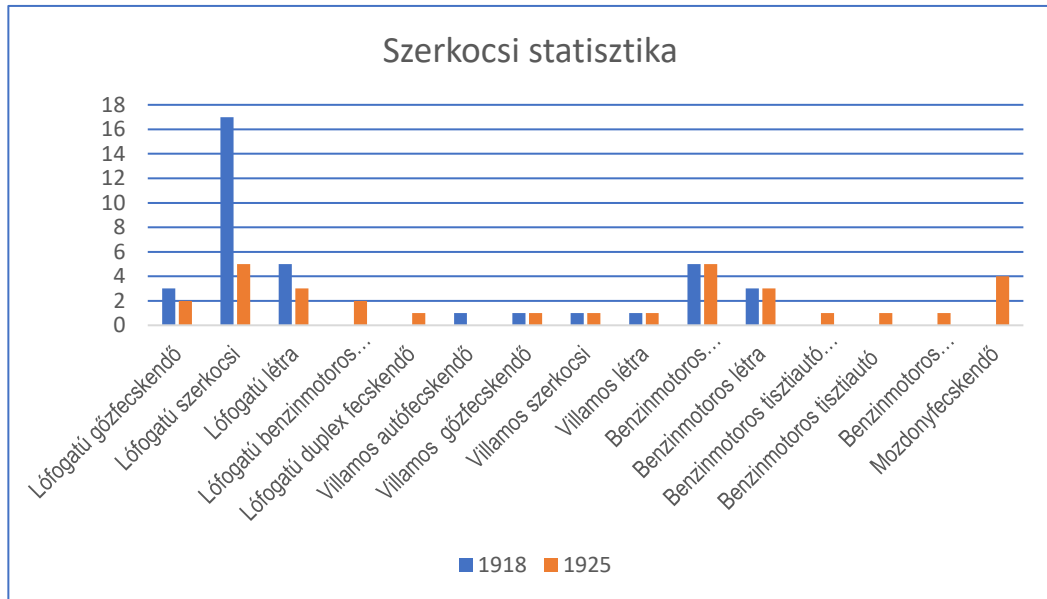
2. ábra: Villamos hajtású szerkocsi szénsavfecskendővel [4]

1923-ban székesfővárosi tűzoltóság két Fiat fecskendőt vásárolt, mely a nyitott karosszériájú szer alvázának hátsó részére volt beépítve, míg a vezetőülés mögötti két hosszirányú ülésen 4-4 tűzoltó vonulása volt biztosítható.



3. ábra: Fiat fecskendő [5]

Az új felszerelések beszerzése mellett lassú folyamatot jelentett a hagyományos szerkocsik kivonása, mint ahogy azt az alábbi 4. ábra is szemlélteti.



4. ábra: A tűzoltó szerek állományának változása 1918 és 1925 között [5]

Az eszközrendszerben bekövetkezett fejlődés a személyi állomány bővítését, felkészültségének javítását, a széleskörű műszaki, karbantartási ismeretek megszerzését igényelt. Az új tűzoltószerekhez elengedhetetlenné vált olyan szakember alkalmazása, aki azokat a mindennapi gyakorlatba bevezeti, integrálja a már meglévő állományba. Erre a feladatra Szilvay Kornél felkészültsége, gyakorlati tapasztalata és ambíciói alapján kiválóan megfelelt.

A TŰZOLTÓ PÁLYA KEZDETE

Szilvay Kornél 1909-ben fejezte be tanulmányait a Budapesti Magyar Királyi Állami Felső Ipariskolában, melynek utolsó évében sikeresen elvégezte az első alkalommal rendezett tűzoltó szaktanfolyamot. A tanulmányai követően a „Schlick-gyárban, Budapesten” kezdte pályáját, ahol édesapja is dolgozott [6]. Gyári tűzoltó lett, majd még abban az évben belépett a Budapesti Önkéntes Tűzoltó Egyletbe, ahol 2012-től szakaszpáncsnok [7], 1913-tól segédtsízt, 1914-től a műhelyvezetői őrmesteri posztot is ellátta [8]. Műszaki felkészültsége révén a tűzoltás mellett annak szerei és eszközei is a figyelmének középpontjába kerültek. A főváros szolgálatába 1914. február 1-jén lépett, hivatásos tűzoltó lett.



5. ábra: Fővárosi hivatásos tűzoltó tisztek csoportja, Szilvay jobbról második [9]

Bevetései során tudatosult benne, hogy tűzoltó felkészültsége és bátorsága mellett meghatározó szerep hárul a megbízhatóan működő tűzoltó szerekre, így tudatosan kezdett foglalkozni azok korszerűsítésével, megbízhatóságuk növelésével, a tűzoltás hatékonyságának javításával. Első újítása is hamar megszületett: 1914-ben a Magirus gépjárműfecskendő motorjának megbízható indításához villamos hálózatról működtetett „indítókészülék”-et tervezett és szabadalmaztatott, melyet 1916-ban továbbfejlesztett [10]. Az első szabadalmakat hamarosan további kettő követett a gyúlékony folyadékok és szénhidrogének biztonságos kezelése, a tűz terjedésének meggátlása érdekében.

Az évtized végére érdeklődése és kutatási területe a vízkár okozta oltási módszerek kiváltására irányult. Az addigi tűzoltási gyakorlatban jelentős mennyiségű, nagy nyomású oltóvizet alkalmaztak. A cikkben már említett Fiat fecskendő 2000 l/p teljesítményű centrifugál szivattyúja hat sugárnál, 12 mm-es lövőkével 8,5 atm víznyomást tudott elérni, melylyel egy kiterjedt épület tüzesetnél a tűzkárt is meghaladó vízkárt okozhatott. Ennek illusztrálására álljon itt Szilvay „Szárasztás” című kiadványának egy részlete, miszerint „... az Egyesült Izzógyár egyik raktárának padlásán keletkezett és kb. 35.000 P értéket elpusztító tűz oltásánál a vízzel 940.00 P vízkárt okoztak olyan helyiségben, ahová a tűz a tűzoltóság beavatkozása nélkül sem terjedhetett volna el.” A laboratóriumi kísérletei és a gyakorlati

tapasztalatai alapján, tanulságokat levonva megállapítja, hogy „... a zárt tüzesetekből előállott un. tűzkároknak a valósághoz csupán mintegy 20 %-a a tényleges égési tűzkár. A károk sokszorosát nem a tűz, hanem az oltóvíz okozza.” [11]

Az addigi gyakorlatban az oltáshoz szükséges gázt palackba sűrítve tárolták, és szállították a tűzoltás helyszínére. Az ifjú tűzoltófőtiszt nagyobb gázzal oltó berendezés kidolgozásán munkálkodott: a tűz színhelyén robbanómotor kipufogógázaiból, vagy oltógázt termelő berendezés alkalmazásával kívánta azt előállítani semleges gázt. A gázzal oltó berendezéssel folyó kísérletei alatt, a vízkár csökkentése és a porral oltás megismertetése érdekében 2-2 porral oltó készüléket is vittek a tüzesetekhez, melyeket számos esetben sikeresen bevetettek.

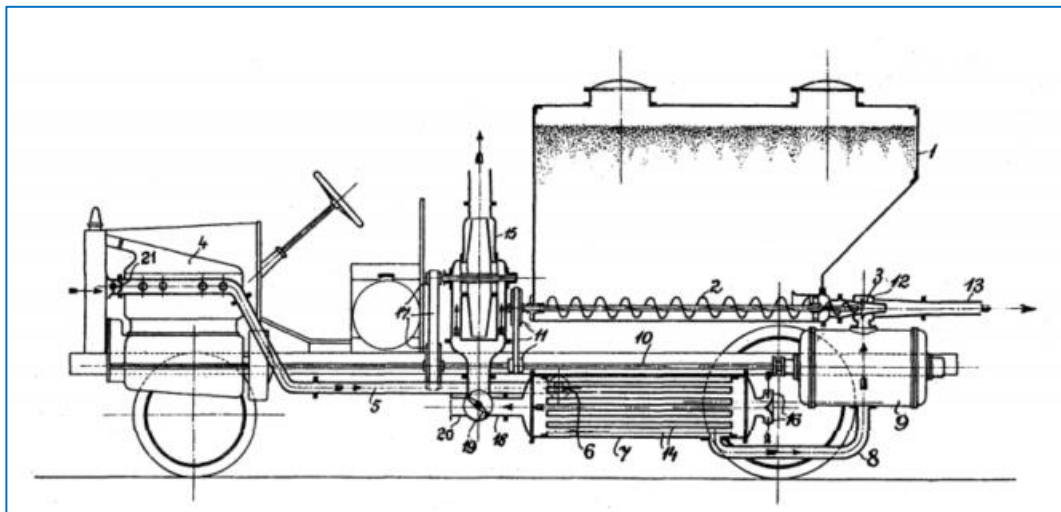
Az első híradás a készülő új tűzoltó berendezésről dr. Balogh Dezső „Modern tűzoltás” című cikkében jelent meg, melynek bevezetője kiemeli „...tanulságosnak tartom egy Budapesten észlelt klasszikus tüzeset eloltásának bonyodalmaait ismertetni”, mely egy petróleumgyár telephelyén képződött. Az írás kiemeli, hogy... „a vízzel való oltás, mint egyedüli módszer, ma már nem állja meg a helyét, mert sok esetben azt egyáltalán alkalmazni nem célszerű és az oltás sikeres végrehajtására más anyagokat és más eszközöket is kell igénybevevünk.” A cikk ezt követően az alábbiak szerint ismerteti Szilvay fejlesztésének lényegét [12].

Szilvay Kornél, a budapesti hiv. tűzoltóság főtisztje, a víznélküli tűzoltás problémájának megoldása céljából egy oly autó, lófogatu vagy kézhuzatra berendezett és benzínmotorral ellátott, száraz tűzoltógép tervein dolgozik, amely a motor segítségével, 5—7 légkörnyomás mellett, a gép által termelt oxigénmentes és lehűtött gázokat vezeti be ily zárt helyiségben pusztító tüzre, melyek e mellett egy, a járművön elhelyezett tartányból vegyiport is visznek magukkal. Ezen anyag a tűzzel érintkezve szénsavat fejleszt és az égést még hathatósabban szünteti meg.

6. ábra: Részlet dr. Balogh Dezső Tűzrendészeti Közlönyben több részben megjelent cikkéből

A SZÁRAZOLTÓ BERENDEZÉS SZABADALMA

Szilvay a gázzal oltó tűzoltó készülék leírását és vázlatát „Eljárás és készülék tűzoltására” címmel 1923. december 29-én jelentette be szabadalomként, mely szabadalmi leírás a Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság 1930. október 1-ei kiadványában jelent meg [13]. A leírás az újítás lényegét az alábbiak szerint rögzítette „...valamely robbanó motor kipuffogó gázait először lehűtjük, azután compresszor segítségével kellő nyomásra sűrítjük és az így comprimált gázokkal a portartályból ismert módon kiszállított port az eloltandó tűz helyére fúvatjuk.“



1 portartály, 2 szállító csiga, 3 fűvóka, 4 robbanómotor, 5 cső a kipufogó gázok szállítására, 6 csőcsatlakozás, 7 csöves hőcserélő, 8 cső a hűtő gázok továbbítására, 9 forgó kompresszor, 10 robbanómotor tengelye, 11 szíjhajtás, 12 tok gázok fűvókához szállításához, 13 csőtoldal az oltáshoz szükséges tömlő csatlakoztatásához, 14 hűtőcsövek, 15 exhaustor, 16 csatlakozó elem, 17 szíjhajtás, 18 exhaustor csővezeték, 19 csappantyú, 20 szívócső, 21 visszacsapó szelep

7. ábra: A szárazoltó berendezés elvi vázlata [13]

A kísérleti szárazoltó megvalósítására a főváros tanácsa által megszavazott pénzügyi forrásának felhasználásával a Mávag Mozdony- és Gépgyárában került sor 1925-ben. Az első szárazoltó gépjármű 60 LE-s belsőégésű motorral, 5 t teherbírású alvázzal, 6 m³/min oltógáz továbbítására képes kompresszorral készült, 2 m³-es fa portartállyal.



8. ábra: A kísérleti szárazoltó berendezés gyártása [14]

A gyakorlati kísérletek során a fa tartály nem vált be, így fekvőhengeres nyomásálló acéltartályra cserélték ki. A szárazoltó berendezés működési elvét a saját kiadásában 1941-ben megjelent, korábban már idézett „Szárazoltás” című kiadványban az alábbiak szerint foglalja össze:

A szárazoltógépem működéséhez szükséges oltógázt az automobil hajtómotorjának, vagy különleges nagyteljesítményű oltógáztermelő berendezésének oxigénszegény égéstermékei (N és CO₂) szolgáltatják, amelyeket egy hűtő lehűt és az utána-kapcsolt tisztítóberendezés megtisztít. Az ily módon megtisztított és lehűtött oltógázba szükség esetén egy különleges berendezés a tüzeset kiterjedéséhez irányuló és szükség szerint szabályozható arányban adagolt mennyiségben oltóport (lásd a 2. sz. képet), vagy porlasztott vizet (lásd a 3. sz. képet) kever és az oltógáz azzal együtt tömlővezeték útján kb. 0.5 légkörnyomás alatt kerül az égés helyére.

9. ábra: A Szárazoltás című kiadvány részlete [11]

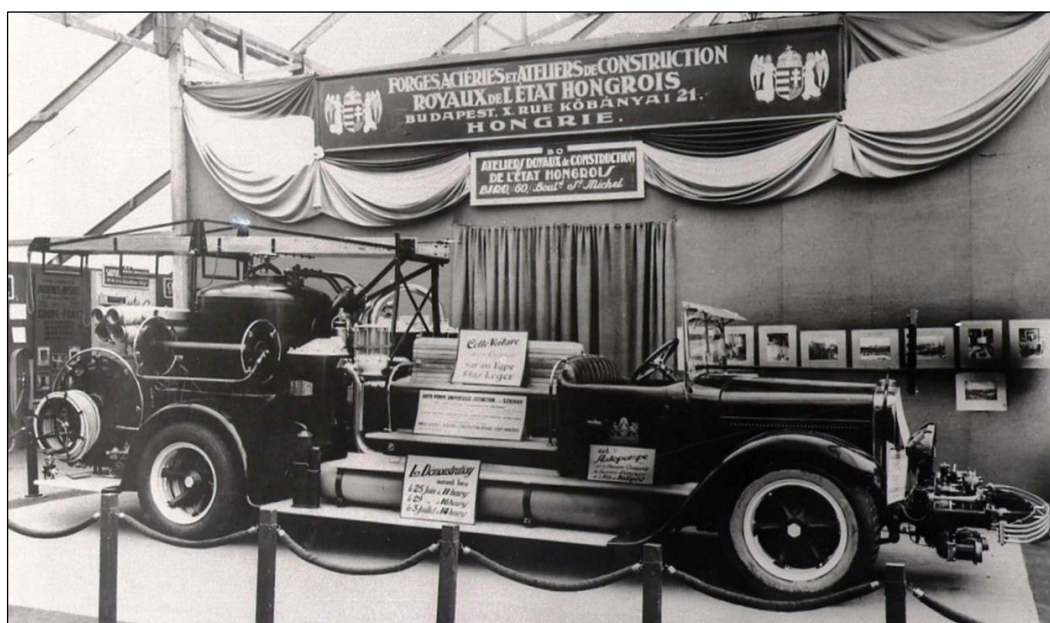
A szárazoltó gépjármű átadására 2027. december 27-én a fővárosi tűzoltóság Kun utcai laktanyájában került sor, majd a következő év januárjában sikeres oltási próbákat is végeztek, melyeket követően szolgálatba is állították a berendezést.



10. ábra: A fekvő hengeres szárazoltó a Kun utcai laktanyában [15]

Az első bevetésére 1928. február 29-én, Budapesten, Mihalovits Miklós festőművész műterménél keletkezett a tűznél került sor, ahol a műterem mennyezete és a tető gerendázata égett közel 30 m²-en. A szárazoltó csőtoldatához illesztett tömlővezetéken át a sugárcsővet a mennyezetre irányítva először annak tüzét, majd a gerendázatét is eloltották. Ezt követően a parázsló részeket permetezett vízszugárral oltották el, megóvva a vízkártól a festőműtermet berendezéseivel és értékes képeivel.

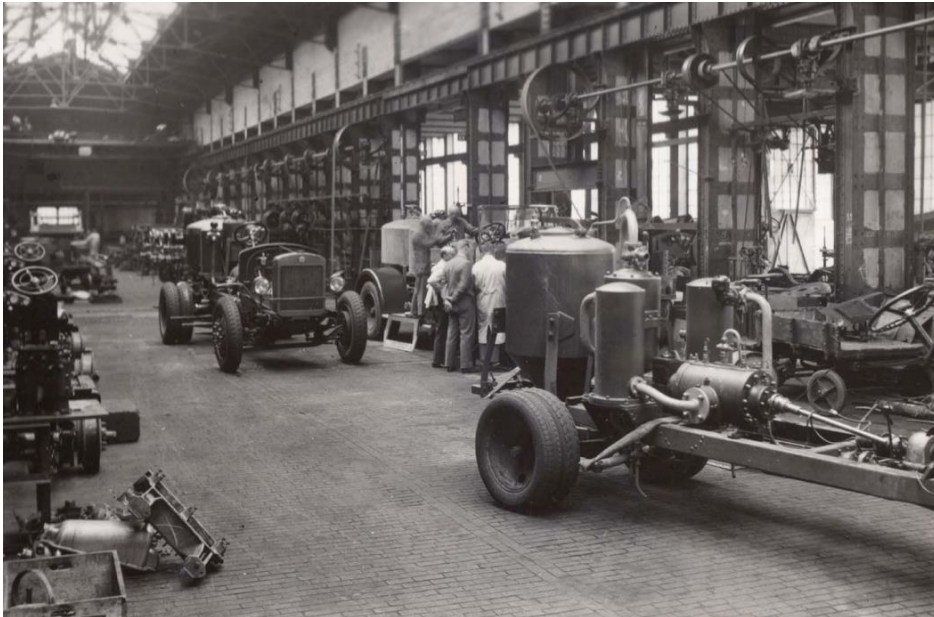
A Szilvay-féle szárazoltó berendezés nagy nyilvánosság előtti bemutatására kiváló lehetőséget biztosított az 1929-ben Párizsban megrendezett nemzetközi tűzoltó kiállítás, melyre a Magyar Állami Vas- és Gépgyár új berendezést épített, 1500 l/min teljesítményű szivattyúval. A bemutatott Mávag-Mercedes-Benz alvázra épített egyetemes oltógép valamennyi akkor ismert oltóanyag – így víz, hab, szénsav, gáz és por – kombinált alkalmazására képes volt, figyelemmel a keletkezett tűz jellegére, és az oltási körülményekre. A bemutatót jelentős szakmai érdeklődés övezte, a franciák mellett az angol, az amerikai és a kanadai tűzoltók köréből.



11. ábra: Szilvay-féle szárazoltó a párizsi nemzetközi tűzoltó kiállításon [16]

1929-ben a szárazoltóval 20 esetben hajtottak végre jelentős vízkártól mentesült tűzoltást Budapesten. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a szárazoltás a zárt térben kialakult tüzek oltására bizonyult legsikeresebbnek, 20 tűzkár közül 14 üzlet, vagy raktártűz volt. A tapasztalatok birtokában Szilvay az üzlethelyiségeken kialakított, az oltógáz bevezetésére szolgáló nyílás kialakításával tette hatékonyabbá az oltást, melyet „Berendezés helyiségekben keletkezett tűz oltására” címmel 1934-ben szabadalmaztatott [17]. Nagyméretű helyiségekben keletkezett tüzek oltására a belsőégésű motorok által biztosított oltógáz kevésnek bizonyult, ezért alkalmazta Szilvay segédmegoldásként a porral kiegészített oltást.

A szárazoltó berendezés széleskörű alkalmazásának lehetőségét igazolta az 1932. június 16-án a Magyar Dunántúli Villamossági Rt. budapesti, Kárpát utcai telephelyén keletkezett tűz, melynek során egy 2000 KV teljesítményű transzformátornál a hűtésre szolgáló olaj jelentős része tekereshiba következtében égett. A szabadtéri transzformátor tüzét sikerült porsugárral mintegy 30 perc alatt eloltani úgy, hogy közben az üzemelt [18].



12. ábra: Álló tartályos szárazoltó szerelése a MÁVAG-ban 1939-1940 között [19]

Szilvay az eljárást továbbfejlesztette zárttéri transzformátorok tüzeinek oltására. A tárgykorban megjelent szabadalmi részletesen tárgyalták azokat a bevezető nyílásokat, melyek alkalmazásával a zárt helyiségek, a bennük levő transzformátorok, kapcsoló berendezések tüzét hatásosan lehetett oltani. A feltaláló zárt helyiségekben keletkezett tüzek hatékony oltását szolgáló szabadalmi az alábbiak [20-24.]

- Eljárás és berendezés tűznek száraz úton való oltására (1932. 01. 24.),
- Berendezés helyiségekben keletkezett tűz oltására (1934. 11. 29.),
- Szárazoltó-berendezés (1934. 12. 04.),
- Szárazoltó nagy helyiségekben keletkező tüzek oltására és eljárás a szárazoltó üzemeltetésére (1941. 01. 15.),
- Berendezés zárt helyiségekben keletkező tűz oltására (1942. 05. 09.).

Szilvay a zárt helyiségekben keletkezett tüzek oltására szolgáló módszereinek egy másik csoportját „nagy vonásokban a Spinkler-berendezésekre emlékeztető“ oltórendszert jelentette. A módszer „egy csőhálózatból áll, melynek olvadórózsákkal ellátott egyes leágazásait a védendő helyiségekben szereljük fel, fővezetéke pedig másoldalt, oltógáz állandó fejlesztésére alkalmas berendezéshez kapcsolódik, vagy olyannal kapcsolatba hozható. Tűz keletkezése esetén az olvadórózsák a megfelelő csővezetékeket nyitják, úgyhogy ezeken át a gázfejlesztő berendezés az oltógázt és esetleg a vízpermetet is kellő mennyiségben a szükséges időn át juttathatja a tűzhöz.“ [11] Ilyen berendezést telepítettek 1940-ben a budapesti

Bélyegmúzeumba. A szabadalmi leírás bejelentésére 1945. október 25-én került sor, a szabadalmi leírás az Országos Találmányi Hivatal 1962. december 15-ei lapszámában jelent meg [25].

A szárazoltó rendszer folyamatos korszerűsítései ellenére a nagyméretű helyiségekben keletkező tüzek oltására az akkori belsőégésű motorok kipufogó gázai mennyisége kevésnek bizonyult. A $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$ oltógáz mennyiséget először négyütemű robbanómotor igénybevételével $10 \text{ m}^3/\text{min}$ -re növelte, de ez sem bizonyult elegendőnek. Szilvay célja egy $100 \text{ m}^3/\text{min}$ oltógázt termelő berendezés kialakítása volt. Tervei alapján a főváros a Ganz és Társa a Villamossági Gép-, Vagon- és Hajógyár Rt-től rendelte meg 1942-ben gyártását Jendrassik-féle gázturbina felhasználásával. A szárazoltó berendezést két év alatt elkészítették, de bevetésére nem kerülhetett sor, mivel a kísérleti műhely a háborúban elpusztult.

A háborút követően ugyancsak fővárosi megrendelésre megkezdődött a Ganz és Társa Rt-nél egy új berendezés kísérleti gyártása, ahol az 500 LE-s repülőgépmotor hajtású légkompresszor 100 m^3 levegőt juttatott be a kazánba, mely keveredett a porlasztott petróleummal elégett és semleges gázt képzett. Egy öttonnás alvázon elhelyezett berendezés üzemi próbáit 1953-ban kezdték el. A tárgykörben megjelenő utolsó szabadalma 1955. februárjában került bejelentésre „*Szárazoltó eljárás*” címmel, melyben foglalta össze addigi kutatási eredményeit és alkalmazási tapasztalatait [26]. Szilvay korai, 1957. szeptember 8-ai halála miatt a gázturbinás szárazoltó fejlesztése megszakadtak.



13. ábra: Szilvay-féle gázturbinás szárazoltó [27]

Szolgálatá során politikai magatartásáért több alkalommal büntették: 1919-ben kétszázezer koronás pénzbüntetést kapott, de maradhatott tűzoltói szolgálatban, 1944. május 1-jén Endre László belügyi államtitkár kényszernyugdíjba küldte. 1945-ben fővárosi tűzoltó legénység felkérésére ideiglenes jelleggel ellátta a főparancsnoki tiszteket, de állásába hivatalosan 1945. április 1-jén helyezték vissza, ahol fővárosi parancsnokhelyettesként dolgozott. 1950 novemberében egy tűzoltó osztályparancsnoki értekezlet után négyhavi börtönbüntetést kapott, állásából elbocsájtották. 1951 júniusától a Járműfejlesztési Intézetnél szabványügyi előadóként dolgozott. A katonai ügyészség 1954. január 12-én rehabilitálta, áthelyezték a BM Országos Tűzrendészeti Parancsnokság állományába.

IN MEMORIAM SZILVAY KORNÉL

Szilvay Kornél tűzoltó szolgálata során önfeláldozóan látta el tűzoltói, illetve újítói feladatát. Fontosnak tartotta, hogy mindvégig tevékenyen részt vállaljon a tüzek oltásában: 35 éven át vonult tüzesetekhez, szolgálati ideje minden 17. órájára jutott egy káreset. Hűségét és elkötelezettségét mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy az első szárazoltó megépítését követően Kármán Tódor gépészmérnök, fizikus, az aerodinamika világhírű művelője, az Aacheni Egyetem professzora munkatársának hívta Szilvayt, aki ezt a megtisztelő ajánlatot elhárította azzal az indoklással, hogy „*maradjon az újításom továbbra is a magyar névhez fűződő értékünk, jöjjön a külföld hozzánk azt tanulmányozni, megvásárolni.*” [1]

Tarján Rezső gépészmérnök, ny. tűzoltó alezredes 1982-ben megjelent cikkében az alábbiak példával szemléltette magas fokú hivatástudatát. „*Mint tűzoltó tiszt saját becslése szerint mintegy tizenhatezer tüzesetnél vezette az oltást. Ő irányította például 1947. június 20-án a Bazilika kupolatüzeének oltását. Előrelátóan gondoskodott a nagy értékű freskók védelméről, s dacára az oltás során felhasznált nagy mennyiségű víznek, beázás, azaz vízkár nem keletkezett. Egy 400 l/p-es kismotorfecskendővel a kupola pilléreinek mélyedéseiből az összegyűlt vizet kiszívatta, a sugarakkal pedig megvédte a Bazilika Bazilika ép részeit a leégéstől*” [28].

Pályájának összegzéséül álljon itt Minárovics János: „*Szilvay Kornél a szárazoltás feltalálója élete és munkássága*” című kiadványának zárómondata „*Szilvay Kornél tűzoltó feltaláló – számos újítása ellenére is – úgy marad meg emlékezetünkben, mit a szárazoltás atyja, aki a világon elsőként oltott eredményesen a tűz helyén előállított semleges gázzal*” [1].

Életútja, szakmai pályafutása elismeréséül Göncz Árpád köztársasági elnök 1993-ban posztumusz vezérőrnaggyá léptette elő. 1994. májusában emléktáblát avattak Szilvay Kornél tűzoltó-feltaláló tiszteletére a Fővárosi Tűzoltóparancsnokság épületében.



14. ábra: Emléktábla a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság épületében (szerző felvétele)

A Gépipari Tudományos Egyesület központi Tűzvédelmi Szakosztálya 1995-ben Szilvay Kornél Emlékérmét alapított a Szakosztály megalakulásának 35. évfordulóján. A 15. ábrán látható példányt Dr. Bánki Tamás vehette át 2010-ben a szervezet XLI. Küldöttközgyűlésén.



15. ábra: GTE Szilvay Kornél Emlékérem (szerző felvétele)

2015-ben, születésének 125. évfordulója alkalmából a Magyar Nemzeti Bank „Szilvay Kornél” megnevezéssel 2000 Ft címletű színesfém emlékérmet bocsátott ki.



16. ábra: A MNB Szilvay Kornél Emlékérme [29]

Szilvay Kornél életét és találmányait számos cikk, kiadvány és konferencia dolgozta fel. Ezek közül kiemelkedik az 1965-ben Minárovics János-Tarján Rezső szerzők által publikált „A vízkármentes oltás kezdeményezője – Szilvay-féle szárazoltás” című könyv [30]. A Gépipari Tudományos Egyesület 1996-ban adta közre Minárovics János „Szilvay Kornél a szárazoltás feltalálója élete és munkássága” című összeállítását [1]. Az Országos Tűzmelegelőzési Bizottság nagy elődököt bemutató konferenciasorozata keretében 2017. novemberében Szilvay Kornélra emlékeztek a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóságon. Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kara a jogelőd intézménye kiváló tanulójának emlékezve – a Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat részeként – 2022-ben „Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia” sorozatot indított el.

FELHASZNÁLT IRODALOM²

- [1] Minárovics János: Szilvay Kornél a szárazoltás feltalálója élete és munkássága, GTE Tűzvédelmi Központi Szakosztálya, Budapest, 1996.
- [2] Minárovics János: A fővárosi tűzoltóság története I., Fokozatos fejlődés a millenniumig, <https://baz.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-02/69391.pdf> letöltve: 2023. 12. 31.
- [3] Dr. Berki Imre: Szilvay Találmánya – a szárazoltás, A Tűzoltóság revolúciójának evolúciós bölcsője, Védelem Tudomány, II. évfolyam, 4. szám, 2017. december
- [4] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, 224_Elektroauto_vilany_es_szensavfecskeendő_Bp_1909
- [5] A fővárosi tűzoltóság története, az 1920-as évek eseményei, <https://fovaros.katasztrofavedelem.hu/26052/az-1920-as-elvek-esemenyei> letöltve: 2023. 12. 31.
- [6] Hegedűs Károly: Értesítő a Budapesti M. K. Állami Felső Ipariskola harmincadik tanévéről, 1908-1909., Budapest, PÁTRIA Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvény-Társ. Nyomása, 1909.
- [7] Pesti Hírlap, 1912. április 2. 34. évf. 79. szám
- [8] Magyarország tiszti cím- és névtára 33. évf. 1914. 799. oldal
- [9] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, 3575 kép, 1914.
- [10] Indítókészülék automobilmotorok számára, Mátrai Antal gyáros és Szilvay Kornél Föv. Önk. Tűzoltótiszt, Budapest, Szabadalom 1916. 05. 12. 69161. szám
- [11] Szilvay Kornél: Szárazoltás, Budapest, 1941.
- [12] dr. Balogh Dezső: Modern tűzoltás, Tűzrendészeti Közlöny, XXII. évfolyam, 2. szám, Budapest, 1924. február 24. 13. oldal
- [13] Eljárás és készülék tűz oltására, Szilvay Kornél tűzoltófőtiszt, Szabadalom, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1923. 12. 29. 88979. szám
- [14] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, 063. kép
- [15] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, Szilvay_fekvochengeres_oltogep
- [16] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, Szilvay_oltogep_Parizs
- [17] Berendezés helyiségekben keletkezett tűz oltására. Szilvay Kornél tűzoltófőtiszt, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Szabadalom, Budapest, 1934. 11. 29. 113199. szám
- [18] Magyar Tűzoltó, 13. évfolyam, 8. szám. 1961. 08. 01.
- [19] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, 341. kép
- [20] Eljárás és berendezés tűznek száraz úton való oltására, Szilvay Kornél tűzoltófőtiszt, Szabadalom, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1932. 01. 24. 109517. szám
- [21] Berendezés helyiségekben keletkezett tűz oltására, Szilvay Kornél tűzoltó főtiszt, Szabadalom, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1934. 11. 29. 113199. szám
- [22] Szárazoltó-berendezés, Szilvay Kornél tűzoltófőtiszt, Szabadalom, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1934. 12. 04. 112759 szám
- [23] Szárazoltó nagy helyiségekben keletkező tüzek oltására és eljárás a szárazoltó üzem-bentartására, Szilvay Kornél szék.-föv. tűzoltóparancsnok, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1941. 01. 15. 130967. szám

- [24] Berendezés zárt helyiségekben keletkező tűz oltására, Szilvay Kornél tűzoltóparancsnok, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Budapest, 1942. 05. 09. 133112. szám
- [25] Szárazoltó berendezés, Szilvay Kornél, Országos Találmányi Hivatal, 1945. 10. 25. 137661. szám
- [26] Szárazoltó eljárás, Szilvay Kornél tűzrendészeti szakértő, Országos Találmányi Hivatal, 1955. 02. 01. 143340. szám
- [27] Katasztrófavédelem Központi Múzeuma archívuma, gatzurbinas_szarazolto
- [28] Tarján Rezső: A tűzoltás vízkára, Műszaki Élet, 25. szám, 1982. december 9. Budapest
- [29] Emlékérme Szilvay Kornél születésének 125. évfordulójára, Magyar Nemzeti Bank, 2015. <https://www.mnb.hu/bankjegy-es-erme/emlekermek/2015/emlekerme-szilvay-kornel-szuletesenek-125-evfordulojara> letöltve: 2023. 12. 31.
- [30] Minárovics János-Tarján Rezső: A vízkármentes oltás kezdeményezője – Szilvay-féle szárazoltás, Nyomdaipari Tanulóintézet Nyomda, Budapest, 1965.

**FIRE SPREAD TEST
ON MATERIALS USED IN VEHICLE
INTERIORS****TŰZTERJEDÉS VIZSGÁLATA JÁRMŰVEK
BELSŐ TEREIBEN ALKALMAZOTT
ANYAGOKON**PAPP Csenge¹**Abstract**

The safety and environmental protection requirements of vehicles are constantly becoming more and more strict. Research and development in the automotive industry is inevitable to meet these requirements. Safety regulations also determine fire protection requirements, that is the reason why it is relevant to conduct research in this topic. Fires can occur during the operation of vehicles and in the event of accidents, so personally, I consider fire protection examination of automotive materials to be important. The fire protection examination of all structural elements of motor vehicles would exceed the scope limitations of this article, so in my research work I examine the materials used in the passenger compartment of certain vehicles. My main goal is to point out how the materials used today affect the fire safety of vehicles, by performing a fire protection test on the samples I prepared in the laboratory. I subjected the selected interior materials to a vertical and horizontal fire spread test.

Keywords

fire safety, fire spread test, horizontal flammability, vertical flammability, autobus, textile

Absztrakt

A járművek biztonsági és környezetvédelmi követelményei folyamatosan szigorodnak. Az autóiiparban végzett kutatások és fejlesztések elkerülhetetlenek ezeknek a követelményeknek a biztosításához. A biztonsági előírások meghatározzák a tűzvédelmi követelményeket is, így a téma kutatása is releváns. A gépjárművek üzemeltetése során és balesetekkor tűz keletkezhet, ezért fontosnak tartom a járműtűzek vizsgálatát. A gépjárművek összes szerkezeti elemének tűzvédelmi vizsgálata meghaladná jelen cikk kereteit, ezért kutatómunkám során a járművek utasterében használt anyagok laboratóriumi égésvizsgálatát végeztem. A kiválasztott belső térbe épített anyagokat függőleges és vízszintes tűzterjedés vizsgálatnak vettem alá és értékeltem az eredményeket. A fő célom rámutatni arra, hogyan befolyásolják a ma alkalmazott anyagok a járművek tűzbiztonságát.

Kulcsszavak

Tűzbiztonság, tűzterjedés kísérlet, vízszintes tűzterjedés, függőleges tűzterjedés, autóbusz, textil

¹ pappcsenge1996@gmail.com | ORCID: 0000-0002-4950-2461 | PhD student, Ludovika University of Public Service, PhD in Military Engineering | PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Az autóiparban a járművek belső tereiben alkalmazott anyagokra vonatkozó szabványok és előírások meghatározzák azokat az előírásokat, amelyeknek az anyagoknak meg kell felelniük a járművek beltereiben való használat során. Ezek a szabványok szigorú biztonsági és minőségi követelményeket állítanak fel annak érdekében, hogy a járművek a tűzzel szemben biztonságosak legyenek, tartósságot és megfelelő teljesítményt nyújtsanak. Néhány közismert járműipari szabvány és előírás a belső térben felhasznált anyagokra, vízszintes felületre vonatkozóan a következők lehetnek. Az FMVSS 302 (Federal Motor Vehicle Safety Standard 302): Ez az Egyesült Államokban alkalmazott szabvány, amely meghatározza a személyautók belső burkolatanyagainak égésállóságát. [1] ECE-R118: Az Egyesült Nemzetek Gazdasági Bizottságának (ECE) R118 szabványa a belső anyagok tűzállóságát szabályozza a közúti járművekben az Egyesült Nemzetek területén belül. [2] ISO 3795: Ez az ISO szabvány meghatározza az autók belső anyagainak égési tulajdonságait és az égési teljesítményüket. [3] UL 94: Az Underwriters Laboratories (UL) által kibocsátott szabvány az anyagok égési tulajdonságait értékeli, különös tekintettel az önoltó tulajdonságokra. [4] A teljesség igénye nélkül ezen szabványok és előírások célja az autóipari anyagok biztonságának és minőségének javítása, különös tekintettel a tűzbiztonságra. Az autógyártók és azok beszállítói ezeket a szabványokat követik, hogy megfeleljenek a biztonsági előírásoknak és a vásárlók elvárásainak. Fontos, hogy az adott régióban érvényes szabványok és előírások mutathatnak eltérést az országonkénti jogszabályok és piaci igények alapján. Azt is fontos megjegyezni, hogy ezen szabványok direktíva jelleggel bírnak, tehát egyfajta ajánlásként szolgálnak. A gyártók önállóan is megszabhatják, hogy a kitűzött határértékeket milyen módon kívánják termékeikkel elérni. Ezáltal gyártónként eltérő vizsgálati módszereket is alkalmazhatnak, amellyel az egységesített eredményrendszer nem megoldható, tehát nem képez összehasonlítási alapot.

Az általam vizsgált beltéri anyagok közül a függőleges irányban elhelyezett függönyöket más szabvány szerint kell vizsgálni. A kísérlet két részből tevődik össze, melyek az MSZ EN 1101:1995/A1:2005 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítőfüggönyök. Részletes eljárás a függőleges próbadarabok gyúlékonyságának meghatározására (kis lánggal) és az MSZ EN 13772:2011 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítőfüggönyök. A láng terjedési sebességének mérése függőleges helyzetű próbadarabokon nagy gyújtóforrással szabványok alapján zajlottak. [5] [6]

Összegzésként elmondható, hogy a függőleges tűzterjedés vizsgálatára ajánlott szabvány kötelező érvényű minden gyártó számára az Európai Unión belül, enélkül a termék forgalomba hozatala nem engedélyezhető. Azonban a vízszintes tűzterjedés vizsgálatára csak ajánlásként szolgál az ISO 3795 szabvány itt Magyarországon is, az autógyártók saját módosított szabványaik szerint is vizsgálódhatnak. Egységesítés hiányában az összehasonlíthatóság megkérdőjelezhető.

TŰZBIZTONSÁG

A járművek tűzbiztonsága kiemelt kérdéskör a személyautóknál és más közösségi közlekedésben résztvevő járműveknél, mivel a mindennapi életünk szerves részei, és a tűzveszély jelentős kockázatot hordoz magában. Az alábbiakban felsorolok néhány okot,

amiért a járművek tűzbiztonságával érdemes foglalkozni. Az első ilyen az életmentés. A járművek tűzbiztonsági követelményei és az alkalmazott anyagai hozzájárulnak a járműben tartózkodók életének védelméhez tűzveszély esetén. A gyors, pontos és hatékony tűzmelegelőzés és tűzvédelem lehetővé teszi, hogy a tüzesetben résztvevő személyek időben elhagyják a járművet, ezzel megelőzve a további baleseteket. A mobilitás széleskörű elterjedése miatt pedig számolnunk kell a közlekedésben résztvevők számának növekedésével, ami a bekövetkező balesetek számát növeli. Korábbi tanulmányomban részletesen írok arról, miként alakult a közúton bekövetkező járművekkel történő tüzesetek száma az elmúlt években. [7] Arról is szó esik, hogy a buszokkal kapcsolatos tüzek előfordulási aránya sem elhanyagolható ma Magyarországon. A kedvező jegyárak és a jól megtervezett menetrendek miatt manapság egyre többen választják a közösségi közlekedést. Így például a belső égésű motorral vagy alternatív hajtással szerelt autóbuszokon utasszáma is nő. A legkisebb kapacitású busz már 60 fő szállítására alkalmas. Az utasterek kialakítása igyekszik elősegíteni a jármű gördülékeny kiürítését a balesetben, de ez az adott körülményektől sajnos nagyban függ. Az emberi viselkedést, mint legnagyobb befolyásoló tényezőt kell számba venni. Ebből a szempontból fontos tehát megvizsgálni, hogy az autóbuszokra vonatkozó előírásokat a gyártók és karbantartók követik-e. Másodszor megemlíthető a környezetvédelem is, hiszen az autóiipar célkitűzései között szinte biztosan ez szerepel az első helyek egyikén. Ha csak a károsanyag kibocsátásra gondolunk, minél inkább az alternatív megoldásokat preferálják a gyártók, törekedvén az üzemanyag legkorszerűbb és legkedvezőbb felhasználására. Ennek természetes velejárója a tömegcsökkentés (angolul down-sizing), amely a beépített anyagok tulajdonságainak megváltoztatásával egyaránt befolyásolható. [8] Ennek eredménye az, hogy a beépített anyagok tűzzel szembeni ellenállóképessége is változhat, akár negatív irányban is, ami a tűzbiztonság kérdéskörébe sorolható. Ha ezen a területen vizsgálódunk, akkor hamar bizonyosságot nyer, hogy a járművekben használt anyagok és technológiák tűzbiztonságának javítása hozzájárulhat a környezet védelméhez, mivel a tűz visszaszorítása csökkentheti a szennyezőanyagok kibocsátását a közvetlen környezetbe. Meg kell említeni az újrahasznosíthatóság kérdését is, hiszen a modern autógyártásban fontos szerepet kapott, hogy a felhasznált anyagok minél környezetbarátabb módon készüljenek és az életciklusuk végén a megfelelő kezelési eljárásokkal újrafelhasználhatók legyenek – ez nem kapcsolódik szorosan a tűzbiztonsághoz, azonban az alkalmazott anyagok összetételének tekintetében fontos szerepet játszik. Végül pedig Magyarországon a közlekedési hálózat sugaras szerkezetéből adódóan hamar megbénítható, főként akkor, ha a forgalmas közútjainkon egy-egy baleset bekövetkezik. Rendszerint ilyenkor forgalmi dugók és újabb kritikus helyzetek alakulnak ki, amelyek magukkal hordozzák a további balesetek kialakulásának veszélyét. Ha a közlekedési hálózat hatékonyságát kívánjuk növelni, akkor a tűzvédelem és a tűzterjedés megakadályozása segíthet fenntartani a közlekedés zavartalan működését.

JÁRMŰIPARBAN FELHASZNÁLT ANYAGOK ÉS TŰZVESZÉLYESSÉGI TULAJDONSÁGAIK

A járműiparban felhasznált anyagok megfelelő szintű tűzbiztonságáról az autóiipari résztvevőknek gondoskodniuk kell már a tervezés és a gyártás fázisaiban. Erre természetesen rendelkezésre állnak a tűzvédelmi szabványok, előírások. Ezek értelmében ajánlott például a különböző tűzgátló anyagok használata, a járművek kritikus részein,

például a motortérben, utastérben, ezzel is csökkentve a tűz terjedésének lehetőségét. A hagyományos 12V-os rendszerről való áttérés a hibrid és elektromos járművek nagyfeszültségű (300-1000V) rendszerére megköveteli a vezetékek és a rájuk csatlakoztatott eszközök tűzvédelmét is. Az üzemanyagellátó rendszer tűzbiztonsága mindig is kritikus fontosságú volt, a tartályokat és csöveket a kémiai és fizikai hatásoktól, sérülésektől védeni kell, minimalizálni a tűz keletkezésének veszélyét. A passzív tűzvédelem részeként úgy alakíthatják ki a járműveket, hogy a szellőztetést elősegítse. Illetve az aktív rendszer automata tűzoltó berendezéseinek beépítése sem ritka manapság, főként a közösségi személyszállításban. A korszerű járművek építéskor már alapvető követelmény a jó minőségű anyag felhasználása. A járművek karosszériáját tekintve a biztonságosság fő szempont, így a nagy szilárdságú acél (High Strength Steel) ipari használatát részesítik előnyben. A klasszikus alumínium szerkezeteket felválthatják a magnézium és ötvözetek, habár az alumínium előállítása a legkedvezőbb. A magnézium felhasználása még az autógyártás hajnalára is visszanyúlik, az 1920-as években jellemzően autófelniket készítettek ebből az anyagból. A versenyvilágban kísérletet tettek magnézium karosszériaborítás gyártására is. A híres Le Mans-i 24 órás versenyen azonban baleset következtében egy autó kigyulladt és a magnézium olyan hevesen égett, hogy a lángokat a tűzoltók csak igen nehezen tudták megfékezni. [9] A magasabb minőségű alapanyag azt eredményezi, hogy akár kevesebb anyagra is lehet támaszkodni a kívánt biztonsági szint eléréséhez, és mint ahogy azt korábban említettem, tömegcsökkenéssel is jár. Ezen kívül szénszálas technológiát is bevezettek már a műanyagok kiváltására, ezt alkalmazzák karosszéria elemek erősítésére, de a beltérekben és a textilek szövésére egyaránt, emiatt is érdemes szót ejteni erről az anyagról. A tűz után visszamaradó parázsláskor a szénszálas kompozitok potenciálisan újra meggyulladhatnak, ez pedig veszélyt jelent a beavatkozó személyek számára. Az égés során olyan anyagok szabadulhatnak fel, mint például szén-monoxid (CO), szén-dioxid (CO₂), policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-k) és halogenid gázok, ezek a parázslás során továbbra is emittálódnak. Tehát megállapítható, hogy veszélyes vegyi kibocsátások, beleértve a szilárd részecskéket (PM), gázokat és gőzöket illékony és félig illékony komponenseket, származhatnak a szén-kompozitok égéséből. [10] Az éghető anyag mennyisége egy autóban nagyjából 150-200 kg-ban határozható meg több forrás és saját számításaim alapján. Természetesen ez függ az autó méretétől, típusától és évjáratától, de az előbb említett tömeg kb. 115 kg polimert tartalmaz, a maradék a különböző segédanyagok, mint olaj és üzemanyag. Kutatások igazolják, hogy az autóalkatrészek közül számos tartalmaz nitrogént, például poliuretánból származót, és volt hidrogén-cianid és más nitrogéntartalmú vegyületek előállítására képes forrás is. A poliuretánt például széles körben használják, két fő alkalmazási területe, a puha bútoroknál, mint az ülés töltőanyaga is, igen kedvelt, mivel szigetelőanyag, valamint alacsony hőtehetlenségi érték jellemzi, ezáltal azonban fokozott gyúlékonyság is. [11] A poliuretánok gyúlékonyságuk mellett szén-monoxidot képeznek, hidrogén-cianidot és más mérgező anyagokat is. Kiemelhető, hogy az üléskárpit égésekor olyan káros vegyületek szabadulhatnak fel, mint hidrogén-klorid és kén-dioxid. [12] Továbbá brómozott égésgátlókkal is kezelik a modern textileket, így hidrogén-bromidot is detektáltak már ilyen típusú kezelt textil égésekor. Az angolszász irodalomban tipikus illékony szerves vegyületeknek nevezik őket. A fent említett anyagok mellett még a járművek égésekor kimutatható, nem is csekély mennyiségben, a benzol, toluol, sztirol származékok és

etilbenzol, ezeket már saját korábbi kutatásban is sikerült detektálni. [13] [14] Nemcsak a környezetre és az humán egészségre káros, felszabaduló anyagok miatt szükséges megvizsgálni a járműtüzeket. [15] Fontos tényező még hogy a baleset bekövetkeztétől mennyi idő telik el és az alatt milyen reakciók mennek végbe. Sajnos a járműiparban bekövetkezett változások magukkal hordozzák azt a kihívást, hogy a közúton közlekedő járműflotta igazán sokszínű, ezért eltérő veszélyforrásokként kell kezelni azokat. Figyelembe kell venni a jármű típusát, meghajtását és méretét. Foglalkozni kell a tűz keletkezési okával, hogy hová vezethető vissza. [16] Kijelenthető, hogy a belső térből kiinduló tüzek nagyobb veszélyt jelentenek a járműben tartózkodókra, mivel rövidebb idő alatt következnek be negatívan ható események. [8] A keletkező égéstermékek pedig károsítják az emberi egészséget és a környezetet is. [17] Mivel a szabványok alkalmazásában eltérések mutatkoztak és pontos információt sem kapnak a végfelhasználók arról, hogy a járművekben használt anyagok milyen tűzbiztonsági tulajdonságokkal rendelkeznek, így kiemelten fontosnak tartottam azzal foglalkozni, hogy a szabványi utasítások mentén ellenőrizzem azokat.

SAJÁT KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA

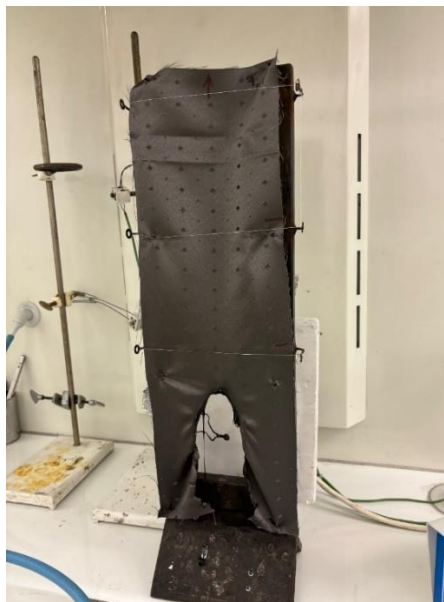
Európában, így Magyarországon is ISO szabványokat használnak és fogadnak el az iparban. A korábban már említett szabvány-összeállításból egy olyat választottam, amely megfelel az általánosan használt európainak. Ez tulajdonképpen az ISO 3795:1989 Közúti járművek, mezőgazdasági és erdészeti traktorok és gépek – Belső anyagok égési viselkedésének meghatározása, a belső anyagok égési viselkedésének értékelésével foglalkozik abban az esetben, ha tűz behatol az utastérbe. Nem valószínű, hogy komolyabb kár keletkezik, ha az égési sebesség egy bizonyos érték alatt van vagy teljesen nulla. A vizsgálat elvégzéséhez szükséges egy szabványos égetőkamra is, amely a megfelelő áramlási feltételeket biztosítja, így a kísérletek mindegyike azonos körülmények között végezhető el. Az égetőkamrát a következő kép mutatja be. [3]



1. Ábra: Vízszintes tűzterjedés vizsgálathoz szükséges szabványos égetőkamra (Forrás: szerző tulajdona)

A vizsgálat elve az, hogy a vízszintes helyzetben elhelyezkedő textilmintákat egy U-alakú tartóban 5 vagy 15 másodpercig láng hatásának kell kiténi az égetőkamrában a minta szabad végénél. Ez az időtartam attól függ, hogy elegendő-e az 5 másodperces gyújtási idő. Amennyiben nem, folytatni kell a gyújtást egészen 15 másodpercig. A lángforrás megszűnése után a mintán megjelölt két jelzés között a láng terjed, melynek 254 mm a távolsága egymástól. Az időt folyamatosan mérni kell és azokat az időpillanatokat kell feljegyezni, amikor a tűz eléri a jelzéseket. Ebből ki lehet számítani az égési sebességet. A minták nem éghetnek nagyobb sebességgel, mint a különböző gyártók által mm/perc mértékegységben megadott égési sebesség értéke. Ezt jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

A függőleges tűzterjedés vizsgálatához a korábban már részletezett szabványokat választottam, úgy, mint MSZ EN 1101:1995/A1:2005 és MSZ EN 13772:2011. A kísérlet lényegében két fázisból tevődik össze, az elsónél a mintatartóban függőlegesen elhelyezett függőnyt az alsó szélénél 1, 2, 3 majd 20 másodpercig gyújtás alá kell helyezni folyamatos ellenőrzés alatt. Abban az esetben, ha az anyag egyik időtartam alatt sem gyulladt meg, tovább kell folytatni a kísérletet. Elektromos hőforrást kell a minta alsó széléhez helyezni és az alábbi paramétereket megfigyelni: mennyi ideig ég a minta magától, mennyi idő alatt éri el az első, illetve második jelölést, mekkora a beégés nagysága, van-e égve csepegés. Amennyiben az első fázisban képes volt az anyag az égés fenntartására, akkor az EN 1102 szabvány szerint lánggal kell melegíteni a textilt 10 másodpercig és a második mérési jelig eltelt időt mérni. [6] [5]



2. Ábra: Függőleges tűzterjedés vizsgálatához szükséges szabványos keret (Forrás: szerző tulajdona)

MINTÁK BEMUTATÁSA

A kiválasztott textíliák egytől egyig valamely tömegközlekedési eszközből származnak. Helyi, helyközi és távolsági közlekedésben résztvevő autóbuszokból, jellemzően a magyar gyártmányú Credo-ból, illetve régebbi típusú klasszikus bőrüléssel Ikarusból sikerült mintát szerezni a Volánbusz Zrt. jóvoltából. A vizsgálatba bekerült

mintaként Credo buszból származó műanyag padlóburkolat, klasszikus bőrhuzat vasúti kocsi üléséből és egy távolsági busz függőnye is. Ezek az alábbi képen láthatóak.



3. Ábra: A kísérletben megvizsgált minták, rendre: barna bőr ülészuzat Ikarus autóbuszból, kék-sárga szövet Credo típusú buszból, szürke ülészuzat Credo típusból, Credo padlóburkolat és zöld bőr vonatkocsi ülés (Forrás: szerzői összeállítás)



4. Ábra: Távolsági autóbuszból származó árnyékoló függöny (Forrás: szerzői összeállítás)

A mintákat a szabványokban megadott paraméterek alapján kell méretre vágni, hiszen a sikeres kísérlet elvégzéséhez szükséges a pontosság. A mintákból minimum 3 darabot kell megvizsgálni, hogy az eredmények általános érvényűek legyenek.

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A mérési jegyzőkönyvben rögzített adatok alapján az alábbi eredmények születtek. Látható, hogy az égési sebesség az összes szövettípusnál a megadott határérték alatt van, amely 100 mm/min. A barna bőr mintáknál, ahol sem az első, sem a második jelet nem éri el a láng az égési sebesség számítása nem szükséges. Ugyanez igaz a Credo padlóra is. Az összehasonlíthatóság érdekében azonban mindenhol feltüntettem az égési hossz és az idő alapján kiszámolható sebességet. Ezek a minták az égést nem táplálták, a gyújtóforrás

elvételeivel hamar kialudt a láng. A bőrökre, alcantara szövetekre jellemző, hogy az 5 másodperces gyújtási idő nem elegendő az önálló égés fenntartásához, ezért további 10 másodpercig kell a gyújtóforrást a minta végéhez tartani. Az autóbuszokban felhasznált, égéskésleltető anyagokkal kezelt szövetek szintén nem képesek az önálló égésre 5 másodperces gyújtásidő után, azonban a szürke színűt elegendő volt csupán ennyi ideig gyújtóforrással melegíteni, ennek ellenére az égési sebesség tekintetében megfelelő teljesítményt mutatott. Fontos megfigyelni, hogy mely minták azok, amelyekre az égve csepegés jellemző – hiszen ez további tüzek kialakulását okozhatja a járműben, ez csak a kék szövet egyik mintájára volt igaz. Érdekes volt megfigyelni továbbá, hogy a vonatok üléséhez használt zöld bőr huzat is 5 másodperces gyújtás után már önállóan égett és intenzív füstöt árasztott, amelyet a többi mintához képest, nagyméretű láng is kísért.

Sorszám	Minta neve	Gyújtási idő	1. jel	2. jel	Égési hossz [mm]	Égési sebesség [mm/min]	Minősítés	Megjegyzés
1_1	barna bőr	15	-	-	25	48,4	Megfelelt	0:31 kialudt
1_2	barna bőr	15	-	-	15	56,3	Megfelelt	0:16 kialudt
1_3	barna bőr	15	-	-	28	84,0	Megfelelt	0:20 kialudt
2_1	kék szövet	15	0:27:00	7:37:00	254	38,3	Megfelelt	égve csepeg
2_2	kék szövet	15	0:28:00	7:27:00	254	39,2	Megfelelt	
2_3	kék szövet	15	0:41:00	9:04:00	254	32,2	Megfelelt	
3_1	szürke szövet	5	0:39:00	10:31:00	254	27,8	Megfelelt	hamarabb gyulladt
3_2	szürke szövet	5	1:06:00	10:21:00	254	28,2	Megfelelt	
3_3	szürke szövet	5	1:07:00	10:03:00	254	29,1	Megfelelt	
4_1	padló	15	-	-	4	13,3	Megfelelt	
4_2	padló	15	-	-	7	20,0	Megfelelt	
4_3	padló	15	-	-	5	16,7	Megfelelt	
5_1	zöld bőr	5	1:31:00	6:34:00	254	44,5	Megfelelt	intenzív füst, nagy lánggal ég
5_2	zöld bőr	5	1:17:00	7:15:00	254	40,3	Megfelelt	
5_3	zöld bőr	5	1:25:00	7:33:00	254	38,7	Megfelelt	

1. Táblázat: Mérési jegyzőkönyv a vízszintes tűzterjedési kísérletek eredményeiről
(Forrás: szerzői összeállítás)

A függöny függőleges tűzterjedési vizsgálatának eredménye az alábbi táblázatból olvasható le.

Minta	1	2	3
Meggyulladás	lassú olvadás		
Max. lángmagasság /cm/	-		
Láng csúcsa eléri az 1. jelet	nem éri el		
Láng csúcsa eléri a 2. jelet	nem éri el		
Láng csúcsa eléri a 3. jelet	nem éri el		
1. cérna elszakadás (mp)	-		
2. cérna elszakadás	-		
3. cérna elszakadás	-		
Égve csepeg	nincs saját láng, csak olvadék		
Füstképződés	nincs		
Minősítés	Class 1		

2. Táblázat: Mérési jegyzőkönyv a függöny tűzterjedési kísérletének eredményéről
(Forrás: szerzői összeállítás)

A mintákra a lassú olvadás volt jellemző, lángjelenség pedig nem volt megfigyelhető a kísérlet során. A jelölécérnák közül az elsőt sem érte el a láng, emiatt a szabványban meghatározott osztályozás szerint Class 1 minősítést kaphat. Ebben a következőt rögzítették: gyúlékonysági osztály – EN 1101 szerint nem gyullad meg, lángterjedés - EN 13772 alapján az 1. jelölécérnák nem válnak szét, nincs lángoló hulladék. Sem füstképződés, sem égve csepegés nem volt jellemző a mintára.

KÖVETKEZTETÉSEK

Korábbi kutatásaim és a jelenlegi kísérletsorozat eredményeinek elemzése alapján megállapítható, hogy a bőr és alcantara anyagok önfenntartó égésre csak korlátozottan képesek, kivétel ezalól a megvizsgált zöld színű vasúti közlekedéshez felhasznált bőr. A korábban már általam megvizsgált, használt személyautókból származó mintákhoz képest, a teljesen új, még nem beépített anyagok a szabványokban meghatározott határérték alatt teljesítettek, ezért azok alkalmazása a tömegközlekedési eszközökben biztonságos. Megállapítható, hogy amennyiben a szöveteket megfelelően tárolják és nincsenek az időjárás viszontagságainak, főként az káros UV sugárzásnak kitéve, úgy képesek minőségüket megőrizni a gyártástól számítva hosszú évekig. Az autóbuszokban alkalmazott ülészatokat vélhetően égéskésleltető anyagokkal kezelik. Ez abból feltételezhető, hogy a személyautókban megtalálható hasonló szövetek gyűjtéséhez elegendő volt 5 másodperc és ezután önálló égésre képesek voltak, míg az autóbuszokból származó minták csak 15 másodperc gyűjtési idő után voltak vizsgálhatóak és a láng is szemmel láthatóan lassabban érte el a mérési pontokat, majd a számolt égési sebesség is alacsonyabb lett – tehát nem táplálta olyan jól az égést. Véleményem szerint a közösségi közlekedés eszközeinek tűzbiztonságára nagyobb hangsúlyt fektetnek a gyártók, mint a személyautó gyártásban, ez természetesen annak tudható be, hogy a közlekedési eszközön utazók száma akár 50 fő fölött is lehet egy esetleges tüzesetnél pedig a kimenekítés legfontosabb kritériuma az idő. Fontos azonban megjegyezni, hogy nemcsak az égés időtartamával kell számolni, hanem a keletkezett káros anyagokkal is, amelyek az égés során felszabadulnak az anyagból. A textiliek fő alkotója a poliészter, amely egy hőre lágyuló műanyag. A műanyagok égésekor felszabaduló káros füstökről már több kutatásból is tudjuk, hogy az emberi egészségre milyen negatív hatást gyakorolnak. Zárt térben, úgy, mint az autóbuszok, vonatkocsik utastere, még nagyobb veszélynek lehetnek az utasok kitéve. Ezért is fontos az égéskésleltetők alkalmazása, ugyanakkor számolni kell az alkotó kémiai anyagok mérgező tulajdonságaival is, amelyek egy esetleges égéskor kifejthetik hatásukat.

ÖSSZEGZÉS

Kutatásom során információkat gyűjtöttem a járműiparban a felhasznált beltéri anyagokra vonatkozó szabványokról, majd a magyarországi gyakorlat alapján kiválasztottam a kísérletek elvégzéséhez szükségeseket. További kutatást végeztem a járművek tűzbiztonságával kapcsolatban, amely a téma alapjául szolgált. A tűzbiztonság kulcsfontosságú eleme a járműiparban felhasznált anyagok tűzveszélyességi tulajdonságainak ismerete. Az ezzel kapcsolatos szakirodalomból az autóiparban használt különféle műanyagfajtákról és textíliákról sikerült egy átfogó képet kapni. Összegyűjtöttem több autóbusból és vasúti kocsiból származó ülésmintát, padlóburkolatot és függőnyt

különböző típusokból, hogy a megvizsgált anyagok különbözőek legyenek. A szabványok alapján elvégeztem a vizsgálatokat a kötelező feltételek mellett, majd kiértékeltem az gyűjtött adatokat és ebből a levontam a megfelelő következtetéseket. Remélhetőleg a jövőben lehetőségem lesz más anyagok vizsgálatára és további tűzterjedési és tűzbiztonsági vizsgálatok elvégzésére is. A jelen írásban elvégzett kísérletek és a már korábban elvégzett kutatásaim nagyon jó összehasonlítási alapot képeznek. A későbbiekben ezek az adatok akár járművek tűzterjedési szimulációjához is felhasználhatóak lesznek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *FMVSS 302 The Federal Motor Vehicle Safety. Flammability of Automotive Materials*, 1971.
- [2] *ISO 3795:1989 Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry*, 1989.
- [3] *MSZ EN 1101:1995/A1:2005 Textiliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítőfüggönyök. Részletes eljárás a függőleges próbadarabok gyúlékonyságának meghatározása (kis lánggal).*, 2005.
- [4] *MSZ EN 13772:2011 Textiliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítő függönyök. A láng terjedési sebességének mérése függőleges helyzetű próbadarabokon nagy gyújtóforrással.*
- [5] *UL 94, the Standard for Safety of Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances testing.*
- [6] *UN ECE Regulation 118*, 2023.
- [7] J. Csurgai, „Behaviour-dependence of Filtering Materials and Nuclear Waste Container Materials on Extreme Climatic Conditions,” in *Effects of Global Climate Change and Improvement of Adaptation Especially in the Public Service Area*, Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2019, pp. 263-292.
- [8] J. Hatch, A. Wardall, J. Jackson, R. McNeilly, J. Kirsh, A. Parker, A. Morgan and C. Duran, "Smolder Behavior and Emissions Byproducts of Aircraft Composite Coupons," *Fire Safety Journal*, 2021.
- [9] M. K. Kulekci, "Magnesium and its alloys applications in Automotive Industry," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 851-865, 2007.
- [10] R. Kuti és G. Zólyomi, „A tüzesetek során képződő füst veszélyei,” *Védelem Tudomány*, pp. 67-76, 2018.
- [11] R. Kuti, *Alkalmazott műszaki mentések és technikák*, Győr: Palatia Kiadó, 2019.
- [12] S. McKenna and T. Hull, "The fire toxicity of polyurethane foams," *Fire Science Reviews*, vol. 3, 2016.
- [13] N. A. Q. M. & A. Unit, "Review of emission factors for incident fires," Environment Agency, Bristol, 2009.

- [14] A. Apagyi, C. Papp és R. Kuti, „Combustion Gas Examination of a Battery Housing in Electrically Driven Heavy Goods Vehicle,” *AARMS - Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 22 (3), pp. 77-90, 2023.
- [15] C. Papp és J. Kersák, „Közúti járművekben keletkezett tüzek okai,” *Hadmérnök*, 18 (2), pp. 109-121, 2023.
- [16] D. Beke, A. Földi és Kuti Rajmund, „A közúti balesetek során bekövetkezett talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata,” *Hadmérnök*, 14 (3), pp. 13-20, 2019.
- [17] V. Szabó, K. Molnár és R. Nagy, „Elektromos járművek tűzbiztonságának vizsgálata,” *VÉDELEM TUDOMÁNY : KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT*, 3 (2), pp. 77-112, 2018.

**WILDFIRE PARTNERS –
AN AMERICAN WAY OF DEFENCE
AGAINST WILDFIRES****WILDFIRE PARTNERS –
AZ ERDŐTŰZ ELLENI VÉDEKEZÉS
EGY AMERIKAI MÓDJA**SOMOGYI Tamás¹**Abstract**

Although wildfire is natural, it jeopardises the human life and buildings. In addition to this, the threat is becoming more serious, since the wild-urban interface is growing and the warm and dry periods becoming longer due to global warming. Surprisingly, in Hungary the issue of wildfire is less studied. Therefore, it is essential to seek the best practice internationally and investigate if they can be adopted. In Colorado, US, property owners are supported by Wildfire Partners, a program that based on the experiences of catastrophic wildfires in the last decades. This study gives an insight into this program, which is unknown in Hungary, and provides some recommendation on how to adopt it.

Keywords

wildfire, Wildfire Partners, critical infrastructure protection

Absztrakt

Az erdőtűz természetesnek mondható jelenség, azonban veszélyes az emberre és építményeire. Ráadásul az erdőtűz fenyegetése egyre jelentősebb, mivel az épített környezetünk és az erdő találkozási felülete növekszik, valamint a globális felmelegedés miatt a szárazabb időszakok gyakoribbá és hosszabbá válnak. Ennek ellenére a tűzvédelmi fejlesztéseket célzó hazai kutatások közül csak kevés tér ki az erdőtűz elleni védekezés lehetőségeire. Kiemelten fontos ezért a nemzetközi jó gyakorlat keresése és azok hazai alkalmazhatóságának kutatása. Az USA-beli Colorado államban az elmúlt évtizedek katasztrófáiból levont tanulságokon alapuló *Wildfire Partners* program támogatja a lakosságot az erdőtűz elleni védekezésben. Tanulmányomban áttekintem ezt, a hazánkban eddig ismeretlen programot, majd javaslatot teszek a hazai adaptációra.

Kulcsszavak

erdőtűz, Wildfire Partners, létfontosságú rendszerelem, kritikus infrastruktúra védelme

¹ somogyi.tamas@phd.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0003-1397-697X | PhD student, Óbuda University Doctoral School of Safety and Security Sciences | doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETÉS

A tűz a kezdetek óta biztosítja számunkra az életben maradást, azonban kétségtelenül veszélyes is. Az emberéletek mellett a tűz veszélyezteti még az építményeinket, köztük a létfontosságú rendszerelemeket [1]. Ezért társadalmunk szempontjából nézve a tűzvédelem jelentősége megkérdőjelezhetetlen. Ennek a feladatnak a kiemelt és kihívásokkal teli volta érzékelhető a vonatkozó jogszabályokban [2], az illetékes szervek összetett és bonyolult feladataiban [3], a tűzvédelmi szakemberek képzésének komplexitásában [4], valamint a tűzvédelem szereplőinek figyelemre méltó múltjában [5]. A több területet is magában foglaló tűzvédelem kiterjed az épített környezetünk védelme mellett a természeti tüzekre is, a természetben ugyanis emberi beavatkozás nélkül is kialakulhat erdőtűz [6]. Ráadásul, az egyébként is pusztító képességű tüzet még veszélyesebbé teszi az urbanizáció és a klímaváltozás [7]. Az előbbi növeli az erdőtűzzel való potenciális találkozási felületet, az utóbbi pedig a száraz és forró időszakokat gyakoribbá és hosszabbá teszi, így összességében növekszik a tűz kialakulásának valószínűsége és hatása [8]. Az erdőtűzekkel ugyanis jellemzően az év csapadékhányos időszakokban kell nagyobb valószínűséggel számolnunk, amelynek során bármely gyújtóforrás rövid ideig tartó behatása vagy bomlási folyamatokból felszabaduló hőhatás is elegendő lehet a tűz keletkezéséhez [9]. Ráadásul, a kiszáradt növényzet kedvez a tűz terjedésének. Következésképpen az erdőtűz elleni védekezés részeként világszerte programok indultak a hivatásos szakemberek és az érintett terület lakosainak az együttműködésével [10], továbbá kutatások folynak az épített környezet rezilienciájának növelésére, amit alátámaszt például [11] és [12].

Kijelenthető, hogy az erdőtűz a klímaváltozás hatására egyre nagyobb kockázatot jelent az emberi életre és az épített környezetünkre, beleértve a mindennapi életünket kiszolgáló, alapvető szolgáltatásokat nyújtó rendszereket is [13]. Mivel a termelésnek sajátossága, hogy kitett a természeti tényezőknek [14], az erdőtűz hatással lehet az élelmezés-biztonságra is. További példaként említhető a vidéki, erdei környezet kiemelkedő szerepét a turizmusban [15], melyet szintén veszélyeztetni képes az erdőtűz. Ráadásul külön ki kell emelni, hogy erdőtűz kialakulását nem csak a klímaváltozás teszi valószínűbbé Európában és hazánkban, hanem a terrorveszély is: az erdőtűzet szándékosan előidézve, azt támadó céllal is felhasználhatják, amire példával szolgál [16] és [17].

Mindez igazolja az erdőtűz elleni védekezés aktualitását és jelentőségét. Kijelenthető, hogy az erdőtűz elleni védekezés kutatása és az ezzel kapcsolatos kezdeményezések bemutatása lényeges, különös tekintettel a létfontosságú rendszerelemek védelme érdekében. Ehhez a témához járul hozzá tanulmányom, melyben az erdőtűz elleni védekezés, valamint az épített környezet ellenállóbbá tételének egy amerikai módját mutatom be a programról nyilvánosan elérhető információk alapján, majd teszek javaslatot annak hazai adaptációjára.

AZ ERDŐTŰZ

A növények megjelenése, majd a légkörben az oxigén 16-17% fölé emelkedése után az erdőtűz is megjelent a Földön, hiszen az előbbi éghető anyagot biztosított, az utóbbi pedig az égéshez szükséges oxigénmennyiség minimumát jelenti. Az erdőtűz jelensége természetesnek tekinthető, ugyanakkor felmerülhet a kérdés, hogy szükséges-e az

erdőtűzzel szembeni emberi fellépés? Az emberi környezetben a tűz kontroll alatt tartása egyértelmű, de mit tegyünk a nem emberi környezetben kialakuló tűzzel? A Bevezető részben említettekkel összhangban kettő dolgot mindenképpen meg kell fontolni a válaszhoz. Az első az élelmiszer-ellátást biztosító mezőgazdaság, mely hatalmas károkat szenvedhet a természetben pusztító tűztől. Másodsorban pedig az egyenes arányosság a népesség és az épített környezetünk, valamint a természeti és az emberi környezet találkozási felülete között: az előbbi növekedésével párhuzamosan növekszik az utóbbi is [18]. Így indokolható az erdőtűzzel szembeni fellépés.

Vajon az erdőtűz valóban veszélyt jelent az emberre és környezetére? Andrew Scott a tűzről szóló összefoglaló munkájában több erdőtűzet is említ, alátámasztandó az erdőtűz veszélyességét és pusztító képességét [8]. Ausztrália egyik legnagyobb katasztrófája a Victoria állambeli erdőtűzek voltak, melyek 173 ember életét követelték 2009-ben. Portugáliában az eukaliptusz- és fenyőerdőkben keletkezett tűz 111 ember életét követelte 2017-ben. Szintén 2017-ben a kaliforniai Los Angeles környékén pusztító erdőtűz a lakókörnyezet egy részét is elpusztította, köztük filmsztárok villáit. Az arizonai Phoenix melletti erdőtűz tizenkilenc tűzoltó életét követelte 2013-ban. Ezek külföldi esetek, és bár igaz ugyan, hogy egy erdőtűz terjedését több tényező is befolyásolja, például a fafajták [19], az egyértelműen kijelenthető, hogy az erdőtűz hazánkban is növekvő veszélyt jelent. A Kárpát-medencét is érintő éghajlatváltozás az erdőtűznek kedvező feltételeket teremt: növekednek a melegebb és szárazabb időszakok [20], [21]. És igazolást nyert, hogy az elmúlt évtizedben az éghajlatváltozással összhangban hazánkban növekedett az erdőtűzesetek száma, az erdőtűz szezonja pedig időben hosszabbá vált [22]. Hazánkban az erdőtűzek átlagos száma mintegy 1300 tüzeset/év. [23].

Lényeges tehát az erdőtűz elleni védelem, beleértve a kockázat-értékelést, a felkészülést, a lakott környezet ellenálló-képességének fokozását és a szükséges jogszabályok és hatósági döntések meghozatalának tudományos támogatását. Ennek ellenére ezen kérdések hazai kutatása kevésnek mondható [24]. Következésképpen kiemelkedő jelentőséggel bír a nemzetközi eredmények áttekintése és hazai adaptációjának elemzése.

A WILDFIRE PARTNERS PROGRAM

A *Wildfire Partners* program honlapja (<https://wildfirepartners.org>) szerint az Amerikai Egyesült Államok Colorado államának Boulder megyéjében az erdőtűzek mindig is természetes jelenségnek számítottak. Az éghajlat melegebbé és szárazabbá válásával azonban a terület kitetté vált az extrém erdőtűzeknek. A lakosság több, mint fele az úgynevezett természet és épített környezet találkozási felületén él, tehát az erdőtűz fenyegetettségében. A 300,000 lakosú megye első erdőtűz okozta katasztrófája 1989-ben történt, mely során a védekezésben részt vevő több, mint 500 tűzoltó sem tudott megmenteni negyvennégy lakóházat és egyéb épületet. Azóta számos további erdőtűz tombolt Boulder megyében, köztük a 2021-es, mely során 30,000 embert telepítettek ki, és több, mint ezer lakóház pusztult el, valamint további nem lakóépületek is a tűz martalékává lettek. Ez a kitelepítés egy kórház is érintett, mely a koronavírus-járvány miatt tele volt kórházi ellátásra szoruló emberrel. Boulder megye lakosai az évtizedek alatt megtanulták többek között azt, hogy erdőtűz egész évben előfordulhat, ráadásul egyre több a fenyegetett, lakos és épület, melyek közül nem menthető meg mindegyik. Ezen körülmények között indult el

az erdőtűz elleni védekezés programja, mely az illetékes szervek és az ingatlanulajdonosok együttműködésére épít. A *Wildfire Partners* program 2013 óta oktatja és támogatja az ingatlanulajdonosokat, hogy felkészüljenek az erdőtűzre. Ahogyan hangsúlyozzák, ez a felkészülés nem jelent garanciát, pusztán a lakók és az épület túlélési esélyeit növeli.

A *Wildfire Partners* programba a helyi ingatlanulajdonosok jelentkezhetnek. A programhoz csatlakozás folyamata a következő. A program szakemberei helyszíni felmérés során elvégzik a kockázatértékelést és javaslatot tesznek az esetleges változtatásokra az ingatlanon. Az elvégzett változtatás után egy újabb helyszíni ellenőrzés következik. Végül pedig az ingatlanulajdonos megkaphatja a tanúsítványt a programhoz csatlakozásról és az ingatlan megfeleléséről.

A körülbelül kettő órás helyszíni felmérés kiterjed az épületekre és a közvetlen környezetükre. Az épületek esetében felméri a tetőt és az ereszt, hiszen ezeknek meg kell gátolniuk a röptűz okozta tűzterjedést. Az erdőtűz elleni sikeres védekezés feltétele, hogy a tető nem lyukas, az ereszcsonna és a tető mentes az éghető anyagoktól, például elszáradt növényi részekről, a tető és az ereszcsonna nem éghető anyagból készült. A tető után az épület falai és nyílászárói következnek, melyeknek szintén meg kell gátolniuk a röptűz általi tűzterjedést úgy, hogy nem éghető anyagból készüljenek. A terasznak is nagy jelentősége van, ugyanis ott nem szabad éghető anyagot tárolni. Az épülethez csatlakozó kerítésnek is nem éghető anyagból kell készülnie. Az épület közvetlen környezetét zónákra osztják fel a program szakemberei, és ezekhez különböző követelményeket határoznak meg (lásd 1. Táblázat). Az első zónában, ami az épülettől 1,5 méter sugarú területet jelenti, nem lehet éghető anyagú burkolat, nem tartalmazhat éghető anyagot, sem növényzetet, ami meggyulladhat. A második zóna az épülettől mérve 1,5 - 10 méter sugarú területet jelenti, és nem tartalmazhat kb. 15 centiméternél magasabb növényt, illetve a zónában található fákat egyesével megvizsgálják és döntenek az esetleges kivágásukról. Ebben a zónában tűzifa nem tárolható. A harmadik zónában, vagyis a 10-30 méter sugarú területen található fákat egyesével megvizsgálják és döntenek az esetleges kivágásukról, a megmaradó fák esetében pedig a talajtól számítva 2-3 méter magasságig minden ágat le kell vágni a fák ellenállóbbá tétele érdekében (a fa életben maradása érdekében ettől többet a koronából nem vághatnak). Az ebben a zónában található bokrok egymástól is és a fáktól is csak megfelelő távolságra maradhatnak meg. Fontos kiemelni, hogy a ház körüli tárolóknak (például kocsibeálló, tűzifatároló) is megfelelő védettséggel kell rendelkezniük, hiszen ezekről a tűz akár tovább is terjedhet. Végül pedig, az esetleges tűzoltásban résztvevő alakulatok tájékozódását segítő, az ingatlan pontos címének jól látható módon való feltüntetése is lényeges eleme a felkészülésnek. Az ajánlás szerint ennek módja a fényvisszaverő tábla, mely több irányból látható vagy több tábla elhelyezése, melyek természetesen nem éghető anyagból készülnek.

Az épületet körülvevő zóna és távolsága az épülettől	A zóna célja
1. zóna, 1,5 méter	A zóna megakadályozza, hogy a lángok elérjék az épületet. Nem éghető, kemény burkolat alkotja.
2. zóna, 1,5 - 10 méter	A zóna az épülethez közelítő tüzet mérsékli és az épületet érő hőhatást csökkenti azáltal, hogy kevés éghető anyagot tartalmaz.
3. zóna, 10 - 30 méter (terepviszonytól függően 30 méternél több is lehet)	Az épület felé közeledő tüzet a talajra irányítja, hogy elkerüljék a veszélyesebb koronatűz kialakulását. Lényeges a megfelelő facsoportosulás kialakítása (faj-, fajta választás, valamint fiatal és idősebb fa egyaránt) és a fák egészségének megőrzése, hiszen az egészségesebb fák ellenállóbbak.

1. Táblázat: A *Wildfire Partners* program az épületek körüli területet ezen táblázat szerinti zónákra osztja - szerzői szerkesztés

Ha az ingatlan tulajdonosa végrehajtja a helyszíni felmérés során tett módosítási javaslatokat, és az újabb helyszíni vizsgálat megfelelőnek találja az ingatlant, akkor erről tanúsítványt kap, illetve táblát helyezhet ki az ingatlanán. Ezt a megfelelőségi tanúsítványt a biztosítótársaságok egy része elfogadja, így az erdőtűz fenyegette terület ingatlantulajdonosai biztosítást köthetnek. Ezzel az ingatlan értéke is növekedhet. Ráadásul, ahogyan a *Wildfire Partners* program hangsúlyozza, az ingatlantulajdonosok a közösségért is felelősséggel tartoznak, a tűz ugyanis átterjedhet a szomszédos épületekre is. Az egymáshoz közeli épületek esetében közös csatlakozási lehetőséget is kínál a program, hiszen az erdőtűzzel szembeni védekezés a szomszédok együttműködését igényli.

Az erdőtűzzel szembeni védekezés részeként a veszélyeztetett ingatlanok tulajdonosai egy esetleges menekülésre is felkészülnek. A program javaslatai alapján a riasztástól számított 30 percen belül kell tudniuk elhagyni az ingatlanjukat. Ennek megtervezéséhez és rendezett végrehajtásához segítségként az alábbi ellenőrzőlistát javasolják a program résztvevőinek:

- családtagok és háziállatok
- legfontosabb iratok
- gyógyszerek és szemüveg
- fényképek és egyéb pótolhatatlan tárgyi emlékek
- laptop, mobiltelefon
- bankkártya, igazolvány és készpénz

Javasolt előre készenlétben tartani egy menekülési táskát, továbbá a családtagokkal előre megállapodni egy evakuációs helyszínben.

A *Wildfire Partners* programnak a felkészítés részeként célja a lakosság tájékoztatása és oktatása is. Ennek érdekében a program szakemberei előadásokat tartanak az erdőtűz elleni védekezésről, illetve tájékoztatást nyújtanak fesztiválokon, különféle

rendezvényeken. Végül érdemes megemlíteni, hogy Colorado állam ösztönzi a lakosság részt vételét a programban: anyagi támogatás és adókedvezmény is igénybe vehető a programon keresztül. Továbbá az eltávolított növényeket és növényi részeket a program résztvevői gyűjtőudvarokon ingyenesen leadhatják, ezáltal elkerülve a növényi hulladék égetését. Hiszen az egyszeri területrendezés mellett az ingatlanon a növények kordában tartása folyamatos feladat, így rendszeresen keletkezik növényi hulladék.

Összefoglalva elmondható, hogy az életet és az épített környezetet extrém mértékben fenyegető erdőtűz elleni védekezés érdekében Colorado államban a *Wildfire Partners* program ösztönzi és támogatja az ingatlantulajdonosokat az evakuáció megtervezésében és az ingatlanok ellenállóbbá tételében. Ennek eredményeként életek menthetőek és az erdőtűz nagyobb valószínűséggel marad az épített környezeten kívül. Ezen amerikai program áttekintése után felmerül a kérdés, hogy a program előnyei alkalmazhatóak-e hazánkban is?

A PROGRAM HAZAI ADAPTÁCIÓJÁNAK LEHETŐSÉGEI

Az amerikai *Wildfire Partners* programot a helyi sajtóságok és veszélyek határozzák meg. Ugyanakkor az itthoni környezetre átdolgozott formában a program hazai bevezetése erősen javasolható. Fentebb már említésre került, hogy a klímaváltozás okozta extrém természeti jelenségek egyértelmű és évről évre növekvő fenyegetést jelentenek, ezért a védelem fokozása - különösen a létfontosságú rendszeremek tekintetében - sürgető [25]. Ezen a ponton ki kell térni arra a kérdésre, hogy a biztonságot növelő intézkedések befogadásra találnak-e? Megállapításra került, hogy a vállalatok, szervezetek zavartalan működését támogató kérdések mára a vállalati stratégia egyik elemévé és a versenyképesség tényezőjévé is váltak [26]. Következésképpen aktuális és jelentőségteljes kutatási téma a természeti csapásokkal szembeni védekezés fokozásának kérdésköre. Egy, az amerikai *Wildfire Partners* program jó gyakorlatként azonosítható elemei átvételével felépített hazai program javasolható az erdős területek és az épített környezet találkozási pontjain, hiszen elsősorban ezen területeken fenyegető az erdőtűz. Tanulmányomban egy ilyen hazai program három potenciális résztvevői körére térek ki részletesebben: a lakó- és mezőgazdasági ingatlanokra, a turizmus ágazat infrastruktúrájára, valamint a létfontosságú rendszeremek infrastruktúrájára.

A lakó- és mezőgazdasági épületek egy része hazánkban az erdő és az épített környezet határán helyezkedik el, azaz erdőtűz által fenyegetett. A lakosság számára az erdőtűz elleni védekezésben segítséget nyújtó szakmai program indítása tehát kiemelten fontosnak mondható. Itt külön hangsúlyt érdemel az amerikai *Wildfire Partners* program jó gyakorlata: az anyagi ösztönzés (adókedvezmény, biztosítási lehetőség) mellett a helyszíni szaktanácsadás és a növényi hulladék leadási lehetősége, mely az ingatlan erdőtűzzel szemben ellenállóbbá tétele során keletkezhet nagy mennyiségben. Külön kiemelendő ezen felül a program „házhoz megy“ részének másik eleme: a fenyegetésben érintett területeken a lakosságot vonzó rendezvényeken a katasztrófavédelmi szervek szakértőinek előadás vagy kiállító stand formájában való megjelenése erősen javasolható, hiszen a lakosság tájékoztatása növelheti az élet- és vagyon megmentésének az esélyét. Ezen felül a szakmai előírások teljesítését láttató táblák bevezetése is előnyökkel járhat: növelheti az ingatlanok értékét és a szomszédok számára megnyugtató lehet, hiszen az épületek közötti tűzterjedés lehetősége miatt a tűzvédelem természetes módon a szomszédos építményekre is hatással

van [27]. Látható tehát a lakosságot célzó erdőtűz elleni védekezést támogató szakmai program jelentősége, mely során alkalmazható a *Wildfire Partners* program jó gyakorlata.

A *Wildfire Partners* program hazai adaptációja során külön figyelem javasolt a turizmus ágazatnak, hiszen annak egy része természetes módon kötődik az erdőhöz, erdős területekhez. Az erdei környezet vonzó azon utazók számára, akik a pihenés és aktív kikapcsolódás lehetőségeit keresik [28], így javasolható az erdőtűzzel szembeni ellenállóvá tétel célzó szakmai program kiterjesztése az erdőhöz kapcsolódó idegenforgalmi létesítményekre, mint például az erdei hotelekre. Ha figyelembe vesszük, hogy hazánkban a turizmus ágazat jelentős és növekszik, érthetővé válik, hogy egyre nagyobb szerepet kap a turizmus és a biztonság kapcsolata [29]. Következésképpen javasolható, hogy az erdőtűzzel szembeni ellenálló képesség fokozását célzó szakmai program vegye figyelembe a turizmus ágazat érintett infrastruktúráját, létesítményeit is.

Az amerikai program magyarországi adaptációjának harmadik potenciális érintett köre a létfontosságú rendszerelemek. A 2012. évi CLXVI. törvény létfontosságú rendszerelemként definiálja az ezen törvényben meghatározott ágazatok valamelyikébe tartozó szolgáltatás, eszköz, létesítmény vagy rendszer olyan elemét, továbbá azok által nyújtott szolgáltatásokat, amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna. Ilyen esemény lehet például egy, az egészségügy szolgáltatásaiban fennakadást okozó erdőtűz. Az egészségügy ágazatának egyes létesítményei (például kórházak, szanatóriumok) az elhelyezkedésük okán erdőtűz által kiemelten fenyegetettek. Ezen épületek erdőtűzzel szembeni ellenálló képességük fokozásának jelentőségét alátámasztja, hogy esetleges kiürítésük bonyolult feladat [30]. Ezért a megelőző védekezés és az ellenálló képesség fokozása rendkívüli jelentőséggel bír a létfontosságú rendszerelemek esetében.

Fentiek alapján elmondható, hogy a *Wildfire Partners* program mintájára erősen javasolható hazai program indítása, különösen a lakó- és mezőgazdasági ingatlanok, a turizmus ágazat infrastruktúrája, valamint a létfontosságú rendszerelemek infrastruktúrája számára. Az amerikai program, mint jó gyakorlat azonban tovább fejleszthető a teljes életciklus szemléletével. Az épületeket és infrastruktúra-elemeket ugyanis azok teljes életciklusában kell szemlélni, míg a *Wildfire Partners* program az elérhető információk alapján csak a már meglévő és használatban lévő építményekre koncentrál. Igazolást nyert, hogy a tűzvédelem hatékonyságát egyértelműen növeli a létesítmény teljes életciklusában való gondolkodás [31]. Következésképpen a hazai programnak az elképzeléstől a megvalósításon és használaton át a bontásig támogatnia kell a program résztvevőit. Így összességében az amerikai *Wildfire Partners* programnál még hatékonyabb védelmet lehetne biztosítani.

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás okozta szárazabb időszakok növelik az erdőtűz veszélyét, a népesség növekedése és az infrastruktúra fejlődése pedig az épített környezet és a természet találkozási felületét. Összességében tehát egyre nagyobb az erdőtűz fenyegetése és esetleges következménye mind a lakosságra, mind pedig a létfontosságú rendszerelemek létesítményi infrastruktúrájára nézve. Aktuális és jelentőségteljes kutatási téma tehát a természeti csapásokkal szembeni védekezés fokozásának kérdésköre. Az erdőtűzzel szembeni

ellenálló-képesség fokozási lehetőségének kérdése felmerült az Amerikai Egyesült Államok Colorado államának Boulder megyéjében is, ahol a természetes jelenségnek számító erdőtüzek a lakosság több, mint felét veszélyeztetik. Az ezen körülmények között született *Wildfire Partners* program a helyi ingatlantulajdonosok számára nyújt támogatást az erdőtüzzel szembeni védekezésben. A program szakemberei helyszíni konzultációt és egyéni kockázatelemzést biztosítanak, valamint az ingatlan értékét növelő tanúsítvány megszerzésének lehetőségét azoknak, akik elvégzik ingatlanjukon a javasolt védelmet erősítő módosításokat. Ezen felül segítséget nyújtanak egy esetleges evakuációra történő felkészülésben is.

A *Wildfire Partners* program bemutatása után annak mintájára egy magyar program bevezetésére tett javaslatot tanulmányom. Egy, a jó gyakorlatként azonosítható elemek átvételével felépített hazai program javasolható az erdős területek és az épített környezet találkozási pontjain. Tanulmányom egy ilyen hazai program három potenciális résztvevői körére tért ki részletesebben: a lakó- és mezőgazdasági ingatlanokra, a turizmus ágazat infrastruktúrájára, valamint a létfontosságú rendszerelemek infrastruktúrájára.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Somogyi T., Nagy R. „Az európai uniós pénzüzetek létesítménybiztonsági gyakorlatának vizsgálata egy tűzvédelmi felmérés tükrében”, *MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY*, 33(1), 2023
- [2] Muhoray Á., Nagy R., „A katasztrófák elleni védelem rendszere a létfontosságú infrastruktúrák biztonságáért”, *Rendészeti Szemle*, 58(4), 2010
- [3] Bérczi L., „A hivatásos és nem hivatásos tűzoltóságok szimbiózisa a jelenkor mentő tűzvédelmében”, *Belügyi Szemle*, 68(8), 2020
- [4] Nagy R.: „Változó tendenciák a tűzvédelem és biztonságtechnikai mérnökképzés integritásában” in *Jubileumi konferencia a biztonságtechnikai mérnökképzés indításának 30. évfordulója alkalmából*, Kiss G., Ed., Budapest,: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2024. ISBN: 978-963-449-329-7
- [5] Berki I., „A hivatásos magyar tűzoltóság 150 éves története”, *Védelem Tudomány*, 6(4), 2021
- [6] Restás Á., „Az erdőtüzek intenzitásának változása a globális klímaváltozás hatására”, in *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*, Földi L., Hegedűs H., Ed., Dialóg Campus, Budapest, 2020. ISBN 978-963-531-188-0
- [7] McNamee, M. et al., „IAFSS agenda 2030 for a fire safe world”, *Fire Safety Journal*, 110, 2019
- [8] Scott, A.C., *Fire*, Oxford University Press, 2020, ISBN 978-0-19-883003-0
- [9] Nagy R., Alexandrov, O., „Légi eszközök alkalmazásának ukrajnai gyakorlata kiterjedt erdőtüzek oltásában”, *Repüléstudományi Közlemények*, (21)4, 2009
- [10] Restás Á. et al., „Examination of the characteristics of combustible biomass and its effect on forest fires”, *POLGÁRI VÉDELMI SZEMLE*, XIV. évfolyam, DAREnet projekt Különszám, 2022.
- [11] Érces G., Vass Gy., Ambrusz J., „Károsító hatásokkal szemben reziliens épületek jellemzői”, in *KONFERENCIAKIADVÁNY, Nemzetközi Tudományos Konferencia a Katasztrófák Csökkentésének Világnapja alkalmából*, Bodnár L., Heizler Gy., Ed.,

- Budapest, Magyarország: Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület, 2022
- [12] Krepuska A., Nagy R., „Study of the technical requirements of functionality retention cable systems”, *VÉDELEM TUDOMÁNY*, 7(2), 2022
- [13] Somogyi T., „Természeti veszélyek és kezelésük a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelmében”, *Védelem Tudomány*, 7(4), 2022
- [14] Rákóczi A., „A 2022-es történelmi aszály margójára”, *Polgári Szemle*, 18(4–6), 2022
- [15] Rác A., „COVIDÉK a koronavírus hatása a vidéki magánszálláshelyek forgalmára”, in *Terepen: tanulmányok az alkalmazott társadalomkutatások tárgyköréből*, Rác A., Ed., Belvedere Meridionale, Szeged, 2023. ISBN 978-615-6060-66-2
- [16] Besenyő J., „Inferno terror. Az erdőtűz előidézése, mint a terrorizmus egyik új formája”, *HADTUDOMÁNY*, 27(1-2), 2017
- [17] Besenyő J., „Az erdőtűz mint a terror egyik új formája”, *BELÜGYI SZEMLE*, 65(6), 2017
- [18] Bányai T., Pántya P., „Településeken kívül eső lakott ingatlanok tűzoltói beavatkozásainak sajátosságai egy konkrét eset elemzésével”, *HADMÉRNÖK*, 15(2), 2020
- [19] Nagy R., „A múlt tűz uralta csatáinak újjászületése”, *HADTUDOMÁNYI SZEMLE* 15(1), 2022
- [20] Lakatos M. et al., „Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép”, *Scientia et Securitas*, 2(2), 2021
- [21] Halász L., Földi L., „New tendencies in global climate change and their effects on the climate of Hungary”, *HADMÉRNÖK*, 14(1), 2019
- [22] Debreceni P., Bodnár L., „Az elmúlt évtized hazai erdőtüzeinek részletes vizsgálata és elemzése”, *POLGÁRI VÉDELMI SZEMLE*, XV. évfolyam, DAREnet projekt különszám, 2023
- [23] Bodnár L., Komjáthy L. „Erdőtűz megelőzési módszerek erdészeti megoldásai”, *HADMÉRNÖK*, 13(2), 2018
- [24] Bodnár L., „Lakott területet érintő erdőtüzek vizsgálata, és a védekezés egyes lehetőségei”, *HADMÉRNÖK*, 15(1), 2020
- [25] Nagy R., „A természeti katasztrófák, mint globális kihívások”, *Védelem Tudomány*, 2(3), 2017
- [26] Saáry R., Csiszárík-Kocsir Á., „A biztonsághoz köthető vállalati felelősségvállalás vizsgálata”, *Polgári Szemle*, 17(4-6), 2021
- [27] Nagy R., „Impact of chimney sweeping on protection of life and property”, in *Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia*, Nagy R., Ed., Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2023
- [28] Rác A., „A magyar lakosság utazási szokásai: 2018. május-2019. június”, in *Terepen: tanulmányok az alkalmazott társadalomkutatások tárgyköréből*, Rác A., Ed., Belvedere Meridionale, Szeged, 2023. ISBN 978-615-6060-66-2
- [29] Gonda T., „Turizmus és reziliencia”, *Turizmus Bulletin*, 22(2), 2022
- [30] Rauscher J., „Evacuation Planning for Hospital Departments - Time Estimation”, in *Proceedings of the 9th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2022*, Salopek Čubrić, I., Čubrić, G., Jambrošić, K., Jurčević Lulić, T., Sumpor, D. Eds., Lecture Notes in Networks and Systems, vol 701. Springer, Cham

- [31] Bérczi L., Somogyi T., „Hatékony és komplex tűzvédelem létfontosságú rendszerek és létesítmények esetében”, *Védelem Tudomány*, 8(3), 2022

FIRE RESISTANCE TEST OF LOADBEARING THERMALLY INSULATED FLAT ROOFS WITH TRAPEZOIDAL STEEL PROFILES: LOADBEARING CAPACITY**TEHERHORDÓ TRAPÉZLEMEZ ALAPSZERKEZETŰ TETŐFÖDÉMEK TŰZÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATA: TEHERHORDÓ KAPACITÁS**KOMLAI Krisztina¹**Abstract**

In Hungary, industrial flat roofs with a surface area of tens of thousands of square meters are built every year. These warm roofs consist of several different layers (trapezoidal steel sheet, vapor barrier foil, thermal insulation, waterproofing sheet). In order to be able to examine and compare the different layers installed in our country along the same technical parameters, it is essential to apply the appropriate technical standards. The author aims to show how the laws, regulations and standards applied in domestic practice have changed in recent years, and to point out the extent to which these amendments affect previous results. She wants to support her conclusions with real examples, and with the help of these she tries to find an answer to the question of whether it is necessary to review the previous results?

Keywords

fire protection, loadbearing capacity, standard, industrial flat roof, trapezoidal steel sheet

Absztrakt

Magyarországon évente több tízezer négyzetméter felületű ipari lapostető kerül kialakításra. Ezek az ún. egyenes rétegrendű szerkezetek több különböző rétegből állnak (trapézlemez, párazáró fólia, hőszigetelés, vízzáró réteg). Ahhoz, hogy a hazánkban beépítésre kerülő eltérő rétegrendeket ugyanazon műszaki paraméterek mentén lehessen vizsgálni és összehasonlítani, elengedhetetlen a megfelelő műszaki szabványok alkalmazása. A szerző célja, hogy bemutassa, hogyan változtak az elmúlt években a hazai gyakorlatban alkalmazott jogszabályok, előírások és szabványok, valamint rámutasson arra, hogy ezek a módosítások mennyiben befolyásolják a korábbi eredményeket. Következtetéseit valós példákkal kívánja alátámasztani, valamint ezek segítségével igyekszik választ találni arra a kérdésre, hogy vajon szükséges-e a korábbi eredmények felülvizsgálata?

Kulcsszavak

tűzvédelem, teherhordó kapacitás, szabvány, ipari lapostető, trapézlemez

¹ komlai.krisztina@stud.uni-nke.hu | ORCID: 0000-0002-2491-9295 | PhD student, University of Public Service Doctoral School of Military Engineering | PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Napjainkban igen elterjedt építési technológia a teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek alkalmazása. Ezek ún. egyenes rétegendű szerkezetek, melyek a következő rétegekből állnak: magasbordás, hidegen hengerelt acél trapézlemez, párazáró fólia, hőszigetelés és tetőszigetelés.

Felhasználásuk főként ipari, kereskedelmi és raktárépületek, illetve csarnokok építésénél jelentős, továbbá katonai hangárok, speciális tárolóépületek építésénél is megjelennek, köszönhetően a könnyű telepíthetőségnek, rövid építési időnek és nem utolsósorban a költséghatékonyságnak. [1-2]

Az utóbbi néhány évben kialakult gazdasági helyzet következtében – korlátozottan hozzáférhető építőanyagok és akadózó szállítási láncok – az építőipar is igen nehéz helyzetbe került. Az eddig könnyen hozzáférhető alapanyagok – mint például az acéllemez [3] vagy kőzetgyapot hőszigetelés – elérhetősége és ára is kedvezőtlen irányban változott. Ennek köszönhetően új gyártók és új termékek jelentek meg a piacon, melyek nem rendelkeztek megfelelő dokumentációval, így nem kerülhettek forgalomba.

SZABÁLYOZÁS

Az épületekkel, építményszerkezetekkel szemben támasztott tűzvédelmi követelményeket a különböző országok jogszabályaikban eltérő szinten rögzítik. Ahhoz, hogy a beépíteni kívánt szerkezeteket ugyanazon műszaki paraméterek mentén tudjuk vizsgálni és összehasonlítani, elengedhetetlen a megfelelő műszaki szabványok alkalmazása.

Jogszabályi környezet

A 305/2011/EU (CPR) rendelet azzal a céllal jött létre, hogy lehetővé tegye a piac működését és az építési termékek szabad mozgását az Európai Unión belül azáltal, hogy egységes szabályokat állapít meg a termékek forgalmazására vonatkozóan. Ezen felül kidolgoz egy, az építési termékek teljesítményének értékelését lehetővé tevő közös műszaki nyelvet. Ez a rendelet teszi lehetővé, hogy az uniós országok biztosítani tudják az építmények biztonságosságát.

A CPR rendelet az építményekre vonatkozóan alapvető követelményeket fogalmaz meg az alábbiakkal kapcsolatban:

- Mechanikai szilárdság és állékonyság;
- Tűzbiztonság;
- Higiénia, egészség és környezetvédelem;
- Biztonságos használat és akadálymentesség;
- Zajvédelem;
- Energiatakarékosság és hővédelem;
- A természeti erőforrások fenntartható használata.

Továbbá meghatározza az építési termékek forgalomba hozatalának feltételeit, teljesítményük értékeléséhez és leírásához szükséges módszereket, valamint a CE- jelölés használatára vonatkozó követelményeket. [4-5]

A 275/2013. (VII.16.) Kormányrendelet alapján, egy építési termék akkor építhető be, ha a termék teljesítményét teljesítménynyilatkozat igazolja. E Kormányrendelet 5.§-a szerint a teljesítménynyilatkozat kiállítható:

- harmonizált európai szabvány (hEN) alapján;
- Európai Műszaki Értékelés (ETA) alapján;
- nem harmonizált európai szabvány, nemzetközi szabvány vagy magyar szabvány alkalmazásával, amelyek alapján a tervezett felhasználás szempontjából lényeges alapvető termékjellemzők, azok vizsgálatának és értékelésének módszerei, valamint a teljesítményállandóság értékelésének és ellenőrzésének a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet V. melléklete szerinti rendszere meghatározható;
- kiadott Nemzeti Műszaki Értékelés (NMÉ) alapján. [6]

Tűzvédelmi tervezés során fontos szempont, hogy a teljesítménynyilatkozatban szereplő teljesítményértékek elégséges ki az adott beépítésre vonatkozó elvárt műszaki teljesítményt. [7] Magyarországon a vonatkozó tagállami követelményeket az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet, azaz az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) tartalmazza. [8]

Az 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról (Ttv.) 3/A.§ (3) bekezdése szerint az OTSZ-ben meghatározott biztonsági szint elérhető

1. tűzvédelmet érintő nemzeti szabvány betartásával;
2. a tűzvédelmi műszaki irányelvekben (TvMI) kidolgozott műszaki megoldások, számítási módszerek alkalmazásával, vagy
3. a tűzvédelmi műszaki irányelvektől vagy a nemzeti szabványtól részben vagy teljesen eltérő megoldással, ha az azonos biztonsági szintet a tervező igazolja. [9]

A fentiek alapján jól látható, hogy egy építési termék esetében számos előírásnak kell teljesülnie ahhoz, hogy jogszerűen és biztonságosan betervezhető, majd beépíthető legyen.

Jasztrab Péter János és Csőke Gergely az alábbiak szerint fogalmazta meg az összefüggéseket:

„Az építetőnek jó tudnia, hogy a szabályozást tekintve, az OTSZ-követelmény és a TvMI-megoldás egymásra épülő kettőse harmonizál az uniós előírások rendszerével is. Egyszerűbben elmondva, a CPR határozza meg, mely építési termékeket alkalmazzuk, az építési szabvány pedig, hogy mit és hogyan vizsgáljunk, az OTSZ, hogy mit kell betartani, a TvMI pedig, hogy milyen mértékű megoldást válasszunk.” [10]

Szabványi háttér

Az 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról 4. §-a alapján:

„A szabvány elismert szervezet által alkotott vagy jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott olyan műszaki (technikai) dokumentum, amely tevékenységre vagy azok eredményére vonatkozik, és olyan általános és ismételt alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a legkedvezőbb.” [11]

A szabványok felhasználási módjuk szempontjából három csoportra oszthatók: termékszabványok, vizsgálati szabványok és alkalmazási szabványok.

A trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek tűzállósági teljesítményét valós léptékű laboratóriumi vizsgálatokkal határozzák meg, melyhez a korábban említett vizsgálati [12-

13] és a hozzájuk tartozó osztályozási [14] szabványokat veszik alapul. Érdeemes figyelemmel kísérni, hogy ezek a szabványok milyen mértékben változtak az elmúlt közel 40 évben. 1986-ban megjelent a VFDB (Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes - a Német Tűzvédelmi Szövetség) egy munkacsoportjának tanulmánya [15], mely szerint ezek a szerkezetek az akkori német DIN szabvány szerint nem minősíthetők. Így a tanulmány megírásához végzett vizsgálatokat még nem a ma használt szabványos tűzhatásgörbe [12, 16] szerint végezték el, viszont jó kiindulási alapot szolgáltatottak a szerkezettel kapcsolatos problémák feltárásához. Fontos megemlíteni, hogy ez a tanulmány még azt feltételezi, hogy a szerkezeten alkalmazott terhelés csak az önsúlyból és a hőteherből adódik össze. Ezzel szemben mára már jóval nagyobbak az elvárások, ha a teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek teherhordó kapacitásáról van szó. Az önsúlyon és a hőterhen felül számolnunk kell az installációs terhekkel (gépészeti és villamos függesztett berendezések, tetőn levő járólapok) [17], illetve a legújabb trendeknek megfelelően az ipari lapostetőkre szerelt napelemekkel. Az Efectis Nederland vizsgáló laboratórium által végzett kutatások [18] azt mutatják, hogy bár a napelemek által okozott tüzek nem túl gyakoriak (5 év alatt 8 tüzeset), a jövőre nézve értékes tanulságokat vonhatunk le a bekövetkezett esetek kapcsán.

A VFDB által kiadott korai tanulmányok után érdemes figyelmet fordítani a jelenleg alkalmazott műszaki szabványokra is. Ahogy az korábban említésre került a tűzállósági teljesítmény meghatározásához vizsgálati és osztályozási szabványokat alkalmaznak. Ezek a szabványok tartalmazzák a vizsgálatokkal kapcsolatos általános alapelveket és a vizsgálati módszert az építményszerkezeti elemek tűzállóságának megállapításához.

Érdekesség, hogy ezek a szabványok sokszor egymásnak is ellentmondanak, így megnehezítve a vizsgáló mérnökök munkáját. A feldolgozott vizsgálati eredményeket áttekintve láthatóvá válik, hogy az elmúlt években bevezetett szabványváltozások mennyiben befolyásolták a szerkezetek tűzállósági osztályba sorolását.

SZABVÁNYOS VIZSGÁLATOK

„A tűzállóság meghatározásának célja, hogy értékelni lehessen az építményszerkezeti elem próbatestének viselkedését meghatározott tűzhatás- és nyomáskörülményeknek való kitettség esetén. A módszer eszközt ad meg egy elem magas hőmérsékletkitétellel szembeni ellenálló képességének mennyiségi meghatározásához. (...) A szerkezet reprezentatív mintáját egy pontosan meghatározott tűzhatásnak teszik ki, és a szabványban leírt kritériumok alapján figyelemmel kísérik a vizsgálati modellt teljesítményét. A vizsgált szerkezet tűzállóságát azzal az időtartammal fejezik ki, amellyel a megfelelő kritériumokat teljesítette.” [12]

A fenti idézet az MSZ EN 1363-1:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények szabvány Bevezetés részéből származik. Jelen szabvány állapítja meg az általános alapelveket a szabványos tűzhatásnak kitett építményszerkezeti elemek tűzállóságának meghatározásához. A kapott vizsgálati eredmények közvetlenül alkalmazhatók más, hasonló kialakítású elemekre. Ennek módját és mértékét a vizsgálati eredmény közvetlen alkalmazási területe határozza meg.

Vizsgálati körülmények

Szabványos, nagykemencés vizsgálatoknál a vizsgálati próbatest szabványos tűzhatásnak van kitéve. Szabványos (cellulóz vagy beltéri) tűzhatás görbe (1. Ábra) szerinti

tűzkitét esetén, a kemencében lévő laphőelemek által jelzett átlaghőmérsékletet úgy kell szabályozni, hogy az kövesse az alábbi egyenletet:

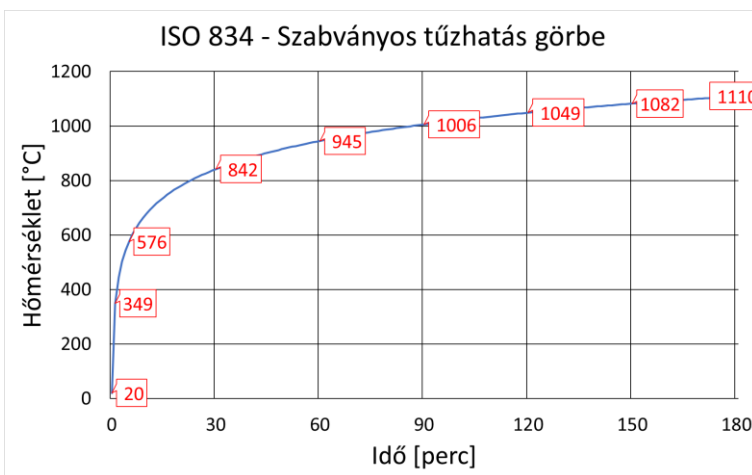
$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

ahol:

T az átlagos kemence-térhőmérséklet Celsius-fokban;

t a vizsgálat megkezdésétől eltelt idő percben. [12]

Fontos megjegyezni, hogy ez a tűzhatás görbe nem veszi figyelembe a belobbanás (lángba borulás vagy Flashover) előtti szakaszt. A logaritmikus függvény szigorúan monoton növekvő, tehát nincs lehülési szakasz sem. [19]



1. Ábra: Szabványos tűzhatás görbe, szerkesztette: Komlai Krisztina

Teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek esetén az MSZ EN 1363-1:2020 szabványt együttesen kell alkalmazni az MSZ EN 1365-2:2015 Teherhordó elemek tűzállósági vizsgálata. 2. rész: Födémek és tetők vizsgálati szabvánnyal.

Ez a szabvány egy olyan módszert ír elő, mellyel meghatározható a teherhordó födémek tűzállósági teljesítménye. Részletesen kitér a vizsgálati modellek méretére, kialakítására, beépítésére, az alkalmazott mérőeszközökre, a vizsgálati eljárásra, vizsgálati jegyzőkönyvre és az eredmények közvetlen alkalmazási területére. A továbbiakban röviden áttekintésre kerül néhány fenti jellemző.

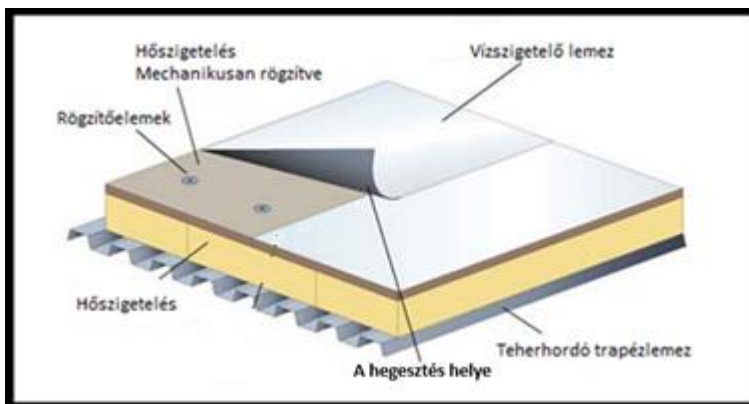
Vizsgálati próbatest kialakítása

Szabvány szerint a vizsgálati próbatestnek teljes méretűnek kell lennie, kivéve, ha az adott méret meghaladja a kemence befogadóképességét. Amennyiben ez az eset áll fenn, úgy az egy irányban teherviselő födém, - amiről esetünkben szó van – kitéti hosszának legalább 4 méternek, míg kitéti szélességének 2 és 3 méter közöttinek kell lennie.

A vizsgálati próbatest felépítésének reprezentálnia kell a valóságban beépítésre kerülő szerkezetet, tartalmaznia kell minden szerkezeti részletet, anyagot és alkotóelemet, beleértve a vízszigetelést is. [13] A próbatest rétegrövidje általában az alábbiak szerint épül fel (a tűztér felé haladva):

- Vízszigetelő lemez (PVC, bitumenes)

- Hőszigetelő réteg (PIR hab tábla, kőzetgyapot tábla stb.)
- Párazáró fólia (PE, bitumenes)
- Teherhordó trapézlemez (eltérő anyagminőség, bevonatrendszer, geometriai kialakítás)



2. ábra: Teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödém rétegrendi felépítése [20], szerkesztette: Komlai Krisztina

Vizsgálat során mért paraméterek: hőmérséklet emelkedés

Teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek esetén a tűzhatásnak nem kitett oldal átlaghőmérsékletét öt hőelemmel kell mérni, melyek közül egyet a modell közepére, és egyet-egyét mindegyik negyedrészt közepére kell helyezni. Az átlagos felületi hőmérséklet-emelkedés a vizsgálat során nem haladhatja meg a 140 K-t, és a hőelemenkénti 180 K-t.

A maximum-hőmérséklet méréshez hőelemeket kell elhelyezni a tűzhatásnak nem kitett oldalon azokon a helyeken, ahol magasabb hőmérsékleti viszonyok várhatók. Jellemzően az illesztések, illetve a rögzítőelemek mellett. A maximális felületi hőmérséklet-emelkedés a vizsgálat során nem haladhatja meg a 180 K-t.

Vizsgálat során mért paraméterek: alakváltozás

Az alakváltozást a vizsgálati próbatest síkjára merőlegesen kell mérni. A teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek esetén a vizsgálati próbatest általában kéttámaszú tartóként kerül kialakításra, mely esetben a két végén megtámasztott próbatesten az alakváltozást a fesztáv közepén kell mérni. Azokban az esetekben, mikor három- vagy többtámaszú tartóként vizsgálják, a mérést azon a helyen kell elvégezni, ahol a legnagyobb alakváltozás várható.

Az alakváltozás mérést általában a vizsgálati próbatest felső felületén kell elvégezni. A réteges felépítésből következően – ahol a párazáró-, hőszigetelő- és vízszigetelő rétegek nem járulnak hozzá a szerkezet teherbíró képességéhez – az alakváltozást a keresztmetszet tervezett nyomott zónájának külső szélén kell mérni, mely a trapézlemez bordájának felső övét jelenti. [13]

Teljesítménykritériumok

- Teherhordó kapacitás (R): Egész percekben kifejezett időtartam, mely alatt a vizsgálati próbatest folyamatosan fenntartja képességét a vizsgálat során alkalmazott vizsgálati teher megtartására.
- Integritási képesség (E): Egész percekben kifejezett időtartam, mely során a vizsgálati modell folyamatosan fenntartja elválasztó funkcióját. A vizsgálat során a modell integritását gyapjú vattalapokkal (meggyulladás), résmérőkkel (behatolás) és a vizsgálati modell szemrevételezésével kell értékelni a tartós lángolás (több mint 10 másodperc időtartamú, folyamatos lángolás) bizonyítására.
- Hőszigetelő képesség (I): Egész percekben kifejezett időtartam, mely során a vizsgálati modell folyamatosan fenntartja elválasztó funkcióját a vizsgálat alatt anélkül, hogy a tűzhatásnak nem kitett felületen mért átlagos felületi hőmérséklet-emelkedés és maximális felületi hőmérséklet-emelkedés meghaladná a 140, illetve a 180 K-t.

A továbbiakban a teljesítménykritériumok közül csak a teherhordó kapacitás kerül tárgyalásra.

SZABVÁNYÖSSZEHASONLÍTÁS

Az egységesítésre, átláthatóságra való törekvés a kereskedelem és a termelés egyik legfontosabb ismérve. A könnyebb érthetőség érdekében törekszünk a mindenki által jól ismert és használt elnevezéseket, meghatározásokat és jellemzőket egy adott területen belül egységesen alkalmazni. Ennek köszönhetően épült ki a szabványosítás egész világra kiterjedő rendszere, mely egyre több területet fed le és folyamatosan fejlődik, bővül. [21]

A teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémekkel kapcsolatban korábban már megállapításra került, hogy vizsgálatukhoz és a vizsgálati eredmények értékeléséhez három szabványt alkalmazunk: MSZ EN 1363-1, MSZ EN 1365-2 és MSZ EN 13501-2 szabványokat. Az alábbiakban ezen szabványok különböző kiadásai kerülnek összehasonlításra a teherhordó kapacitás szempontjából.

Teherhordó kapacitás

A teherhordó kapacitás egy teherhordó elem vizsgálati próbatestének azon képessége, hogy elviseli a vizsgálati terhet anélkül, hogy túllépné mind az alakváltozás mértékére, mind a sebességre vonatkozó előírt kritériumokat. [12]

Az MSZ EN 1363-1:2020 szabvány (jelenleg érvényben lévő) alapján a vizsgálati terhelés okozta tönkremenetelnek az tekinthető, ha

- (i) a mért alakváltozás $\geq 1,5 \times D_{\text{limit}}$

vagy

- (ii) a D_{limit} és a $v_{D,\text{limit}}$ túllépése bekövetkezik.

ahol:

D_{limit} a lehajlási határérték;

$v_{D,\text{limit}}$ a lehajlási sebesség határértéke.

A hajlításra igénybe vett szerkezetekre a fenti határértékeket az alábbiak szerint határozzuk meg:

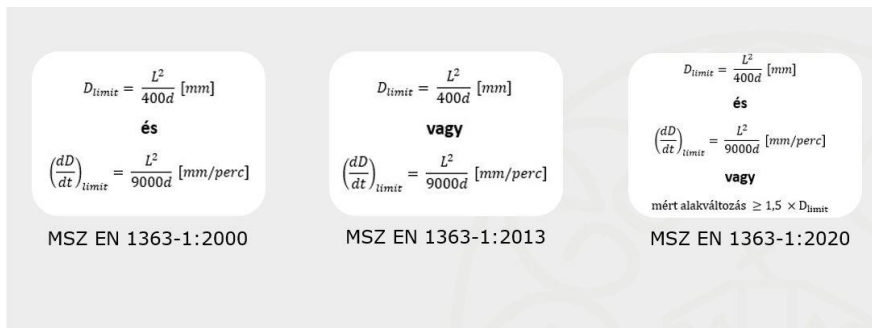
$$D_{\text{limit}} = \frac{L^2}{400d} \text{ [mm]}$$

$$v_{D,limit} = \left(\frac{dD}{dt}\right)_{limit} = \frac{L^2}{9000d} [mm/min]$$

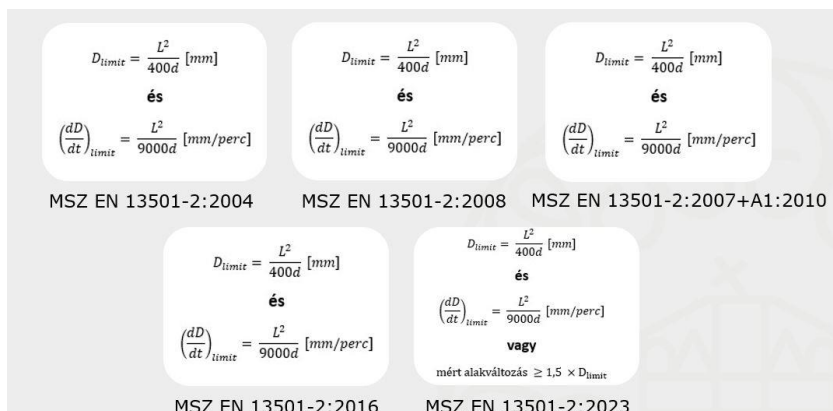
ahol:

- L a vizsgálati próbatest szabad támaszközének hossza, milliméterben;
- d a fődém statikailag figyelembe vett szerkezeti magassága, ez esetben a trapézlemez bordamagassága, milliméterben.

Érdemes megjegyezni, hogy teherhordó trapézlemez esetén az (i) pontban meghatározott tönkremenetel az eddigi vizsgálatok alapján nem releváns. A vizsgált próbatestek tönkremenetele az (ii) pontban vizsgált két határérték együttes teljesülésekor szokott bekövetkezni. A teherhordó kapacitásra vonatkozóan a vizsgálati szabványon kívül az osztályozási szabvány is megfogalmazza a lehajlási határértékre és a lehajlási sebesség határértékére vonatkozó követelményeket és bizonyos esetekben a szabványosítás időigényes folyamatának és ezzel együtt az összetartozó szabványok időben eltoltságának köszönhetően egymásnak ellentmondó követelmények lehetnek egyszerre érvényben. A 3. és 4. Ábrán bemutatásra kerül a D_{limit} és $v_{D,limit}$ közti logikai kapcsolat alakulása a szabványok időbeni változását követve.



3. Ábra: A követelmények közötti logikai kapcsolat az MSZ EN 1363-1 szabvány változásának függvényében [12, 22-23], szerkesztette: Komlai Krisztina



4. Ábra: A követelmények közötti logikai kapcsolat az MSZ EN 13501-2 szabvány változásának függvényében [14, 24-27], szerkesztette: Komlai Krisztina

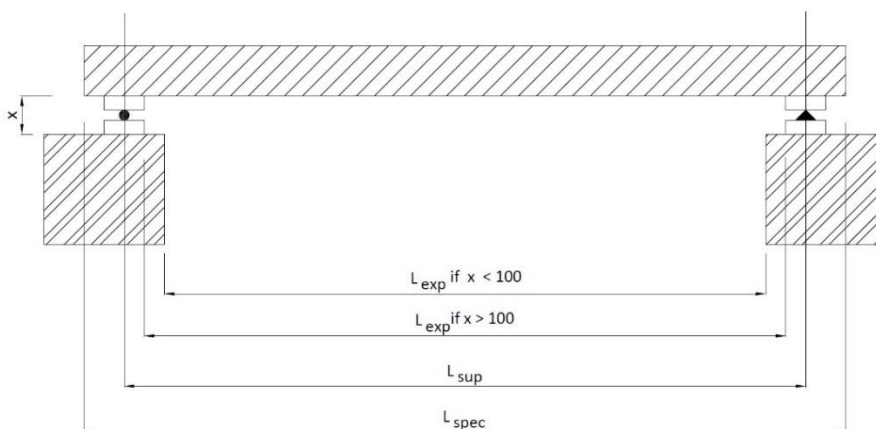
Jól látható, hogy a megvizsgált nyolc szabvány közül egyedül az MSZ EN 1363-1:2013 szabványnál szerepel eltérő logikai kapcsolat. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a vizsgálati jegyzőkönyv nem ugyanazokat az vizsgálati adatokat tartalmazza, mint amit az osztályozási jegyzőkönyv. Ilyen esetekben a tűzállósági teljesítmény (korábban tűzállósági határérték osztály) meghatározása az osztályozási jegyzőkönyvben az osztályozási szabvány alkalmazásával történik, és a vizsgálóintézetek gyakorlata alapján ez a szöveges részben feltüntetésre kerül. Ellenben előfordulhatnak olyan esetek, amikor a vizsgálathoz megbízói kérésre nem készül külön osztályozási jegyzőkönyv, mely esetekben a felhasznált vizsgálati eredményekből levont következtetés eltérő eredményt adhat.

Tovább nehezíti az eligazodást a szabványok között, hogy a szabványok szövegében a Rendelkező hivatkozások pontban kimondják, hogy az évszámmal ellátott hivatkozások esetén csak az idézett kiadás alkalmazható. Ez esetünkben azt jelentené, hogy az MSZ EN 1363-1 szabvány megjelent módoszatai közül az MSZ EN 1365-2:2015 szabványban évszámmal megjelölt EN 1363-1:2012 (MSZ EN 1363-1:2013 – magyarországi bevezetés) verziót kéne figyelembe venni. Tehát hiába jelent meg az MSZ EN 1363-1 szabvány 2020. évi verziója, ebben az esetben ezt figyelmen kívül kellene hagyni és továbbra is két, egymással ellentétes tartalmú szabványt kellene alkalmazni az adatok kiértékelése során.

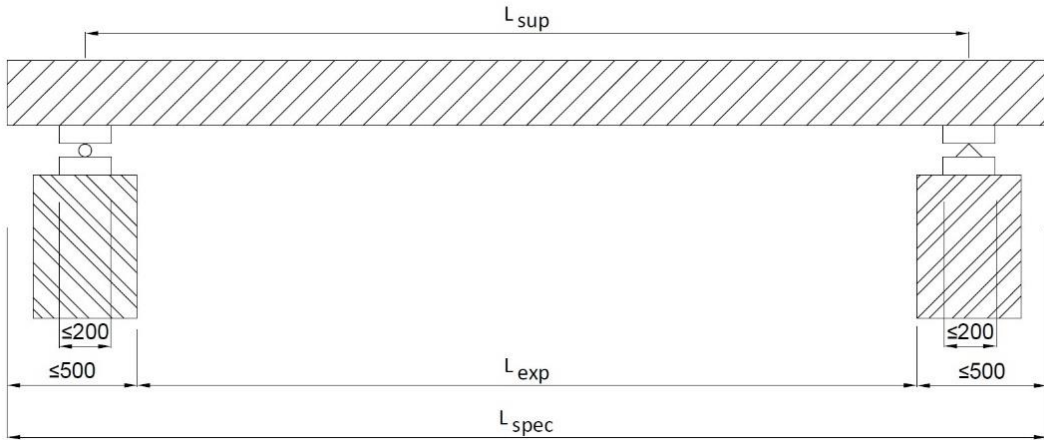
További érdekesség, hogy a releváns szabványok kidolgozásáért felelős CEN/TC 127 „Építmények tűzvédelme” műszaki bizottság 2012. 11. 20-án kiadott bizottsági határozatában kimondja, hogy a bizottsághoz tartozó minden szabványban dátum nélküli hivatkozást kell alkalmazni az EN 1363-1 szabványra. Ezzel szemben ahogy az a korábbi bevezetésben is szerepel, szintén ehhez a bizottsághoz tartozó 2015-ben megjelent vizsgálati szabvány évszámmal megjelölt hivatkozást tartalmaz.

Vizsgálati próbatest kialakítása

Ahogy az a Szabványos vizsgálatok részben már tárgyalásra került, a vizsgálati próbatest általában kéttámaszú tartóként alakítják ki. A próbatest kialakítására, illetve a kitéti hossz és fesztáv meghatározására vonatkozóan az MSZ EN 1365-2 szabvány ad útmutatást.



5. Ábra: A vizsgálati próbatest hosszszelvénye az MSZ EN 1365-2:2000 szabvány alapján, szerkesztette: Komlai Krisztina



6. Ábra: A vizsgálati próbatest hosszmeteszete az MSZ EN 1365-2:2015 szabvány alapján, szerkesztette: Komlai Krisztina

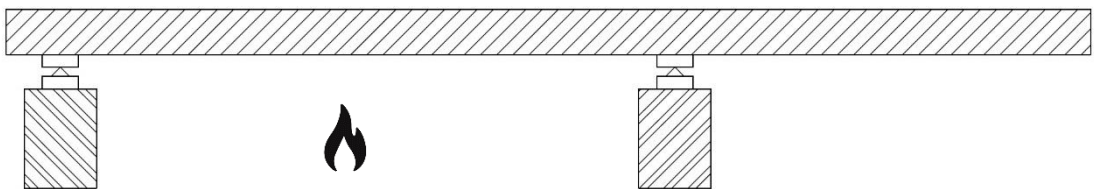
Az 5. és 6. Ábrán szereplő jelölések az alábbiak:

- L_{exp} A vizsgálati próbatest hőhatásnak kitett hossza, milliméterben;
- L_{sup} A vizsgálati próbatest hossza a megtámasztási középpontok között, milliméterben (ez megfelel az MSZ EN 1363-1 szerinti „L” jelölésnek);
- L_{spec} A vizsgálati próbatest hossza, milliméterben.

A 6. Ábrán látható, hogy a vizsgálati próbatest teljes hossza nem haladhatja meg a hőhatásnak kitett hossz + 1000 mm méretet. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy 3000×4000 mm (szélesség \times hosszúság) nyílásméretű kemencénél a megengedett hossz maximum 5000 mm lehet.

Ezzel szemben az 5. Ábra nem tartalmaz egyértelmű méretjelöléseket, bár az ábra alatti magyarázószöveg már meghatározza, hogy próbatest hossza nem haladhatja meg a hőhatásnak kitett hossz + 400 mm méretet.

Láthatjuk tehát, hogy az MSZ EN 1365-2:2000 szabvány is tartalmazza a megengedett mintahosszra vonatkozó előírást, ennek ellenére a korábbi években elterjedt európai gyakorlat volt – melyet ma már az EGOLF (European Group of Organisations for Fire Testing, Inspection and Certification – Tűzvédelmi Vizsgáló, Ellenőrző és Tanúsító Szervezetek Európai Csoportja) ajánlását követve az EGOLF tagok nem fogadnak el – a vizsgálati próbatestek konzolos kialakítása.



7. Ábra: Konzolosan kialakított vizsgálati próbatest, szerkesztette: Komlai Krisztina

A 7. ábrán látható konzolos kialakítás további problémákat vet fel. Amellett, hogy a vizsgálati próbatest hossza meghaladja a szabványok által megengedett hosszt, jól látható, hogy bár az egyenletesen megoszló terhelés a tűznek nem kitett oldal teljes felületén eloszlik, addig a próbatestnek csak nagyjából 2/3-a van kitéve tűzhatásnak, mely eltérő hőmérsékleti értékeket és viselkedést eredményez a tűznek kitett és a tűznek nem kitett szakaszon.

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A valós léptékű vizsgálati próbatestek kialakítása, beépítése és vizsgálata akkreditált vizsgálólaboratóriumban történt. A megbízó által épített teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek a vízszintes, úgynevezett födémvizsgáló kemence tűztérnyílása fölé kerültek beépítésre és szabványos vizsgálati tűzhatásnak lettek kitéve. A vizsgálat megkezdése előtt az MSZ EN 1365-2 szabvány előírásainak megfelelően a vizsgálati próbatest tűzmentett oldalának felületére Ni-CrNi hőelemek kerültek elhelyezésre. A szerkezet alakváltozását (lehajlását) a támaszok közötti mező közepén elhelyezett mini, köteles útdadó mérte. A vizsgálati próbatestek megtámasztási középpontok közötti hossza 4300 - 4450 mm között volt, statikai modelljük kéttámaszú tartóként lett kialakítva, mindkét támasznál merev (csuklós) kapcsolattal. A teherhordó szerepet betöltő trapézlemez bordamagassága (a födém statikailag figyelembe vehető szerkezeti magassága) 153 mm volt.

Vizsgálati eredmények összehasonlítása

Az összehasonlítás alapját az MSZ EN 1363-1:2013 és MSZ EN 1363-1:2020 szabványok alkotják. A kiértékeléshez és összehasonlításhoz összesen 12 vizsgálati eredményei kerültek mindkét szabvány követelményei szerint kiértékelésre, melyek közül 3 vizsgálatnál nem befolyásolta az eredményt a kiértékelés módja, 2 vizsgálatnál a jelenleg érvényes szabvány szerint jobb eredmény született volna, ha a szerkezet nem veszti el integritását (tartós lángolás lépett fel) a vizsgálat közben, 7 vizsgálat esetében pedig magasabb tűzállósági teljesítményt ért el a szerkezet a vizsgálat során az MSZ EN 1363-1:2020 szabvány szerint.

A kiértékelés eredményei közül szemléltetésképp az 1. Táblázat tartalmaz néhány példát.

Minta	Kritérium	Eredmény MSZ EN 1363-1:2013	Eredmény MSZ EN 1363-1:2020	Tűzállósági teljesítmény MSZ EN 1363-1:2013	Tűzállósági teljesítmény MSZ EN 1363-1:2020
1.	Lehajlás mértéke	15	15	R(EI) 15	R(EI) 15
	Lehajlás sebessége	20	3		
	Mért lehajlás $\geq 1,5 \times D_{\text{limit}}$	-	20		
2.	Lehajlás mértéke	27	27	-	R(EI) 20
	Lehajlás sebessége	11	11		
	Mért lehajlás $\geq 1,5 \times D_{\text{limit}}$	-	30		

3.	Lehajlás mértéke	16	16	-	R(EI) 15
	Lehajlás sebessége	11	3		
	Mért lehajlás $\geq 1,5 \times D_{\text{limit}}$	-	20		
4.	Lehajlás mértéke	31	31	-	R(EI) 30
	Lehajlás sebessége	13	13		
	Mért lehajlás $\geq 1,5 \times D_{\text{limit}}$	-	32		

1. Táblázat: Vizsgálati eredmények összefoglalása teherhordó kapacitás (R) szempontjából, az Eredmény oszlopban szereplő mennyiségek percben értendők, szerkesztette: Komlai Krisztina

Az eredmények kiértékelése során az MSZ EN 1363-1:2013 szabvány értelmében a lehajlási sebesség kritériumát a vizsgálat első 10 percében nem kell figyelembe venni. Az MSZ EN 1363-1:2020 szabvány ezt a kikötést nem tartalmazza.

A szabványos kéttámaszú tartóként és szabványtól eltérő konzolos tartóként vizsgált próbatestek vizsgálati eredményeinek összehasonlítása jelenleg is zajlik. Az előzetes eredmények alapján megállapítható, hogy utóbbi esetben kedvezőbb eredmények kaphatók a vizsgálat során.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az előbbieken bemutatott szabványok és előírások alapján megállapítható, hogy egy szerkezet tűzállósági kritériumának meghatározása közel sem egyszerű feladat. Fontos, hogy a vizsgálati adatokat kiértékelő mérnök behatóan ismerje az általa használt szabványokat és a hozzájuk tartozó egyéb dokumentumokat, legyen szó egy EGOLF ajánlásról, vagy a CEN/TC 127 „Építmények tűzvédelme” műszaki bizottság határozatairól. Amennyiben mégis kérdése merülne fel az értelmezéssel, kiértékeléssel kapcsolatban, úgy érdemes az EGOLF által biztosított felületen (Helpdesk) felvennie a kapcsolatot más vizsgálóintézetben dolgozó kollégákkal.

A cikkben tárgyalt szabványok összehasonlításával képet kaptunk arról, hogy mennyiben befolyásolhatja az eredményt a követelmények közti logikai kapcsolat változása vagy a vizsgálati próbatest kialakítása. Ez a felismerés előre vetítheti a jelenleg érvényben lévő dokumentumok felülvizsgálatának szükségességét, mert bár az osztályozási jegyzőkönyvek minden esetben tartalmazzák, hogy az osztályba sorolás érvényét veszti, ha a felhasznált vizsgálati módszerek és szabványok megváltoznak, ennek ellenőrzése a megbízó és nem a vizsgáló laboratórium felelősségi körébe tartozik.

ÖSSZEGZÉS

A teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémekkel, mint teherhordó építményszerkezetekkel szemben a hazai jogalkotó tűzvédelmi követelményeket támaszt. Ahhoz, hogy ezeknek a követelményeknek történő megfelelést a gyártók igazolni tudják, tűzvédelmi vizsgáló laboratóriumokban végzett vizsgálatok szükségesek.

Az elmúlt évek tapasztalatai alapján a fenti szerkezetekkel végzett vizsgálatok száma ugrásszerűen nőtt, köszönhetően az újabb és újabb nagy alapterülettel rendelkező ipari csarnokok létesítésének, illetve a piac átrendeződését követően a Magyarországon megjelenő, újonnan bevezetett és megfelelő dokumentumokkal még nem rendelkező trapézlemezeknek.

A tervezők magas elvárásokat támasztanak ezekkel a teherhordó elemekkel szemben, az installációs terhek a napelemek megjelenésével egyre inkább nőnek. Ezzel együtt a szabványi változások és a korábbi rossz gyakorlat kivezetésének következtében a korábbi minősítések visszavonása vagy felülvizsgálata válhat szükségessé, melynek egyik következménye lehet a tűzállósági teljesítmény változása.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

Irodalom

- [1] B. Kulcsár, "Acél trapézlemez tetőfödémek viselkedése tűzhatásra, alkalmazás és igazolás," *Hadmérnök*, vol. 8, no. 2, pp. 227-243, 2013.
- [3] Á. Földiné Kovács, "Az acélipar kihívásai," *Acélszerkezetek*, vol. 19, no. 2, pp. 2-9, 2022.
- [5] M. Lestyán and J. Mészáros, *Tűzvédelmi és építőipari minősítések tananyag*, 2019.
- [7] Á. Z. Mohai and B. Elek, "Tűzvédelmi mérnöki kihívások," in *Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia Tanulmánykötet*, Budapest, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2023, pp. 46-61.
- [10] P. J. Jasztrab and G. Csöke, "Építőipari kivitelezések tűzvédelmi szabályozásának vizsgálata," *Műszaki Katonai Közlöny*, vol. 30, no. 1, pp. 41-61, 2020, doi: 10.32562/mkk.2020.1.3.
- [15] sz. n., "Fire Safety in Thermally Insulated Flat Roofs with Trapezoidal Steel Profiles Part I: Final Report Compiled by the Working Group concerned with roofs in the West German Fire Protection Association (VFDB)," *Fire Safety Journal*, vol. 10, pp. 139-147, 1986.
- [16] A. Ariyanayagam and M. Mahendran, "Fire safety of buildings based on realistic fire time-temperature curves," in *Proceedings of the 19th International CIB World Building Congress, Brisbane 2013: Construction and Society*, Australia, Queensland University of Technology, 2013, pp. 1-13.
- [17] V. Sas, "Teherhordó trapézlemez tetőfödémek tűzállósága," 2017. [Online]. Elérhető: https://vaz-ep.hu/images/szakkikkek/Teherhordó_trapézlemez_tetőfödémek_tűzállósága.pdf (Hozzáférés: 2022. 09. 27.)
- [19] M. Hajpál, *A vasbeton és acél teherhordó szerkezetek járulékos laboratóriumi tűzállósági vizsgálatainak bemutatása*, ÉMI Nonprofit Kft., 2012.

Online források

- [2] "Megbízható tető - biztos tűzvédelem," [Online]. Elérhető: <https://www.bau-der.hu/hu/laposteto/ipari-lapostetok.html>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.)

- [6] “Műszaki értékelések kiadása,” [Online]. Elérhető: http://www.emi.hu/EMI/web.nsf/Pub/nme_eta.html. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).
- [18] R. de Feijter, “What we can learn from fires on industrial flat roofs with solar panels,” 2022. [Online]. Elérhető: <https://efectis.com/en/what-we-can-learn-from-fires-on-industrial-flat-roofs-with-solar-panels/>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).
- [20] Ábra, <https://stormdamagerepairmn.files.wordpress.com/2011/01/tpo-roof-system.jpg>. (Hozzáférés: 2023. 04. 15.).
- [21] “A szabványosítás története,” [Online]. Elérhető: <https://www.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas>. (Hozzáférés: 2023. 12. 29.).

Jogszabályok

- [4] Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről EGT-vonatkozású szöveg, 2011. [Online]. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/LSU/?uri=celex%3A32011R0305>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).
- [8] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet, [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).
- [9] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról, [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600031.tv>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).
- [11] 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról, [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99500028.tv>. (Hozzáférés: 2023. 12. 28.).

Szabványok

- [12] MSZ EN 1363-1:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények., 2020.
- [13] MSZ EN 1365-2:2015 Teherhordó elemek tűzállósági vizsgálata. 2. rész: Födémek és tetők, 2015.
- [14] MSZ EN 13501-2:2023 Építési termékek és építményszerkezetek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás a tűzállósági és/vagy füstzárési vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, a szellőztetőrendszerek kivételével, 2023.
- [22] MSZ EN 1363-1:2000 Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények, 2000.
- [23] MSZ EN 1363-1:2013 Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények, 2013.
- [24] MSZ EN 13501-2:2004 Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás - a szellőzési rendszerek kivételével - a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, 2004.
- [25] MSZ EN 13501-2:2008 Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás – a szellőzési rendszerek kivételével – a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, 2008.
- [26] MSZ EN 13501-2:2007+A1:2010 Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás – a szellőzési rendszerek kivételével – a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, 2010.

- [27] MSZ EN 13501-2:2016 Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, a szellőzőrendszerek kivételével, 2016.

POSSIBLE EFFECTS OF FIRE EXTINGUISHER POWDERS TO THE MOBILITY OF HEAVY METALS IN SOILS**TŰZOLTÓPOROK LEHETSÉGES HATÁSAI A TALAJOKBAN TALÁLHATÓ NEHÉZFÉMSZENNYEZŐK MOBILITÁSÁRA**STADLER Tamás¹**Abstract**

Fire extinguisher powders are common extinguishing agents that can be used for ABC types of fires. The main component of these powders is sodium-hydrogen-carbonate, which can be decomposed by heat to carbon-dioxide and water, as these compounds are useful for extinguishing the fire. Therefore the sodium-hydrogen carbonate can dissolve in water quite well and produce a slightly alkaline pH solution. This solution should affect the cation adsorption in the interlaminar spaces of phyllosilicate clay minerals. The carbonate anion from the extinguisher powder can react with free heavy metal ions, such as Pb^{2+} , Cd^{2+} , and create new, stable phases, like cerussite and otavite. The higher-grade adsorption and the stable mineral phases possibly reduce the mobility of heavy metals in soils, which means an environmentally safer state.

Keywords

extinguisher powder, soil, heavy metals, adsorption, mobility, environment

Absztrakt

A tűzoltóporok a tűzoltási gyakorlatban széleskörben alkalmazott tűzoltóanyagok, amelyek ABC típusú tüzeknél használhatók. E tűzoltóporok zöme nátrium-hidrogén-karbonátot tartalmaz, amelynek a hőbomlásával szén-dioxid és vízgőz szabadul fel ezzel elősegítve a tűz eloltását. Ugyanakkor a szódabikarbóna egy vízben közepesen-jól oldódó vegyület, amely vizes közegben enyhén bázisos kémhatású. E tulajdonságok alapján feltételezhető, hogy a szabad téren, nehézfémekkel szennyezett ipari közegben a szódabikarbónás tűzoltópor használata elősegítheti a szabad nehézfém ionok (pl. Pb^{2+} , Cd^{2+}) megkötését az agyagásványok felületén. A karbonát komplex anion vegyületet képez az egyes nehézfém-kationokkal és így alacsony oldhatóságú fázisok jönnek létre. Az adszorbeált nehézfém-ionok és a stabilis karbonátfázisok alkalmasak lehetnek arra, hogy egy nehézfém-szennyezést lokálisan immobilizáljanak, ezzel a környezeti terhelést csökkentve.

Kulcsszavak

tűzoltópor, talaj, nehézfém, adszorpció, mobilitás, környezet

¹ stadlert@nszkk.gov.hu | ORCID: 0009-0003-8564-594X | PhD student, Doctoral School of Military Engineering, University of Public Service | PhD hallgató, Nemzeti Közszoigálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola

BEVEZETŐ

A természeti és épített környezet védelme a XXI. század modern társadalmának egyik alapvető célkitűzése. Az egyes műszaki eszközök és technológiai anyagok fejlesztésénél szintén elérendő cél a környezet- és egészségvédelmi követelményeknek való megfelelés, amely alól nem kivételek a tűzoltási és egyéb kárelhárítási tevékenység során felhasznált anyagok sem. E törekvésnek különös hangsúlyt adnak a közelmúltban történt, tűzoltóanyagokkal, például halogénezett (elsősorban fluorozott) szerves vegyületekkel kapcsolatos környezetvédelmi incidensek is [1], [2].

A tűzoltóanyagok között előkelő helyet elfoglaló tűzoltóporok olyan, főleg szervetlen komponensekből állnak, amelyek környezet- és egészségvédelmi szempontokból tulajdonképpen biztonságosnak tekinthetők. A vonatkozó szakirodalom áttekintésével, valamint elméleti megfontolásokkal ugyanakkor szeretném bemutatni, hogy a tűzoltóporok kültéri alkalmazása mégis képes lehet a talajokban változást előidézni, elsősorban a rétegszilikát-ásványok rétegek közötti terében és rácsszerű pozícióiban elhelyezkedő nehézfém-ionok adszorpciójának befolyásolásával, valamint újonnan létrejövő fémvegyületek létrehozásával. E tulajdonságok együttesen befolyásolhatják egy kárhelyen található fémszennyezés viselkedését és mobilitását. Utóbbi érdeemben képes befolyásolni a szennyezőanyag transzportját és a különböző élő szervezetek általi felvehetőségét. E tulajdonságok különösen előnyösek lehetnek fémtüzek, ipari létesítmények káreseményeinél, ezért vizsgálatuknak gyakorlati alkalmazhatósága is felmerülhet, ha a talaj mélyebb rétegeibe is bejuttatható a tűzoltópor vizes oldata.

A TŰZOLTÓPOROK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

A tűzoltóporok jól kezelhető, hatékony, száraz oltóanyagok, amelyek szilárd-, folyadék-, valamint gáz (ABC) tüzek oltásához egyaránt felhasználhatók. Szállításuk és tárolásuk egyszerű, akár évekig is eltarthatók. Alkalmazhatók kézi porral oltó készülékekről kis mennyiségben, ugyanakkor önálló szerként, tehergépjárműre is telepíthető porral oltó felépítmény.

A tűzoltóporok oltóhatása a – későbbiekben részletesen ismertetésre kerülő – komponensek hőbomlása során felszabaduló vízgőzhez és szén-dioxidhoz, valamint a tűzre jutott anyag fojtó- és hűtő hatásához köthető [3].

A tűzoltóporok szemcsemérete a 20-80 μm tartományban helyezkedik el, az átlagos szemcseméret jellemzően 40 μm körül található [4]. E szemcseméret-tartomány már hatékony tűzoltó tulajdonságú, azonban egyes kísérletek szerint a még finomabbá őrölt, mindössze 5-30 μm átmérőjű szemcsék hőbomlása alacsonyabb hőmérsékleten történik meg, még több vízgőzt és szén-dioxidot bocsájtva az égő anyagra [5].

A TŰZOLTÓPOROK ÖSSZETÉTELE ÉS OLDHATÓSÁGA VIZES KÖZEGBEN

A tűzoltóporok összetételének meghatározásánál a fő szempont a minél hatékonyabb oltóhatás kifejtése, azonban nagy súllyal szerepel a csöveken való szállíthatóság és a környezetre (emberi egészségre) való ártalmatlanság igénye is. E faktorok ismeretében az 1. számú táblázatban ismertetett összetételű tűzoltóporok kerültek kifejlesztésre, illetőleg vannak használatban a tűzoltási gyakorlatban.

Érdeemes megjegyezni, hogy a táblázatban nem megtalálható, széleskörben használt Monnex tűzoltópor egyik fő komponense szerves vegyület (kálium allofanát) [6], amely a tanulmány további részében ismertetett fizikai-kémiai folyamatokban feltehetően nem vesz részt, ezért ismertetése jelen cikk látókörén túl helyezkedik el.

Oltópor fajtája	Összetevők	Összetevők	Összetevő vízdoldhatósága	pH
Hagyományos oltópor	Nátrium-hidrogén-karbonát	97%	100 g/l (25°C) [7]	8-9 [7]
	Kovaföld	3%	Vízben nem oldódik [8]	–
Lángoltó por	Nátrium-hidrogén-karbonát	98%	100 g/l (25°C) [7]	8-9 [7]
	Magnézium-sztearát	2%	Vízben nem oldódik [9]	
Parázsoló por	Ammónium-hidrogén-foszfát	60%	695 g/l (25°C) [10]	8 [10]
	Ammónium-szulfát	22%	764 g/l (25°C) [11]	5,5 [11]
	Bárium-szulfát	15%	0,0031 g/l (20°C) [12]	7 [12]
	Magnézium-sztearát	3%	Vízben nem oldódik [9]	–

1. Táblázat: a leggyakrabban alkalmazott tűzoltópor-típusok és összetételük, Restás 2014 szerint. [4]. A vízdoldhatósági és kémhatás adatok a PubChem adatbázisból származnak.

Az 1. Táblázatban szereplő oltóporok fő tömegét a nátrium-hidrogén-karbonát (más néven szódabikarbóna), valamint az ammónium-hidrogén-foszfát vegyületek adják. Mindkét vegyület kimeríti a tűzoltással kapcsolatos alapvető követelményeket, ugyanakkor vízben jól, illetve kiválóan oldódó anyagokról van szó. A levegőben lévő nedvesség már elég vizet biztosít az aggregátumok képződéséhez (és ezzel a por csövezetéken történő továbbításának akadályozásához), ezért a porszemcséket hidrofobizáló anyaggal – például magnézium-sztearáttal – vonják be [13].

A hidrofobizálás azonban mindössze a levegő nedvességtartalmával szemben képes hatékony védelmet biztosítani [4], nagyobb mennyiségű víz (például csapadék) hatására a fő komponensek oldatot képezhetnek. Semleges kémhatásúnak tekintett vízben a szódabi-

karbóna és az ammónium-hidrogén-foszfát egyaránt 8-9, tehát enyhén bázisos irányba mozdítja el a pH-t. A pH megváltozását természetesen befolyásolhatja a víz iniciális kémhatása (például a felvett szén-dioxidtól enyhén savas csapadékvízé), illetve – kültéri viszonyok esetén – a kárhely talajának összetétele is.

A NEHÉZFÉM-SZENNYEZŐK ADSZORPCIÓJA TALAJALKOTÓ AGYAGÁSVÁNYOKON

A nehézfémek (más néven potenciálisan toxikus elemek – PTE) kifejezés alatt általában olyan átmeneti- és félfémeket értünk, amelyek rendszáma $Z > 20$ és sűrűségük $\rho > 5 \text{ g/cm}^3$. A szakirodalom elsősorban 11 toxikus elemet sorol a nehézfémek közé, amelyek az arzén (As), kadmium (Cd), króm (Cr), kobalt (Co), réz (Cu), higany (Hg), ólom (Pb), mangán (Mn), nikkel (Ni), szelén (Se) és cink (Zn). Ugyanakkor környezeti szempontból jelentős hatású az antimon (Sb), bárium (Ba), arany (Au), molibdén (Mo), ezüst (Ag), tallium (Tl), ón (Sn), volfrám (W), urán (U) és vanádium (V) is [14].

A nehézfémek természetes módon, például érces területeken [15][16], leggyakrabban azonban antropogén közreműködés eredményeként halmozódhatnak fel az egyes környezeti elemekben [17]–[21].

A talaj a nehézfém-szennyezéseknek leginkább kitett környezeti elemek közé tartozik, az élelmezésben betöltött kulcsszerepének ellenére. Definíciója szerint a „talaj a Föld legkülső szilárd burka, mely a növények termőhelyéül szolgál. Alapvető tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képesség, hogy kellő időben és a szükségelt mennyiségben képes ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal” [22]. A talaj komplexitását az összetétele adja: három fázisú rendszer, ahol a talajgázok és a talajnedvesség/talajvíz mellett ásványos komponensek és élő/holt szerves anyag is jelen van [23]. Az egyes nehézfémek megkötéséért a talajban található holt szerves anyag (azaz a humusz), valamint a rétegszilikát agyagásványok felelősek [24]. Az előbb említett alkotók közül továbbiakban a rétegszilikát-ásványokra (agyagásványokra) kívánok fókuszálni.

A rétegszilikátok szerkezetében az egyik rétegtípust SiO_4 tetraéderek (tetraéderes réteg, T) alkotják, míg a másikat magnézium vagy alumínium kationnal rendelkező oktaéderek (brucit/gibbsit réteg, O). E rétegek változásából TO, TOT, illetve TOTO struktúrák jönnek létre. A rétegszilikátok további fontos tulajdonsága a szubsztitúció: a tetraéderes pozícióban található Si^{4+} iont Al^{3+} helyettesítheti és az oktaéderes rétegben található $3+$ vegyértékű kationok helyett is beléphet $2+$ vegyértékű. A töltések egyensúlyának megváltozása egyrészt a tetraéderes és oktaéderes rétegek váltakozásával igyekszik kiegyenlítődni, másrészt az ásvány szerkezetébe (elsősorban a rétegeközi térbe) különböző töltés kiegyenlítő kationok kötődnek be. Utóbbi elsősorban a rétegszilikát agyagásványokra jellemző tulajdonság [22], [25].

Bár az agyagásványokban létre jövő negatív töltésfelesleg lehetővé teszi a pozitív töltésű nehézfém-ionok megkötését, a folyamat pH függő is: több kutatás is kimutatta, hogy bázisos kémhatású közegben a nehézfémek adszorpciója hatékonyabban végbemegy, mint savas környezet esetén [24], [26], [27].

Fontos megemlíteni, hogy a különböző agyagásványok eltérő kationmegkötő képességgel rendelkeznek: a TOT szerkezetű vermikulit vagy a szmektit ásványok (például montmorillonit, szaponit), jellemzően sokkal több pozitív töltésű iont tudnak megkötni, mint a TO szerkezetű kandit csoport (pl. kaolinit, nakrit, dickit) ásványai [28].

TÚZOLTÓPOROK LEHETSÉGES INTERAKCIÓJA A SZERVETLEN TALAJALKOTÓKKAL

Környezetvédelmi szempontból – ahol cél a talajban vagy felszín alatti vízben lévő szennyezőanyag eltávolítása vagy mobilizációjának megakadályozása, illetőleg az expozíciós útvonal megszakítása – tehát egy talajban lévő nehézfém-szennyezés esetén kitüntetett szerepe van a kémhatásnak és az agyagásványos összetételnek. Mivel az egyes talajok ásványos összetétele természetszerűen adottnak tekinthető, a szorpciós folyamatot a talaj (és a talajban lévő fluidum) pH-ja szabályozza. Gyakorlati szempont szerint nézve tehát: amennyiben az adott talaj enyhén savas vagy semleges kémhatású, úgy a pH-t megemelve lehetőség van a fémionok hatékony megkötésére az agyagásványokon.

A pH megemelése a korábban hivatkozott laboratóriumi kísérletekben erős bázisokkal (pl. NaOH) történt, amelynek természetes környezetben való alkalmazása kockázatos. Biztonságosabb, rutinszerűen alkalmazott megoldás mészhozzáadása a talajhoz. A CaO és MgO reakcióba lép a nehézfémekkel és kevésbé vízoldható komplexeket, például hidroxidokat hoz létre, valamint a pH-t is 9-10 körüli értékre emeli meg. A CaO és MgO mellett hasonló tulajdonsággal bír a közönséges portlandcement is [29]. A reaktív oxidok mellett alkalmazhatók a különféle kalcium-karbonát módosulatokból (jellemzően trigonális szerkezetű kalcitból és rombos aragonitból) álló állati (puhatestű) vázak, héjak is.[30] Utóbbi megoldás azonban a tengerparttal és jelentékeny halászattal rendelkező országokban lehet megoldás az immobilizációra.

A fentiek fényében célszerű tehát megvizsgálni, hogy a tűzoltóporok fő komponenseként alkalmazott szódabikarbóna és ammónium-foszfát talajhoz keverése – elméletben – milyen változást indukálhat. A korábban bemutatott hivatkozások alapján mindkét komponens jó vízoldhatósággal rendelkezik és vizes oldaltuk pH értéke enyhén bázisos. E tekintetben tehát joggal feltételezhető, hogy az adott talaj agyagásvány-együttesén (főleg ha azok vermikulitot vagy szmektitet is tartalmaznak) elősegíti a nehézfémionok adszorpcióját.

Ugyancsak érdemes megvizsgálni, hogy a különböző fémionok milyen komplexeket (vegyületeket) képeznek vizes közegben. A vizes közegben, hidrátburokkal határolt nehézfémionok, például a Pb^{2+} és a Cd^{2+} képesek reakcióba lépni a karbonátokkal és önálló karbonátfázisokat (cerusszitot és otavitot) alkotnak [31]. Ezen komponensek oldhatósága rendkívül alacsony (gyakorlatilag mindkét vegyület vízben oldhatatlan) [32], [33], így semleges/bázisos pH-n stabilnak, a fém szennyezők immobilisnak tekinthetők. A talaj enyhén savas környezetében azonban a kadmium-karbonát enyhén képes lehet oldódni.

A költséges komponensek miatt ritkábban alkalmazott parázsoló porban lévő ammónium-foszfát és –szulfát elsősorban nehézfém-szulfát és –foszfát fázisokat hoz létre. Az ólom példáján látható, hogy a foszfát fázis viszonylag stabilnak tekinthető, míg a az ólom-szulfát képes beoldódni – ezzel időben elnyújtva a szennyezést [34], [35].

Az esetleges gyakorlati alkalmazhatóság tekintetében az oldatba vitt tűzoltópor bejuttatása akkor válhat jelentékeny tényezővé, ha a szennyezőanyag is képes a talaj mélyebb rétegeibe bemosódni, beszivárogni. Feltételezhető, hogy rövid ideig tartó, ám jelentékeny mértékű szennyezőanyagot a környezetbe juttató, havária jellegű események során a szennyezőanyag elsősorban a talajfelszínen, kisebb mértékben a felszínközeli rétegekben halmozódik fel. A szennyezőanyag tűzoltóporral, illetve annak vizes oldatával való betérítés során az immobilizációs kémiai folyamatok közül az új, stabilis fázisok kialakulása már itt

megtörténhet. Amennyiben a talajfelszín agyagos jellegű, az önálló fázist nem alkotó fémionokat ugyancsak megköthetik a reaktív rétegszilikátok. E tekintetben tehát pont a gyorsbeavatkozások során lenne a leginkább felhasználható a leírt módszer.

ÖSSZEFOGLALÁS

A konvencionális tűzoltóporok a kárhelyen érintetlenül hagyva, de főképp a talaj mélyebb rétegeibe leszivároghva, képesek lehetnek kémiai kapcsolatba kerülni a szerves talajalkotó fázisokkal. Vizes közeg megléte esetén a hagyományos, szódabikarbóna alapú oltópor, a pH megváltoztatásával hatékonyabbá teheti a nehézfém-ionok megkötését az agyagásványokon, valamint olyan karbonát fázisokat hoz létre, amelyek az adott kémiai viszonyok között stabilisak. E stabil fázisok ugyanakkor immobilizálják a nehézfémeket, csökkentve ezzel a környezeti kockázatot.

A parázssóltó porban lévő ammónium-szulfát és -foszfát vegyületek nehézfém szulfátokat és -foszfátokat alkotnak, amelyek közül az előbbiek vízben oldhatók, így a nehézfémek immobilizálására nem alkalmasak.

A fenti elméleti megfontolásokat ugyanakkor követnie kell kísérleti munkának is, amelyben az egyes tűzoltóporok nehézfém-oldatokkal történt reagálását, új fázisok létrejöttét és az agyagásványok ioncserélő-képességére gyakorolt hatását lehet vizsgálni fázisanalitikai (például röntgendiffrakciós) és elemanalitikai (például induktív csatolású plazma tömegspektrométeres) módszerekkel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A. Kärman *et al.*, “Study of environmental and human health impacts of firefighting agents,” 2016. [Online].
Elérhető: <https://www-edit.msb.se/siteassets/dokument/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst/rapport-avseende-innehall-i-och-mil-jopaverkan-av-slackskum.pdf>
- [2] S.-H. Lo, C.-C. Chan, W.-C. Chen, and J.-D. Wang, “Grand Rounds: Outbreak of Hematologic Abnormalities in a Community of People Exposed to Leakage of Fire Extinguisher Gas,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 114, no. 11, pp. 1713–1717, Nov. 2006, doi: 10.1289/ehp.9197.
- [3] C.-H. Su, C.-C. Chen, H.-J. Liaw, and S.-C. Wang, “The Assessment of Fire Suppression Capability for the Ammonium Dihydrogen Phosphate Dry Powder of Commercial Fire Extinguishers,” *Procedia Eng.*, vol. 84, pp. 485–490, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.459.
- [4] Á. Restás, *Égés- és tűzoltáselmélet*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014. [Online].
Elérhető: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10409/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=3&isAllowed=y>
- [5] D. Du, X. Shen, L. Feng, M. Hua, and X. Pan, “Efficiency characterization of fire extinguishing compound superfine powder containing Mg(OH)₂,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 57, pp. 73–80, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jlp.2018.08.016.
- [6] “Kerr Fire.” [Online]. Elérhető: <https://kerrfire.co.uk/monnex-dry-powder/how-does-monnex-work/>

- [7] PubChem, “Sodium Bicarbonate.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/516892>
- [8] PubChem, “Silicon Dioxide.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24261>
- [9] PubChem, “Magnesium Stearate.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11177>
- [10] PubChem, “Ammonium Phosphate, Dibasic.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24540>
- [11] PubChem, “Ammonium Sulfate.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6097028>
- [12] PubChem, “Barium Sulfate.” Letöltve: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24414>
- [13] H. Ibrahim and J. R. Patrui, “Experimental investigation on extinguishing performance of a novel nanocomposite for gaseous fires,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 65, p. 104143, May 2020, doi: 10.1016/j.jlp.2020.104143.
- [14] B. J. Alloway, “Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils,” in *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*, B. J. Alloway, Ed., Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, pp. 11–50. doi: 10.1007/978-94-007-4470-7_2.
- [15] U. Fügedi, “Geokémiai háttér és nehézfémzennyezés Gyöngyösorsoszi térségében,” *Földt. Közlöny*, vol. 134, no. 2, Art. no. 2, 2004.
- [16] Antalné Belcesev Raskov E., “A felszín alatti vizek és az ivóvíz arzén-, nikkel-, és ólom-tartalma a Dél-Alföldi régióban,” Jan. 2019, Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Elérhető: <http://hdl.handle.net/2437/262770>
- [17] G. Abbaszade *et al.*, “Lead and stable lead isotopes as tracers of soil pollution and human health risk assessment in former industrial cities of Hungary,” *Appl. Geochem.*, vol. 145, p. 105397, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.apgeochem.2022.105397.
- [18] P. Völgyesi, G. Jordan, D. Zacháry, C. Szabó, A. Bartha, and J. Matschullat, “Attic dust reflects long-term airborne contamination of an industrial area: A case study from Ajka, Hungary,” *Appl. Geochem.*, vol. 46, pp. 19–29, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.03.010.
- [19] D. Zacháry, G. Jordan, P. Völgyesi, A. Bartha, and C. Szabó, “Urban geochemical mapping for spatial risk assessment of multisource potentially toxic elements — A case study in the city of Ajka, Hungary,” *J. Geochem. Explor.*, vol. 158, pp. 186–200, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.gexplo.2015.07.015.
- [20] Ü. Mander, A. Kull, and J. Frey, “Residual Cadmium and Lead Pollution at a Former Soviet Military Airfield in Tartu, Estonia,” in *Biogeochemical Investigations of Terrestrial, Freshwater, and Wetland Ecosystems across the Globe*, R. K. Wieder, M. Novák, and M. A. Vile, Eds., Dordrecht: Springer Netherlands, 2004, pp. 591–606. doi: 10.1007/978-94-007-0952-2_40.
- [21] G. R. W. Denton, C. A. Emborski, A. A. B. Hachero, R. S. Masga, and J. A. Starmer, “Impact of WWII dumpsites on Saipan (CNMI): heavy metal status of soils and sediments,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 11, Art. no. 11, Jun. 2016, doi: 10.1007/s11356-016-6603-7.
- [22] P. Stefanovits, *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, 1975.

- [23] Z. Szalai and G. Jakab, *Bevezetés a talajtanba környezettanósoknak*. Typotex, 2017.
- [24] P. Sipos, T. Németh, I. Mohai, and I. Dódy, “Effect of soil composition on adsorption of lead as reflected by a study on a natural forest soil profile,” *Geoderma*, vol. 124, no. 3, Art. no. 3, Feb. 2005, doi: 10.1016/j.geoderma.2004.05.011.
- [25] S. Koch and K. Sztrókay, *Ásványtan (II. kötet)*. Budapest: Tankönyvkiadó, 1967.
- [26] P. Sipos, T. Németh, V. K. Kis, and I. Mohai, “Sorption of copper, zinc and lead on soil mineral phases,” *Chemosphere*, vol. 73, no. 4, Art. no. 4, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.06.046.
- [27] H. Farrah and W. F. Pickering, “pH effects in the adsorption of heavy metal ions by clays,” *Chem. Geol.*, vol. 25, no. 4, pp. 317–326, Jun. 1979, doi: 10.1016/0009-2541(79)90063-9.
- [28] K. G. Bhattacharyya and S. S. Gupta, “Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review,” *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 140, no. 2, pp. 114–131, Aug. 2008, doi: 10.1016/j.cis.2007.12.008.
- [29] W. Li, P. Ni, and Y. Yi, “Comparison of reactive magnesia, quick lime, and ordinary Portland cement for stabilization/solidification of heavy metal-contaminated soils,” *Sci. Total Environ.*, vol. 671, pp. 741–753, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.270.
- [30] V. Santás-Miguel, C. Campillo-Cora, A. Núñez-Delgado, D. Fernández-Calviño, and M. Arias-Estévez, “Chapter 9 - Utilization of mussel shell to remediate soils polluted with heavy metals,” in *Biomass-Derived Materials for Environmental Applications*, I. Anastopoulos, E. Lima, L. Meili, and D. Giannakoudakis, Eds., Elsevier, 2022, pp. 221–242. doi: 10.1016/B978-0-323-91914-2.00017-9.
- [31] Y. Kim, A. Tekawade, S. S. Lee, and P. Fenter, “Morphological and crystallographic controls in the replacement of calcite and aragonite by cerussite and otavite,” *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 341, pp. 16–27, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.gca.2022.11.010.
- [32] PubChem, “Lead carbonate.” Letöltve: Jan. 02, 2024. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11727>
- [33] PubChem, “Cadmium carbonate.” Letöltve: Jan. 02, 2024. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10564>
- [34] PubChem, “Lead phosphate.” Letöltve: Jan. 02, 2024. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24009>
- [35] PubChem, “Lead sulfate.” Letöltve: Jan. 02, 2024. [Online]. Elérhető: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24008>

**EXAMINATION OF FLOURINATED
AND FLUORIN FREE FOAMS****FLUOROZOTT ÉS FLUORMENTES
OLTÓHABOK VIZSGÁLATA**KREPUSKA András István¹**Abstract**

Today's fire extinguishing foams have a significant history among the fire extinguishing technical products. The foams effectively help the firefighting tasks get out in a water-based solution, expanding the extinguishing efficiency of the water. After decades spent on developing foam agents, it is declared that an extremely efficient but also very harmful to the environment foam has become widespread. The experts must realize that after Halon 1301 extinguish agent a New, among the extinguish gases a greater aspect of viewing point and system change is needed to provide a healthier and less polluted environment as a legacy for our children. It is important to examine, focusing on the efficiency of extinguishing, the existing alternatives that can be used to change the existing system cost-effectively.

Keywords

Fluorinated foam, fluorine-free foam, fire protection, examination of fire extinguish foams, environmental protection

Absztrakt

Az tűzoltóhabok mára jelentős múlttal rendelkező tűzoltótechnikai termékek. Vizes oldatukban kijuttatva hatékonyan segítik a tűzoltási feladatokat, növelve a víz oltási hatékonyságát. A habok fejlesztésével töltött évtizedek után kijelenthető, hogy egy rendkívül hatékony, de a környezetre rendkívül ártalmas oltóanyag terjedt el széles körben. A szakmának fel kell ismernie, hogy a Halon 1301 oltóanyag után egy újabb, az oltógázoknál még nagyobb mértékű szemlélet és rendszerváltásra van szükség ahhoz, hogy gyermekeinkre egy kevésbé szennyezett világot tudjunk örökül hagyni. Fontos megvizsgálni, hogy az oltási hatékonyságot szemelót tartva milyen alternatívák léteznek, amiket költséghatékonyan lehet alkalmazni a meglévő rendszerek kiváltására.

Kulcsszavak

Fluorozott oltóhab, fluormentes oltóhab, tűzvédelem, oltóhabok vizsgálata, környezetvédelem

¹ andras.krepuska@zknet.hu | ORCID: 0000-0002-1857-6740 | Leader designer, ZKNet Kft. | Vezető tervező, ZKNet Kft.

BEVEZETÉS

A tűzoltóhabok használatának mára jelentős történelmi háttere van. Az első klasszikus értelemben vett tűzoltó habot Aleksandr Loran orosz tanár és kutató fejlesztette ki. Kémai reakción alapuló oltóhabja petróleum tüzek oltására lett fejlesztve. Szódabikarbónával kevert víz és alumínium-szulfát keverékéből fejlődő habanyag alkalmas volt a kialakult tüzek takarására és elfojtására. [1] Az 1940-es években fejlesztette ki Percy Lavon Julian az Aerofoam nevű fehérje alapú oltóhabot szója fehérjéből. [2] Az első könnyűhab használatra alkalmas oltóhab az 1950-es évek elejéről az angol Herbert Eisner nevéhez kapcsolódik, aki a szénbányák oltásához fejlesztette ki a technikát. [3] Az AFFF oltóhabok fejlesztése az 1960-as évek közepén kezdődött az USA haditengerészetének kutató laboratóriuma és a 3M összefogásában. A USS Forrestal repülőgéphordozó 1967-es balesete során 134 tengerész vesztette életét, további 161 sérült meg és 21 darab repülőlt vesztettek el. A baleset után a USA haditengerészete kötelezővé tette az AFFF oltóhabok használatát és kifejlesztette a mai is használatos oltási technikáikat. [4] Az 1973-ban mutatta be a National Foam Inc. az első AR-AFFF oltóhabot, ami már alkalmas volt oldószerek oltására is. Az első rendszer szintű oltásra alkalmas fluormentes szintetikus oltóhabot 2002-ben hozták forgalomba [5]

Oltóhabok működési mechanizmusa

A tűzoltóhabok a szénhidrogén származékoknál kisebb sűrűségű anyagok, ahol a habképző koncentrátum és a víz stabil és egyenletesen eloszló közeget alkot. Az oltóhabok alkalmasak a vízszintes és függőleges felületek oltására is. A tűzoltóhabok alkalmasak olyan szilárd anyagok oltására, ahol a víz, mint oltóanyag alkalmazása is megengedett, valamint igazi teljesítményük a folyadék halmazállapotú éghető anyagok oltásánál mutatkozik meg. [6] A tűzoltóhab képes a folyadék felszínén elterülve úszni és eközben létrehozni egy stabil zárt takaró felületet. A zárt takaró felület meggátolja az éghető folyadékgőzök szabadba jutását, valamint elzárja a folyadékot a levegőtől. Finoman szétosztott habok előállításával jobban záródó réteg alakítható ki. Az oltóhabok jellemzői a habkiadósság, a habélettartam, valamint a folyadékok habtörésével szembeni ellenálló képesség is. [7]

OLTÓHABOK CSOPORTOSÍTÁSA

Oltóhabok csoportosítása habkiadósság szerint

A tűzoltóhabokat habkiadósság szerint nehézhabnak, középhabnak és könnyűhabnak csoportosítjuk. A habkiadósság (jelölése H_k) az oltóhab mennyiségére jellemző viszonyszám, ami megadja, hogy az oltóanyag koncentrátum és víz elegyéből mennyi oltóhab keletkezik. A nehézhab habkiadóssága $H_k < 20$, a középhab habkiadóssága $20 < H_k < 200$, valamint a könnyűhab habkiadóssága $H_k > 200$. [6]

A nehézhabok alkalmazása telepített vagy mobil tűzoltási alkalmazások között is megtalálható. A nehézhab előállítása történhet habsugárcsővel, habsprinklerrel, habágyúval vagy habfolyatóval. A nehézhab kis mértékű habkiadóssága miatt a víz súlyának és nyomásának köszönhetően távoli beavatkozásra is alkalmas. Alkalmazható függőleges és vízszintes oltásra is. A nehézhabok alkalmazásának egyre növekvő területe a hulladéktároló és hulladék feldolgozó üzemek. A kezelt hulladékok éghető frakcióinak aránya magas,

közel 50%-os. Nemzetközi statisztikában kimutatható, hogy a baleseti események közel 80%-ban keletkezik tűz. Ezek a tüzek jellemzően a vegyes hulladékfeldolgozást végző üzemekben figyelhető meg. A nehézhab habágyúval történő kijuttatását hőkamerával történő oltásvezérlésével nyugateurópai üzemekben már alap védelemként telepítik.



1.sz kép: Habágyú alkalmazása hulladéktelepen [8]

Középhabok előállításához szükséges olyan habgenerátor vagy habsugárcső alkalmazása, ahol a habképződéshez szükséges levegő aspirálása biztosított. A természetes vagy mesterséges úton hozzáadott levegő hiányában a középhab habintenzitása nem tud kialakulni. A kialakult középhab nem alkalmas távoli beavatkozásra, alkalmazásához közel kell lennie a védelemnek a tűzfészekhez. Mobil és telepített tűzoltásra is alkalmazzák, mert a kialakult oltóhab bár nem alkalmas olyan gyors terülésre, mint a nehézhaboknál megfigyelhető viszont a nagyobb intenzitású oltóhab a védett térben lévő, a felszíntől magasabban fekvő technológiai berendezéseket (pl. szivattyúk) is hamar elfedi. A könnyűhaboknál magasabb víztartalma miatt alkalmas kültéren történő alkalmazásra. Telepített rendszerként a megfelelő magasságú kialakított kármentő medencével a sima oltóvíznél nagyobb hatásfokkal tudja oltani például az olajos transzformátorok tüzeit, természetesen a szükséges villamos szakaszolások alkalmazását követően. [9]



2.sz kép: Középhab habfolyató alkalmazása technológiai védelemre [10]

A könnyűhabok beltérben történő térfogati oltásra alkalmasak. A könnyűhab előállítását habgenerátorral történik, ami vagy aspiráló módon vagy mechanikusan kapja a levegő utánpótlást. A könnyűhab generátorok kiválasztásánál és alkalmazásánál is fontos szempont a generátorok friss levegő utánpótlásának biztosítása, mert a füsttel és égéstermékkel telített levegő nagy mértékben rontja, illetve egy bizonyos térfogatszázalék fölött teljes mértékben megakadályozza a habképződést. Az érvényben lévő MSZ EN 13565 szabvány alapján a térfeltöltéssel működő habbaloltó rendszereknek a védett teret legtovább 6 perc, legkevesebb 2 perc alatt el kell árasztani oltóhabbal. [11] A feltöltési időt azért szükséges ilyen alacsony időtartamban meghatározni, hogy a szükséges frisslevegő utánpótlás biztosítva legyen, valamint a kialakuló tűz nagy mértékben tudja a könnyűhabot törni ezért nem szabad megengedni a kiterjedt tűz kialakulásának lehetőségét. A nehéz és középhasokkal ellentétben a könnyűhabok használata szigorúan gyártói előírásokhoz és rendszer tanúsításokhoz kötődik. Nem minden hab alkalmas könnyűhab alkalmazásra, de általánosságban elmondható, hogy a könnyűhab koncentrátumok alkalmasak nehéz és középhas alkalmazásokhoz is. A rendszer szintű tanúsítás biztosítja azt, hogy egy könnyűhab az együtt minősített habgenerátorral biztosan tudja $H_k > 200$ habkiadóságot biztosítani. [6] A könnyűhabos oltórendszerek telepített kivitelben és jellemzően éghető folyadék többszintes tárolását biztosító raktárakban, üzemekben vagy repülőgép hangárokból találhatók meg. Nemzetközi szinten és azon belül is a hadászati célú repülőgép hangárokból jellemzően megtalálható könnyűhabbal oltó rendszer. Míg egy tisztán tárolási rendeltetés esetén a zárt csomagolású éghető folyadékok közelében jellemzően nincs gyújtóforrásként szolgáló villamos hálózat telepítve, addig egy modern nagyméretű szállító repülőgép villamos hálózata akár 150km hosszúságú is lehet összesen. A rögzített repülőgép tüzesetek döntő többségében a villamos hálózat meghibásodása okozta a tüzet. A repülőgépek üzemanyaga a kerozin, aminek a lobbanáspontja $\geq 40^\circ\text{C}$ és egy ilyen méretű repülőgép esetében megközelítőleg 100.000 liter található. [12]



3.sz kép: Repülőgép hangár elárasztása könnyűhabbal [13]

Oltóhabok csoportosítása alapanyag szerint

Az oltóhabok fejlődése során elsődlegesen rendszeresített protein habok elvéve még megtalálhatóak stabil vagy mobil tűzoltó rendszereknél, de előfordulásuk már rendkívül ritka. Fluorprotein oltóhabok a gyártóknál még megtalálhatóak a kínálatban, viszont a hosszúláncú polimertartalom miatt vagy már korlátozott, vagy a rövidláncú polimer tartalma miatt hamarosan korlátozás alá eső termékeknek a forgalmazása a közeljövőben meg fog szűnni. A Fluorprotein alapú oltóhabok esetében a rövid élettartam miatt sem lehet hosszútávú üzemben tartással számolni. [7]

A legelterjedtebb oltóhab típus az AFFF – Aqueous film forming foam azaz a vizes filmképző habok. Elterjedését jól szemlélteti, hogy az Egyesült Államokban telepített habbaloltó rendszerek 75% a hadsereg által fenntartott AFFF alapú habbaloltó rendszer. Alacsony viszkozitású anyagként az éghető folyadék felszínén gyorsan szétterülve tudja az oltási hatást kifejteni. Az oltóhab és az éghető folyadék között kialakul egy vizes fimréteg, amely izolálja az oxigént az éghető anyagtól, valamint a folyadék gőzeinek távozását is akadályozza. A hosszúláncú (C8 és C10) fluorkarbon felületaktív anyagokat tartalmazó AFFF oltóhabok már korlátozás alá esnek, a rövidláncú (C4 és C6) fluorkarbon felületaktív anyagokat tartalmazó oltóhabok a jelenlegi szabályozás szerint még üzemben tarthatóak. Az AFFF oltóhabok tartóssága alacsony. Izzó fémfelület okozta visszagyulladásra érzékeny, valamint az oldószerek okozta habtöréssel szemben nem ellenálló. [14]

A szintetikus kettős filmképző habok jelölése AR-AFFF (Alcohol resistant aqueous film forming foam). Működési elvük, hogy a vizes filmréteg mellett egy oldhatatlan polimer réteget is képződik a folyadékok felszínén. A polimer réteg védi meg a filmréteget az oldószerek és alkoholok habtörő hatásától. Az AR-AFFF habokra is igaz, hogy a C8 fluorkarbon tartalmú habkoncentrátumok már korlátozás alá esnek. [15]

Legújabbban alkalmazásba vett oltóhab típusok az SFFF (Synthetic flourin free foam) és AR SFFF (Alcohol resistant Synthetic flourin free foam) mint szintetikus fluormentes és alkoholálló fluormentes habok. A korábbi oltóhabok nevéhez hasonlító rövid megnevezés félreértésre adhat okot. A fluormentes oltóhabok nem tartalmaznak per- és polifluor alkilátokat (PFAS). Ezeknek hiányában az oltási mechanizmusukban nem képződik filmréteg sem polimer réteg az éghető folyadék felszínén. A fluormentes oltóhabok kibocsátásakor kialakuló buborékok képeznek fizikai határt a folyadékfelszín és a levegő között. [14]

OLTÓHABOK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSA

Egy tökéletlen égés során felszabaduló gázok, füst és korom nagymértékben mérgező és önmagában is komoly környezeti kockázatot jelent. A felszabaduló mérges gázok a levegő minőségét rontják, a hamu és korom széntartalma és lehetséges fémtartalma miatt a földre visszakerülve a talajt szennyezi közvetlenül. [16] Az elektromos járművek elterjedésével az energiatárolásra használt lítium-ion akkumulátorok égése során felszabaduló károsanyagok önmagukban magas kockázatot jelentenek. Oltásukhoz jelentősebb több oltóanyagra van szükség, valamint a lítium akkumulátor égése önfenntartó a felszabaduló oxigén miatt. [17] [18]

Az oltás során felhasznált oltóvíz oltást követően veszélyes anyagnak minősül a megkötött hamu, korom, illetve vízben oldódó gázok miatt. A vízhez adott oltóhab szintén

hatást gyakorol a környezetre. Joggal merül fel a kérdés, hogy a felhasználni kívánt fluormentes oltóhabok oltási teljesítménye képvisel-e olyan szintet, hogy megfelelő alternatívát jelentsen a fluorozott társaiknál. Ennek megválaszolásához meg kell vizsgálni a fluorozott oltóhabok környezeti kockázati tényezőit.

A hosszúláncú AFFF és AR-AFFF oltóhabok esetében az oltási mechanizmust biztosító PFAS vegyi anyagokat örök vegyi anyagokként is nevezik. Jelentős egészségügyi kockázatot jelentenek, mert a szervezetben felhalmozódva tüdőkárosodást, szív és érrendszeri megbetegedéseket, termékenység problémákat, illetve rákot okozhatnak. Az oltóhabokból a víz útján tudnak bekerülni a körforgásba, ahol a ivóvíz bázist szennyezve visszakerül az emberekbe, növényekbe és állatokba. A lakossági szennyvíztisztító berendezések jelenleg nem tudják hatékonyan tisztítani a vizet a PFAS vegyületektől, és nem csak víz útján tud bekerülni a szervezetbe. [19] A tűzoltóhabok kapcsán a PFOS (perfluoroktán-szulfonsav) és PFOA (perfluoroktánsav) lett veszélyként azonosítva. A PFOS-t mint hamarabb azonosított veszélyforrást a 2006/122 (EK) irányelv korlátozza először, miszerint megtiltja a PFOS és prekursorainak gyártását és használatát, valamint 50ppm-ben (mg/kg) határozza meg a termékekben megtalálható határértékét. [20] A 757/2010 (EK) rendelet az 50ppm értéket 10 ppm-re csökkenti. [21] Az (EU) 2019/1021 rendeltettel a korábbi két rendeletet kiváltódik. A PFOA-t és prekursorait az (EU) 2017/1000 rendelet alapján azonosítják veszélyes anyagként. [22] A 2020/784/EU rendelet alapján az EU joghatósági területein tilos a PFOA és prekursorainak gyártása és forgalomba hozatala. A termékek maximális PFOA, illetve prekursorainak tartalma maximálisan 25ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) lehet. A tűzoltásra használatos oltóhabok kaptak engedményt a rendelet betartásával kapcsolatosan, miszerint a megadott határértéket átlépő tűzoltóhabokat 2023.január 1-ig lehetett használni és akkor is csak bevetésen. Gyakorlatozásra és tesztelésre csak abban az esetben, ha a szennyezett vizet teljes mértékben össze tudják gyűjteni. 2023 január 1. és 2025 július 4. között csak azokban az esetekben maradhat üzemben a habbaloltó rendszer, ha a keletkező oltóhab a helyszínen teljes mértékben visszatartható és összegyűjthető. 2025 július 4-e után a fenti határértékeket átlépő oltóhabok nem tarthatóak üzemben. [23]

Mind a fluorozott mind a fluormentes oltóhabokra igaz, hogy bizonyos mértékig tartalmazhat fagyálló adalékot, ami belelegezve tüdőkárosodást okozhat.

Több gyártó kínálatában is megtalálható C6 rövidláncú fluorkarbon hatóanyagú oltóhab. Ezeknek az oltóhaboknak gyártásával és használatával csak időt lehet nyerni, megoldást nem. A PFHxA (perfluor-hexánsav) a C6 fluorkarbon megfelelője a PFOA-nak és a PFHxS (perfluor-hexánszulfonsav) a C6 fluorkarbon megfelelője a PFOS-nak. A PFHxS és prekursorainak és a PFHxA és prekursorainak EU-s korlátozása folyamatban van. A tervezet szerint a tűzoltótechnikai termékek használata a rendelet elfogadása után 18 hónapig lesz lehetséges. [24]

FLUORMENTES HABOK ALKALMAZÁSÁNAK FELTÉTELEI

A fluormentes oltóhabok használata szigorúbb feltételekhez kötött, mint a fluorozott társaié. Ezeket nem az érvényben lévő MSZ EN 13565 szabvány határozza meg, bár céloz rá, hogy speciális feltételei lehetnek az alkalmazásnak. [11] A fluormentes oltóhabok működési mechanizmusa, hogy a kialakult buborékok alkotnak fizikai határt a levegő és az éghető folyadék felszíne között. Nincsen filmréteg, sem polimer hártya. Ebből kifolyólag a fluormentes oltóhabok esetében fontos, hogy a képződött oltóhab állaga és

állékonyasága biztosítani tudja az oltáshoz szükséges minőséget. A fluormentes oltóhabokról kijelenthető, hogy alkalmazásuk során nem lehet 1:1 mennyiségben alkalmazni a fluorozott habokhoz képest. Szintén megállapítható, hogy alkalmazásuk során nem lehet automatikusan a korábban alkalmazott tartályokat, bekeverő egységeket, illetve habfolyató berendezéseket alkalmazni. Ahogy a fluorozott oltóhabok esetében a könnyűhabos védelemnél, úgy a fluorozott oltóhabok esetében minden alkalmazásnál igaz, hogy a szükséges határfok csak abban az esetben biztosítható, ha a védeni kívánt anyagra vonatkozólag a felhasználni kívánt berendezés elemek gyártó által vagy tanúsító intézet által sikeresen tesztelve lettek. [15]

Az elvégzett tesztek azt az eredményt mutatják, hogy a fluormentes oltóhabok alkalmazása során magasabb habkiadóságot kell biztosítani minden alkalmazásban, mint a fluormentes haboknál. Ehhez több, illetve jobb levegőellátottságra van a fluormentes oltóhabnak szüksége. Szintén megállapításra került, hogy a szénhidrogén tüzek oltásakor nagyobb intenzitásra volt szükség a fluormentes haboknál. A nagyobb oltóhab intenzitás nagyobb vízmennyiséget és több habkoncentrátumot kíván. Összehasonlítás képen egy táblázat, amiben az MSZ EN 13565 által megkövetelt habintenzitás jelenik meg valamint az FM Global által tanúsított rendszerkövetelmény jelenik meg telepített sprinkler szórófejjel alkalmazva. [11] [15] [25]

	Éghető folyadék Felületi tűz (< 25 mm folyadék mélység);	AFFF oltóhab minimális intenzitás	SFFF oltóhab minimális intenzitás	AFFF oltóhab maximális használati magasság	SFFF oltóhab maximális használati magasság
MSZ EN 13565-2:2018+AC:2019 szabvány szerint	szénhidrogén (vízzel nem oldható)	K=80 álló sprinkler fej 6.9l/min/m ²	K=80 álló sprinkler fej 6.9 l/min/m ²	> 5 m	> 5 m
FM 5130 alapján kiadott teszteredmény szerint	szénhidrogén (vízzel nem oldható)	K=80 álló sprinkler fej 8.1 l/min/m ²	K=80 álló sprinkler fej 12.2 l/min/m ²	12.2 m	7.6 m

1.sz táblázat – oltóhab intenzitások összehasonlítása – a szerző szerkesztette [11] és [26] alapján

A táblázatból kiolvasható, hogy az FM 5130 szerinti teszteredmények nagyobb intenzitást követelnek meg ugyanarra a védelemre és jobban meghatározza a maximális védelmi magasságot is. Az MSZ EN 13565 nem tesz különbséget fluorozott és fluormentes habok között.

A fluormentes oltóhabok alkalmazásának másik nehézsége az oltóhabok nagy viszkozitásából adódik. Pseudoplasztikus anyagokként a nyírósebesség növekedésével arányosan csökken a viszkozitás. Az SFFF habokhoz minősített bekeverő egységeknél meg van adva egy maximális viszkozitás érték, aminél a bekeverő még hatásosan működik. Az SFFF habok nagy viszkozitásából adódik, hogy a habtartályok és a habbekeverő egységek

közötti távolságok limitáltak. Például Viking gyártmányú oltórendszerek esetében egy bladder tartállyal megvalósított védelemnél a tartály víz betáplálásának és a tartálytól számított habkoncentrárum vezetéknek az összege nem lehet nagyobb, mint 18m. Ebbe a távolságba értelem szerűen beleszámítódik a csővezetékek idomainak méterre vetített egyenértéke és a felhasználandó szerelvények egyenértéke is.

ZÁRSZÓ

A fluormentes oltóhabok oltási teljesítménye folyamatosan fejlődik, míg a fluorozott oltóhabok teljesítménye stagnált vagy csökkent. Poláros oldószerek védelme esetén a fluormentes oltóhab oltási teljesítménye megközelíti, bizonyos esetekben meg is előzi az AR-AFFF habokét. A ma használatos fluormentes habok teljesítménye nem annyival alacsonyabb, hogy értelme legyen az esetlegesen felszabaduló égésből adódó károsanyag kibocsájtást és a fluorozott oltóhab okozta károsanyag kibocsájtást összehasonlítani. Az SFFF habok MSZ EN szerint nincsenek elkülönítve a korábbi AFFF és AR-AFFF haboktól, ami kutatói teszteredmények és tanúsító intézet szerinti teszteredmények szerint sem megfelelő. Természetesen nem várható el, hogy 60 év fejlesztői munkáját 20 év fejlesztői munkája felülmúlja, de nagyobb energiát kell fordítani a fluormentes oltóhabok fejlesztésére és tesztelésének körülményeire. Szükséges a nemzetközi tanúsítások harmonizálása és egy egységes tesztkörnyezet alkalmazása. Szabvány szinten is egyértelművé kell tenni a fluorozott és fluormentes oltóhabok közötti alkalmazási különbségeket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Evgeniy Degaev, Alena Suvorova and Alexandra Suhova, Influence of total head of foam on optimum intensity and minimum particular expense solution size of foamer, 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 365 032019, doi: 10.1088/1757-899X/365/3/032019
- [2] Percy Julian Synthesis of Cortisone, <https://lemelson.mit.edu/resources/percy-julian>, letöltve: 2024.01.05
- [3] Herbert Eisner élete, <https://www.telegraph.co.uk/news/obituaries/science-obituaries/8668910/Herbert-Eisner.html>, letöltve: 2024.01.05
- [4] Bödör Balázs, Nagy Rudolf, A Forrestal repülőgép-hordozón bekövetkezett tüzeset vizsgálata, Repüléstudományi közlemények (1997-TÖL) 1417-0604 1789-770X 28 (1) pp. 189-207 2016
- [5] John Payne, Nigel Joslin, Anne Regina, Lucy Richardson, Kate Schofield, Katie Shelbourne, National Foam Inc., Final Report Fluorine-Free Aqueous Film Forming Foam, SERDP Project WP-2738, letöltve: 2024.01.05, <https://serdp-estcp.mil/projects/details/f8025dc3-0a80-421a-b6e2-43f0d7e99262/wp-2738-project-overview>
- [6] Nagy Rudolf, A felületi feszültség jelenségének változó környezet- és tűzvédelmi dimenziói, Biztonságtudományi szemle 2676-9042 5 (4) pp. 95-119 paper: 8 2023
- [7] Nagy Zsolt, Kuti Rajmund, A tűzoltóhabok környezetre gyakorolt hatásai, Hadmérnök X. Évfolyam 3.szám 2015.szeptember

- [8] Kép, habágyú alkalmazása hulladéktelepen, <http://incendiumfire.com/kraftvarmeverk/Brandskydd-av-utomhusdepå.jpg>
- [9] Sándor Barnabás, Nagy Rudolf, Transzformátortűzek kialakulásának és tulajdonságainak vizsgálata, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 3 (4) pp. 73-91 paper: 4 2018
- [10] Kép, Középhas habfolyató alkalmazása technológiai védelemre, <http://incendiumfire.com/invallning/Invallningsskydd-med-mellanskum.png>
- [11] MSZ EN 13565-2:2018+AC:2019, Beépített tűzoltó berendezések. Habbal oltó berendezések. 2. rész: Tervezés, kivitelezés és karbantartás
- [12] Nagy Rudolf, Román Roland, Polgári repülőgépek egyes tűzbiztonsági kérdései, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 4 (4) pp. 18-49 Paper: 2 2019
- [13] Kép, Repülőgéphangár elárasztása könnyűhabbal, <http://incendiumfire.com/flyghangar/>
- [14] Sheng, Y., Xue, M., Ma, L. et al. Environmentally Friendly Firefighting Foams Used to Fight Flammable Liquid Fire. *Fire Technol* 57, 2079–2096 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01115-z>
- [15] Kaller, M., Van Bortel, G., Engels, T. et al. An Evaluation of the Firefighting Performance of Alcohol-Resistant Aqueous Film Forming Foams (AFFF-AR) and Alcohol-Resistant Fluorine-Free Foams (FFF-AR) in the Past Two Decades. *Fire Technol* 59, 429–452 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10694-022-01345-9>
- [16] Dr. Restás Ágoston, Égés- és tűzoltáselmélet, Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszerzői Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Budapest, 2014
- [17] Krepuska András István, Fejlesztések jelentősége az aktív tűzvédelemben, Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia, Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar (2023) 112 p. pp. 62-72. , 11 p.
- [18] Szabó Viktória, Molnár Kristóf, Nagy Rudolf, Elektromos járművek tűzbiztonságának vizsgálata, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 3 (2) pp. 77-112 2018
- [19] Amila O. De Silva, James M. Armitage, Thomas A. Bruton, Clifton Dassuncao, Wendy Heiger-Bernays, Xindi C. Hu, Anna Kärman, Barry Kelly, Carla Ng, Anna Robuck, Mei Sun, Thomas F. Webster, Elsie M. Sunderland, PFAS Exposure Pathways for Humans and Wildlife: A Synthesis of Current Knowledge and Key Gaps in Understanding, <https://doi.org/10.1002/etc.4935>
- [20] Az Európai Parlament és a Tanács 2006/122/EK irányelve (2006. december 12.) az egyes veszélyes anyagok és készítmények forgalomba hozatalának és felhasználásának korlátozásaira vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről szóló 76/769/EGK tanácsi irányelv 30. módosításáról (perfluoroktán-szulfonátok)
- [21] A Bizottság 757/2010/EU Rendelete (2010. augusztus 24.) a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról szóló 850/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletnek az I. és III. melléklete tekintetében történő módosításáról
- [22] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/1021 rendelete (2019. június 20.) a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról

- [23] A Bizottság (EU) 2020/784 Felhatalmazáson Alapuló Rendelete (2020. április 8.) az (EU) 2019/1021 európai parlamenti és tanácsi rendelet I. mellékletének a perfluor-oktánsav (PFOA), a PFOA sói és a PFOA-rokon vegyületek felvétele tekintetében történő módosításáról
- [24] WTO Document Number 23-4157, June 19, 2023, Draft Commission Regulation amending Annex XVII to Regulation (EC) 1907/2006 as regards undecafluorohexanoic acid (PFHxA), its salts and PFHxA-related substances
- [25] FM5130, Examination Standard for Foam Extinguishing Systems Class Number 5130, May 2021
- [26] Certificate of Compliance, Low Expansion Foam Extinguishing Systems Utilizing Viking ARK Foam, Concentrate Approval Identification: PR450614

**THE POSSIBILITIES OF USING THE
OXYGEN INDEX IN THE FIRE
PROTECTION RATING OF CABLES****OXIGÉN INDEX ALKALMAZÁSI
LEHETŐSÉGEI A KÁBELEK
TŰZVÉDELMI MINŐSÍTÉSÉBEN**GYÖNGYÖSSY Éva¹**Abstract**

Electrical cable systems have a prominent role in our day-to-day life, without them the functioning of almost all areas of life would be unimaginable. In the following, I will provide an overview of the roles of electrical cable systems, which is very complex, since they form an integral part of fire protection systems from a fire protection point of view, but can also arise as a cause of fire. I present the classification system for electric cables from a fire protection point of view, and the oxygen index method as an alternative test method, in the light of the burning triangle. Furthermore, I will illustrate the importance of proper planning, which is based on proper certification and regulation, and would not even necessarily mean additional costs during investments, but would have many advantages from a fire protection point of view.

Keywords

cable, fire, inspection, standard, certification, fire prevention

Absztrakt

Az elektromos kábelrendszerek kiemelkedő szerepet töltenek be minden napjainkban, nélkülük az élet szinte minden területének működése elképzelhetetlen lenne. A következőkben áttekintést nyújtok az elektromos kábelrendszerek szerepeiről, mely igen összetett, hiszen tűzvédelmi szempontból szerves részét képezik a tűzvédelmi rendszereknek, de mint tűzkeletkezési ok is felmerülhet. Bemutatom az elektromos kábelekre vonatkozó minősítési rendszert tűzvédelmi szempontból, illetve az oxigén indexes módszert, mint alternatív vizsgálati módszert, az égés háromszögének tükrében. Továbbá szemléltetem milyen jelentősége lehet a megfelelő tervezésnek, mely megfelelő minősítésen és szabályozáson alapul, és még csak többletköltséget sem jelentene feltétlenül a beruházások során, de tűzvédelmi szempontból számos előnnyel járna.

Kulcsszavak

kábel, tűz, vizsgálat, szabvány, minősítés, tűz megelőzés

¹ evi.gyongyossy@gmail.com | ORCID: 0009-0006-5429-3875 | PhD student of National University of Public Service Budapest, Doctoral School of Military Engineering; Junior Designer (of Fire Alarm System), Schrack Seconet Kft. | Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; Junior tervező (tűzjelző rendszer), Schrack Seconet Kft.

BEVEZETÉS

A 19. század második felétől, mikortól az elektromosságot az emberiség szolgáltatába állítottuk, a felhasznált villamos energia mennyisége és ezzel a felhasznált elektromos kábelrendszerek mennyisége folyamatos növekedik, ezért azok tűzvédelmi biztonságára kötelességünk kellő figyelmet fordítanunk, mivel a villamos eredetre visszavezethető tüzesetek száma sem elhanyagolható mértékű.

Az elektromos kábelrendszerek funkcióinak és a téma aktualitásának bemutatása

Az elektromos kábelrendszerek meghatározó jelentőséggel bírnak hétköznapijainkban, nélkülük jelenlegi életformánk, társadalmi berendezkedésünk elképzelhetetlen lenne.

Két fő funkció különíthető el a kábelrendszerekre vonatkozóan: az egyik a villamos energiaellátás, míg a másik a kommunikáció.

Fölösleges is részletesen taglalni, hogy a villamos energia felhasználása, mint energiaforrás mennyire meghatározza életünket, és szinte mindenhol, mindig jelen van körülöttünk.

Az ipari berendezésektől kezdve (pl.: élelmiszeripar, hadiipar), a közterületek világításán és a közösségi közlekedésen át, a háztartásokban található számos berendezésig, eszközözig (pl.: fűtőberendezések, háztartási gépek, elektromos autók) számos formában felhasználjuk.

Az elmúlt évek villamos energia felhasználásának általános növekedése jól megfigyelhető az 1. ábrán, mely az EUROSTAT által szolgáltatott adatokat ábrázolja.



1. ábra Magyarország összesített villamos energia felhasználása (Forrás: EUROSTAT adatbázis [1])

A Magyarországi Nemzeti Biztonsági Stratégiája [2] 1. melléklete is megfogalmazza, hogy kiemelt cél a mai változékony világban, a fokozódó globális bizonytalanság körülményei között egy hosszú távon biztonságos és sikeres Magyarország megteremtése, és hogy 2030-ra hazánk Európa öt, illetve a világ tíz legbiztonságosabb országának egyike legyen.

Az ország biztonságos működésének egyik alapköve az ipar és mezőgazdaság megbízható működése, illetve ezek részeként, gondoljunk csak bármely létfontosságú

rendszerre és létesítményre, melyek működésében a kábelrendszerek kiemelkedő jelentőséggel bírnak, mind két funkció tekintetében, nem beszélve arról, hogy a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről szóló törvény is elsőként határozza meg ágazatként az energiaellátást és alágazatként a villamosenergia-rendszer létesítményeit [3].

A fent említett stratégia, a szomszédban dúló háború okozta kihívások kapcsán meghatározza célként a 80%-os import földgáz függőségünk csökkentését, csökkentve az ellátási bizonytalanságok kockázatait, ezzel ösztönözve további villamos energiafelhasználást, lehetőleg megújuló energiaforrásokból.

Az előbbi törvény [3] 7. ágazatként jelöli meg az infokommunikációs technológiákat, mely jól szemlélteti a kábelrendszerek másik funkciójának jelentőségét, mely kapcsán azt kiemelném, hogy az összes többi definiált létfontosságú ágazat és alágazat működése szinte elképzelhetetlen az elektromos hálózatok nélkül, mint energia, mind vezérlés és kommunikáció tekintetében (pl.: közlekedés, pénzügy, egészségügy).

A kommunikáció formái is folyamatosan változnak a társadalom fejlődésével. Először az elektromos energia felhasználásával telefonos hálózatokat hoztak létre, majd megalkották az első számítógépeket, illetve azok hálózatba kapcsolásával az internetet, ezzel legyőzve a világon a földrajzi elhelyezkedések és távolságok okozta akadályokat a kommunikáció és tudásmegosztás tekintetében. Ez a határtalanság szolgáltatja jelenlegi információs társadalmunk alapját.

A folyamatos fejlődéssel megjelentek a vezeték nélküli technológiák, melyek számos esetben kiváltották kábeles elődjeiket, főleg a kommunikáció tekintetében, azonban az alapokat nyújtó rendszerek továbbra is kábeles kialakításúak maradtak.

Vezeték nélküli energiaellátásra is folynak a fejlesztések, de jelenleg csak néhány kisebb készülék esetében működőképes (okostelefon, okosóra), és az biztosan belátható, hogy meghatározó mennyiségben nem fogja tudni kiváltani a kábelrendszerek alkalmazását a közeljövőben.

Az elektromos kábelrendszerek szerepei tűzvédelmi szempontból

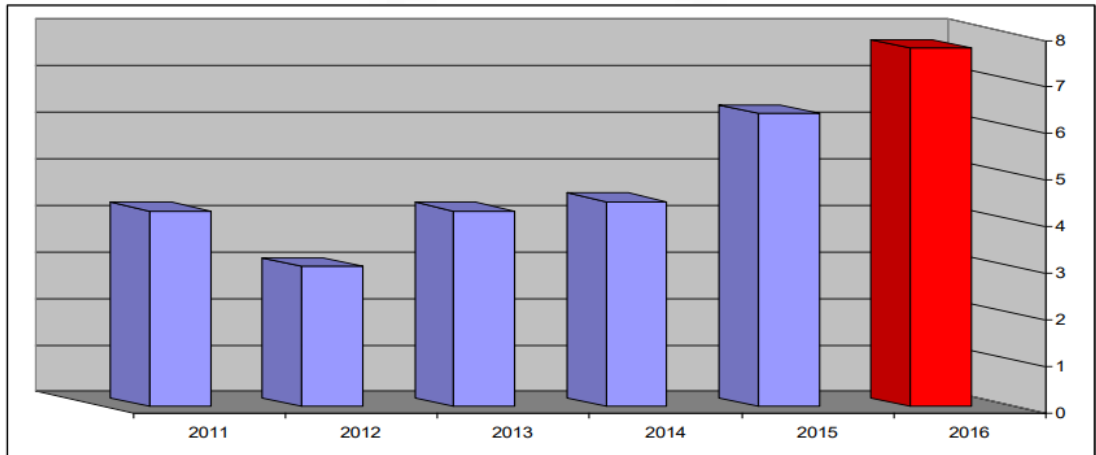
Minthogy a 21. századot az információtechnológia évszázadának is nevezik [4], megjelent az információs forradalom, és részeként a hálózatos gondolkodás és kialakítás a társadalom számos funkciójával kapcsolatban, és nincs ez másként az elektromos kábelrendszerekkel kapcsolatban sem, mely tűzvédelmi szempontból felerősíti a különböző szerepeit az elektromos vezetékeknek.

Egyrészt az aktív tűzvédelme részét képezik: ilyen rendszerek többek között a beépített tűzjelző- és oltásvezérlő berendezések, beépített tűzoltó rendszerek, hő- és füstelvezető rendszerek és a további menekülést, illetve a tűzoltók beavatkozását segítő rendszerek (tűzeseti fogyasztók működtetése), melyek a hálózatos kialakításnak köszönhetően sokkal hatékonyabbak.

Másrészt, az elektromos kábelrendszerek a passzív tűzvédelem részeként, mint építőanyagok jelennek meg az épületek tűzbiztonsága szempontjából. Ilyen szemszögből, a többi építőanyaghoz hasonlóan mind kedvezően, illetve mind kedvezőtlenül is befolyásolhatja a tűzterjedést, hiszen tűz esetén hozzájárulhatnak a tűz gyors tovább terjedéséhez a hálózatos kialakítás miatt, ezzel okozva nagyobb károkat és rontva a menekülés és beavatkozás feltételeit. Különösen felerősödik ez a szerep mikor a kábelek

elhelyezésére különálló helyiségeket, tereket alakítanak, mint például a kábelalagutak, álmennyezetek és álpadlók esetében.

Nem utolsó sorban, nemcsak a tűz tovább terjedésében működhetnek közre, de maguk az elektromos kábelrendszerek is magukban hordozzák potenciális esélyét annak, hogy a tűz keletkezési okai legyenek, mely okokra visszavezethető tüzek száma növekszik az idő előre haladásával, és a felhasznált kábelek mennyiségének növekedésével. A 2. ábra jól szemlélteti, hogy általánosságban a kivizsgált tüzesetek több mint felében a tűz keletkezési oka elektromos eredetű.



2. ábra A kivizsgált tüzesetek okainak aránya az elektromos keletkezési okok százalékában. (2011.01.01-2016.12.31-ig) (Forrás: katasztrófavédelem.hu BM OKF [5])

Az ilyen tüzesetek kialakulhatnak túlterhelésből adódóan [6], továbbá jellemzően a kötéseknél, azok túlmelegedéséből, mint például kapcsolóknál, sorkapcsoknál, forrasztott vagy sodort kötéseknél [7].

Az ilyen jellegű tüzesetek számos alkalommal nagy anyagi veszteséggel járnak, még ha nem is mindig követelnek emberéletet, és ez nem csak az ipari és kereskedelmi létesítmények esetén jelent problémát, hanem bizony a lakástüzek esetében is gyakran vezethető vissza a tűz valamilyen kábelrendszerekből, elektromosságból eredő okra.

Az egyik legnagyobb problémát az jelenti, hogy hogyan lehetne megelőzni az ilyen tüzeket, és minimalizálni a következményeiket, mind a szabályozási, tervezési, és kivitelezési szakaszban.

Mivel az elektromos kábelrendszerek a korábban bemutatott okoknál fogva nagyon sokfélék lehetnek, mind funkcióból kifolyólag, mind a felhasználás helyétől függően, a kutatásom során csak az épületekbe beépített elektromos kábelrendszereket kívánom vizsgálni tűzbiztonsági szempontból.

A következőkben feltárom az elektromos kábelrendszerek minősítési módszereit, és azok hiányosságait, majd javaslatot kívánok tenni egy alternatív minősítési módszerre kutatási eredményeim felhasználásával, illetve megfelelő szabvány és jogszabálymódosításra, reformálására, hogy mind a civil, mind a katonai létesítményeinket nagyobb biztonságban tudhassuk tűzvédelmi szempontból, ezzel minimalizálva a hamis

biztonságrzet kialakulását., illetve ezzel lehetővé téve a későbbiekben a kábelek különböző kockázati osztályú épületekre történő optimalizálását.

A TÉMA ELMÉLETI BEMUTATÁSA

Aktuális szabályozás - elektromos kábelek minősítése, mint építőanyagok

Magyarországon az egész Európa területére érvényes egységes szabályozás vonatkozik, miszerint az elektromos kábelrendszerek 2016 óta építési terméknek minősülnek, így az Európai Unió szabályozási szinten a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet, az építési termékekre vonatkozó rendelet CPR (Construction Products Regulation) határozza meg az elvárt teljesítményt és ezzel azt is, hogy a kábeleknek milyen vizsgálatokon kell átesniük, hogy beépíthessék őket, illetve, hogy az unió területén forgalmazni lehessen. A rendelet IV. melléklete tartalmazza a termékköröket, mely 1. táblázatában található, 31-es termékkör kóddal az „erőátviteli kábelek, vezérlőkábelek, távközlési kábelek” csoportja. [8]

A fentiek értelmében a gyártónak teljesítménynyilatkozatot (DoP: Declaration of Performance) kell készítenie/ készíttetnie, le kell minősítenie a terméket a vonatkozó harmonizált műszaki szabvány alapján, mely alapján biztosított lesz a CE jelölés használhatósága is.

Magyarországon a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet [9] határozza meg a teljesítmény igazolás részletes szabályait, és annak lehetséges módjait, melyek a következők lehetnek:

- harmonizált szabvány szerint;
- beépítéséért felelős műszaki vezető az építési naplóban tett nyilatkozatával igazolja;
- 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet V. melléklet 2. pontja szerinti kijelölt szervezetek (szakértő, szakértői intézet vagy akkreditált vizsgáló laboratórium);
- a gyártó önkéntes teljesítménynyilatkozatot tehet meghatározott esetekben;
- a honvédelmi és katonai célú építményekbe a NATO értékelési eljárás szerinti igazoló dokumentummal rendelkező építési termék további minősítés nélkül beépíthető, betervezhető
- kivételt képeznek a további vizsgálat nélkül osztályba sorolható termékek (CWFT, classified without further testing).

Az MSZ EN 13501 harmonizált szabványsorozat, foglalkozik az építési termékek és épületelemek tűzzel szembeni ellenállóképességének vizsgálatával, minősítésével. Ezek a vizsgálatok mind csak a környezeti oxigéntartalom mellett vizsgálják az éghetőség különböző jellemzőit.

A szabványsorozat 6. része, az MSZ EN 13501-6 [10] foglalkozik az elektromos kábeleken végzett tűzzel szembeni viselkedés vizsgálataiból származó adatok felhasználásával, osztályokba sorolásával, mely vonatkozik mind az erősáramú, jelző- és távközlőkábelekre, és a hibrid kábelekre (beleértve az optikai kábeleket). A MSZ EN 13501-6 szabvány 1. táblázata tartalmazza a hét tűzállósági osztályt, a kapcsolódó vizsgálatokat és kritérium értékeket, mely az egyik alapja az elektromos kábelek minősítésének.

Az MSZ EN 50575:2014/A1:2016 [11] harmonizált európai szabvány határozza meg a szükséges szabványos vizsgálati módszereket a kábelek tűzzel szembeni viselkedésének meghatározásához, mely a másik alappillére az osztályba sorolásnak, és mely látható az 1. táblázatban.

Osztály	Vizsgálati módszerek				
	EN ISO 1716	EN 50399 a	EN 60332-1-2	EN 61034-2 c	EN 60754-2 c, d
A _{ca}	X	-	-	-	-
B1 _{ca}	-	X ^b	X	X	X
B2 _{ca}	-	X	X	X	X
C _{ca}	-	X	X	X	X
D _{ca}	-	X	X	X	X
E _{ca}	-	-	X	-	-
F _{ca}	nincs teljesítmény meghatározva				
a: Az EN 50399 tartalmazza a korábban FIPEC ₂₀ 1. scenárióként és FIPEC ₂₀ 2. scenárióként említett információkat.					
b: Különleges vizsgálati feltételek vonatkoznak az EN 50399 szabvány B1 _{ca} osztályára.					
c: További osztályozási vizsgálatok.					
d: Az EN 60754-2 tartalmazza az EN 50267-2-3 szabványban korábban szereplő összes információt.					
EN 13501: „további vizsgálat nélkül besorolható” – CWFT					

1. táblázat EN 50575 1. táblázata: 1. táblázat – A tűzzel szembeni viselkedési osztályok vizsgálati módszerei

Az előbbieken bemutatott hosszas, sok, igen költséges szabványos vizsgálatból álló minősítési rendszer eredményeként 7 osztály egyikét kapjuk eredményül (A_{ca}, B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca}, E_{ca}, F_{ca}), melyek rendelkezhetnek kiegészítő osztállyal a füstfejlődés (s1, s2, s3), az égő cseppek/ részecskék alapján (d0, d1, d2), és savasság alapján (a1, a2, a3).

Aktuális szabályozás – tűzálló kábelek minősítése és a tűzvédelmi követelmények

Magyarországon az OTSZ (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) [12] határozza meg az építőanyagokkal szemben támasztott tűzállósági követelményeket a létesítmények mértékadó kockázati osztályának függvényében (illetve tetők esetében a szintszám figyelembevételével).

Jelen szabályozás nem tér ki külön a kábelek szabványok által meghatározott tűzzel szembeni viselkedésre vonatkozó osztályainak alkalmazhatóságára.

A jogszabály a kábelekre vonatkozóan a tűzeseti fogyasztók működőképesség megtartását írja elő adott ideig követelményként. (11. melléklet az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelethez, 1. táblázat a Tűzeseti fogyasztók működőképessége alcímhez).

A jogszabályi követelmények elfogadott, ajánlott gyakorlati megoldásai a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvekben (TvMI) találhatóak meg. A TvMI-kben található műszaki megoldások alkalmazása nem kötelező, azoktól el lehet térni, de abban az esetben bizonyítani kell az azonos biztonsági szint kialakítását, illetve a követelmények teljesülését. A TvMI 5.3:2022.06.13. Beépített tűzjelző berendezés tervezése, telepítése kötet tartalmazza a kábelek működőképesség-megtartásra vonatkozó követelmények

biztosításának három módját: kábelek betonfödémben vezetése, talajban fektetése, vagy szabványos vizsgálattal igazolása (Tűzvédelmi Megfeleléségi Tanúsítvány).

Három típusú szabványos vizsgálattal igazolható a megfelelőség:

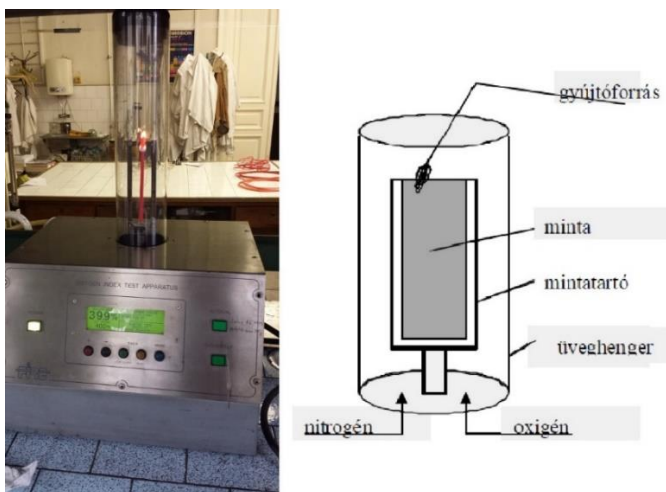
- Működőképesség-megtartás (MSZE24102/ DIN4102-12) Ezzel a módszerrel a kábel és a tartószerkezet együtt kerül minősítésre. A kritérium az, hogy adott időtartamon belül nem léphet fel zárlat, vagy szakadás. Tűzállósági osztályok: E30, E60, E90
- Szigetelőképesség-megtartás (MSZ EN 50200, MSZ EN 50362, IEC 60331) Tűzálló kábelek vizsgálata tűzhatásra és mechanikai igénybevételre. A kritérium azonos a korábbival, jelölése PH és a vizsgálat időtartama percekben (pl.: PH30)
- Lángterjedés (MSZ EN 60332-1/2/3) Egyetlen kábel, vagy kábelköteg vizsgálata. Kritérium az elszenesedett rész nagysága, mely adott értékek közé esik, adott idő elteltével. Elsősorban függőleges vizsgálat, az ad kedvezőtlenebb értéket.

KUTATÁSMÓDSZERTAN ÉS EREDMÉNYEK

Oxigén index mérése

Azzal a minimális oxigén koncentrációval is lehet jellemezni az anyagokat, amelynél még képesek égni, hiszen nem minden anyag képes a levegő 21 tf%-án égni, illetve vannak olyan könnyen éghető anyagok is, amelyek égéséhez a levegő oxigéntartalmánál kevesebb is elegendő az égéshez.

Az oxigén index (LOI: Limited Oxygen Index) az a legalacsonyabb levegő oxigéntartalom (térfogatszázalékban), amelynél az anyag még képes meghatározott idejű égésre, lángterjedésre. [13] Ennek vizsgálata egy szabványos módszer (MSZ EN ISO 4589-1:2000 [14]), mely során egy próbatestet elhelyezünk a készülék üveghengerében, és beállítjuk a kívánt értékre az áramló oxigén- nitrogén elegynek az oxigén koncentrációját, majd a gyújtóforrást a minta felső részéhez tartjuk 30 másodpercig. Oxigén indexnek az az érték tekinthető, mely legkisebb oxigéntartalomnál a beégés elérte a 8 cm-t. [15] A berendezés a 3. ábrán látható.

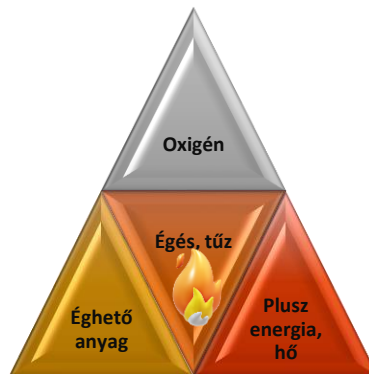


3. ábra Oxigén index mérő készülék (Óbudai Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi kar, Tűzvédelmi Vizsgálólaboratórium) [16]

Az oxigén index (LOI) fontos anyagi jellemző az anyagok éghetőségi jellemzőinek tekintetében, és felhasználása nagyon széleskörű lehet: elvileg bármely szilárd anyag vizsgálható ilyen módszerrel, melyet alapvetően a műanyagok vizsgálatára fejlesztettek ki, nem beszélve arról, hogy gyors és olcsó. Fontos tulajdonsága a vizsgálatnak, hogy ez az egyetlen módszer létezik a levegőn nem éghető anyagok vizsgálatára, illetve rangsorolására, továbbá jól jellemezhető ezzel a módszerrel a különböző égésgátló, égéskésleltető módszerek hatékonysága is.

Égés feltételei az oxigén index vizsgálat tükrében

A jól ismert égés háromszögéből is ismert, mely a 4. ábrán is jól látható, hogy három alap feltétele van az égésnek: éghető anyag, oxigén, és plusz energia, hő.



4. ábra: Égés háromszöge (Forrás: saját szerkesztés)

Mivel az oxigén index vizsgálata során a három feltétel módosítható, és az éghetőség azok függvényében meghatározható, lehetőséget ad a valós körülmények modellezésére. A következőkben ezen három tényezőt fogom sorra venni.

Éghető anyag – tűzálló kábelek vizsgálata

Elsőkét az anyagok éghetősége az, ami befolyásolja a szükséges oxigéntartalmat, illetve a plusz hőforrás mértékét, és ezzel a tényezővel foglalkozunk a legtöbbet, ha éghetőségről, illetve passzív tűzvédelemről beszélünk.

Korábbi tanulmányaim során kutattam a tűzálló kábelek minősítését, illetve az oxigén index alkalmazhatóságát tűzálló kábelek minősítésére. [15]

Fontos, hogy ebben az esetben a vizsgálatot $23 \pm 2^\circ\text{C}$ környezeti hőmérsékleten kellett elvégezni, a hőmérsékletfüggőség miatt.

A kiválasztott 5 mintatípusból 16 cm-es darabokat készítettünk, legalább 10 darabot típusonként.

A vizsgálati eredményeim a 2. táblázatban találhatóak.

A legjobban a 3. típus teljesített, mely a legmagasabb LOI-val rendelkezik: 37,7%, ami 16,7%-kal magasabb, mint a levegő oxigénkoncentrációja (21tf%). Ennek kapcsán amire külön érdemes figyelmet fordítani, hogy szabványos minősítése PH120, azaz a típusok közül nem a legmagasabb, nem ettől feltételeztük a legjobb eredményt.

Ezzel szemben az 5. típus, a minék a minősítése PH180, azaz azt várnánk, hogy magas LOI-t produkál, mégis csak 27,5 % LOI-t adott eredményül, ami azt jelenti, hogy

elég csak 6,5%-kal magasabb oxigénkoncentráció a levegőnél, és máris éghetővé válik az anyag. Ez szerepelt a leggyengébben a minták közül, nem számítva a nem tűzálló kábeltípust.

Mint a későbbiekben még kifejtem, ennek az oxigéndús környezetekben nagy jelentősége lenne. Ennél a mintánál, még az 1. típus is jobban teljesített LOI szempontjából, annak ellenére, hogy szabványos minősítése csak PH30. 33,7% LOI értéket ért el, azaz 12,7%-kal magasabb oxigénkoncentráció szükséges a levegőéhez képest, hogy éghetővé váljon.

A vizsgálat során empirikus úton tapasztalhatóak a kísérőjelenségek, melyek szintén láthatóak a 2. táblázatban. Ez alapot biztosíthatna a további szabványos vizsgálatoknak, mint például a fűstsűrűség mérése, vagy az égve csepegés.

Az eredményekből jól látható, hogy nem feltétlen jelente többletköltséget kivitelezés során, ha figyelembe vennék a LOI szerinti osztályozást is, nem feltétlen kell ellenállóbb típust megfizetni, csak helyes tényezők alapján megválasztani a felhasználni kívánt típust a környezeti feltételekhez.

Jellemzők			LOI (oxigén index)	Égési jelenségek	Sorrend LOI alapján (növs. Sorr.)	Levegő 21 tf.% O ₂ -hoz képest
1. NOBURN 2X1,9MM2 300/500v	PH30	Xps, kerámia- szilikon érszigetelés, halogénmentes	33,7 %	Lánggal égés	3.	+12,7%
2. KABTEK JE- H (St.)H.Bd 2x2x0,8	FE180 E90	Halogénmentes, tömör rézvezető csillámszalag érszigeteléssel	33,4 %	Lánggal égés, fűstölés alul és felül, olvadás és égve csepegés	2.	+12,4%
3. S.FIRE PROOF JB- H(ST.)H 1x2x1	PH120	Poliiolefin külső köpeny és érszigetelés; MICA szalag és folyósító szál.	37,7 %	Égve csepegés, olvadás	4.	+16,7%
4. BRANDMEL DEKABEL 10 eres tűzjelző kábel		Tűzjelző kábel. Feltételezhetően nem tűzálló kábel piros köpenyszíne ellenére. PVC köpeny.	36%-on teljesen elégett, nagyon gyorsan. Nagy fűsttel, szálló szálak anyagokkal és égéstermékekkel.		0.	-
5. EUROSAFE 2x1 SQMM SHIELDTO BS 638	E90 PH180	Árnyékolt; aluminált szintetikus fólia és lángálló pvc köpeny	27,5 %	Égve csepeg, olvad, fűstöl	1.	+6,5%

2. táblázat Oxigén index mérési eredmények (Forrás: saját szerkesztés)

Oxigén - oxigéndús környezet

Az oxigén index mérése az egyetlen szabványos módszer, mellyel a levegő oxigénszintjétől eltérő környezetben vizsgálhatjuk az anyagok éghetőségét. Tudunk vizsgálni levegőn nem éghető anyagokat, és pontosan rangsorolhatóak tűzállóság szerint.

A módszer lehetőséget biztosít arra, hogy számszerűsíthető legyen az anyagok tűzállóságának csökkenése az oxigénkoncentráció növekedésének függvényében. Mint korábban láthattuk a mérési eredményeknél, a jelenleg alkalmazott minősítési módszer szerinti rangsorolás eltér az oxigén index szerinti rangsorolástól, így közös alkalmazásuk lehetne jó megoldás a jövőben, a felhasználási környezeti követelmények tükrében.

A funkcióknál taglalt kettősségből adódóan (aktív tűzvédelem része – berendezések működtetése; passzív tűzvédelem része - mint beépített építőanyag), az aktív tűzvédelmi követelmények teljesítésére a jelenlegi minősítés a tüzeseti fogyasztók működőképességének megtartását tartja szem előtt, mely szükséges, de emellett szükséges lenne szabályozni passzív tűzvédelmi szempontokból is, mint építőanyag és annak éghetősége szerint (természetesen nem csak a tűzálló kábeleket).

Nagy jelentősége lehet ennek intenzív osztályok és műtők esetében, illetve bárhol, ahol oxigéndús környezet fordul elő, ilyen környezet lehet például bizonyos technológiai folyamatok esetén.

Számos tapasztalatot gyűjthettünk az utóbbi években a COVID-19 vírus okozta kiélezett helyzet kapcsán, mikor is a covid és intenzív osztályokon található rengeteg lélegeztető gépnek köszönhetően megnövekedett a kórházakban az oxigéndús környezetek mértéke. Láthattuk mivel jár, ha ilyen esetben kis tűzforrásnak köszönhetően is hatalmas robbanás következik be, óriási károkat okozva. A vírus speciális kihívások elé állította a tűzvédelmet is számos szempontból: a fertőző terekben a tűzoltás, a betegek menekítése, és mentése, majd új védett térbe helyezése sem volt hagyományos módon megoldható, hiszen a fertőző, és nem fertőző terek nem keveredhettek, melyek elválasztására számos esetben nem volt mód, nem is beszélve, hogy általában az itt tartózkodók önálló menekülésre nem képesek. Kis tűzforrásként, okozóként volt definiálva cigaretta, elektromos hiba, szikra, illetve olyan eset is volt, hogy az elhunyt mellett gyújtottak mécseset vallási okokból. Ezek mind elegendőek voltak, hogy ilyen nagy problémát okozzanak, ezért ilyen esetekben, ilyen terekben az anyagok és építőanyagok oxigén indexét is érdemes lenne vizsgálni, mely helyes megválasztása esetén minimalizálni lehetne a következményeket, és a terjedést. [17]

Az 5. ábrán jól szemlélteti milyen nagy hatással van az oxigénkoncentráció az égésre.



5. ábra: Oxigénkoncentráció hatása az égésre (Forrás:www.linde-gas.be [18])

Hőmérséklet – magas környezeti hőmérséklet

Az oxigénindex értéke igen erősen függ a hőmérséklettől: a vizsgálati hőmérséklet növelésével az oxigénindex csökken. Ha egy szabad levegőn rosszul égő- tehát szobahőmérsékleten viszonylag magas oxigénindexű- anyag oxigénindexét a hőmérséklet függvényében vizsgáljuk, találunk olyan hőmérsékletértéket, ahol az oxigénindex értéke 21%, azaz a vizsgálóberendezésben áramló oxigén- nitrogén elegy oxigénkoncentrációja azonos a levegő oxigénkoncentrációjával. Ezt a hőmérsékletet „hőmérsékletindex”-nek nevezik. A hőmérsékletindex gyakorlati jelentősége igen nagy, mert azt fejezi ki, hogy milyen hőmérsékleten képes valamely anyag normál atmoszférában önállóan égni, ezzel elveszítve a tűzállóságát. (Kutatók úgy vélik, hogy az oxigénindex csökkenésének mértéke a hőmérséklet függvényében anyagi minőségtől független.) [19]

Erre az összefüggésre, miszerint az anyagok éghetősége függ a környezeti hőmérséklettől, a magas üzemi hőmérsékletű terek esetén érdemes különös figyelmet fordítani.

Ez a módszer lehetőséget biztosít, hogy vizsgálhassuk ennek a mértékét.

A három tényező -anyagi éghetőség, hőmérséklet, oxigénkoncentráció- függése vizsgálható, így modellezve a felhasználási körülményeket pontosan megkaphatjuk a körülményekre vonatkozó tűzállóságot – a kábelek külső szigetelő anyaga esetében kiegészítve ez a funkciómegtartással.

Speciális magas környezeti körülmények esetében vannak külön szabványok vonatkozó tűzvédelmi előírásokkal, mint például a szaunák esetében, de egységes szabályozás nincs.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Javaslom az oxigén index szerinti éghetőség minősítést az elektromos kábelekre, kiegészítve a jelenlegi funkció megtartási vizsgálatokat, hiszen a két funkcióból adódóan mindkettő jelentős.

Továbbá javaslom az OTSZ-ben meghatározni az oxigén index alapján a követelményeket a különböző kockázati osztályokhoz tartozóan, figyelembe véve a különleges környezeti feltételeket – állandóan előforduló magas környezeti hőmérséklet, oxigéngazdag környezet.

Javaslom az alábbi oxigén index szerinti éghetőség csoportosítás alkalmazását [16]:

- (BA) LOI<20,95 - BA: burning in air/ levegőn éghető
- (NBA) 20,95-28,00 - NBA: non burning in air/ levegőn nem éghető
- (SE) 28,00-100,00 - SE: self-extinguishing/ önkioltó
- (NB) LOI>100,00 – NB: non burning/ nem éghető

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektromos kábelrendszereknek meghatározó szerepe van a mindennapjainkban, ezért azok tűzvédelmét érdemes alkalmanként felülvizsgálni az idő előrehaladásával.

Összetett szerepüknek köszönhetően a tűzvédelmüket is kettős szempontból érdemes megközelíteni: egyrészt az aktív tűzvédelmi berendezések működtetése irányítása szempontjából, melyek minősítését kielégíti a jelenlegi szabályozás; másrészt mint passzív,

az épületet hálózatosan átszövő beépített építőanyagok, melyek éghetőségének mértékét a többi építőanyaghoz képest érdemes lenne követelményként meghatározni, melynek alapja lehetne az oxigén index.

Az oxigén index vizsgálata egyedülálló módszer, mellyel az égés három feltételét az alkalmazási környezethez igazítva vizsgálhatjuk egy anyag éghetőségét (adott vizsgálati hőmérséklet biztosításával – valamilyen lehatárolt térrel).

Viszonylag olcsó, gyors és szabványos vizsgálat, melynek használata számos előnye ellenére nem elterjedt, és nincs kihasználva az általa nyújtott speciális minősítési lehetőségek.

A vizsgálat során empirikus módon észlelhetjük az égési folyamat kísérőjelenségeit, mely alapján további vizsgálati típusok szükségességét megítélhetjük. A minősítési módszer számos anyagtípus minőségének, éghetőségének vizsgálatára alkalmas, nem csak a kábelekre, így a minősítési módszer széles körűen kiterjeszhető. [13]

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

Irodalom

- [1] „EUROSTAT,” [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_e/default/table?lang=en.
- [2] 1163/2020. (IV.21.) Kormány határozat Magyarországi Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
- [3] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
- [4] Z. Haig, „Katonai műszaki tudományok a 21. században,” *Hadtudomány*, pp. 115-116, 2016/1-2.
- [5] B. OKF, „A villamos energia által okozott tüzesetek megelőzése,” [Online]. Available: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-09/64074.pdf>.
- [6] B. Elek, D. Varga és Z. Kerekes, „Elektromos vezetékek túlterhelésének hatása a tűzvédelmi biztonságra,” *Védelem Tudomány*, pp. 37-52. p., 2017.
- [7] Z. Kerekes és A. Török, „Háztartási villamos vezetékek és azok kötéseinek hatása a tűzveszélyességre,” *Védelem Tudomány*, pp. 53-65. p., 2017.
- [8] A. Wolańska, K. Wojciech és D. Małoziećca, „Electric Cables in the Context of Fire Hazard and Fire Protection Regulations,” *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, pp. 184-201, 2018.
- [9] 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.
- [10] MSZ EN 13501-6: Osztályba sorolás az erősáramú, jelző- és távközlőkábelek tűzzel szembeni viselkedésének vizsgálata során kapott eredmények felhasználásával.
- [11] MSZ EN 50575:2014/A1:2016 Erősáramú, jelző- és távközlőkábelek. Építmények általános alkalmazású kábelei a tűzállósági követelményeknek való megfelelés szempontjából (Power, control and communication cables (angol nyelvű)).
- [12] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról.

- [13] Z. Kerekes, É. Lublós és Á. Restás, „Az oxigén index (LOI) alkalmazásának lehetőségei a tűzvédelmi minősítésekben,” *Védelem Tudomány*, I. évfolyam, 3. szám, pp. 16-27., 2016.
- [14] MSZ EN ISO 4589-1:2000 *Műanyagok. Az égési viselkedés meghatározása oxigénindexszel.*
- [15] Z. Kerekes, É. Gyöngyössy és B. Elek, „Tűzoltó kábelek műanyag burkolatának új és hagyományos vizsgálati módszereinek összehasonlító elemzése,” *Védelem Tudomány*, pp. 24-36. p., 2017..
- [16] K. Zsuzsanna, *Doktori (PhD) értekezés: Oxigén index szerepe az oxidált- és szénszálak éghetőségében*, Gödöllő: Szent István Egyetem, 2012.
- [17] É. Gyöngyössy, „Fire safety of cables in oxygen-rich environment,” in *3rd Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference: Book of extended abstracts 26th of April, 2023*, Budapest, Védelem Tudomány, 2023, pp. 34-36 pp..
- [18] „Safety Advice. 4 – Oxygen enrichment,” Linde, [Online]. Available: https://www.linde-gas.be/nl/images/Oxygen%20enrichment_tcm171-72933.pdf. [Hozzáférés dátuma: 20 10 2023].
- [19] É. Gyöngyössy, *Szakedolgozat - Tűzálló kábelek műanyag burkolatának minősítési kérdései*, Budapest: SZIE-YBL Tűz- és Katasztrófavédelmi Intézet, 2018.

Jogszabályok

- Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)
- OTSZ: 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek
- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. Határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról
- Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (CPR: construction products regulation).

Szabványok

- MSZ 10200-1989 Műanyagok éghetőségének meghatározása oxigénindexszel), mind nemzetközi szabványok (ISO 4589, ASTM 2863, Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index))
- MSZ EN 13501- 6: Osztályba sorolás az erősáramú, jelző- és távközlőkábelek tűzzel szembeni viselkedésének vizsgálata során kapott eredmények felhasználásával. (Elérhető magyar nyelven.)
- MSZ EN 50575:2014/A1:2016 Erősáramú, jelző- és távközlőkábelek. Építmények általános alkalmazású kábelei a tűzállósági követelményeknek való megfelelés szempontjából (Power, control and communication cables. Cables for general applications in construction works subject to reaction to fire requirements). (Angol nyelvű magyar borítóval).
- Működőképesség-megtartás – MSZE 24102/DIN 4102-12

- Szigetelőkéesség-megtartás - MSZ EN 50200, MSZ EN 50362, IEC 60331
- Lángterjedés - MSZ EN 60332-1/2/3
- MSZ EN ISO 4589-1:2000 Műanyagok. Az égési viselkedés meghatározása oxigénindexszel.

**APPLICATION OF MATERIAL SCIENCE
PHENOMENA TO THE INDOOR DE-
TECTION OF FIRE AEROSOLS****AZ ANYAGTUDOMÁNYI JELENSÉGEK
ALKALMAZÁSA A TŰZAEROSZOLÓK
ZÁRTTÉRI ÉRZÉKELÉSÉBEN**NAGY Rudolf¹**Abstract**

As science and technology continue to evolve, so too do efforts to achieve fire safety. The specificities of fire locations and fire characteristics are giving rise to ever more varied technical solutions in fire detection. In order to reduce the dangers of fires that can occur and to control the spread of real fires in confined spaces, fire protection is endeavouring to make use of all the latest technical knowledge. Recognition of the increasingly complex building-physical and thermal interactions in the development of fires in the buildings to be protected is an important prerequisite for the installation of appropriate active fire protection systems. On the other hand, the limitations of each detection principle must also be taken into account in order to guarantee the required level of fire safety. Of course, in addition to the basic combustion theory, the technical design is also an important component of signalling efficiency. The specifics of the different versions of the technical solutions used in the detectors are described in the following paper.

Keywords

burning, phenomenon, fire, safety, smoke

Absztrakt

A tudomány és a technológiák folyamatos fejlődésével a tűzbiztonság megteremtésére való törekvések is mind szélesebb eszköztárat vonultatnak fel. A tűzhelyszínek és tűzjellemzők sajátosságai a tűzjelzésben is egyre változatosabb technikai megoldásokat hívnak életre. A bekövetkező tüzesetek jelentette veszélyek csökkentése és valós tüzek zárt terekben való terjedésének megfékezése érdekében a tűzvédelem a műszaki tudományok valamennyi vívmányát igyekszik szolgálatába állítani. A védendő építményekben keletkező tüzek fejlődésében tapasztalható mind összetettebb épületfizikai és termikus kölcsönhatások felismerése fontos előfeltétele a megfelelő aktív tűzvédelmi rendszerek létesítésének. Másfelől az egyes érzékelési elvek korlátait is figyelembe kell veyük a tűzbiztonság elvárt szintjének garantálásában. Persze az égésméleleti alapvetéseken túl az jelzésadás hatékonyságnak a technikai kivitel is fontos összetevője. Az érzékelőkben alkalmazott műszaki megoldások eltérő változatainak sajátosságait részletezi a következő írás.

Kulcsszavak

égés, jelenség, tűz, védelem, füst

¹ nagy.rudolf@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-5108-9728 | habil. senior lecturer, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary | habil. adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar

BEVEZETŐ

Évente hazánkban több tíz ezer tüzeset keletkezik. Ennek nagyobb hányada az otthonokban következik be, de ugyancsak egy jelentős része a munkahelyeken, közösségi létesítményekben fordul elő, amelyek az anyagi veszteségeken túl közvetlen és közvetett hatások révén is súlyosan veszélyeztethetik a bent tartózkodókat. Bár jöllehet, ezek gyakran a gyors beavatkozásnak köszönhetően nem fordulnak tragikus eseményekbe, mégis csak erre, illetőleg tűzoltók helytállására alapozni a tüzek bekövetkezésének csökkentését, nem lehet. Vagyis az emberi élet- és vagyonvédelem tűzbiztonság oldaláról jelentkező feladataiban prioritásként kezelendő a megelőzés eszközrendszere. A tűzveszély jelentette kockázatok kezelését és az ezek eredményességét biztosító beépített tűzjelző rendszerek létesítését is ideértve. Az ehhez kapcsolódó tűzvédelmi kérdéskörök az alábbi szerint csoportosíthatók:

- Épületek tűzterherre tervezéssel kiegészülő szerkezeti kialakítása,
- Veszélyeztetetteknek a tűzkockázatok hatóköréből való kivonása,
- Tűz felismerése, a veszélyeztetettek figyelmeztetése és a tűz megfékezése. [1]

Ez egyfelől azt jelenti, hogy mindenekelőtt arra kell törekednünk, hogy a létesítmények használatának színteréül szolgáló épületek rendeltetésüknek megfelelő, a rendeltetés jellegéhez igazodó strukturális felépítést biztosító szerkezeti és szilárdsági kialakítással létesüljenek. Másfelől a tűz kitörése esetén a tűz által veszélyeztetett épület a menekítendők számára minél rövidebb idő alatt, szervezeten módon elhagyható legyen. Harmadrészt a tűz kitörése következtében veszélyessé váló belső terek az ott beépített, valamint fellelhető anyagok, eszközök, berendezési tárgyak tűzkockázati jellemzőinek megfelelő és integrált rendszerben működni képes tűzvédelmi eszközökkel, berendezésekkel, valamint az esetleges tűz hatékony oltását biztosító feltételekkel legyenek ellátva. [2]

Az említett védelmi intézkedések meghatározásában a tűzveszély képezi a kulcskérdést. A tűz veszélyének értékelés kapcsán, fontos tisztázni, hogy milyen összetevők képezik annak elemeit. Ebben segítségünkre van a zárttéri tűzfejlődés alaposabb megismerése.

Tehát megállapíthatjuk, hogy egy tüzesetnél a kockázatok értékelésében lényeges:

- a kialakulható tűz, mint égési folyamat,
- másfelől annak környezetét képező tűzhelyszín, illetőleg
- az annak hatókörében tartózkodók, mint veszélyeztetettek.



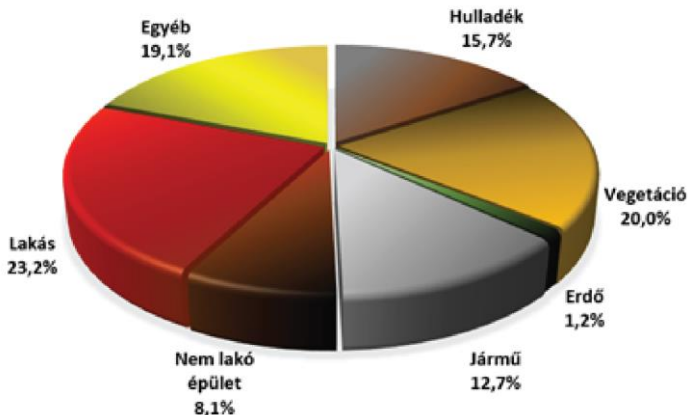
1. ábra: A tűz veszélytényezői a zárttéri tüzeknél
Forrás: Szerkesztette a szerző

Ezen az 1-es ábrán szimbolizált három tényező alapvető hatást gyakorolnak a kölcsönös hatásaik nyomán ébredő tűzveszély mértékére, miközben a tűz keletkezik és fejlődik.

Az eddigiekből is leszűrhető, hogy a tűzvédelemben jelentkező feladatokat a tűzhelyszínhez igazodóan kell definiálnunk. Bár ez egy valamennyi tüzesetre kiterjesztett általános érvényű megállapítás, mindemellett az épületek belső terei alkotta környezet fizikai sajátosságai jelentős befolyást gyakorolnak a tűzbiztonság kérdésére. Azonban megállapítható, hogy bármely a tűz veszélyét súlyosbító tényező felmerülése a tűzkockázatok növekedéséhez vezet. [3]

Így minden, ami akár a tűz és kísérőjelenségeinek megjelenését, dimenziójuk növekedését vagy akár a veszélyeztetettek kitettségének fokozódását idézi elő, hátrányos a tűzvédelem szempontjából. Vagyis a mindennapi életünk színteréül szolgáló épületekben a kockázatok fokozódását eredményezi az ott folyó tevékenységhez kötődően jelenlévő gépekre, berendezésekre, valamint a használt anyagokra vonatkozó tűzvédelmi követelmények figyelmen kívül hagyása. Vagyis a tűzvédelmi mérnöki ismeretek mellett megfelelő szervezési, intézkedési és irányítási rendszert kell működtetni, hogy a tűzvédelmi előírások érvényesülését biztosíthassuk az épületekben.

Ez nem egyébnek köszönhető, minthogy a leggyakoribb és legösszetettebb körülményeket teremtő tűzhelyszínek az épületek belső térelhatárolása révén kialakuló zárt terekben állnak elő. Ráadásul a statisztikák adatai alapján - amint azt az 2. ábra is illusztrálja - a tüzesetek nagyobb gyakorisággal is fordulnak elő az épületekben. Ezen okokból kiindulópontként kell tekintenünk az épületek tűzvédelmét a tűz megelőzés egyik fundamentumának jelentik.



2. ábra: Tüzesetek típusainak relatív megoszlása
Forrás: Szerkesztette [4] nyomán a szerző

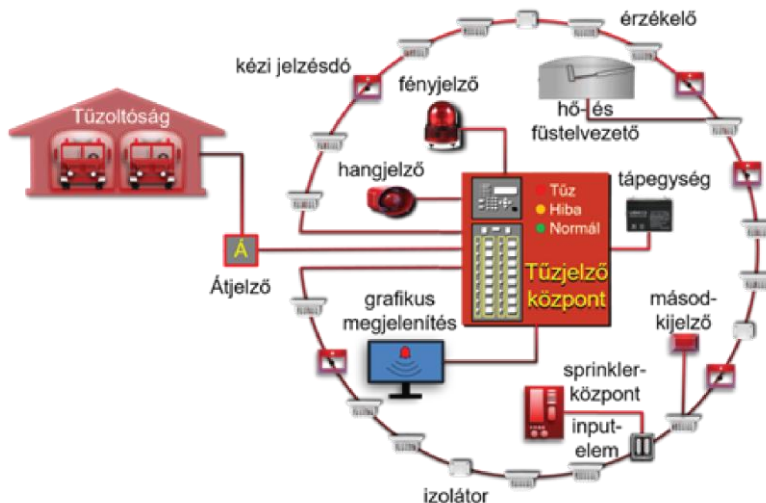
A tűzbiztonságának szavatolásában alapvető elv, hogy az élet- és vagyónvédelem hatékonysága, csak a jól megkonstruált passzív védelemhez magas fokú illeszkedéssel kiépített tűzvédelmi berendezésekkel egységben létesülő integrált rendszerként képzelhető csak el. Ennek aktív beavatkozást megvalósító rendszerek elemei közül döntő fontosságúak a beépített tűzjelző berendezések. Az általuk védett terek tűzbiztonsága eredményességének egyik fontos feltétele, hogy átgondolt tervezésüknek és kiépítésüknek köszönhetően a ke-

letkezett tüzet időbeni detektálják. Illetve még a tűz kialakulásának minél korábbi szakaszában megtörténjen a veszélyeztetettek számára a tűz jelzése, és az automatikusan beavatkozó tűzvédelmi berendezések vezérlése.

Az építményekben folyó bármilyen tevékenység kiszolgálásához igazított fizikai környezet tűzbiztonsága a létesítés tűzvédelmi követelményeinek folyamánként realizálódik. Ennek a lakóépületekben, a nagy alapterületű üzemsarnokokban és áruházakban, a raktárakban, stb. tartózkodók védelme mellett a berendezési tárgyak, a nagy értékű gépek és berendezések, illetőleg az ott fellelhető tűzveszélyes anyagok hatékony tűzzel szembeni védelme is fontos összetevője. A tűzvédelem megfelelő szintjének kialakítása érdekében már a tervezést megelőzően azonban alaposan fel kell térképezni a létesítményben bekövetkező tüzek kockázatát. Ehhez megfelelő ismeretekkel kell rendelkezni a károkat előidéző égési folyamatok sajátosságairól, melyek igen nagy eltérést is mutathatnak akár egy objektumon belül is. [5]

A TŰZVÉDELMI BERENDEZÉSEK ALAPFUNKCIÓI

Ezek során a tűzfejlődés különböző fázisaiban tüzről-tüzzre a kísérő jelenségek eltérő komponensei változó összetételben jelennek meg. Ezért azok érzékelésében is más-más detektálási eljárást választva válthatunk ki adekvát reagálást. Az ezt szolgáltató a 3-as ábrán vázolt tűzjelző rendszertől érkező jelzést a vezérlésekhez felhasználva az egyéb tűzvédelmi berendezések automatikus működtetésével lehet hathatósan késleltetni vagy megfékezni a keletkezett tűz kifejlődését. [6]



3. ábra: Beépített tűzjelző rendszer elvi felépítése
Forrás: Szerkesztette a szerző

A tűzvédelmi berendezések alatt, rendszerbe integrált, és összehangolt tüzeseti funkciókat megvalósító automatizált eszközök, valamint a működtetésükhöz szükséges funkcionális kapcsolatok összességét értjük. Ezek működésük során képesek a védett terekben bekövetkező tüzet kísérő jelenségek technikai azonosítására, és ezek alapján a tűz kockázatát csökkentő valamely jelzés, továbbá riasztás, illetőleg beavatkozás kiváltására. [7]

Az idejekorán működésbe lépő tűzjelző rendszerek alkalmazása nagyban csökkenti a tűz bekövetkezhető kiterjedésének mértékét és ezen keresztül eredményesen járul hozzá az életvédelmi célok megvalósulásához is. Ezért minden olyan helyen, ahol ebből kiindulva azt a magasabb tűzkockázatok indokolják, a beépített tűzjelző rendszerek létesítését a tűzvédelmi előírások kötelezően rögzítik is. [8]

Az automatikus beavatkozást megvalósító aktív tűzvédelmi berendezések, funkciói között találkozhatunk olyanokkal, melyek az egyebek mellett a passzív tűzvédelmi megoldásokat kiegészítő, azok hatékonyságának fokozását hivatottak biztosítani. Ilyenek például a legördülő füstkötevényfalak, illetőleg hő- és füstelvezetők, technológiai folyamat leállítás, feszültségmentesítés, tűzszakaszok rendeltetészerű technológiai kapcsolatait biztosító, a tűzgátló térelhatárolás szerkezeti folytonosságát megszakító nyílások tűzgátló lezárása, stb. [9]

Mások viszont önálló, egyedi szerepet töltenek be a technikai védelem reagáló képességének kiszélesítésével, mint például tűzoltás indítása. Az ilyen tűzeseti beépített rendszerek működtetésének előfeltétele, a rendeltetéshez igazodó, és megfelelő reagáló képességű érzékelő rendszer kiépítése a védett zónákban. Az ezek hálózatba szervezésével lehetőség nyílik a tűz minél korábbi észlelését követő gyors beavatkozás jelentősen csökkentve a tűzkockázatot a tűz kifejlődésének hátráltatásával. Bármely automatikus tűzvédelmi rendszert elemeinek létesítésében elengedhetetlen kritérium, hogy az azok felhasználásával megteremtett védelem rendszerében valamennyi aktív és passzív összetevő műszaki-technikai követelményei harmonizáljanak egymással, főként a tűzvédelmi követelmények oldaláról. Bármely nem megfelelősség a tűzbiztonság rendszerben a tűz számára lehetőséget ad a továbbfejlődésre, a védelem gyenge pontján keresztül megkerülve azt. A tűzvédelmi berendezések működési hierarchiájában az elsődleges funkciók a detektáláshoz társulnak, melyet a beépített tűzjelző rendszerek segítségével valósítanak meg. [10]

ÉRZÉKELÉS ÉS FIZIKAI KÖRNYEZET

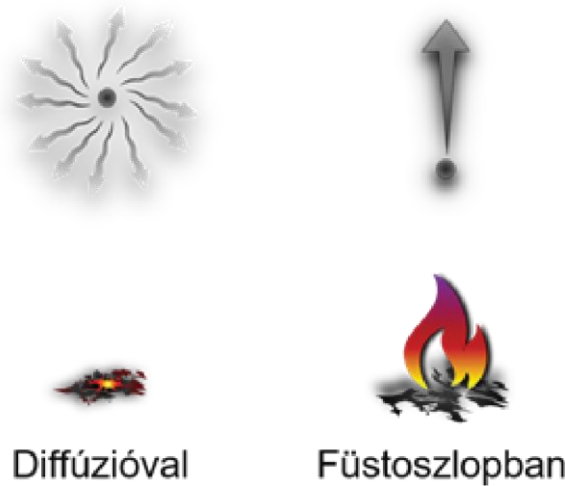
A védett terek környezeti sajátosságainak műszaki-technikai megfontolások szerinti logikai összekapcsolása a tűzvédelmi követelményekkel első lépésben az eltérő tűzérezékelési elvek alapján működő részegységek rendszerbe illesztésével történhet meg. Az ezeknél alkalmazható technikai megoldások az anyag és a tűz kölcsönhatásai okozta fizikai, mechanikai és energetikai változásokra épülnek. [11]

A tüzek észlelésének legkézenfekvőbb lehetőségét annak kísérő jelenségei általi közvetlen detektálása kínálja. Közvetett úton történő érzékelést viszont a velük kölcsönhatásba lépő anyag fizikai, kémiai változásainak révén valósíthatjuk meg. Az ennek következtében mérhető jelenségek detektálásához elsődlegesen a környezeti állapotjelzők mérése útján nyílik meg a lehetőség, melyek összefüggnek:

- a felszabaduló energiával (hőmérséklet, fényintenzitás, nyomás változással) vagy
- a keletkező anyagi természetű égéstermékekkel (égesgázokkal, tűzaeroszolokkal).

Az égés dinamikájától függően a tűzzel érintkező légtérben a füstterjedés két eltérő áramlási jelleget ölthet. amint azt a 4-es ábra mutatja.²

² Forrás: Szerkesztette a szerző



4. ábra: Tűzaeroszolok terjedési sajátosságai a tűzfejlődés eltérő szakaszaiban
 Forrás: Szerkesztette a szerző

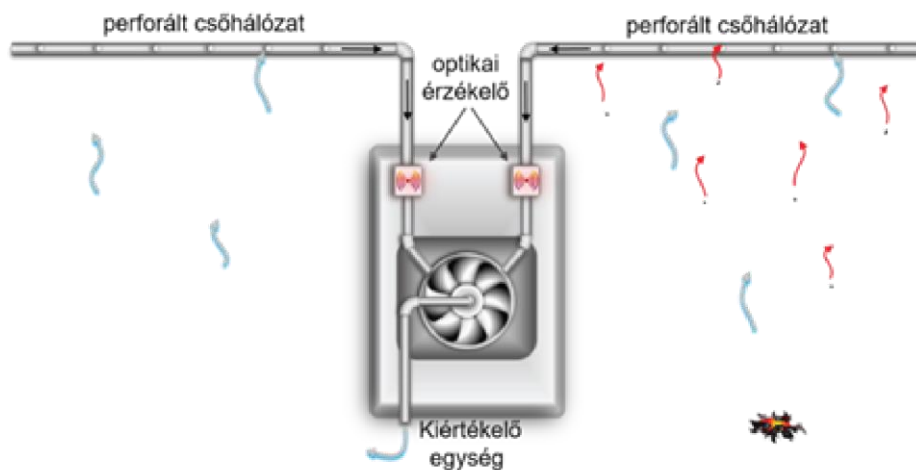
Az égéstermékek diffúz terjedése az égés kezdeti, izzáshoz köthető szakaszának jellemzője, amikor is a lassú égés miatti relatív kevés hőfejlődése kismennyiségű füstöt termel, amelynek részecskéit a környezetben uralkodó koncentrációkülönbség kiegyenlítésének hajtóereje készíteti mozgásra. Ez a viszonylag rendezetlen részecskemozgás a további tűzfejlődés gyors égése keltette felszálló légáramlatban, határozottan mozgó dinamikus felszálló füstoszloppá alakul át az égésgázok környezetükhöz viszonyított sűrűségkülönbsége miatt. Ennek megfelelően a kétféle gázcseré alatt megjelenő füst érzékeléséhez értelemszerűen különböző technikai módszerek illeszthetők.

A beépített tűzjelző rendszerekkel felügyelt zónák védett helyiségeiben megjelenő tüzek és kísérő jelenségei által érintett terek lefedhetők:

- aspirációs,
- pont-, illetőleg
- vonali érzékelőkkel. [12]

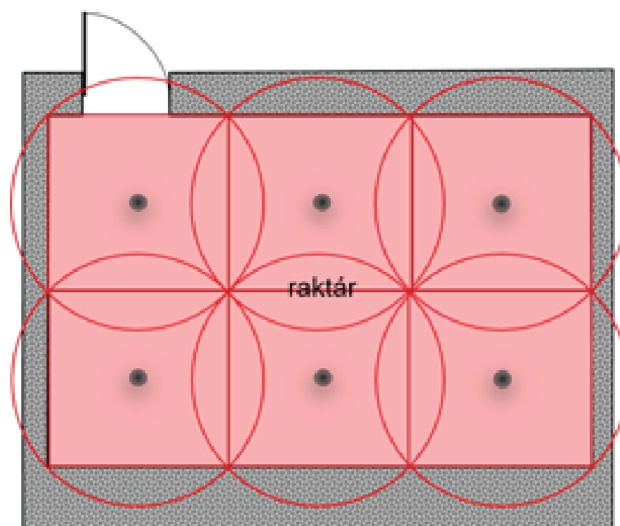
MŰSZAKI ELVEK AZ ÉRZÉKELÉSBEN

Az aspirációs elven működők már kiküszöbölik a füst érzékelők által lefedett térrész detektálási zónájába való viszonylag lassúbb diffúziója jelentette idővesztéséget, mivel a védett térben kiépített perforált csőhálózatba beszívott, és az így létrejövő depresszióval keltett kényszeráramlásnak köszönhetően a füst részecskéi gyorsabban juthatnak el a központi érzékelő egységbe, amint azt a 5-ös ábra is szemlélteti. A központi egységben viszont a füst szilárd alkotó elemei optikai érzékelés elvén működő érzékelő segítségével generálnak jelet.



5. ábra: Aspirációs füstérzékelő működési elve³
 Forrás: Szerkesztette [13] nyomán a szerző

A pontérzékelők a védett tér egy megadott pontjában rögzítve az annak érzékelési zónájában keletkező tüzeket képesek jelezni. A segítségükkel lefedhető terek korlátosak, tekintve, hogy a felszálló füstoszlop területi zónája, annak elméletileg meghatározott szétterjedése miatt, egy a tűz középtengelyétől vett mintegy 30°-os szögelhajlású forgáskúp képét rajzolja ki. Ezt alapul véve a pontérzékelőknél is ezt alkalmazzuk a védett terület megállapításánál, az érzékelő rögzítési pontjára kivetítve, figyelemmel az kirajzolódó a védősugarak műszaki követelmények szerinti előírt átfedésével történő, a helyiség teljes alapterülete lefedtségének biztosítása mellett, ahogyan azt a 6-ös ábra is szemlélteti. [14]



6. ábra: Pontérzékelők elvi telepítési vázlata
 Forrás: Szerkesztette TvMI 5.4, 9.3.4. pont, 1. ábra nyomán a szerző

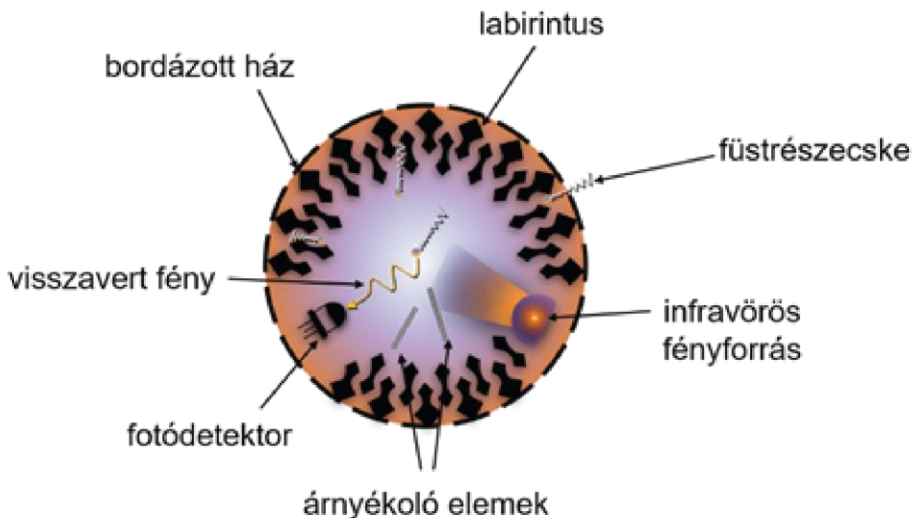
Optikai érzékelés

Az első és legelterjedtebb és talán a legkézenfekvőbb is a füst jelenlétének fénytani kölcsönhatások alapján való azonosítása. Hisz magunk is gyakran ennek köszönhetően már igen messziről be tudjuk azonosítani a tüzet a fejlődő füst látványa alapján. Az ennek elvét szolgáltató optikai jelenségek az optoelektronikai érzékelésben is hasznosíthatók. Az egyik leghatásosabb megoldás, hogy a füstöt alkotó részecskék optikai jelenségeket idéznek elő a velük kölcsönhatásba lépő fényvel, ami az alábbiak valamelyikébe sorolhatók:

- fényvisszaverés,
- fénytörés,
- fényelnyelés.

Füstérzékelők ott alkalmazható eredményesen, ahol az égés jelentős füstképződéssel jár, például gumi, műanyagok és egyéb jelentős mennyiségű szilárd füstreszecskét kibocsátó anyagoknál. Az érzékelőkben egyidejűleg megtalálhatók a fénytani hatás kiváltásához szükséges fényforrás és a fény intenzitás változását észlelni képes detektáló egység. Ehhez azonban ki kell zárni minden egyéb zavart és így téves riasztást okozni képes külső fényhatást az eszközbe jutható külső fénysugarakat csapdába ejtő labirintus hivatott biztosítani. [15]

A füst jelenlétének azonosításával történő működéshez szükséges, hogy az eszköz belsejébe bediffundálhassanak a füstreszecskék, amit az eszköz házában kialakított rések biztosítanak. Mivel az eszközben a fényforrás és a detektor közé árnyékoló elemeket helyeznek el, mivel ezeknek köszönhetően nem vetülhet közvetlenül a fotodetektorra, ezért az eszközben lévő fényforrás által kibocsátott fénysugár nem válthat ki téves jelzést. Amint azonban a detektált zónába az 7-es ábrán vázolt módon bekerülő füstreszecskéről a detektorra verődő fény intenzitás változást hoz létre az detektorjelet generál. Azt az elektronikai egység tűzjelzésként továbbítja a tűzjelző központnak.

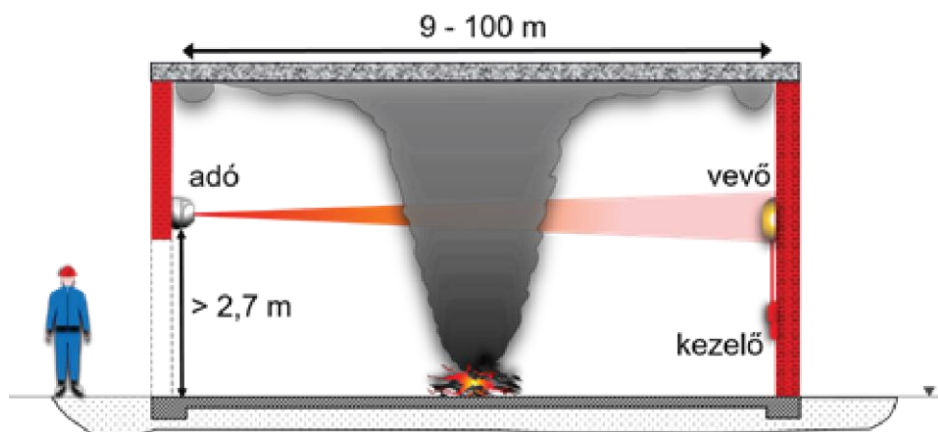


7. ábra: Optikai füstérzékelő működési elve
 Forrás: Szerkesztette [15] nyomán a szerző

Ezek az optikai elven működő füstérzékelési megoldások a védendő tér nagyobb kiterjedésű zónáit átfogni képes technikai kivitelben, úgynevezett vonali érzékelőkkel is megvalósíthatók. A vonali érzékelők a telepítésük szerinti helyiség hosszanti kiterjedésének az érzékelő által lefedett részét felügyelve töltik be funkciójukat. Az nagyobb üzemi és munkatereket átfogó távolságok esetén alkalmazhatók, főként olyan tűzfejlődést feltételező körülmények közepette, ha:

- detektálható égéstermékek megjelenése tapasztalható,
- az optikai érzékelését egyéb fizikai akadályok nem korlátozzák,
- nagy belmagasságú helyiségekben az érzékeléshez elegendő felhajtó erő ébred,
- a valós tűzfejlődést elfedő egyéb jelenségek nincsenek a környezetben (pl.: por), stb.

Az infravörös spektrumba tartozó fény detektálása jellemzően a lángérzékelők alkalmazásához köthető. A nagyobb belterű helyiségek védelme céljából technikailag eredményesen kivitelezhető. Szemben a pontérzékelőkkel ennek előfeltétele, hogy fényforrás és az érzékelő egymástól elkülönülten, de a köztük folytonos fénynyalábbal történő optikai kapcsolat állandó legyen. Az ilyenkor alkalmazott érzékelési elv nem a jelintenzitás növekedésén alapszik, hanem épp fordítva. Az alapjel csökkenését a lefedett légtérben megjelenő füst fényintenzitását csökkentő fényelnyelésének optikai jelensége váltja ki a tűzérzékelést. Az infravörös fénysugár egyenes vonalú terjedése folytán fényvisszaverő prizmákkal a fényforrás és a detektor azonos szerkezeti egységben való felszerelése is megoldható ezen módszernél. Mint az a 8. ábrán jól kivehető, lényeges szempont, hogy az egymásra „rálátó” elemei az eszköznek úgy kerüljenek felszerelésre, hogy az üzemi közlekedés és anyag-, valamint termékmozgatás ne érintse a detektálási zóna magasságát. Ezt az adott munkatérben zajló munkafolyamatokhoz igazítva kell megválasztani.



8. ábra: Vonali optikai füstérzékelő telepítésének elvi vázlatja
Forrás: Szerkesztette Csepregi [5] nyomán a szerző

Az optikai elvű detektálásban monokromatikus fénynyalábot kibocsájtó lézeres érzékelőket is kifejlesztettek. Ezek technikai megvalósításában az eszköz működési alapelve az, hogy a kibocsátott és visszaverődő lézertény az fényforrás és érzékelő között lévő szakaszon a tűz hatására megváltozott fénytörésű közegben a lézertény sugarak optikai jellemzői megváltoznak, mely elektrooptikai úton azonosítható. A tűz korai jelzését lehetővé tevő

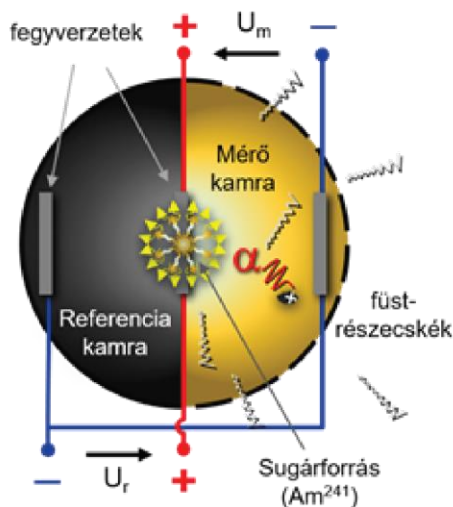
módszert általában kiemelten veszélyes, és intenzív tűzfejlődést mutató térvédelemben, például kábeltüzek korai tűzjelzésére alkalmazzák.

Ionizációs érzékelők

Működésének a radioaktív sugárzás keltette ionizációja keltette töltésvándorlás kiváltotta villamos jelváltozáson alapszik. Az igen kis rétegvastagságban kerámiahordozóra felvitt alfasugárzó izotóp kibocsájtott részecskéi ionizálják a szabad gázionokat. Az ionizáció következtében a villamos körbe bekötött kondenzátorok feszültség alá helyezése révén a fegyverzetén lezajló töltés kiegyenlítés a két kamrában azonos erősségű villamos áramot hoz létre. Az így kialakuló töltésvándorlásból származó áram adja a kamrák nyugalmi áramát. Az áramkörben külső behatás nélkül ez konstans értéket vesz fel mindkét kamrában.

A referencia kamra hermetikus lezárása miatt a füst részecskén nem juthatnak be, és ezért a külső körülmények változásai nem okozhatnak az áramköri karakterisztikában módosulást. Ehhez képest az érzékelő burkolatának perforációja a mérőkamra felé átjárhatóságot biztosít a füst részecskék számára ezért azok bediffundálásakor az ionizáció létrejöhet. Amint tűzaeroszol kerül a mérőkamrába, úgy a referenciakamrához képest a nyugalmi áram megváltozik. Ellenben a referencia kamra áramkörén továbbra is változatlanul nyugalmi áram folyik át, és ez a feszültségkülönbség mérésével jól kiértékelhető.

Az ionizációs füstérzékelők nagy érzékenységük ellenére már kiszorultak az alkalmazási területeikről, mivel a benne található 9. ábrán is feltüntetett sugárforrás veszélyessége nagyban megnehezíti az ilyen eszközök szigorú környezetvédelmi előírásoknak megfelelő ártalmatlanítását. [16]

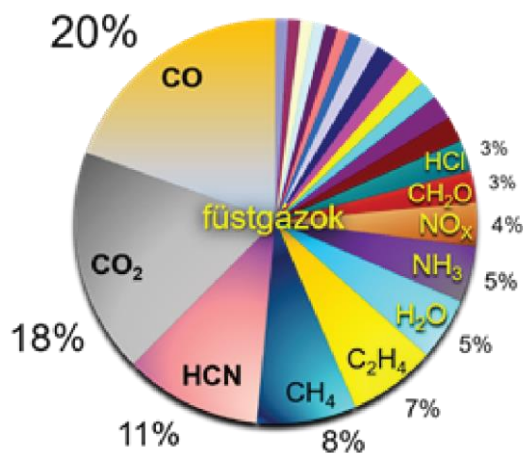


9. ábra: Ionizációs füstérzékelő működési elve
Forrás: Kun [16] nyomán a szerző

Égégázok detektálása

Számos esetben a tűzaeroszolok égégázok alkotta komponenseinek érzékelése is igen fontos összetevője lehet a tűz keletkezésének azonosításában. Égés során keletkezett égégázok 10. ábrán megjelölt leggyakoribb gázhalmazállapotú égéstermék között találjuk

szén-monoxidot, szén-dioxidot és a hidrogén-cianidot. Melyek közül különösen nagy jelentőségű a lakossági füstgáz-mérgezésekért felelős, tökéletlen oxidáció eredményeként képződő szén-monoxid detektálása. [17]



10. ábra: Égéstermékek füstgázainak relatív mennyisége
Forrás: Szerkesztette [18] nyomán a szerző

A gázérzékelők más kategóriái az ipar területén terjedtek el és műszaki technikai kialakításuk szerinti érzékelési elveik az egyes táblázatban foglaltak szerint kategorizálhatók.

Füstgáz típusa	Érzékelés elve
Éghető gázok	Fűtött katalizátoros Félvezetős adszorpció Optikai
Toxikus gázok	Félvezetős adszorpció Elektrokémiai cellás Optikai

1. Táblázat: Gázérzékelés műszaki megoldásai
Forrás: Szerkesztette [16] nyomán a szerző.

KÖVETKEZTETÉSEK

A füstérzékelők korlátait a környezetben előfordulható egyéb a technológiai hatásokra való érzékenysége adja, mint például a porok és páratartalom. Ezért az ömlesztett szilárd anyagokat szállító és tároló területeken, valamint az őrlést alkalmazó élelmiszeripari műveleteknél, illetőleg az egyéb porállagú lebegő szennyezőanyagokat képező fragmentálódással járó textil és faipari, stb. technológiákban felhasználásuk nem lehetséges.

Ezekon a területeken a magas porkoncentráció miatt a füstérzékelők téves jelzést generálnak. Azonban a gázérzékelők és a hőérzékelők, valamint egyéb itt nem tárgyalt speciális érzékelő típusok képesek kiküszöbölni ezeket a hátrányokat. Mindemellett az azoknál alkalmazott technikai megoldások ugyancsak feltételezik a környezeti és a műszaki követelmények szinkronba hozását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Beda L., Épületek tűzbiztonságának műszaki értékelése ZMNE Doktori (PhD) értekezés, 2004.;
- [2] Horváth L., Kulcsár B., Lublós É., Sas V., Vigh L.G., Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra. Magyar Mérnöki Kamara, 2010.;
- [3] Beda L.: Tűzmodellezés és tűzkockázat elemzés, Ybl Miklós egyetemi jegyzet, 1999.;
- [4] CTIF, International Association of Fire and Rescue Services, World Fire Statistics Report / Informe/ Bericht № 28, 2023., https://www.ctif.org/sites/default/files/2023-06/CTIF_Report28-ESG.pdf;
- [5] Csepregi Cs., Tűzjelző rendszerek, Florian Press Kiadó Budapest 2001.;
- [6] Krepuska A. I., Nagy R.. A hő- és füstelvezető rendszerek vezérlésének sajátosságai. Védelem Tudomány a Katasztrófavédelem Online Szakmai, tudományos folyóirata, 2023. 8(1), 25-46., <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13523>;
- [7] Krepuska A., Nagy R. Study of the technical requirements of functionality retention cable systems. Védelem Tudomány, 2023. 7(2), 65-86., <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13613>;
- [8] Fodor M. Tűzjelző rendszerek vezérlései a gyakorlatban. Védelem Tudomány, 2023. 8 (klsz), 8., <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13463>;
- [9] Kruppa A., Villamos vezetékrendszerek tűzvédelme, OBO Bettermann Kft., 2013.;
- [10] Kovács I., Óravázlatok Beépített tűzvédelmi berendezések című tárgyhoz, Budapest, 1995., 6. o.;
- [11] Morgan J. Hurley, et al, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Greenbelt, MD, USA 2016., ISBN 978-1-4939-2565-0, pp. 131;
- [12] Bellus L., A tűzjelzés fizikája III., Védelem – katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, ISSN: 1218-2958, 2002, 9. évf. (6), 37-41 o.;
- [13] IndiaMART, InterMESH Ltd., Vimal ASD 532 1950 G Aspirating Smoke Detection System, <https://www.indiamart.com/proddetail/vimal-asd-532-1950-g-aspirating-smoke-detection-system-20219188597.html>, (letöltve: 2024. 01. 23.);
- [14] TvMI 5.4:2024.02.01. Beépített tűzjelző berendezés tervezése, telepítése;
- [15] Föglein Gy., ARITECH 2000 tűzjelző rendszer IV., Védelem – katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, ISSN: 1218-2958, 1998, 5. évf. (3), 43-45 o.;
- [16] Kun Z., Ionizációs füstérzékelők: mi a teendő? Védelem – katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, ISSN: 1218-2958, 1999, 6. évf. (3), 40-41 o.;
- [17] Nagy R., „Impact of chimney sweeping on protection of life and property”, in Nagy R., (szerk.), Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, ISBN: 9789634493006, Budapest, 2023., 73-86. o.;
- [18] Bellus L., A tűzjelzés fizikája I., Védelem – katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, ISSN: 1218-2958, 2002, 9. évf. (4), 25-27 o.;

Follow, like, post, publish! | Kövess, lájkolj, posztolj, publikálj!



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>



<https://www.linkedin.com/company/safety-and-security-sciences-review>



<https://www.facebook.com/biztonsagtudomanyi.szemle>