



VÉDELEM TUDOMÁNY

Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat

ISSN 2498-6194

VII. évfolyam 4. szám, 2022. október

Szerkesztőbizottság

Elnök

Prof. em. Bleszity János ny. t.ú. altábornagy CSc., professor emeritus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet

Főszerkesztő

Heizler György ny. t.ú. ezredes

Tűzvédelem

rovatvezető: Dr. habil Restás Ágoston ny. t.ú. alezredes PhD - tanszékvezető egyetemi docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésszervezési Tanszék

- Dr. Bérczi László t.ú. dandártábornok PhD, országos tűzoltósági főfelügyelő, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
- Dr. Kerekes Zsuzsanna PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Tűz- és Katasztrófavédelmi Intézet
- Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva Eszter PhD - egyetemi docens, BME Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék
- Dr. Monosi Mikulás PhD - egyetemi docens, Zsolnai Egyetem Biztonsági Mérnöki Kar (Szlovákia)
- Dr. Pimper László PhD, igazgató, FER Tűzoltóság, Százhalombatta
- Dr. Takács Lajos Gábor PhD - egyetemi docens, BME Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épületszerkeztani Tanszék

Polgári védelem

rovatvezető: Dr. Jaczkovics Péter t.ú. ezredes, PhD, főosztályvezető, BM OKF Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály

- Dr. habil Endrődi István ny. t.ú. ezredes, PhD, egyetemi docens, elnök, Magyar Polgári Védelmi Szövetség
- Prof. Dr. Kóródi Gyula PhD, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet
- Dr. habil Lakatos László ny. vezérőrnagy, PhD, egyetemi oktató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
- Dr. Muhoray Árpád ny. pv. vezérőrnagy, PhD, ny. egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem KVI
- Prof. Dr. Alexandru Ozunu egyetemi tanár dékán, Környezettudományi és Mérnöki Kar, Babes Bolyai Egyetem, Románia

Iparbiztonság

rovatvezető: Dr. habil. Kátai-Urbán Lajos t. ezredes, PhD, egyetemi docens, tanszékvezető, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Iparbiztonsági Tanszék

- Prof. Dr. Földi László mk. ezredes, PhD egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
- Dr. Török Zoltán PhD, egyetemi docens, Környezetvédelmi és Környezetmérnöki Kar, Babes Bolyai Egyetem (Románia)
- Ing. Alena Oulehlová PhD. egyetemi docens, oktatási dékán-helyettes, Védelmi Egyetem Katonai Vezetési Kar, Brno Csehország
- Prof. Dr. Pátzay György PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet
- Prof. em. Solymosi József ny. mk. ezredes DSc. professor emeritus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem
- Dr. habil. Szakál Béla ny. pv. ezredes, PhD, professor emeritus, Szent István Egyetem Tűz- és Katasztrófavédelmi Intézet
- Dr. habil. Vass Gyula t. ezredes, PhD, egyetemi docens, igazgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet

Vízügy, vízvédelem

rovatvezető: Dr. Mógor Judit t. dandártábornok, PhD, hatósági főigazgató helyettes, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

- Dr. Bíró Tibor PhD egyetemi docens, dékán Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar
- Dr. Cimer Zsolt PhD egyetemi docens, oktatási dékán-helyettes, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar
- Dr. Hoffmann Imre t. altábornagy, PhD, címzetes egyetemi tanár - helyettes államtitkár, BM Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkárság

Humán igazgatás, képzés

rovatvezető: Dr. Bognár Balázs t. dandártábornok, PhD, igazgató, Vas Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

- Dr. Berki Imre PhD, múzeumigazgató, Katasztrófavédelem Központi Múzeuma
- Dr. Papp Antal t. ezredes, PhD, igazgató, Katasztrófavédelmi Oktatási Központ

Logisztika, műszaki technika

rovatvezető: Dr. Demény Ádám t. dandártábornok, PhD, főigazgató, Közbeszerzési és Ellátási Főigazgatóság

- Dr. habil Horváth Attila alezredes, PhD, egyetemi docens, tanszékvezető, NKE HHK Műveleti Logisztikai Tanszék
- Dr. Unger István t. ezredes, PhD, gazdasági igazgató-helyettes, Vas Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

Kiadó: Rádiós és Infokommunikációs Országos Egyesület

Szerkesztőbizottság elnöke: Prof. em. Bleszity János

Főszerkesztő: Heizler György

Szerkesztőség címe: Kaposvár, Somssich Pál u. 7.

Levelezési cím: 7401 Kaposvár, Pf.: 71.

Telefon: +36 82-413-339

e-mail: szerkesztoseg@vedelem.hu

gyorgy.heizler@katved.gov.hu

ISSN 2498-6194

Jelen számunk szerzői

Balatonyi László

Barina Balázs József

Dr. Berki Imre

Elek Barbara

Fehérvári Sándor

Gyöngyössy Éva

Kerekes Zsuzsanna

Komlai Krisztina

Mihály István

Somogyi Tamás

Szalkai István

Szendi Rebeka

Szikra Csaba

Dr. Takács Lajos Gábor

Vásárhelyi Örs László

Zsitva Attila



Fehérvári Sándor

ELTÉRŐ KORBAN HŐTERHELT HOMOGÉN ÉS HETEROGÉN CEMENTKÖVEK TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Absztrakt

A betonszerkezetekre leselkedő legrombolóbb hatást a tűz és a magas hőmérséklet jelenti. A betonszerkezetek nagy hőmérsékleti viselkedésének jobb megismerése érdekében homogén és heterogén cementköveken végeztünk vizsgálatokat. Homogén Portlandcementek esetében 3 víz-cement tényezővel (0,3; 0,25 és 0,222), 3 vizsgálati korban (28, 90 és 180 nap) hajtottuk végre a vizsgálatokat nyolc hőlépcsővel (20-900 °C). Heterogén cementkövek esetén megegyező korban és hőlépcsőkkel, konstans víz-finomrész tényező megtartása mellett két adagolással (20% és 35%) végeztük el vizsgálatainkat. A felhasznált cementkiegészítő anyagok a kvarcliszt, a magnetit, a bórkarbid, a samottliszt és a perlitliszt voltak. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a homogén Portlandcementk esetében, 200-300 °C környezetében jelentkező lokális szilárdsági maximumhelyek az idő múlásával, 28 és 180 napos kor között, 10-30%-kal csökkennek oly módon, hogy a kiindulási szilárdság 85%-át egy esetben sem múlják alul. A lokális szilárdsági maximumpontok csökkenését a Hőtűrés értékeiben is kimutattuk. A cementkiegészítő anyagok közül a bórkarbid és perlit hozott vizsgálatra érdemes eredményt. A bórkarbid esetében a maradó nyomószilárdsági értékek a 600 és 900 °C-on vizsgált próbatestek között, minden korban és víz-finomrész tényező mellett, növekedtek elérve a kiindulási szilárdság 43-56%-át. A perlit adagolásával készített cementkövek szilárdságai minden esetben elérték, vagy meghaladták a kiindulási szilárdság 80-90%-át egészen a 600°C-os hőterhelési értékig.

Kulcsszavak: cementkő, cementkiegészítő-anyagok, reziduális nyomószilárdság, bórkarbid, perlit



COMPARISON OF PROPERTIES OF HOMOGENOUS AND HETEROGENOUS HARDENED CEMENT PASTS EXPOSED TO HIGH TEMPERATURE AT DIFFERENT AGES

Abstract

Fire and high temperatures are the most destructive effect on concrete structures. To better understand the behaviour of the concrete exposed to high-temperature series of tests were carried out on homogenous and heterogenous hardened cement pastes. At three ages (28, 90, and 180 days) with three water-cement ratios (0.300; 0.250; 0.222), at eight different heat steps (from 20 °C to 900 °C), pure Ordinary Portland cement was tested. A study at the same ages and heat steps on heterogenous cements with two dosages (20% and 35%) of cementitious material with constant water-fine ratio was also carried out. The examined fines were powdered quartz, magnetite, boron carbide, powdered chamotte, and powdered perlite. Our experiment showed that the local maximum value between 200-300 °C of the relative residual compressive strength of Ordinary Portland Cement specimens decreased 10-30% from the values of 28 days old specimens to the 180 days old samples. However, the lowest strength value was at least 85% of the initial strength. The disappearance of the local strength maximum points is also noticeable in the rates of the Integrated Temperature Endurance. Among the cementitious materials, boron carbide and perlite eventuated remarkable results. The boron carbide resulted residual strength increment between 600 °C to 900 °C and ended 43-56% of the initial strength in all ages and water-fines ratios. The perlite powder containing cement pastes produced nearly constant, at least 80-90%, residual compressive strength up to 600 °C.

Keywords: hardened cement paste, cementitious material, residual compressive strength, boron carbide, perlite



1. PROBLÉMAFELVETÉS

A világ legnagyobb mennyiségben felhasznált építőanyaga és a víz után a második legnagyobb mennyiségben felhasznált anyaga a beton (Humphreys és Mahasenan, 2002). Ez a hatalmas igény egy évszázada irányítja az anyagtechnológiával foglalkozó kutatók figyelmét arra, hogy minél jobban megismerjék e heterogén anyag belső tulajdonságait, külső hatásokkal szemben történő ellenállását. A történeti anyagtan elsősorban a makrostrukturális tulajdonságokkal, a teherbírás tervezéséhez szorosan kapcsolódó jellemzőkkel foglalkozott. Az utóbbi évtizedekben vált egyértelművé, hogy „egyéb” külső hatásokkal szembeni ellenállás kérdése is legalább olyan fontos, mint a pusztán teherbírás meghatározása (Elsen et al., 2011; Lublók, 2021).

Egyértelműen kijelenthető, hogy a betonszerkezetekre ható legrombolóbb hatás a szerkezetet érő tűz láng- és hőhatása (Lublók, 2021). Az elmúlt évtizedek statisztikai elemzései igazolják továbbá, hogy a tüzesetek száma folyamatosan növekszik (Lublók, 2008; Fehérvári, 2009), melynek okai egyrészt a megnövekedett veszélyforrás-koncentrációban (több éghető anyag alkalmazása, illetve terelése a szerkezetbe; a forgalmi terhelés növekedése stb.) illetve az épületek és műtárgyak számának növekedésében keresendők.

Mindezek alapján egyértelmű, hogy az elmúlt években miért irányult számos kutatás a betonszerkezetek tűzzel szembeni viselkedésének, komplex és partikuláris tulajdonságainak megoldásai felé. Számos kutató foglalkozott magának a szerkezetnek a viselkedésével, míg mások az anyag hőmérséklettel szembeni hatásait vizsgálták.

A hagyományos Portlandcement és a heterogén cementek tűzzel szembeni viselkedésének elemzése is hosszú múltra tekint vissza. A heterogén cementekben alkalmazott cementkiegészítő anyagok használatát már több szempontból is kedvezőnek értékelték a kutatók:

1. A Portlandcement gyártása az egyik legenergia-igényesebb folyamat az építőipari alapanyag-előállításai között. Mennyiségét tekintve az egyik legjelentősebb is. Amennyiben sikerül csökkenteni a kötőanyagként használt cementben Portlandcement (klinkerek) részarányát



az világszinten is jelentősen csökkentheti az építőipar karbon-emisszióját ezáltal védve bolygónkat (Habert et al, 2020; Scrivener et al, 2018 és Fehervari et al, 2021).

2. A jól megválasztott cementkiegészítő-anyagok javíthatják a cement bizonyos tulajdonságait, kutatásom vonatkozásában a hőhatással szembeni ellenállást is. Az e körben végzett vizsgálatok értékeléséből összefoglalót a következőképpen foglalhatjuk össze:

Természetesen elsőként a cement- és betoniparban legnagyobb mennyiségben felhasznált kiegészítő anyagok, mint a mészkő- és dolomitliszt, a kohóslak, a pernye stb., kutatásai indultak meg. A vizsgálatok az egyes anyagokra különböző eredményeket hoztak (pl. Sabri et al, 2022; Fehérvári, 2016; Lublőy, 2008.; Schneider és Horvath, 2003; Wang 2008.). Megfelelő módon megválasztott kiegészítő anyagok, pl. pernye és kohósalak esetén még közepes és magas hőmérsékleti tartományban is az etalon, homogén portlandcementeknél kedvezőbb maradé tulajdonságok mutathatók ki.

Második vizsgálati körbe sorolható a kevésbé gyakori, de még mindig betontechnológiai szempontból közismert kiegészítő anyagok vizsgálatát, mint a trass, a metakaolin, a kvarcliszt és a szilikapor. Jellemzően, tekintve a célirányosabb vizsgálatokra, már a legtöbb anyag semleges vagy kedvezőbb hatásokat mutatott (pl. Lublőy et al, 2017; Abdelmalek et al, 2022).

Az anyagkutatások harmadik körébe rendelhető azok célirányos kutatások, „anyagkereséseket”, amelyek ismert, de a betontechnológiában kevésbé járatos, de még nagymennyiségben fellelhető anyagok felhasználást vizsgálták a tűzzel szembeni viselkedés szempontjából. Olyan anyagokra gondolok itt, mint a különböző pelyvák, meddő kőzetek, egyéb bánya-kőzetek stb. Jelen kutatás alapjait ezek az anyagok és ez a filozófia határozta meg.

A kiegészítő anyagokkal kapcsolatos kutatások negyedik és – jelenleg – utolsó körébe tartoznak azon anyagok, melyek kutatása még csak laboratóriumi fázisban van, nagytömegű felhasználásuk az anyag előállítási nehézségei vagy költségvonzata miatt jelenleg még nem reális. Ide sorolható pl. az aerogél betontechnológiai szempontú alkalmazásának vizsgálatát is (Stefanidou és Vasiliki, 2020).

Az anyagi összetétel hatásainak vizsgálata mellett fontos, hogy az adott anyag hőhatással szembeni viselkedését az idő függvényében (28 napos minősítési kortól egészen 180 napos korig) is vizsgáljuk. A kutatás prekonceptiója szerint a cement ismert időbeni változásai hatással lehetnek a hővel szembeni viselkedésre is.



A vizsgálatok előtt tisztázni kell a cementkőben hő hatására bekövetkező alapvető, mind a mikro-, mind a makrostruktúrát érintő változásokat:

- A hőmérséklet emelkedésével először a beton pórusaiban található, szabad víz távozik (30-120 °C).
- 140-180 °C között megtörténik az ettringit és a monoszulfát vízvesztése (Schneider és Horvath, 2002).
- 300 °C-tól tapasztalható a mikrorepedések számának és a cementkő porozitásának jelentős növekedése (Alonso et al 2003; Short és Purkiss, 2004).
- 373 °C, vagyis a víz hármaspontja felett folyékony halmazállapotú víz a rendszerben már nem lehet (Alonso et al, 2003).
- 400 °C környezetében megtörténik a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dehidratációja.
- 800 °C-on a CaCO_3 hőbomlás is megtörténik.
- 850-1000 °C a CSH kristályok bomlása is megkezdődik (Khoury et al, 2002).

2. KÍSÉRLETI PROGRAM

A jelenleg bemutatandó kísérletsorozat során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- A jelenlegi gyakorlat szerint „ritkábbnak” nevezhető cementkiegészítő anyagoknak a cementkő reziduális tulajdonságaira gyakorolt hatásának vizsgálata.
- A kor hatása mind a homogén, mind a heterogén cementkövek reziduális tulajdonságaira.

Fenti kérdések vizsgálatához egyedi kísérleti programot állítottunk össze és hajtottunk végre az alábbiak szerint:



2.1. Felhasznált anyagok, próbatestek

A kísérletsorozat során egységesen CEM I 42,5 N homogén portlandcementet alkalmaztunk.

A heterogén cementek vizsgálata során nem gyártóművi keverékeket alkalmaztunk, hiszen jó pár, vizsgálatra szánt anyagnál ilyenre nem is lett volna lehetőség, hanem a pontos, egyenletes és ezáltal jobban összehasonlítható adagolás érdekében a homogén portlandcementet kevertünk össze megfelelő arányban a vizsgálni kívánt kiegészítő anyaggal, illetve anyagokkal.

A kísérletsorozat során felhasznált kiegészítőanyagok a kvarcliszt, a magnetit, a bórkarbid, samottliszt és a perlitliszt voltak.

Kizárólag 0,063 mm alatti szemcseméretű kiegészítő anyagot alkalmaztunk.

A teljes vizsgálatsorozat során, egységesen 30 mm élhosszúságú kockákat alkalmaztunk.

2.2. Összetétel

A homogén portlandcement vizsgálatához három víz-cement tényezőt alkalmaztunk. Ezek rendre 0,300; 0,250 és 0,222 voltak. A keverékekhez a kiegészítőanyagokból a cement tömegére vonatkoztatva 20%, illetve 35% adagoltuk. A portlandcementeire vonatkoztatott elméleti víz-cement tényezőt 0,3 értéken tartottuk, így a heterogén cementekre megállapítható víz-cement tényező (más értelmezés szerint víz/finomrész tényező) a 20%-os adagolás esetén 0,250 értékre, míg 35%-os adagolás esetén 0,222 értékre adódott.

2.3. Próbatestek készítése

A meghatározott összetételű receptúrákat habarcskeverővel dolgoztuk össze.. A bedolgozáshoz szükséges konzisztenciát polikarboxilát-éter alapú folyósítószer (MasterGlenium SKY 8330, korábban, mint Glenium C330 ismert) alkalmazásával állítottam be. Az alkalmazott adagolás a homogén portlandcement tömegére vetítve 0,2-1,3% között mozgott. Heterogén víz-cement tényezőre vonatkoztatva ezek az értékek rendre 0,15-1,0% voltak.

Az egy receptúrához tartozó összes próbatestet (120 db.) egy keverési és bedolgozási folyamattal állítottuk elő, így az egyes keverések közötti esetleges eltérésekből származó anomáliákat ki tudtuk zárni, összehasonlító-vizsgálatokra nem volt szükség.



A próbatesteket 1 napos korukig laboratóriumi körülmények között tartottuk úgy, hogy a sablonokat a gyorskiszáradás elkerülése érdekében letakartuk. A próbatesteket 1 napos korukban zsaluztuk ki majd 20 ± 2 °C-os vízzel telt kádakba helyeztük el. A tárolókádakban a vizet $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adagolással kezeltük, hogy a mészkialdást minél jobban meggátoljuk. A vegyes tárolás szabályainak megfelelően a vízből 7 napos korban kerültek ki a próbatestek, melyeket ezek után a vizsgálatig, kisebb légréssel tálcákra sorakoztatva, laboratóriumi környezetben tároltuk. A vegyes tárolás segítségével a próbatestek (szabad)víz-tartalma kellő mértékben lecsökkent így a vizsgálatok előtt további szárításra nem volt szükség.

2.4. A vizsgálat

A fenti módon elkészített mintákból elállított csoportokat rendre 28 napos, 90 napos és 180 napos korban vizsgáltam. Az előkészített próbatestek tömegét és geometriai méreteit mind a hőterhelés előtt, mind azt követően lemértük, így a tömegváltozásra és hozzávetőlegesen a térfogat és testsűrűség-változásra is eredményeket kaptam. A mérések elvégzése után a próbatestek törőerejét roncsolásos vizsgálattal állapítottuk meg. A vizsgálatok során erővezérelt törőgépet használtunk, a terhelési sebesség $0,45 \text{ kN/s}$ volt, ami megfelel a $0,5 \text{ MPa/s}$ feszültségváltozási sebességnek. Az így kapott eredmények segítségével határozzuk meg a nyomószilárdságokat. A próbatestek hőterhelés utáni eredményei így értelemszerűen a visszahűlt állapotot tükrözik, mely elfogadott módszert jelent a témával foglalkozó szakirodalomban fellelhető adatok szerint. A vonatkozó összehasonlító kutatások alapján a biztonság javára történő közelítés, hiszen a „meleg” állapotú szilárdsági eredmények jellemzően nagyobb, vagy legfeljebb azonos szilárdsági paraméterekkel rendelkeznek, mint amit a „visszahűlt” próbatesteken mérhetünk.

A kísérletsorozat során a hőterhelés hatásainak vizsgálatára 8 hőlépcsőt jelöltünk ki. Az összehasonlítás célját szolgáló laboratóriumi állapotú, hőterheletlen próbatestek (továbbiakban a 20 °C-os jelzővel ellátott minták) mellett elektromos fűtésű kemencékben előállított 50 °C, 100 °C, 150 °C, 200 °C, 300 °C, 600 °C és 900 °C hőmérsékletnek tettük ki a próbatesteket. A hőközelés időtartama egységesen 120 perc volt.



2.5. A kísérleti mátrix

Fenti leírásból látható, hogy számos paraméter változott a végrehajtott kísérletsorozatok során.

Homogén portlandcementek esetében a kísérleti változók a víz/cement tényező (3), a vizsgálati hőmérséklet (8), és a kor (3) voltak. A homogén portlandcementekkel végzett kísérletek összefoglaló mátrixát az 1.-es táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A homogén portlandcementek kísérleti mátrixa

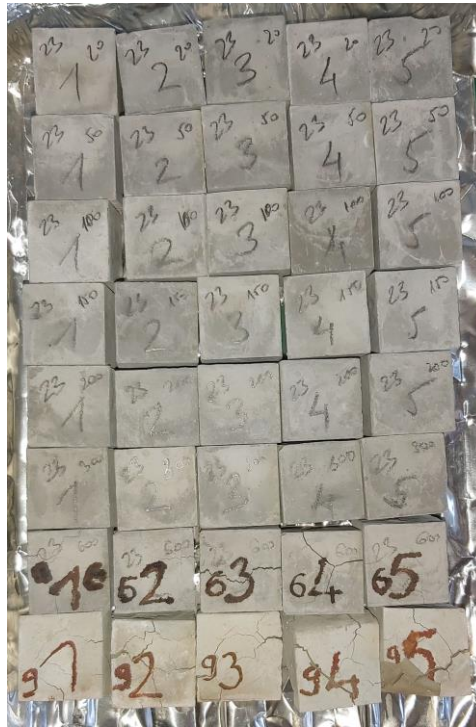
Vizsgált darabszám									
kor	v/c	Hőterhelés hőmérséklete [°C]							
		20 °C	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	300 °C	600 °C	900 °C
28 nap	0,300	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,222	5	5	5	5	5	5	5	5
90 nap	0,300	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,222	5	5	5	5	5	5	5	5
180 nap	0,300	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
	0,222	5	5	5	5	5	5	5	5

Kiegészítőanyagok segítségével előállított heterogén cementek vizsgálata során változó paraméterek voltak a kiegészítő anyag fajtása (5), az alkalmazott keverési arány és így a heterogén víz/cement tényező (2), a vizsgálati hőmérséklet (8) és a kor (3). A heterogén cementekkel folytatott kísérletek összefoglaló kísérleti mátrixát az 2.-es táblázat tartalmazza.

Mindösszesen 1560 db. próbatest vizsgálatára került sor a kísérletsorozat során.



Egy adott korú, víz-cement tényezőjű és kiegészítő anyag tartalmú próbatestersorozatot mutat a 1. ábra.



1. ábra: Egy sorozat próbatest a hőterhelés után (a 600 és 900 °C hőterhelt próbatestek feliratozására vasklorid oldatot kellett használni, mivel a ceruzafelirat eltűnhetett a próbatestről)

2. táblázat: A heterogén cementek kísérleti mátrixa

Vizsgált darabszám										
kor	kiegészítő- anyag	v/c	Hőterhelés hőmérséklete [°C]							
			20 °C	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	300 °C	600 °C	900 °C
28 nap	kvarcliszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5
	magnetit	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5
	bórkarbid	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5



	samottliszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	perlitiszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
90 nap	kvarcliszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	magnetit	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	bórkarbid	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	samottliszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	perlitiszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
	180 nap	kvarcliszt	0,250	5	5	5	5	5	5	5	5
			0,222	5	5	5	5	5	5	5	5
magnetit		0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
bórkarbid		0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
samottliszt		0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	
perlitiszt		0,250	5	5	5	5	5	5	5	5	
		0,222	5	5	5	5	5	5	5	5	



2.6. Az eredmények értékelésének módszerei

Az eredmények értékelésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

- Abszolút szilárdsági adatokból szerkesztett diagrammok. Ez a fajta ábrázolás az egyes anyagtypusok adott hőmérsékleten tapasztalt szilárdsági paramétereinek összehasonlítását teszi lehetővé.
- Relatív szilárdsági adatok esetén lehetőségünk van az egyes anyagtypusok viselkedésnek grafikus összehasonlítására.
- A kiindulási hőmérséklettől eltérő alapra skálázott (pl. 300 °C) relatív szilárdsági adatok összehasonlítása.
- A hőtűrés módszere, mely során a relatív szilárdsági adatok diagramja alatti terület kerül meghatározására. A hőterhelést, mint határozott integrált, értelmezhetjük a teljes hőmérsékleti tartományban (20-900 °C) vagy annak csak egy szakaszában (pl. 300-900 °C) között is.

3. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Az elvégzett vizsgálatok során, a számos kísérleti változó és hőlépcső miatt számos eredménygörbe meghatározása vált lehetségessé. Az eredmények feldolgozást elősegítette, a vizualizációt javította az eredmények feldolgozásának fent bemutatott, számos módja, ugyanakkor ez a megkapott diagrammok számát is jelentősen növelte. Terjedelmi okokból nem foglalkozunk a szokványos, illetve a korábbi nemzetközi gyakorlat által már közölt folyamatok megjelenítésével. Mindazonáltal a feldolgozás után megállapítottuk, hogy a szakirodalomból ismert folyamatok, az elvárásoknak megfelelően, a tárgyi kísérletsorozatnál is megjelentek:

- A víz-cement tényező csökkenésének hatására, a vizsgált tartományban és technológiai paraméterek mellett a kiindulási nyomószilárdság növekedése tapasztalható.
- A vizsgált receptúráknál jellemzően 300 °C-os hőmérsékleti tartományig jelentős szilárdság-csökkenés nem tapasztalható.



- Több esetben megjelenik a 150-300 °C tartományban a szakirodalomból és korábbi kísérleteimből ismert lokális maximum.
- A kvarcliszt általános kedvező hatását a korábbi kísérleteinkkel (Fehérvári és Nehme, 2009) megegyező módon, de más cementfajtaival és adagolással is sikerült kimutatni.

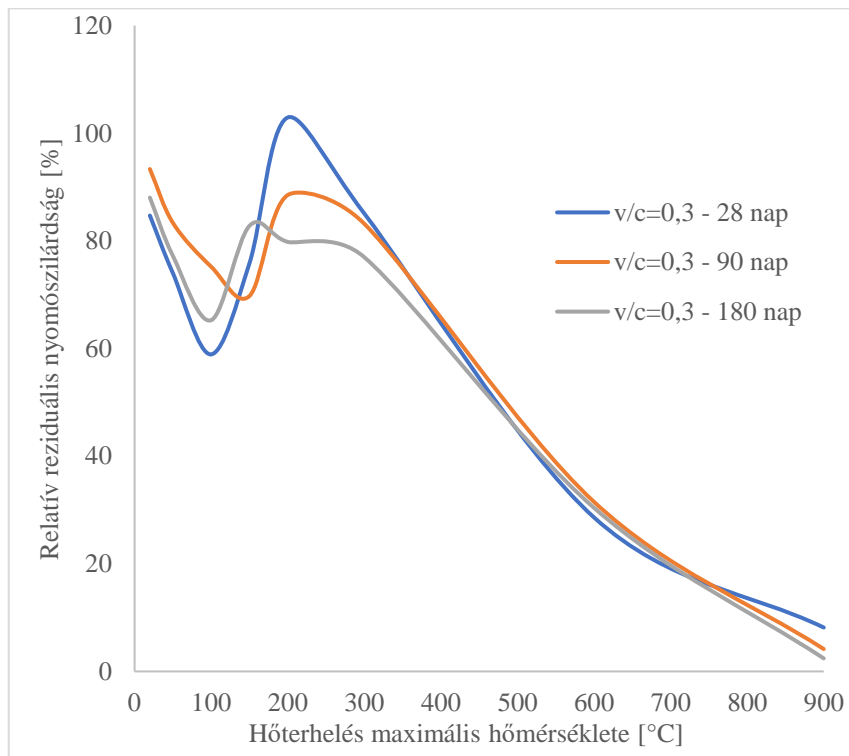
A vizsgálati eredményekből több új, eddig nem publikált eredmény kimutatása vált lehetségessé, amelyek az anyag viselkedése, illetve a tűzhatására bekövetkező szilárdság csökkenés mérséklésének új aspektusaira hívják fel a figyelmet.

3.1. Új eredmények

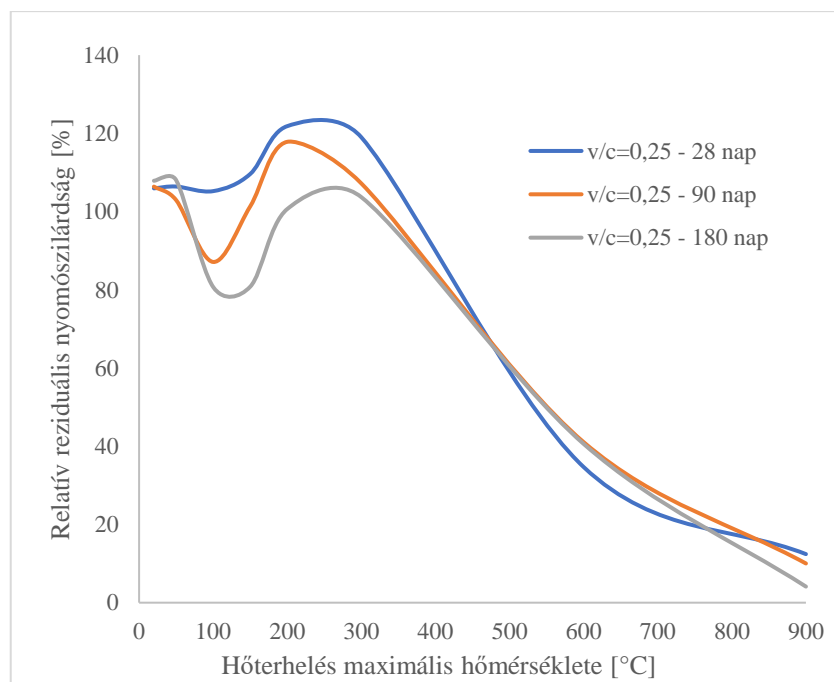
A homogén portlandcementeire vonatkozó kísérleti eredmények értékelésénél a szokványos 28 napos korú vizsgálatoknál, a 200-300 °C zónában, kísérleti paraméterektől függő módon, de mindig megfigyelhető egy szilárdsági lokális maximumhely. Ennek a maximumhelynek a léte jól ismert és oka visszavezethető a hő hatására felszabaduló, addig fizikailag és kémiaailag kötött víz és a részben hidratálatlan cement közti utóhidratációs jelenségek szilárdságnövelő hatására (Fehérvári, 2016).

Az ismert folyamat korfüggőségének vizsgálatokor megállapítottuk, hogy a lokális maximumhelyek értékei vizsgálva az adott víz-cement tényezőt és hőfokot rendre csökkenő tendenciát mutatnak. A csökkenés mértéke 10 és 30% közötti értékre tehető összevetve a 28 és a 180 napos értékhez tartozó kiugró lokális maximumhelyekhez. Meg kell jegyezni ugyanakkor a kiindulási érték 85%-a alá még a legnagyobb lokális szilárdságcsökkenés esetén sem kerültek az értékek. A három-három eredményből szerkeszthető görbék jellege arra enged következtetni, hogy a folyamat végértékhez tart, de ennek bizonyítását további, hosszabb időtávot átfogó kísérletsorozattal kell alátámasztani.

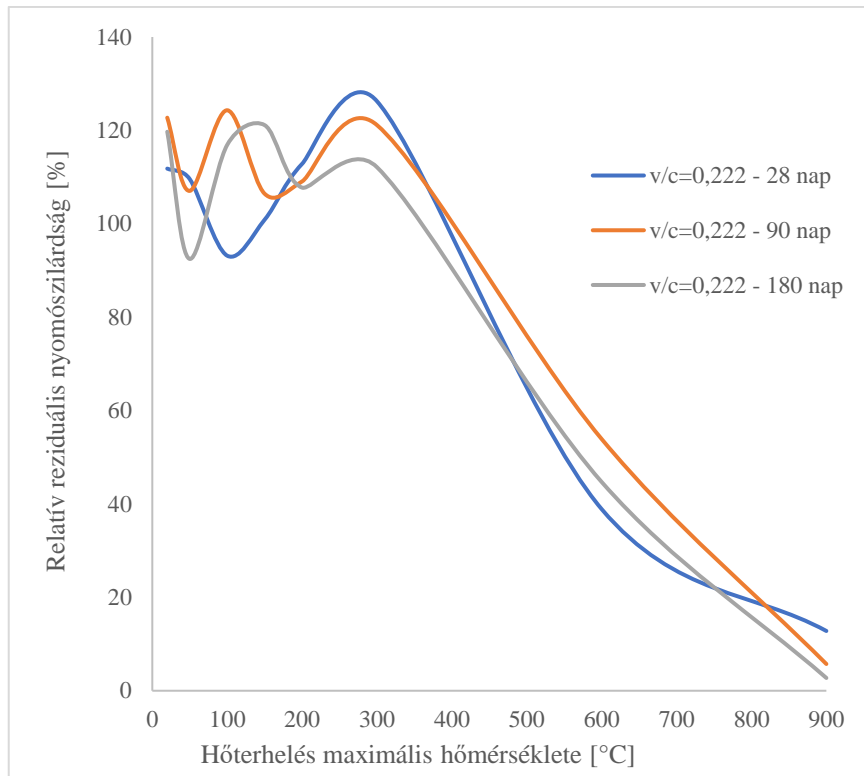
A relatív reziduális nyomószilárdság eredménygörbéi a 2.-4. ábrán láthatóak. Mindhárom görbeseregénél megfigyelhető a lokális maximum folyamatos, monoton csökkenése.



2. ábra: Homogén portlandcement relatív reziduális nyomószilárdsága a kor függvényében, víz-cement tényező 0,3

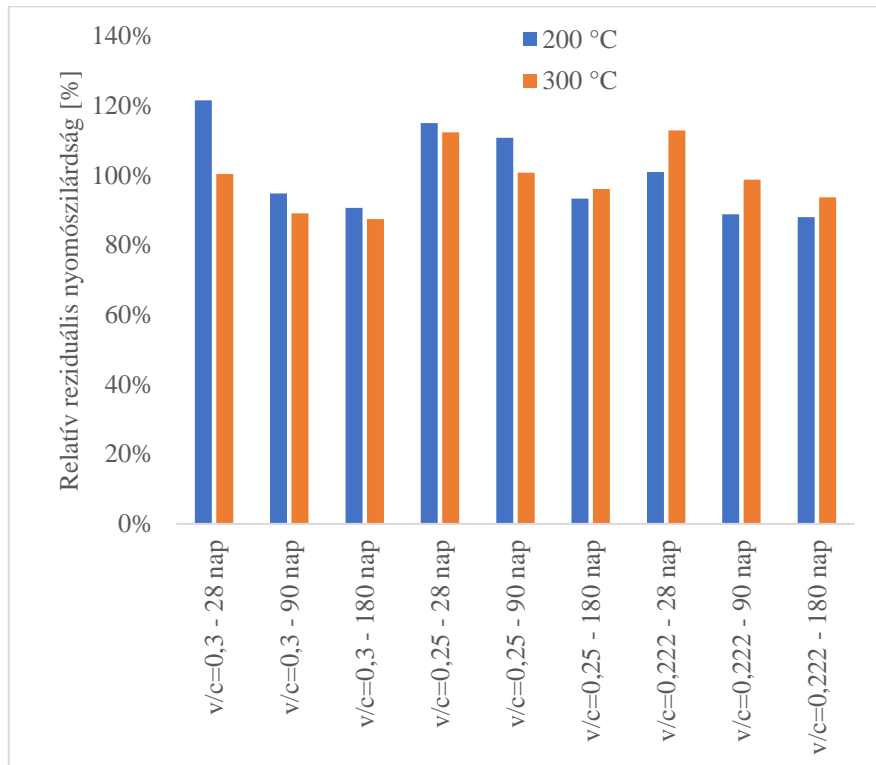


3. ábra: Homogén portlandcement relatív reziduális nyomószilárdsága a kor függvényében, víz-cement tényező 0,250



4. ábra: Homogén portlandcement relatív reziduális nyomószilárdsága a kor függvényében, víz-cement tényező 0,222

Az 5. ábrával kapcsolatban külön kiemelés érdemel a 200 °C és 300 °C hőterheléshez tartozó, 20 °C-os eredményhez viszonyított relatív reziduális nyomószilárdság értékeit. A monoton csökkenés minden hármas csoportban jól megfigyelhető.

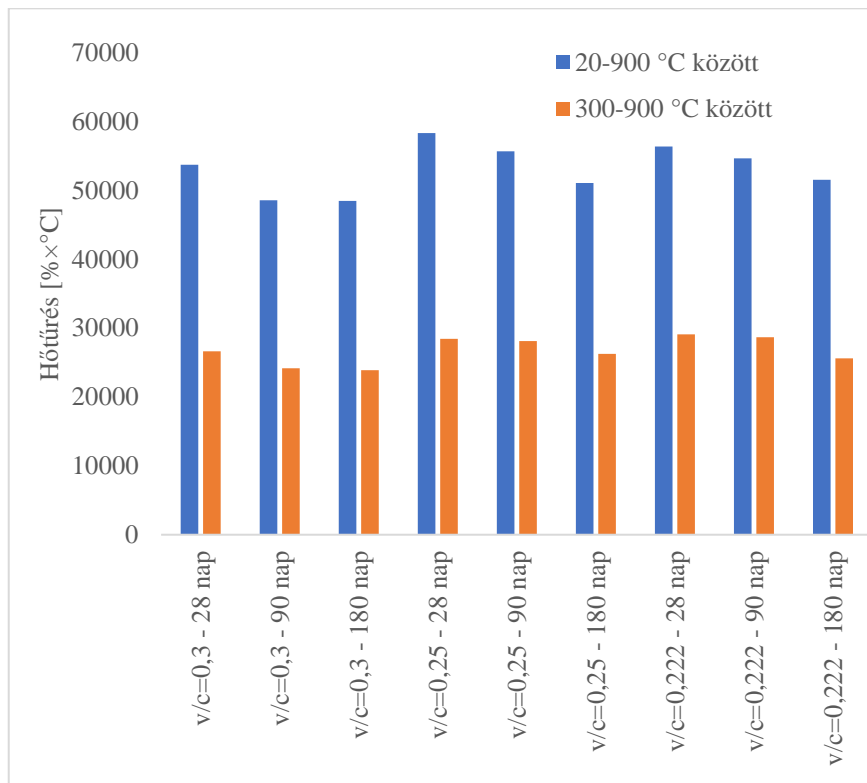


5. ábra: Homogén portlandcement relatív reziduális nyomószilárdsága 200 és 300 °C értéken (viszonyítási alap a 20 °C-os érték), a kor és a víz-cement tényező függvényében

A hőtűrés értékek vizsgálatával egy-egy értékke vonhatóak össze a relatív maradó nyomószilárdságok görbéi. A homogén Portlandcementek vizsgálatokor előállított 3×3 eredmény sor vizsgálatokor már a görbék alakja is felhívta a figyelmet arra, hogy a kiindulási, tehát laborkondíciójú szilárdságok közel azonos volta mellett a hőterhelt próbatestek a maradó nyomószilárdságában a kor előrehaladtával rendre csökkenő tendencia tapasztalható.

A csökkenés tendenciája folyamatos és minden víz-cement tényező esetén megfigyelhető.

A hőtűrés értékeinek meghatározásakor a görbék alakjáról megfigyelt tendencia számszerű értéket öltött. Egyértelműen megállapíthatóvá vált, hogy mind a teljes (20-900 °C), mind a nagy (300-900 °C) hőmérsékleten értelmezett hőtűrés esetén monoton csökkenő tendenciát tapasztalhatunk. A hőtűrés értékei a 6. ábrán láthatóak. A csökkenés értéke a két szélső érték között 10-13% a teljes, míg 8-11% a nagy hőmérsékleten értelmezett hőtűrés esetén.



6. ábra: Homogén portlandcement Hőtűrése a kor és a víz cement tényező függvényében

A vizsgálat kiegészítő-anyagok közül különösen a bór-karbid és a perlitliszt anyagokkal értünk el figyelemre méltó eredményeket.

A bórkarbid kiegészítőanyag tartalmú próbatetek hőterhelési utáni első szemrevételezése során már felmerült, hogy míg a 600 °C hőterhelésnek kitett próbatetek esetén a kinézet nem jelentősen tér el a „szokásos”, már több ezerszer látott cementkocka kinézettől, a 900 °C-os kemencéből kikerülő majd visszahűlő próbatetek jelentős változáson mentek át. Szerkezeti integritásuk meglepően egységes volt, felületükön fényes fémek jelentek meg, a próbatetek felszíne általában fényesebbé vált, amint az a 7. ábrán is szemléletesen látható.

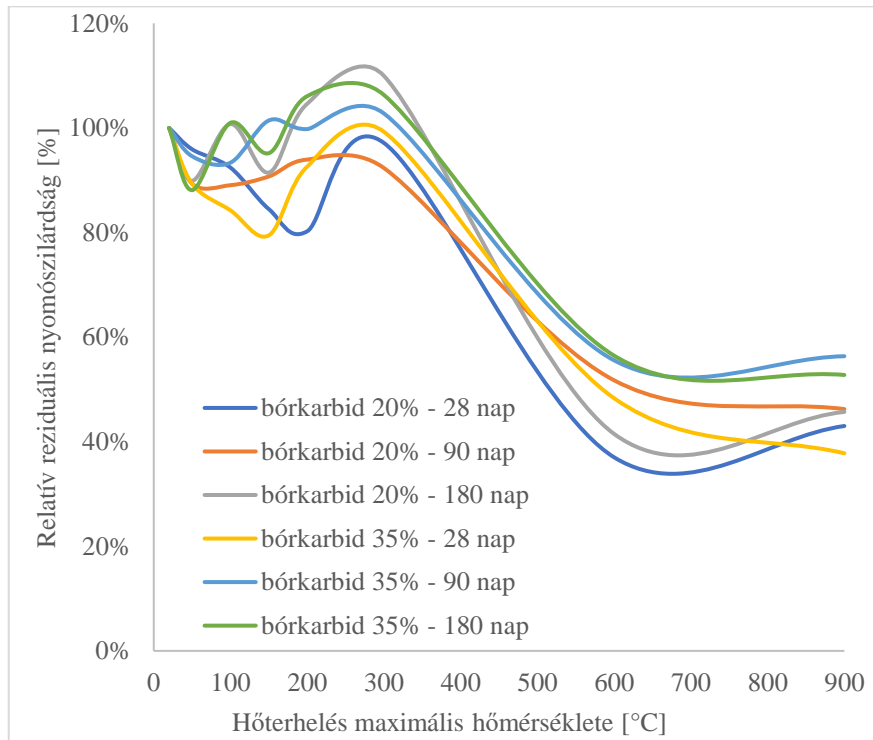


7. ábra: 900 °C hőmérsékleten hőterhelt, bórkarbid kiegészítőanyag tartalmú próbatest

A nyomószilárdságok megállapítása után egyértelművé vált, hogy a 900 °C hőterhelés anyagszerkezeti változásokat eredményezett, hiszen a nyomószilárdság értéke jellemzően azonos szinten maradt, vagy meg is haladta a 600 °C-on hőterhelt próbatesteken mérhető nyomószilárdságokat. A pozitív hatás különösen szembeötlő, ha figyelembe vesszük, hogy a homogén portlandcementeken mért maradó nyomószilárdság 900 °C-os hőterhelés után jellemzően 2-10% között mozog, addig bórkarbid adagolásával ez az érték 43-56 %-ra adódott.

A hatás jellege független a víz-cement tényezőtől és a vizsgálati kortól.

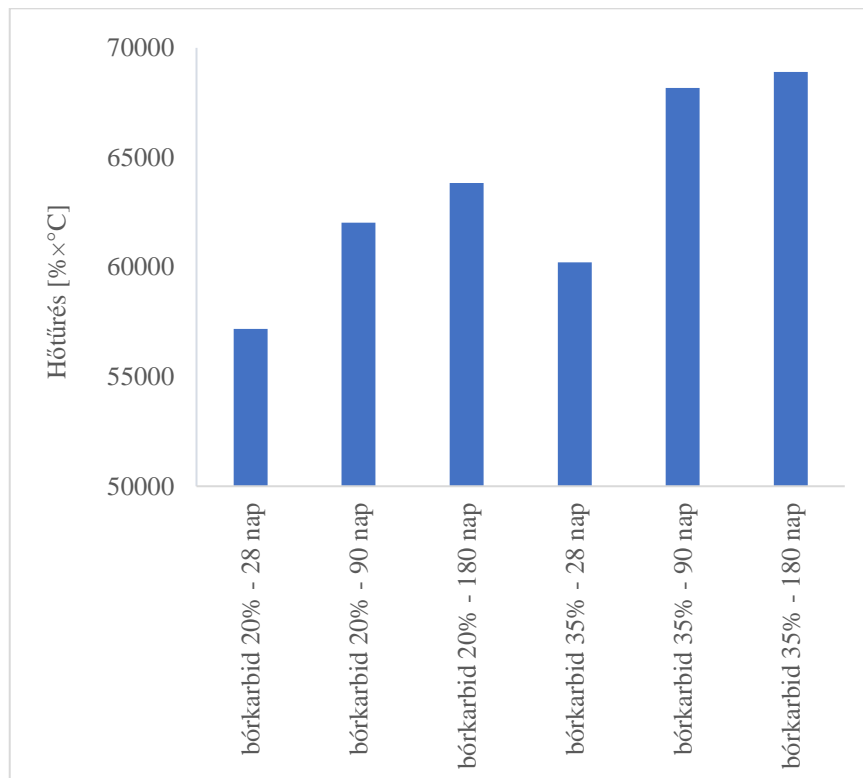
Az összefoglaló eredménygörbéket a 8. ábrán mutatjuk be. Az eredményeket szemeltetésen igazolja a 600 °C után tapasztalható a korábbiaktól szokatlan viselkedési jelleg.



8. ábra: Bórkarbid kiegészítőanyag tartalmú heterogén cementkövek relatív reziduális nyomószilárdsága a kor és a víz-cement tényező (20% : $v/c = 0,25$; 35% : $v/c = 0,222$) függvényében

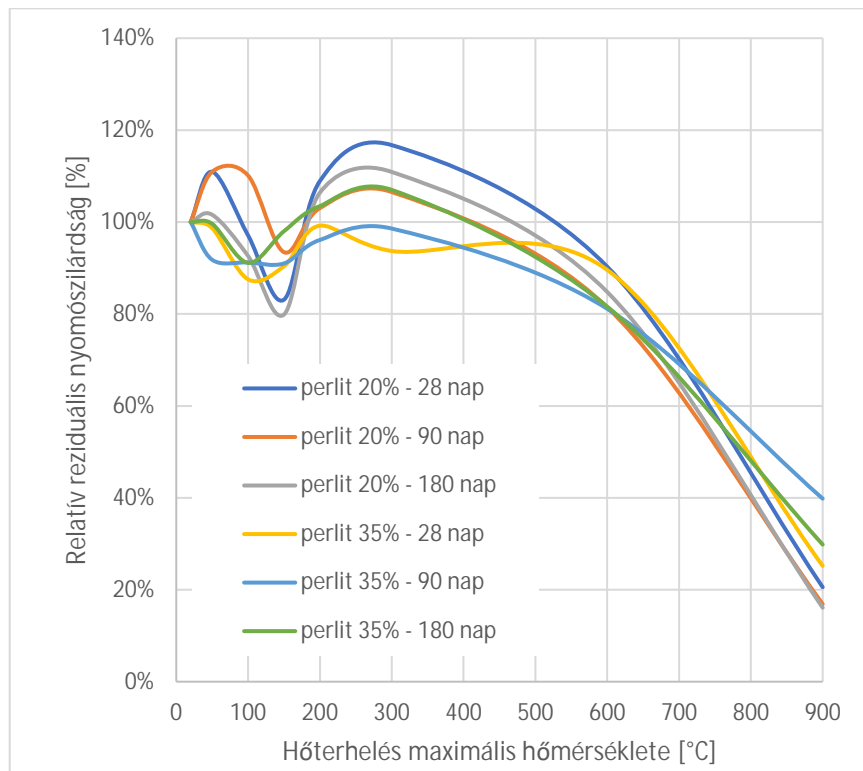
A bórkarbid próbatetek relatív nyomószilárdsági eredményeinek értékelésekor is elvégeztük a hőtűrés meghatározását. Nyilvánvaló, hogy a korábban ismertetett, „szokatlan” viselkedés miatt a minták hőtűrése kedvező értéket kell, hogy mutasson. Az eredmények korfüggősége ugyanakkor további eltérést mutatott a szokványos portlandcement-jellegű viselkedéstől.

Megállapítottuk, hogy a homogén portlandcementektől eltérően a kor előrehaladtával a hőtűrés értéke növekszik, vagyis a cementkövek kedvezőbb maradó nyomószilárdsági eredményekkel rendelkeznek. A hőtűrés összefoglaló eredményei a 9. ábrán láthatóak, ahol a két darab hármass csoport viselkedésében egyértelműen megfigyelhető a növekvő tendencia.



9. ábra: Bórkarbid kiegészítőanyag tartalmú heterogén cementkövek hőtűrése a kor és a víz-cement tényező (20% : $v/c = 0,25$; 35% : $v/c = 0,222$) függvényében

A perlit kiegészítőanyag adagolású heterogén cementkövek viselkedése kevésbé nevezhető atipikusnak mint, amit a bórkarbid esetében láthattunk, ugyanakkor a tervezés szempontjából lényeges tartományokban rendkívül kedvező hőterhelés utáni reziduális szilárdsági jellemzőkkel rendelkezik. Kijelenthető, hogy a relatív hőterhelés utáni reziduális nyomószilárdsági eredményei egészen a 600 °C-os hőterhelési értékig megtartják a rendkívül magas, 80-90% közötti értékeket. A perlit alkalmazásával a cementkő szilárdsága így, tervezési szempontból jó közelítéssel, egészen 600 °C-os hőmérsékletig közel konstansnak feltételezhető. A vizsgálati eredménygörbék a 10. ábrán láthatóak, ahol megfigyelhető a közel konstans viselkedés. Mindezek alapján egyértelműen javasolható a perlit, mint cementkiegészítő anyag további vizsgálata mind cementköveken, mind betonokon.



10. ábra: Perlit kiegészítőanyag tartalmú heterogén cementkövek relatív reziduális nyomószilárdsága a kor és a víz-cement tényező függvényében

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A homogén és heterogén cementkövek hőhatás utáni reziduális tulajdonságainak meghatározása jelentős kutatási iránya korunk betontechnológiájának. A jelen cikkben tárgyalt vizsgálat sorozat ebbe a rendszerbe illeszkedik, vizsgálva mind a homogén Portlandcement maradó tulajdonságainak időfüggését, mind különböző, ritkábban alkalmazott cementkiegészítő anyag hatását a heterogén cementkőre. A több, mint 1500 próbatesttel elvégzett vizsgálat során, 20 °C és 900 °C között, mindösszesen nyolc hőlépcső segítségével, három korban vizsgáltuk a visszahűlt, 30 mm élhosszúságú, cementkő próbatestek maradó nyomószilárdságát.

A homogén Portlandcementekkel elvégzett vizsgálatok során kimutattuk, hogy mindhárom vizsgált víz-cement tényező esetén a 28 napos korban, a 200-300 °C-os zónában jól



megfigyelhető, lokális szilárdsági maximumhely csökken. A relatív reziduális nyomószilárdsági görbe alatti terület mérőszámaként bevezetett Hőtűrés értékek is mindhárom víz-cement tényező esetén alátámasztották a csökkenés jelenségét.

A heterogén cementkövekkel végzett vizsgálatok során 20%, illetve 35%-os adagolás mellett a kvarcliszt, a magnetit, a bórkarbid, samottliszt és a perlitliszt kiegészítő anyagokat alkalmaztunk állandó víz-finomrész tényező megtartása mellett. Az alkalmazott kiegészítő anyagok közül a bórkarbid és a perlit tűnt ki kifejezetten kedvező tulajdonságaival. A bórkarbid esetén a 900 °C-on hőkezelt próbatesteknél, a 600 °C-on vizsgáltkához képest, szignifikáns maradó szilárdsági növekedést tapasztaltunk mely végértékben a kiinduló szilárdság közel 50%-át is képes volt kimutatni. A hőtűrés értékei – a vizsgált homogén Portlandcementekéhez képest – a kor előrehaladtával folyamatosan emelkedtek. A perlitliszt adagolásával ugyanakkor 600 °C-ig közel állandó maradó szilárdsági értékeket sikerült kimutatni minden vizsgálati korban.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszékének a felhasznált anyagok, a laboratóriumi felszerelés és a laboratóriumi asszisztencia biztosításáért. Külön köszönjük Dr. Salem G. Nehme tanszékvezető úrnak segítségét.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Abdelmelek, N., Lubloy, E. The impact of metakaolin, silica fume and fly ash on the temperature resistance of high strength cement paste. *J Therm Anal Calorim* 147, 2895–2906 2022. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-10700-x>

Alonso, C., Andrade, C., Castellote, M. és Khoury, G. A. Effect of Heat on Concrete: Microstructure – Solid Phase. Course on Effect of Heat on Concrete. International Centre for Mechanical Sciences. 2003. június 9-13., Udine, Olaszország



- Elsen, J., Mertens, G., Snellings, R. Portland cement and other calcareous hydraulic binders: History, production and mineralogy. In: Christidis, G. E. Advances in the characterization of industrial minerals. European Mineralogical Union and the Mineralogical Society of Great Britain & Ireland. Egyesült Királyság. 2011. <https://doi.org/10.1180/EMU-notes.9.11>
- Fehervari, A., Gates, W.P., Gallage, C., Collins, F. A. Porous Stone Technique to Measure the Initial Water Uptake by Supplementary Cementitious Materials. Minerals. 2021. 11. 1185. <https://doi.org/10.3390/min11111185>
- Fehérvári, S. Betonösszetevők hatása az alagútfalazatok hőtűrésére. PhD értekezés. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Budapest. 2009.
- Fehérvári, S. Betonösszetevők hatása az alagútfalazatok hőtűrésére. ISBN: 9783330813208. Globedit. Németország. 196 p. 2016.
- Fehérvári, S., Nehme, S.G. How portland and blended cements resist high temperatures of tunnel fires?. in Concrete Structures. 2009. pp 24-29. 2009.
- Habert, G., Miller, S.A., John, V.M. et al. Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. Nat Rev Earth Environ 1, 559–573. 2020. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>
- Humphreys, K; Mahasenana, M. Towards a sustainable cement industry. Substudy 8: Climate change. Svájc. 61 p. 2002.
- Khoury, G. A. Majorana, C. E. Pesavento, F., Schrefler, B. A. Modelling of heated concrete. Magazine of Concrete Research. 54/2. pp 77-101. 2002.
- Lublóy, Majorosné É. E. Betonanyagú szerkezetek tűzállósága. Akadémiai doktori értekezés. MTA. Budapest. 111 p, 2021. <http://real-d.mtak.hu/1401/>
- Lublóy, Majorosné É. E. Tűz hatása betonszerkezetek anyagaira. PhD értekezés, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Budapest. 2008
- Lublóy. É., Kopecskó, K., Balázs, Gy. L. Restás, Á., Szilágyi, I. M. Improved fire resistance by using Portland-pozzolana or Portland-fly ash cements. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 129, pp 925-936. 2017.



Sabri, M.Z.H.A., Malek, R.A., Omar, A.A., Ismail, K.N., Study of Fly Ash Concrete Exposed to Elevated Temperature. KEM. 2022. <https://doi.org/10.4028/p-13p036>

Schneider, U., Horvath, J. Behaviour of Ordinary Concrete at High Temperature. Vienna University of Technology. Institute of Building Material. Building Physics and Fire Protection. Vienna, Austria, 2002, in Khroustailev, B. M., Leonovich, S. N., Schneider, U. Behaviour of Concrete at High Temperature and Advanced Design of Concrete Structures. Proceedings of the International Conference. Construction and Architecture, Minsk, 2003.

Scrivener, K.L., John, V.M., Gartner, E.M. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cementbased materials industry. Cement and Concrete Research. 114. 2–26. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>

Short, N., Purkiss, J. Petrographic Analysis of Fire-Damaged Concrete. in Gambarova, P. G., Felicetti, R., Meda, A. és Riva, P. Proceedings of the Workshop: Fire Design of Concrete Structures: What now? What next?. Milan University of Technology. 2004. december 2-3., pp 221-230. Milánó, Olaszország 2004.

Stefanidou, M., Vasiliki P. Influence of perlite and aerogel addition on the performance of cement-based mortars at elevated temperatures. 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 410 012111

Wang, H. Y. The effects of elevated temperature on cement paste containing GGBFS. Cement and Concrete Composites, 30(10), 992-999. 2008.

Dr. Fehérvári Sándor PhD

tanszékvezető egyetemi docens

okl. építőmérnök, okl. szerkezetépítő betontechnológus szakmérnök, okl. építőmérnök-közgazdász, jogi szakokleveles építőmérnök

Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Tűzvédelmi és Építőanyag-tudományi Tanszék

fehervari.sandor@ybl.uni-obuda.hu

ORCID: 0000-0003-4680-084X



Komlai Krisztina, Kerekes Zsuzsanna

KŐFURNÉR BURKOLATOK TŰZVÉDELMI VIZSGÁLATA HOMLOKZATI KÖVETELMÉNYEK SZERINT

Absztrakt

A modern építészetben egyre inkább találkozunk kőburkolatokkal a hagyományos vakolat helyett. Építészek, építők részéről is már felmerült az igény az ilyen homlokzatok vakolattól eltérő téglá, csempe, kő, műkő, vagy más hasonló jellegű burkolatokkal való megjelenítésére. Munkánkban egy különleges kőburkolat az un. kőfurnér alkalmazhatóságát vizsgáltuk tűzvédelmi szempontok szerint. A kőfurnér többrétegű rendszerek, amely speciális technológiával készül. A természetes kő furnér lapok (1-1,5 mm) műgyanta hordozó rétegre (3-5 mm) tapad. A hazai kereskedelemben kapható NMÉ-vel rendelkező két mintát vizsgáltunk MSZ EN 11925-2, MSZ EN 1182, R-118 –2 V. és MSZ 14800-16 szabvány szerint. A vizsgálatok értékelése és az eredmények összehasonlítása után javaslatot teszünk egyrészt termékek tűzveszélyességének csökkentése lehetőségeire és a kötelezően előírt EURCLASS vizsgálatok előtti un. elővizsgálatokra, másrészt a gyártónak a termékfejlesztés lehetséges irányát is meghatározhatjuk.

Kulcsszavak: tűzveszélyességi vizsgálat, homlokzatburkolat, hőszigetelő rendszer, kőfurnér, homlokzati tűzterjedés, tűzvédelmi osztály, kompozit

FIRE SAFETY TEST FOR STONE FUNGAL CLADDING ACCORDING TO FACADE REQUIREMENTS

Abstract

In modern architecture, we increasingly encounter stone cladding instead of traditional plaster. Architects and builders have already requested the presentation of such facades with brick, tile,



stone, artificial stone, or other similar coverings other than plaster. In our work, a special stone covering is called we investigated the applicability of stone veneer according to fire protection aspects. Stone veneer is a multi-layer system made with special technology. Natural stone veneer sheets (1-1.5 mm) are attached to a synthetic resin carrier layer (3-5 mm). Two samples with NMÉ available in domestic trade were tested according to MSZ EN 11925-2, MSZ EN 1182, R-118-2 V. and MSZ 14800-16 standards. After evaluating the tests and comparing the results, we make a proposal on the one hand to reduce the flammability of products and the so-called pre-mandatory EURCLASS tests. For pre-tests, on the other hand, we can also determine the possible direction of product development for the manufacturer.

Keywords: fire risk assessment, facade cladding, thermal insulation system, stone veneer, facade fire spread, fire protection class, composite

1. BEVEZETÉS

A ragasztott homlokzati hőszigetelő rendszerek készletnek minősülnek, ami azt is jelenti, hogy a rendszert forgalmazó rendszergazda gyártói minőségben felel minden egyes rendszerelem megfelelőségéért. A tűzvédelmi előírások egyes részleteikben jelentős mértékben eltérnek az uniós előírásoktól, hazánkban a homlokzati hőszigetelő rendszerek beépítésének elengedhetetlen feltétele az alkalmazandó rendszer Nemzeti Műszaki Értékelésének megléte. Ez a dokumentum a rendszert alkotó anyagvizsgálatok alapján tartalmazza mindazon paramétereket, amelyek a teljes rendszer teljesítményét meghatározzák, nemcsak az alkalmazott anyagokra ad meg követelményértékeket, hanem a kivitelezésre vonatkozó egyes részletek tekintetében a pontos megvalósítást is előírja. Természetesen nem elvárható, hogy minden egyes készletelem variációja rendszerben vizsgálatra kerüljön, így a rendszer vizsgálata nélkül a tervező az egyes elemek Teljesítmény Nyilatkozata alapján is dönthet a megfelelőségről. Tűzvédelmi szempontból a hőszigetelő rendszereknél általában két fontos vizsgálatot érdemes megemlíteni. Az egyik MSZ EN 13823 (SBI) szabvány szerinti teljes rendszer tűzvédelmi osztályba sorolása, eredménye egy betű-szám kombináció (pl. B, s1, d0), amely a vizsgált szerkezet éghetőségéről, füstfejlesztéséről és égve - csepegési tulajdonságairól



ad információt. A másik vizsgálat az MSZ 14800-6:2020 „Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton”. Ennek eredménye percben fejezi ki azt az időtartamot, aminek eltelte után a rendszer tűzterjedési határállapotba kerül. A külső térelhatároló falakra előírt homlokzati tűzterjedési határérték követelmény az épület teljes magasságában földszint és legfeljebb 2 további építményszint esetén 15 perc, földszint és legalább 3, legfeljebb 4 további építményszint esetén 30 perc, földszint és 4-nél több további építményszint esetén 45 perc.

2. HOMLOKZATI HŐSZIGETELŐ RENDSZEREK

Minden hőszigetelő rendszernek lényegében három fontos fő eleme van:

- A hőszigetelés, ami több fajta anyagból is lehet.
- A fedő burkolat, ez is készülhet több fajta anyagból.
- A rögzítő elemek, amikkel rögzítjük a rendszert a falhoz.

A legelterjedtebb szigetelés a polisztirol hőszigetelés, amit a köznyelven Hungarocell vagy Nikecell szigetelésnek is nevezünk. Ezt általában különböző méretű lapokkal gyártják, és ragasztással, dübeleléssel rögzítik falfelülethez. A ragasztóba ágyazott üvegszövet háló felületre rögzíthetik a külső burkolatot, amely lehet fa, kő, fém vagy valamilyen kompozit anyag. Az így kialakított rendszer lehet:

- Homogén falszerkezet
- Réteges falszerkezet
- Ragasztott homlokzatburkolat
- Épített homlokzatburkolat
- Kombinált homlokzati rendszerek

2.1. Homlokzati hőszigetelő rendszerek tűzvédelmi követelményei

A homlokzati hőszigetelő rendszerekkel szemben rendkívül szerteágazó a követelményrendszer [1]. Vizsgálni kell a teljes rendszert az alapvető termékjellemzőkre mechanikai szilárdság, állékonyság, tűzbiztonság, higiénia, egészség és környezetvédelem,



biztonságos használat és akadálymentesség, zajvédelem, energiatakarékosság és hővédelem, természeti erőforrások fenntartható használata. E mellett az egyes alkotóelemeknek is meg vannak az építési termékekre meghatározott tűzveszélyesség vizsgálati szabványai, és azok által támasztott követelményértékei. Tűzbiztonsági szempontból legelső lépésként magát a burkolóanyagot célszerű megvizsgálni a vonatkozó szabványok szerint, esetleg más (gazdaságosabb), szabványt helyettesítő megoldásokkal. A vizsgálati eredmények birtokában, valamint más hasonló építési termékek, és komponenseik együttes vizsgálatával, és azok eredményeinek birtokában lehet elindulni, és kijelölni a termékfejlesztési irányt, meghatározni az egyes komponensek összetételét, arányát, minőségét

Ahhoz, hogy megtudjuk határozni, hogy az adott hőszigetelés eleget tesz a tűzvédelmi előírásoknak azt nagyban befolyásolja, hogy az adott épületnek milyen jellemzői vannak:

- kockázati osztályba sorolása
- szintszám
- rendeltetés
- szomszédos tűzszakaszhoz való csatlakozás módja – tűztávolság
- menekülési útvonalon történő alkalmazás
- épületszerkezet típusa
- épületszerkezet minősítése [2].

Ha az adott szerkezet rétegrendben lett minősítve, akkor csakis olyan hőszigetelés építhető be, amelynek anyagjellemzői ugyanolyanok, mint a minősítésben lévő anyagjellemzők. Ezt akkor is be kell tartani, hogyha az OTSZ megengedne olyan hőszigetelés beépítését, amely gyengébb besorolású, akkor is a minősítésben lévő előírásokat kell figyelembe venni.

Vakolathordó rendszernél, ha az A1, A2 tűzvédelmi osztályú, akkor elég a teljesítménynyilatkozat. Viszont egy B-E tűzvédelmi osztályú hőszigetelő maggal rendelkező rendszernek – a kivételektől eltekintve - rendelkeznie kell tűzterjedési határérték vizsgálattal. Az OTSZ azt is meghatározza, hogy az egyes épületeknél, beépítési helyzeteknél, illetve szint szám függvényében milyen tűzvédelmi osztályú szigetelő rendszerek alkalmazhatóak. Egy másik fontos vizsgálati módszer a tűzterjedés vizsgálata, Ez a paraméter azért is fontos, mert megadja, hogy az adott rendszert milyen épület magasságig lehet beépíteni.



Ahhoz, hogy az adott burkolati rendszer megfeleljenek a hatályos előírásoknak, az adott burkolatnak rendelkeznie kell ÉMI által kiadott dokumentációval és ez nem csak azt tartalmazza, hogy a kivitelezés során milyen anyagokat alkalmaztak, hanem az egyes csomóponti kialakítások pontos leírását is. A csomópontok szakszerű kialakításával kell igazolni az adott burkolat tűzvédelmi paramétereit. Ilyen csomópontok a nyílások körüli kávak és szemöldök, síkváltások lehetnek [3].

3. A KŐFURNÉR TÖBBRÉTEGŰ RENDSZEREK FELÉPÍTÉSE

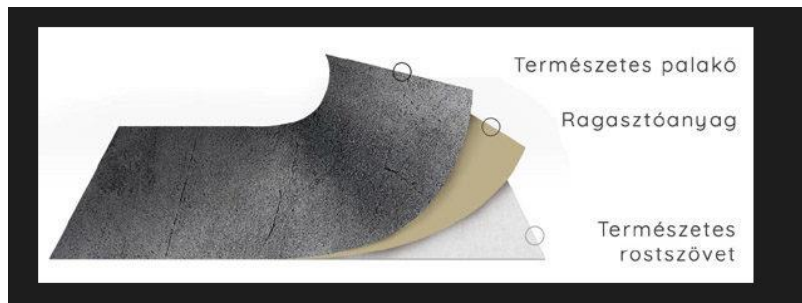
A kőfurnér nagy tömbökben kifejtett anyagát előbb 25 cm vastag palalapokká hasítják, majd a palatábla rétegek izolációs hőtechnikai szétválasztásával jön létre az ultravékony pala kőfurnér. Ennek egyik oldala valódi pala, a hátoldala pedig lehet fekete vagy áttetsző, üvegszál erősítésű műgyanta, illetve természetes rost. A palakövet, mészkövet, homokkövet, felhevítik, majd folyékony üvegszövet erősítésű műgyanta bevonattal látják el, szilárdulás után a gyantát "leszakítják" a kőről. Ezzel a technológiával egy nagyon vékony kőfelülettel kasírozott műgyanta hordozóréteggel ellátott dekoratív burkoló anyagot kapnak. A kőfurnérburkolat egy vékony rétegű burkolat, méretei 0,5 - 2mm között mozog és szerkezeti felépítése is nagyon egyedi anyag, két fajta kialakítás létezik az első négy rétegből áll kívülről befelé haladva:

- természetes kő
- ragasztóanyag
- üvegszál
- műgyanta



1. kép: Kőfurnél felépítése 1. Forrás: [4].

A másik felépítés pedig abban különbözik az 1. képen láthatótól, hogy a ragasztó rétegben egy rostréteg van.



2. kép: Kőfurnél felépítése 2. Forrás: [4].

A kőfurnér alkalmazásának számos előnye van, a többi burkolóanyaghoz képest könnyebb és könnyebben szállítható.

- hőszigetelt homlokzaton, előtét falazat és rögzítéstechnika nélkül egyszerűen ragasztható
- könnyű vágás, gyors kivitelezés
- a kőlapok akár extrém módon hajlíthatók, íves felületek is könnyedén burkolhatók



3. kép: Kőfurnér látványképe. Forrás: [5].

A kül- és beltéri burkolásra felhasználható kőfurnér lapok 0,5 – 2 mm-es vastagságuknak és mintegy 0,8 – 1,5 kg/m² súlyuknak köszönhetően nagyon egyszerű és könnyen szállíthatók, anyagmozgatásuk és kivitelezésük pedig lényegesen egyszerűbb. Mindössze 1,5-1,7 kg/m² súlya miatt könnyen, biztonságosan alkalmazhatók akár mennyezeti burkolásokhoz is [6].

4. A KŐFURNÉR RÉTEGEK GYENGE TŰZVÉDELMI PONTJA: A GYANTA

A kőfurnér hordozó anyaga a műgyanta, amely kémia szerkezetét tekintve kompozit. A polimer kompozitok előnyei általában az építési termékeknél a kis sűrűség, fajlagosan nagy szilárdság, korrózió állóság, szigetelő képesség, előre tervezhetőség. Ez nagyfokú szabadságot ad mérnöki tervezésnek olyan szerkezeti anyagoknál is, mint például a vasbeton, a polimerkompozitokból szélsőséges mérettartományú termékek is tervezhetők, mm-es vastagsággal több méteres táblás formátumok. A kompozitok alkotó anyagai általában a beágyazó, és az erősítő anyagok. A merevebb beágyazó anyagok húzásra, nyomásra terheltek, míg az erősítő anyagok a terhelés átvitelt segítik elő [7].



4.1. Kompozitok jellemző mátrix anyagai

A polimerkompozitok legelterjedtebb formái a hőre keményedő mátrixú (poliészter, epoxi, vinilészter) kompozitok, de elterjedtek még a hőre lágyulóak is (PP, PA, PEEK). A hagyományos mono mátrixok mellett teret nyernek az úgynevezett hibridmátrixok is. Ilyen például a vinilészter-epoxi hibridgyanta, melynek alkalmazását az indokolja, hogy kiváló az összeférhetősége a felületkezelt szálakkal (üvegszál, szénszál). Mikroszkópos vizsgálatok bizonyítják, hogy ezek a kombinált gyanták egymásba hatoló hálószerkezettel rendelkeznek. A szimultán térhálósodásuk során igen szívós, ütésálló anyag jön így létre [7].

4.2. Kompozitok jellemző erősítő anyagai

Az erősítő szálakat anyaguk szerint 2 fő csoportra oszthatjuk, mesterséges, és természetes szálak. A mesterséges szálak lehetnek szervesek, és szervetlenek. A szervesek például a polamidok (Aramid), poliészterek (polietilén-tereftalát), poliolefinok (polietilén, polipropilén, stb). A legelterjedtebb polimer erősítőanyag ezek közül az Aramid szál, ami kiváló tulajdonságokkal bír, úgymint nagy szilárdság, jó hőstabilitás, vegyszerállóság, és nagy energiaelnyelő képesség. Hátránya, hogy UV sugárzás hatására degradálódik. [12] [13]. A szervetlen alapú mesterséges szálak, az üveg-bazalt-kerámia-alumíniumoxid szálak. A legelterjedtebb ezek közül az üvegszál, alkalmazása már több, mint százéves múltra tekint vissza. Az üveg jellemzője, hogy izotróp, amorf anyag, fő alkotóeleme a szilíciumdioxid, valamint többféle fénoxid, amik döntően meghatározzák az üveg tulajdonságait. A polimerek erősítésére döntően E üveget használnak, ami SiO_2 -n kívül CaO , Al_2O_3 , B_2O_3 , K_2O tartalmaz nagyobb mennyiségben. Ezek hatására az üvegszál nagy szilárdságú, nagy hőállóságú, éghetetlen, jó a vegyszerállósága, és biológiai stabilitással rendelkezik. Másik újabb erősítő anyag a bazaltszál. Az üvegszál gyártásával megegyező technológiával gyártják, a gyártás folyamán igen vékony végtelenített szálak jobb szilárdsági tulajdonsággal bírnak, mint az üvegszálak, de áruk is 10-20%-al magasabb az üvegszálhoz képest. A szénszál a legkülönlegesebb helyet foglalja el az erősítő szálak között. A szénszál alkalmazása nem mai keletű, már a hagyományos izzólápáknál is használták őket, de ezek a szálak nagyon törékenyek voltak, a cellulózsálak karbonizálásával készültek. A mai szénszálak már nem természetes grafitból vannak, hanem poliakrilnitril (PAN) szálakból állnak, amit kátrányból pirolitikus úton



állítanak elő. A szénszálak előnye a különlegesen nagy szilárdság, és merevség, kis sűrűség, és jó csillapító képesség és megfelelő hőkezeléssel éghetetlenné is tehetők [8].

4.3. A kőfurnér réteg rögzítése hőszigetelő rendszerekre

Az ultravékony kőfurnér burkolatok kiválóan alkalmazhatók házak szigetelt homlokzatának burkolására. Kis súlyuknak köszönhetően előtétfalazat, és speciális konzolozás nélkül egyszerűen felragaszthatók a hálózott, dűbelezett szigetelésre, szemben a hagyományos, 2-3 cm-es kőburkolatokkal. Amennyiben íves felület egységes kőburkolásáról van szó, akkor sincs sok vetélytársa a kőfurnérnak!

Fúrható, hajlítható, préselhető, vékony flex koronggal vágható, valamint faipari gépekkel is megmunkálható. A kőfurnér burkolatok ragasztására többféle anyag alkalmazható, a fogadó felülettől, a felhasználás módjától, illetve attól függően, hogy például kül- vagy beltérben kívánjuk alkalmazni a burkolatot.

5. TŰZVÉDELMI VIZSGÁLATOK

5.1. Vizsgálati minták

A kőburkolatok viselkedésére két mintát választottunk ki.

„A” *jelű minta* 3-4 mm vastag poliészter alapú. A külső burkolat (kőfurnér) részei: 0,5mm természetes kő réteg és 2,5- 3 mm vastag kompozit hordozó anyag (Gyári adatok szerint „tűzálló” - nem halogénezett - poliészter, üvegfátyol, üvegszövet alapú gyanta, ATH Aluminium tri-hidrát tartalommal) amiben 35%-a üveg, és minimum 30% ATH tartalom .



Anyag összetétel		
3mm vastag FR kőfurnér		Kg./m²
1.	Üvegszál és töltőanyagok	4.525
2.	Hátlap (múgyanta hordozó)	0.375
3.	Természetes kőréteg	0.100
Teljes Súly		4.500-5.00
Vastagság		
4.	Természetes kőréteg	0.50mm
5.	Gyanta és töltőanyagok	2.50mm
6.	Teljes vastagság	3.00mm

Anyag összetétel 3mm vastag FR kőfurnér				Kg./m²
	Fizikai tulajdonságok	Teszt érték		Teszt módszer
		Agyag pala	Csillám-pala	
7.	Vízfelvétel %	2.50	1.9	ASTM C-121 guidelines
8.	Vízfelvétel ragasztott mintán % (Márványlapon)	0.17	0.12	ASTM C-97 guidelines
9.	Kopás teszt			IS: 9162-1979
	---Átlagos kopás, mm	0.7	0.9	guidelines
	---Maximális kopás mm	0.8	1.0	



10.	Sűrűség	1.45	1.66	IS: 12866-1989 guidelines
11.	Lángállóság (Égés mm/perc)	Minta égése a láng elvétele után kialszik		ASTM D 635-18
12.	Füst sűrűség teszt	57		ASTM D 2843-19
	(a) Átlag%	73		
	(b) Maximum %			

4. kép: „A” jelű minta profilja és gyártói adatlapjai. Készítette: A szerző.

„B” jelű minta préselt, laminált greslap, vastagsága 3,5 mm. Gyártó adatlapját és profilját a 5.képen adjuk meg. A 5. képen pedig az „B” jelű kőfurnér lap anyag összetétele is kiolvasható, amely tartalmazza az egyes rétegek vastagságát és az adott réteg tömegét négyzetméterre vetítve, illetve azt, hogy az adott réteg melyik szabvány szerint lett értékelve. Számunkra az egyes rétegek vastagsága a fontosabb, míg a tömegre vonatkozó adatok inkább a kivitelezésnél lehetnek érdekesek, a rögzítési szempontok miatt

TECHNIKAI TULAJDONSÁG	VIZSGÁLATI MÓDSZER	SZABVÁNY ISO 13005-G - EN 14411-G GRUPPO B/A UGL	ÁTLAGOS ÉRTÉKEK 5plus – 6plus
Vízfelvétel	ISO 10545-3	≤ 0,5%	0,1% (*)
Hajlító szilárdság	ISO 10545-4	≥ 35 N/mm ²	50 N/mm ²
Mély kopásállóság	ISO 10545-6	≤ 175 mm ³	Megfelel
Lineáris hőtágulás	ISO 10545-8	Nem meghatározott	α ≤ 7 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Ellenállás a hőingadozásnak	ISO 10545-9	Nincs eltérés	Ellenálló
Kémiai ellenállás (**)	ISO 10545-13	A gyártó megjelölése szerint	LA - HA ellenállóság LB - HB Lux - Levigata (Lev) Glossy - Touch
Foltállóság	ISO 10545-14	min. 3-as osztály	5-ös ellenállóság ≥ 3 Lux - Levigata Glossy - Touch
Fagyállóság	ISO 10545-12	Nincs eltérés	Ellenálló
Tűzállóság	EN 13823 EN 9239-1	CPR (UE) 305/2011, 2000/147/CE, UNI EN 13501-1	A2-s1, d0 Osztály (falburkolat) A2-s1 Osztály (padló)

5. kép: „B” jelű minta gyártói adatlapja és profilja.



5.2. Vizsgálati eljárások

Mindkét mintát az alábbi vizsgálatoknak tettük ki

1. *EUROCLASS szerinti neméghetőség vizsgálata: MSZ EN 1182*

Készülék: Fire Testing Technology Limited (ÓE Ybl Miklós Építéstudományi Kar Tűzvédelmi laboratórium).

A2 követelmény: a kemence hőmérséklet emelkedése nem lehet nagyobb, mint 50 °C tömegcsökkenés kisebb mint 50 %, lángolás maximum 20 msp lehet. A vizsgálat szempontjából a legfontosabb réteg a kőfunért tartó gyanta réteg. Így a vizsgálat során a csak műgyanta rétegből 4,5 cm-es átmérőjű körlapokat vágunk ki és azt 5 cm magas oszlopba egymás fölé helyeztük és ebben a formában került be az izzító kemencébe.

2. *Függőleges lángterjedés: EN ISO 11925-2*

Kislángos teszt. Gyújtása mind a gyanta mind a kőlap oldalról megtörtént.

3. *Olvasási tulajdonság és csepegésvizsgálat sugárzó hő hatására: R-118 –2 V. mellékletében leírtak szerinti vizsgálat.*

Eredendően ez egy járműszabvány, de a 700 C os vörösen izzó vasmag képes szimulálni egy láng sugárzó hatását [9]. *Megfelelőségi kritérium:* (7.7.3 és 7.3.1 pontok.) Legalább 5 percig 3 W/m² sugárzó hőnek kitett minta nem égve csepeg, és nem gyújtja meg az alatta elhelyezett vattát.

4. *Gyulladáspon:*

A mintákat az MSZ 14800-16: 1992 (Tűzállósági vizsgálatok. Szilárd anyagok gyulladási hőmérsékletének meghatározása, 7.5.1 szakasz) szabvány előírásai szerint vizsgáltuk. (Ez a szabványban előírt A módszer szerinti, gyújtóláng jelenlétében végzett vizsgálat.)

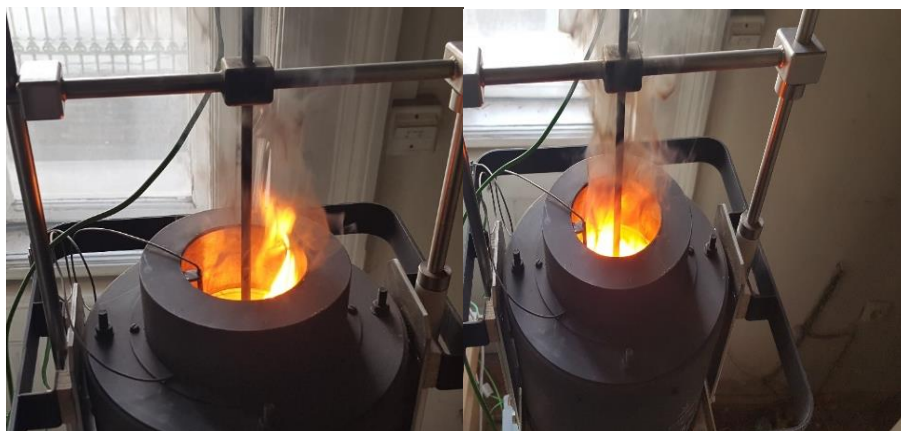
A vizsgálatokat az Óbudai Egyetem, Ybl Kar Tűzvédelmi laboratóriumában végeztük, amely alkalmas számos laboratóriumi mérés elvégzésére [14].



5.3. Neméghetőségi teszt mérési eredményei

5.3.1. „A” minta viselkedése

A több gyantarétegből álló hengeres mintát előre beállított 750 C –s kemencébe tettük. A minta kőlapréteget nem tartalmazott. Azonnal, időkésleltetés nélkül meggyulladt, 30-50 cm-s lánggal és erős kormozó füsttel égett (6. kép). Az oltása, CO₂ oltókészülékkel való többszöri próbálkozással történt. Ez alapján nem felel az A2, de felelehetőleg a B osztálynak sem.



6. kép: „A” minta viselkedése 30-50 cm-s lánggal és erős kormozó füsttel égett. Készítette: A szerző.

5.3.2. „B” minta viselkedése

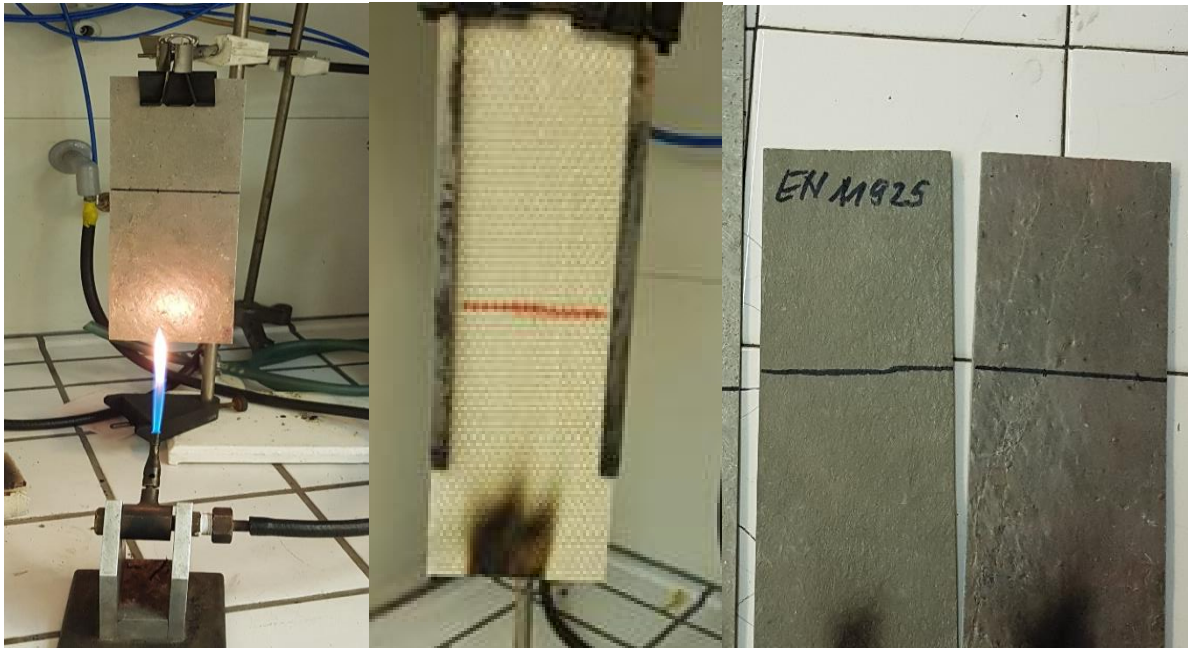
162 másodpercnél a vizsgálati minta elkezdett füstölni, majd meggyulladt, az eltelt idő 162-49=113 sec, azaz kevesebb, mint 2 percet bírt ki a 754 °C -os kemencében. A láng képződést pedig a 7. képen láthatjuk.



7. kép: „B” mintadarab 162. másodpercben és vizsgálat után. Készítette: A szerző.

5.4. Függőleges lángterjedés teszt mérési eredményei

A mintákat mind kőlappal és kőlapréteg nélkül kitettük a gyújtóforrásnak: élgyújtásban alkalmazott 45 fokos szögben 40 mm-s PB láng. Mindkét mintatípus esetén a gyújtóláng elvétele után az égés 1-2 mp belül megszűnt, nem indult el öfenntartó égés. **Ez alapján van remény arra, hogy az SBI vizsgálattal igazolni lehet az E osztálynál magasabb osztályt.**



8. kép: Kislángnak kitett „A” és „B” minták. Készítette: A szerző.

5.5. Sugárzó hőnek kitett vizsgálat megfigyelései

A gyanta mintadarabok 5 x 4cm-es méretű lapok voltak, sugárzó vasmagtól 3 cm távolságban. Sugárforrás vízszintes elrendezésű izzó vasmag, melynek felületi hőmérsékete 700 °C. Ennek hatására az alatta szintén vízszintesen fekvő minta kb. 300 °C - ig melegszik.

5.5.1. „A” minta viselkedése

Melegedés során 210 °C nál látható füstképződés indul meg, ami a polimer hőbomlásának jele. A 300 °C -on képződő erős füst gázkomponensei nem gyulladtak meg. 15 perc után a minta felületén szenesedésre utaló elszíneződés maradt vissza. Az intenzív és alacsony hőmérsékleten mginduló füstölgés miatt nem megfelelőnek ítéltük a mintákat. Mindkét minta gyanta alapja nem bizonyul termodinamikailag stabilnak.



9. kép: „A” minta viselkedése sugárzó hő hatása alatt és utáni állapotban. A rétegek felszakadása nem látható. Készítette: A szerző.

5.5.2. „B” minta viselkedése

A minta 4perc 36 másodpercnél elkezdett a füstölni, hőmérséklete 320 °C –ig emelkedett. (10. kép) A vizsgálatot 10 percnél abbahagytuk, mert változás nem történt, a vizsgált anyag hőmérséklete nem emelkedett, a füstölés tovább folytatódott, de a termék nem gyulladt meg.



10. kép: „B” minta füstölgése sugárzó hő hatása alatt és utni állapotban. A rétegek felszakadása nem látható. Készítette: A szerző.

5.6. Kőfurnérlap MSZ 14800-16-1992 szabvány szerinti szilárd anyagok gyulladási hőmérséklet vizsgálata

A mintákat kb. 4 g 4 mm vastag lapmintát szobahőmérsékletű kemencébe helyezve fokozatosan történt a felfűtés.

5.6.1. „A” minta viselkedése

285 °C környezeti hőmérsékletnél füstölés tapasztalható, majd 301 °C fok környezeti hőmérsékletnél a vizsgálati minta már lánggal égett (11. kép). Ekkor kaptunk magyarázatot arra, hogy a neméghetőségi kemencében 750 °C –on miért csaptak fel hirtelen a lángok.

5.6.2. „B” minta viselkedése

462 °C környezeti levegő hőmérsékletnél befejeztük a vizsgálatot, füst, láng nem volt tapasztalható. Annyit tapasztaltunk, hogy a felületről levált az üvegszövet, és eltört a lap, de sem színben nem változott, és nem is zsugorodott. Gyulladási hőmérséklet 462 °C feletti hőmérsékletre tehető (11. kép).



11. kép: „B” minta füstölgése sugárzó hő hatása alatt és utáni állapotban. A rétegek felszakadása nem látható. Készítette: A szerző.



12. kép: „B” minta állapota kemencében való felfűtés előtt és utáni állapotban. Az üvegszálás háló leválása jól látható, de drasztikus elszenesedés nincs. Készítette: A szerző.

6. ÉRTÉKELÉS ÉS MINŐSÍTÉS

A vizsgálataink nem fedték le pontosan az *Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozására vonatkozó MSZ EN 13501-1* harmonizált szabványban előírt tesztek.



Munkánk célja nem is ez volt. Kiegészítő vagy helyettesítő vizsgálatokat kerestünk, amelyekkel egy gyorseszteszt szerűen el lehet dönteni a kőfurnér rétegek valós tűzvédelmi viselkedését. A gyulladáspont meghatározására szolgáló Sechkin kemence kiválóan alkalmas arra, hogy fokozatos felfűtés során megkapjuk a kezdeti füstképződés hőmérsékletét és az esetleges meggyulladást. Ez egy fontos paraméter a gyanták termikus hőbomlásának kimutatására. [9]. Hasonló háttere van az R 118-2 EU-s közúti járművekre vonatkozó direktiva alkalmazásának is. Ebben az esetben tudjuk szimulálni egy esetleges tűz sugárzó hatásának reakcióját.

Az „A” jelű a poliészter gyanta alapú minta nem mutatta az égéskésleltetés jellemzőket, elsősorban a 320 °C fok körül jelentkező gyulladáspont miatt. Az adatlap szerinti ATH vagy nem megfelelő mechanizmussal működik poliészterek esetén vagy kevés az tartalma. Javasoljuk vagy tovább növelni az Al(OH)₃ arányát, vagy nem poliészter alapot alkalmazni, pl aramid típust.

A „B” jelű minta meggyulladása valamivel később jelentkezett, de így is kevesebb, mint 2 percet bír ki a 754 C-os kemencében.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A kiválasztott minták tűzvédelmi viselkedései rámutattak arra, hogy a gyártói adatlapokon feltüntetett FR megadás, még nem jelenti a neméghetőséget. Különösen nem az A és A2 besorolást. A B minősítés ellenőrzésére pedig javaslunk egy gyorsesztesztet. A gyanták valóságos éghetőségére pedig oxigén index (LOI) megadást, mint ahogy ezt több esetben is felleltük.

Külön figyelmet érdemel az alkalmazhatóság, beépíthetőség, amelyre vonatkozólag az OTSZ pontos útmutatót. Ennek fontosságára külön szeretnénk a tervezők, építetők figyelmét felhívni.

Javaslatunk szerint a termék alkalmazási területétől függ, hogy melyik vizsgálati lehetőséget célszerű egy építési termék minősítő vizsgálata során alkalmazni. A vizsgálataink során a kompozit réteg átvágásával, nem védetten vizsgáltuk a termékmintákat, így egyik vizsgálat sem szimulálta a valós termékbeépítési szituációt, ahol műgyanta hordozó anyagot a kőfurnér réteg valamelyest védené a hősugárzástól.



Összefoglalva a termékfejlesztés alatt álló kőfurnér kompozit termék műgyanta hordozóanyag tűzvédelmi paramétereinek javítására lenne a legnagyobb szükség. Kémiaiilag léteznek nem éghető műgyanták, pl. amelyeket már kéménybélés anyagaként régóta alkalmaznak.

Javasoljuk a gyanták oxigén index (LOI) megadást adatlapokon.

A hazai piacon jelenleg több kőfurnér termék van forgalomban, melyek külső szemlélőnek teljesen azonosnak tűnhetnek, azonban a 3. pontban már említett hordozó rétegek műszaki paramétereiben eltérnek. Azt kutattuk, hogy az elérhető kőlapok a jelen megvizsgált paraméterekkel milyen felhasználásra lesznek jogosultak.

- Tudomásunk szerint létezik a MSZ EN 13823 (SBI) szabvány szerinti a D-s3-d0 minősítésű, így homlokzati burkolatként alkalmazható anyag, (egy esetben a vizsgálati eredmények között „C-s3-d0” eredmény is igazolható volt.).
- A legtöbb forgalmazott kőfurnér termék „E” osztályúaknak minősült, vagy csak dekortapéta szabvány szerinti minősítésük van, így ezek homlokzati burkolatként nem tervezhetőek vagy építhetőek be.
- Az OTSZ előírásai szerint, a tűzzel szembeni viselkedési osztállyal önmagában, a kőfurnér lapok homlokzatburkolatként csak korlátozottan alkalmazhatók. A szélesebb körű alkalmazáshoz a terméket hőszigetelő rendszerként is minősíteni szükséges, amely minősítés tartalmazhatja a homlokzati tűzterjedés vizsgálat eredményét is, a magasabb szintszámú építményeken való alkalmazhatósághoz.

Munkánk további célja, hogy a jövőben figyelemmel kísérjük a fejlesztések eredményeit, amelyeket ismét saját vizsgálatokkal kívánunk értékelni. A gyártók célja mindenképpen egy B teljesítmény elérése, amely már impozáns épületek külső burkolatát adhatja meg, így egy új építészeti stílust megalapozva. Mint láttuk a rétegek tűzvédelmi gyenge pontja a hordozó gyanta. Az un. elővizsgálatok is ezzel a kompozit anyag kezdődnek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Parlagi Gáspárné: Tapéták – dekorációs célú, tekerics vagy panel kiszerezésű falborítók tűzvédelmi kérdései. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. 6. (2017), 13-15. o.



- [2] Lestyán Mária et al: Hőszigetelő anyagok kiírása, betervezése, fókuszban a tűzvédelemmel. *Magyar Építéstechnika*, 55. 8-9. (2017).
<http://archivum.magyarepitestechnika.hu/index.php/2017-8-9/4052-hoszigetelo-anyagok-kiirasa-betervezese-fokuszban-a-tuzvedelemmel#&panel1-1> Letöltés ideje: 2022.05.02.
- [3] Kékesy Péter: A homlokzati hőszigetelő rendszerek tűzvédelmi kérdéseiről. *Magyar Építéstechnika*, 54. 11. (2016), 40. o.
<http://archivum.magyarepitestechnika.hu/index.php/hirek/3573-a-homlokzati-hoszigetelo-rendszerek-tuzvedelmi-kerdeseirol#&panel1-1> Letöltés ideje: 2022.05.02.
- [4] Timon Tibor et al: Kőfurnér burkolat <https://artimon.hu/2019/01/31/kofurner/>[2019]
- [5] Limestone: <https://slatedesign.hu/galeria/limestone/> Letöltés ideje: 2022. 06. 25.
- [6] Fire safety and indoor emissions of wallcoverings. EU requirements and national solo-attempts. <https://www.flameretardants-online.com/news/archive?showid=17802> Letöltés ideje: 2022. 06. 25.
- [7] Czigány Tibor et al: Polimer kompozitok – áttekintés. <http://docplayer.hu/43504942-Polimer-kompozitok-attekintes.html> Letöltés ideje: 2022. 06. 25.
- [8] Kerekes Zsuzsanna - Lublóy Éva: Effect of thermal transformation and stability on the flammability of PAN precursors-based carbon fibres *Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry* 133. (2018), 2. pp. 1075-1084.
- [9] Pesti László: Tűzvédelmi szakmérnök. Diplomamunka Óbudai Egyetem. YMÉK 2021.
- [10] Nagysolymosi Ádám - Kopecskó Katalin – Kerekes Zsuzsanna - Restás Ágoston: Structural changes of fiberreinforced composite plastics under the influence of heat Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference. Budapest. Magyarország: Védelem online (2021) 503 p. pp. 41-47.
- [11] Tóth-Pataki Zsófia - Szép János - Kerekes Zsuzsanna - Restás Ágoston: Role of radiationheat in the thermodynamic classification of polystyrene thermal insulators Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference, Budapest, Magyarország : Védelem online (2021) 503 p. pp. 126-133.



- [12] Serife Furtana - Aysenur Mutlu - Mehmet Dogan: Thermal stability and flame retardant properties of calcium- and magnesium-hypophosphite-finished cotton fabrics and the evaluation of interaction with clay and POSS nanoparticles. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* volume 139, pages 3415–3425.
- [13] Youchuan Wang - Le Zhang - Yunyun Yang - Xufu Cai: The investigation of flammability, thermal stability, heat resistance and mechanical properties of unsaturated polyester resin using ALPi as flame retardant, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* volume 122, pages 1331–1339 (2015).
- [14] Király Lajos - Bodnár László - Kerekes Zsuzsanna - Restás Ágoston: Combustion Of Dichloromethane Without Flash Point. In: László Bodnár; György Heizler (szerk.): 2nd Fire Engineering & Disaster Management Pre-recorded International Scientific Conference Védelem online – cooperated with the University of Public Service: Book of extended abstracts.

Komlai Krisztina, vizsgáló anyagmérnök, ÉMI NonProfit Kft,
doktorandusz, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola.
E-mail: komlai.kriszti@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2491-9295

Kerekes Zsuzsanna, egyetemi docens
Nemzeti Közsolgálati Egyetem Rendészettudományi Kar, Katasztrófavédelmi Intézet,
Tűzvédelmi Mérnöki Tanszék
E-mail: Kerekes.Zsuzsanna@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0002-2041-2622



Dr. Takács Lajos Gábor, Szikra Csaba, Zsitva Attila

HŐ- ÉS FÜSTELVEZETÉSSEL ELLÁTOTT CSARNOKÉPÜLETEK LÉGPÓTLÁSRA IS FIGYELEMBE VETT DOKKOLÓKAPUINAK ÁRAMLÁSI VIZSGÁLATA

Absztrakt

Cikkünkben a hő- és füstelvezetéssel ellátott csarnoképületek légpótlásra is figyelembe vett dokkolókapuinak áramlási jellemzőit és tűzvédelmi kialakításait vizsgáljuk. A kutatások a légáramlás jellemzőire és a tűzvédelmi kialakításokra összpontosítanak. A légpótlás hatékonysága függ a dokkolók geometriai kialakításától és azok anyagától is. Vizsgálataink célja numerikus tűz- és füstterjedési szimuláció segítségével olyan tervezési módszert kidolgozni, amellyel rendeltetésszerű dokkolóhasználat mellett tűz esetén áramlási szempontból is megfelelő légmennyiség biztosítása igazolható. A tűzvédelmi problémák vizsgálatához adatgyűjtést végeztünk. Az adatgyűjtést kiterjed a vonatkozó jogi háttérre, a légpótlók kialakításának lehetőségeire, logisztikai adatok elemzésére és dokkolók közvetlen közelében kialakuló tüzesetek összegyűjtésére.

A vizsgálatok után a javaslataink alapján az alábbiakkal növelhető a dokkolók, a rakodás alatt álló kamionok és az épületek tűzbiztonsága:

- Ne a dokkoló kapuja, hanem a szimmetrikusan elhelyezett oldalsó nyílások, légpótló zsaluk legyenek a légpótló nyílások.
- A dokkolókon belüli is tűzjelzőt kell létesíteni, és ha az adott dokkolóban vagy a környezetében keletkezik a tűz, akkor az adott dokkolóhoz tartozó légpótló nyílás ne nyisson ki.
- Az épületben található beépített oltóberendezést a dokkolóházra is ki kell terjeszteni.
- Tűzgátló építményszerkezetekkel meg kell akadályozni a dokkolókon keresztüli tűzterjedést.

Kulcsszavak: hő-és füstelvezetés, légpótlás, dokkoló kapu, légpótló nyílások



INVESTIGATION OF THE AIR FLOW CHARACTERISTICS OF DOCK GATES USED AS AIR SUPPLY OPENINGS IN WAREHOUSES WITH SMOKE AND HEAT VENTILATION SYSTEM

Abstract

In our article smoke and heat ventilation characteristics of warehouse loading docks are investigated, which are often used as fresh air inlet sources. The tests are focusing on the air flow characteristics and the fire protection design. The efficiency of air inlet depends on the geometrical design and the materials of the dock. We used CFD simulations to reach our main goal: to develop a planning method for the calibration of the smoke and heat ventilation system. We collected data to the analysis of the fire protection problems. This covers the legal backgrounds, the ways of developing air-suppliers, the run-down of the logistics related data and the collection of cases of fire evolving near by the docking areas.

Based on these surveys the fire safety of the loading docks, trucks and buildings could be improved by the following points:

- The symmetrically placed openings with air-supply shutters in the sides of the loading docks should be the air-suppliers, not the gate of the docking area.
- A fire detection and alarm system should be installed within the docking area as well, in case a truck takes on fire, the relevant air-supply gate should not open, but the others should.
- The building's built-in fire extinguisher system should be expanded to the loading docks.
- The spreading of the fire through the docking areas should be prohibited with fire rated structures.

Keywords: smoke and heat ventilation, air supply, dock gate, air supply openings



1. BEVEZETÉS

Hő- és füstelvezetéssel ellátott csarnoképületek légpótlását gyakran a kamion dokkolókon keresztül oldják meg, ahol a légpótlás hatékonysága a geometriai kialakítás és anyaghasználat mellett nagymértékben függ a rakodási módoktól és raktározási rendtől is. A cikk a vonatkozó jogszabályok, tűzvédelmi műszaki irányelvek értelmében légpótlásra is figyelembe vehető kamion dokkolók tűzvédelmi, áramlástanai kérdéseivel, problematikájával foglalkozik. Vizsgálataink célja numerikus tűz- és füstterjedési szimuláció segítségével olyan tervezési módszert, illetve a tűz- és füstterjedési szimulációknál is alkalmazható modellezési módszert kidolgozni, amellyel rendeltetészerű dokkolóhasználat mellett tűz esetén áramlási szempontból is megfelelő légmennyiség biztosítása számítható, illetve igazolható.

2. VONATKOZÓ JOGI ÉS IRÁNYELVI HÁTTÉR

A természetes hő- és füstelvezetők legfontosabb teljesítményjellemezője a hatásos nyílásfelületük. A hő- és füstelvezetők hatásos nyílásfelületét, illetve az átfolyási tényezőt Európában az EN 12101-2 [1] szabványban rögzített vizsgálattal állapítják meg. Azonban a légpótlásra igénybe vett dokkolókat méretük és változatos kialakításuk miatt nem lehet szabványos vizsgáló berendezésbe elhelyezni, ezért hatásos nyílásfelületük egyszerű táblázatos módszerrel állapítható meg (hazánkban az OTSZ [2] 9. melléklet 4 sz. táblázata).

A hazai Országos Tűzvédelmi Szabályzat [2] 197. §-a követelményeket támaszt a természetes légpótló, illetve a füstmentesítést biztosító nyílások nyílászáróival szemben, amely értelmében azok szabad mozgását folyamatosan biztosítani kell, és e nyílásokat eltorlaszolni tilos. Logisztikai raktározási területeken bevett gyakorlat, hogy a kamion dokkolókon keresztül adják meg a szükséges légpótló felületeket. Megfelelő használati szabályok hiánya miatt előfordulhat, hogy a létesített dokkolók nagy része, vagy akár az összes egyidőben használatban van, így pont a kamionok fognak torlaszként viselkedni, ezzel megakadályozva a friss levegő biztosítását.



A Hő- és füst elleni védelem TVMI (3.3:2020.01.22) 9.1.1. pontja [3] ezt hivatott szabályozni. Eszerint a légpótlásra figyelembe vett vezérelt dokkoló kapuk esetén, számítani kell arra, hogy a dokkoló kapuk keresztmetszetét leszűkítik az éppen rakodás alatti tehergépjárművek. Ezért az ilyen esetek fennállása esetén javasolt, hogy a vezérelt dokkoló kapuk legfeljebb 50%-a kerüljön csak légpótlásra figyelembe véve.

A TVMI 4.3.1. pontja szerint a természetes légpótlás a vonatkozó szabvány szerint minősített hő- és füstelvezető szerkezetek alkalmazásával, vagy közvetlen kültéri kapcsolattal rendelkező szabad nyíláson keresztül, az alábbiak útján történhet:

- az érintett helyiségek közvetlenül a szabadba nyíló nyílászáróin, szabad nyíláson,
- legfeljebb 20 m² alapterületű előtér, szélfogó helyiség nyílászáróin, vagy
- méretezett légcsatornán, légaknán, angolaknán keresztül.

Megjegyzés:

A homlokzati közlekedő vagy szélfogó, vagy előtéri helyiségen keresztüli légpótlás akkor megfelelő a jogszabályi előírások teljesítésére, ha a légpótlásra tervezett helyiség légterében éghető anyag nincs elhelyezve, a helyiségen belül nem jöhet létre olyan hő- és füstfelszabadulás, amely a légpótlási igénnyel rendelkező helyiségbe a beérkező frisslevegő helyett füstöt juttatna. A tervezett megoldás során vizsgálandó, hogy a helyiségen keresztüli légpótlás a felületeken keresztül bejusson a kijelölt térbe (pl. geometriai felületek megfelelősége, átöblíthetőség biztosítása).

A fenti megjegyzés fontos eleme, hogy éghető anyag ne legyen elhelyezve a légpótlásra tervezett helyiségben, jelen esetben a dokkoló légterében. Legtöbb esetben már maga a dokkoló is éghető anyagokból, ponyvaszerkezetekből épül fel.

A megvizsgált logisztikai adatok alapján a gyakorlatban – a kiélezett szállítási határidők miatt – nem tartják be a jogszabályban meghatározott legfeljebb 50%-os dokkoló kapu légpótlást. Így három műszakos beosztás mellett egyes esetekben akár 85-90%-os kihasználtsággal is alkalmazzák a kamion dokkolókat.



3. KIINDULÁSKÉNT FIGYELEMBE VETT TÜZESETEK

A raktárcsarnokok általában csekély dolgozói létszámmal működnek, akik helyismerettel rendelkeznek, így egy tűz esetén az életvédelmi szempontok nem jelennek meg olyan élesen, mint lakó- és közösségi épületek esetén, emellett viszont a raktárkészletben, járművekben és az épületben károk keletkezhetnek. A raktárvezetők felelnek a szükséges tűzvédelmi előírások betartásáért. A dokkolókkal, raktár tüzekkel kapcsolatos tüzeseteket kielemezve megállapítható, hogy túlnyomó többségben maga a kigyulladt, felforrósodott kamion okozza a tüzekeket. A megvizsgált adatok alapján levont következtetések birtokában megállapítható, hogy a rakodóállásba beparkoló kamion jelenti a legnagyobb veszélyforrást a dokkolóállásokban álló kamionokra és magára az épületre is. A felhevült, izzó fékrendszer, a motortérből kiinduló tüzek és a forró lámpatest is lehet adott esetben gyújtóforrás.

Az amerikai Nemzeti Tűzvédelmi Szövetség (NFPA) adatai alapján az amerikai önkormányzati tűzoltóságok évente átlagosan 37 000 raktárcsarnokban bekövetkezett tüzesethez (lásd 1-2. kép) kaptak riasztást, ezek a tüzek évente 16 halálesetet és 273 sérülést okoztak, az anyagi kár pedig meghaladja az évi 1,2 milliárd dollárt [4].



1-2. ábra Amerikai tüzesetek (forrás: internet)

Forrás: <https://www.pe.com/2018/08/22/fire-at-costco-distribution-center-in-jurupa-valley-causes-4-million-in-damage/>

https://www.hsssearch.co.uk/page_596348.asp



4. A DOKKOLÓK VIZSGÁLT TÍPUSAINAK BEMUTATÁSA

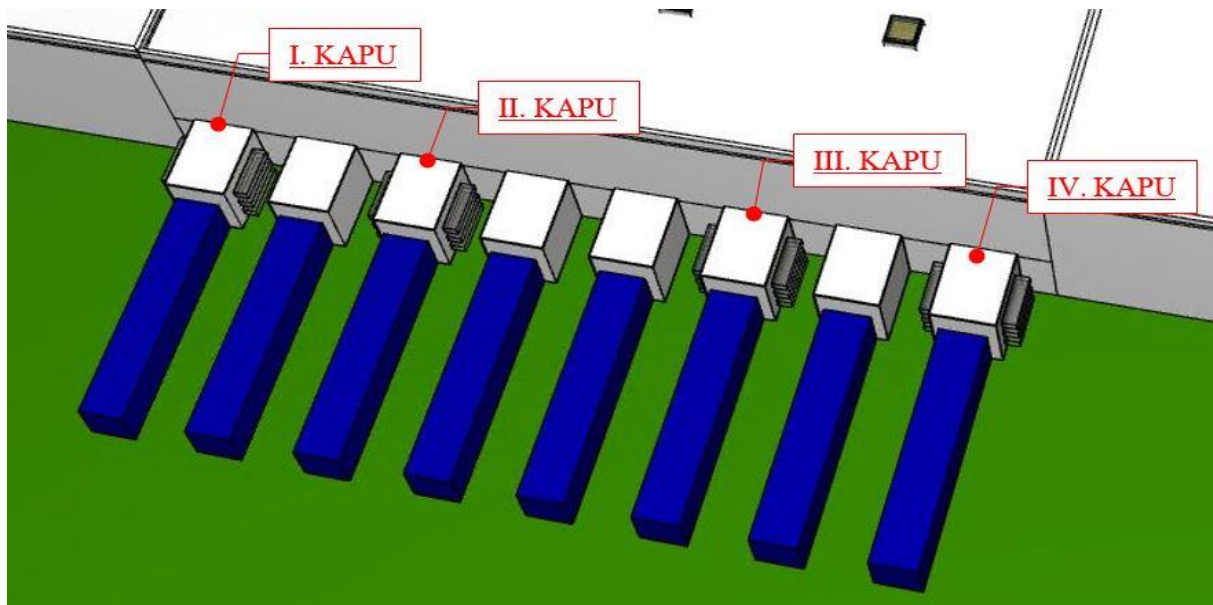
A vizsgálataink fő célja a különböző kapuk, dokkoló típusok légpótlóként történő vizsgálata, optimalizálása. Az első esetben a természetes légpótlás a homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapukon keresztül biztosított, a második módozatban a légpótlás kamion dokkolókon keresztül történik, a harmadik verzióban a dokkolók oldalára elhelyezett légpótló zsaluk viselkedését vizsgáltuk és végül a dokkolók tetejére elhelyezett kupolán keresztüli légpótlás hatékonyságát ellenőriztük.

	I. modell	II. modell	III. modell	IV. modell
Légpótlás típusa	Homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu	Dokkolón elhelyezett légpótló kapuk (két kapun keresztül)	Egyedileg tervezett légpótló geometria a dokkoló oldalán elhelyezve	Egyedileg tervezett légpótló kupola
1 db légpótló hatásos nyílásfelülete	9,0 m ²	9,0 m ² homlokzati fal síkjában	9,0 m ² homlokzati fal síkjában (9,0 m ² a dokkolók oldalán)	9,0 m ² homlokzati fal síkjában (9,0 m ² a dokkolók tetején)
Sematikus ábra				

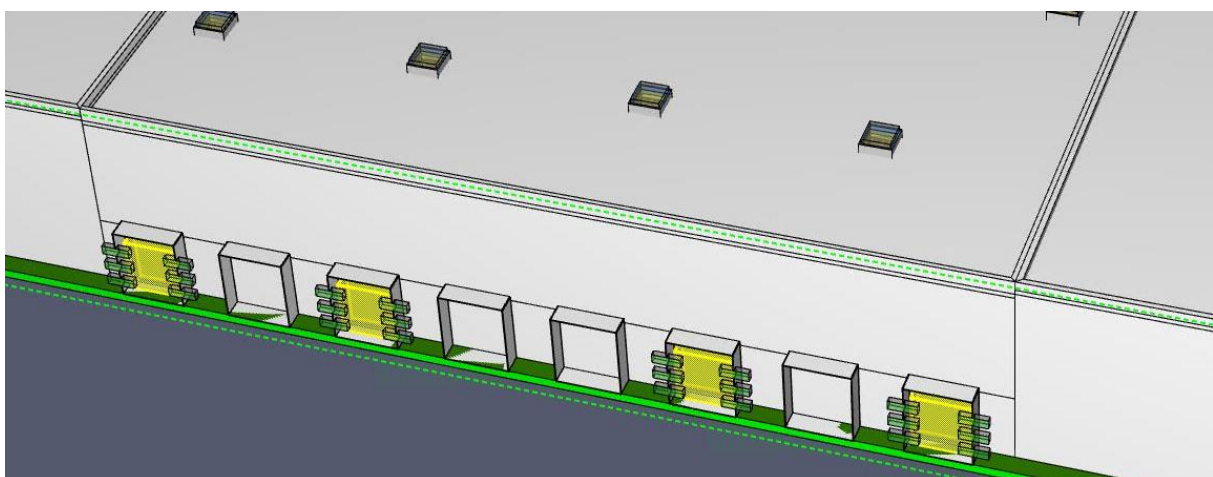
1. táblázat Kutatási mátrix



A négy vizsgálati modell típust oldalszéllel és anélkül is vizsgáltuk. Oldalszeles vizsgálat esetén a hatóság által kért homlokzatra 45°-os szögben érkező 5 m/s-os szelet modelleztünk. A vizsgálatainkban a kupola nyílászárnyait nem nyíló elemként modelleztük, hanem a működését leegyszerűsítve a kupolafedőt eltűnő elemként vezéreltük.



3. ábra. A vizsgálati dokkolók elnevezései. A modellben 8 db dokkoló szerepel, de csak négyen keresztül biztosítottuk a légpótlást.



4. ábra A légmennyiség mérő elemek (a metszősíkot a dokkolókon keresztül felvéve). Mind a négy modellnél ugyanazon a 3x3 méteres felületen hasonlítottuk össze a belépő légpótló levegő mennyiségét



5. A SZIMULÁCIÓS MODELL ISMERTETÉSE

A kutatásunk során felhasznált csarnoktér 3.000 m² alapterületű, vasbeton szerkezetű csarnok épület, amelybe a jelenleg érvényes tűzszimulációs irányelvi gyakorlat alapján modelleztük a hő- és füstelvezetést, amelyet a tűzjelző berendezés vezérel. Beépített oltóberendezést, füstkötényt, füstszakaszolást nem feltételeztünk. A csarnok átlagos belmagassága 10 m.

A vizsgált épületben természetes működésű hő- és füstelvezetést és természetes légpótlást feltételeztünk. A hő- és füstelvezetők: 1,50x1,50 m geometriai méretű, 2,25 m² geometriai felületű, legalább 1,4 m² ($c_{v, \min} = 0,62$) hatásos nyílásfelületű kupolák, amelyekből 16 db tervezett.

A légpótló kapuk mérete 4 db 3,00x3,00 m. A hő- és füstelvezető szerkezeteket és a légpótló nyílásokat pontszerű optikai füstérzékelők hozzák működésbe. Az MSZ EN 12101 követelménye szerint a hő- és füstelvezetőknél 60 másodpercen belül teljes mértékben ki kell nyílniuk. Ezt a modellben 60 másodperccel késleltetett vezérléssel modelleztük. Vannak füstelvezető kupolatípusok, amelyek ennél jóval gyorsabban kinyitnak, de a biztonság javára ezt állítottuk be a modellben. A légpótló nyílásokat hasonló okokból láttuk el 60 másodperces késleltetéssel. A geometriai nyílásfelületből számítható hatásos nyílásfelület csak kapuknál és EN 12101-4 szerint minősített termékeknél (pl. füstelvezető zsaluk, ablakok) szabályozott, a dokkolóknál nem szabályozott (súrlódási ellenállás).

A tárolást (polcos) 8,5 méter magasságig modelleztük, a tűzfészket a padlóra ($\pm 0,00$ m) helyeztük el. A CFD elveire épülő szimulációs programok számára a védett tér fajlagos hő-felszabadulása helyett teljesítmény jellegű információra van szükség. A nemzetközi szakirodalom a védett térben tárolt anyagok alapján definiálja a mértékadó teljesítmény görbét. Raktár funkció lévén a csarnoképületben 10 MW csúcsteljesítményű tűzfészkekkel modelleztünk [5]. A 10 MW teljesítményt a fejlődő szakaszban 9 perc alatt éri el a tűzfészkek, majd ettől kezdve 9-30 perc között konstans teljesítményű. Reakcióként poliuretánt állítottunk be (GM 27 reakcióval).



A tartószerkezeteket érő hőmérséklet kitét vizsgálata az FDS modellünkben elhelyezett hőmérő elemekkel történik. A hőmérsékleti adatok elemzésével azt vizsgáltuk, hogy a légpótlás, valamint a hő- és füstelvezetés hatékonysága hatással van-e a gáztéri hőmérsékletekre, mivel ezek határozzák meg a tartószerkezetre jutó hőmérséklet kitétet, így azok tűzeseti méretezését is.

A modellezést 8 db cellahálóval (MESH) végeztük el, amelyek alapbeállításban 50x50x50 cm, de a légpótló nyílások közelében 25x25x25 cm méretűek.

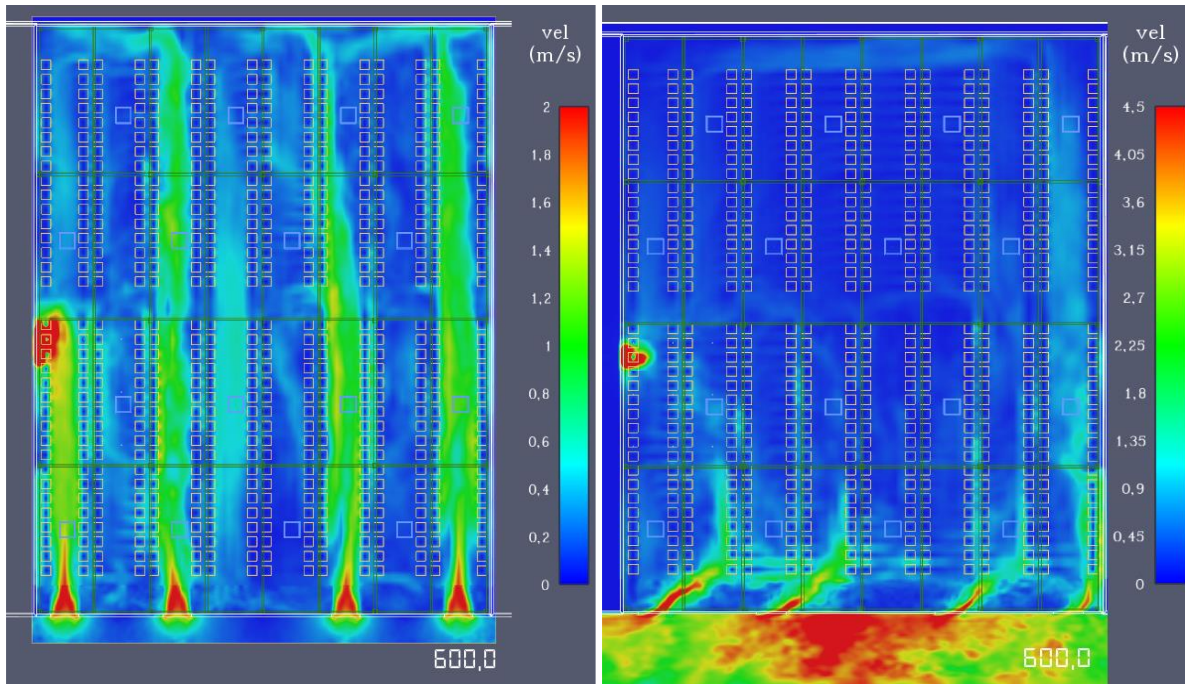
A csarnoktérbe bejutó levegő paramétereit minden esetben a homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu nyílásán keresztül mértük.

6. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEINK

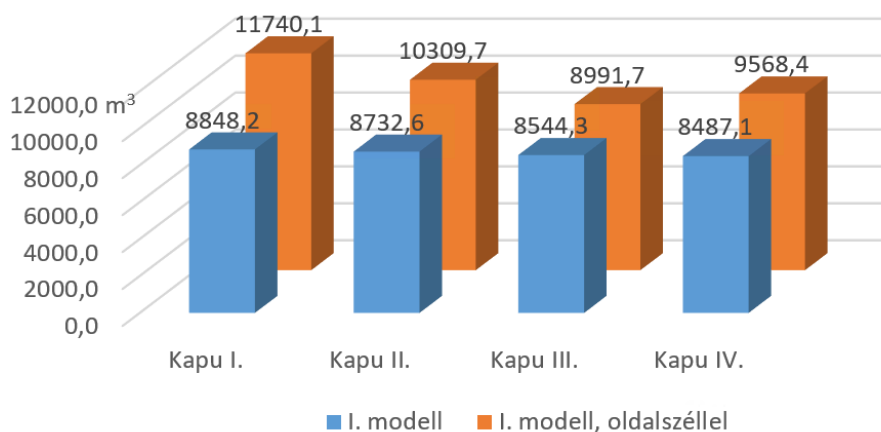
Azt vizsgáltuk, hogy a különböző geometriával kialakított légpótló szerkezetek milyen hatékonysággal biztosítják a szükséges légpótlást változatlan épület, raktározás, hő- és füstelvezetés kialakítás valamint tűz időbeli lefolyása mellett.



6.1 I. modell: Homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu



5./a-b ábra Vízszintes sebességmező 2 m magas síkon, 600 s időpillanatban, oldalszél nélküli és 5 m/s oldalszéllel indított futtatásnál

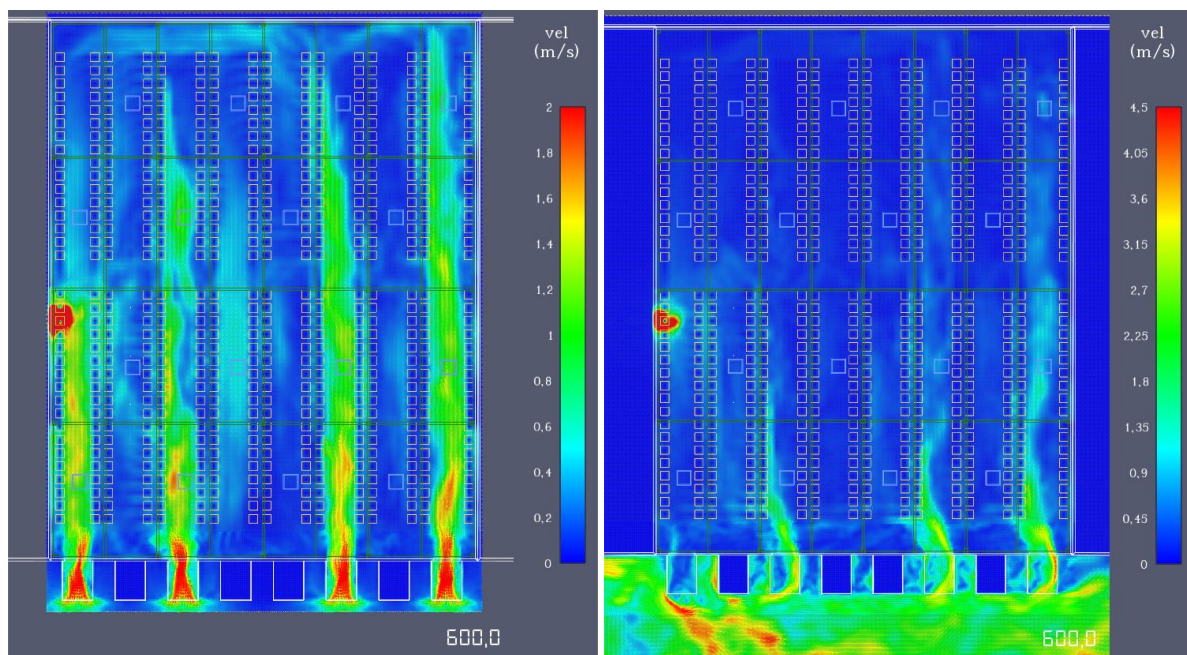


6. ábra Az egyes kapukon átáramló légtérfogat az 1000s alatt

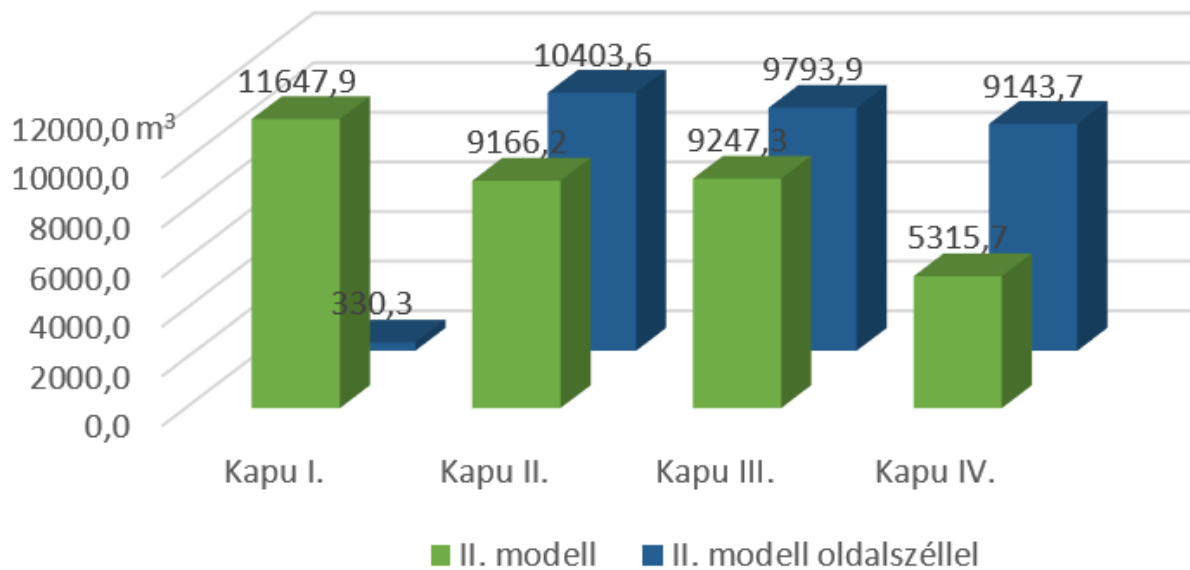


Az 1000 s alatt a négy kapun keresztül összesen 34.612,197 m³ levegő áramlott át, amíg az oldalszéllel indított futtatásnál ez megnövekedett 40.609,909 m³-re. A mérési eredményekből megfigyelhető, hogy az 5 m/s oldalszél 17%-kal megnöveli a beáramló levegő mennyiségét. Kimondható, hogy az eredmény az elvárásainknak megfelelő, vagyis a kapott értékek az oldalszeles vizsgálatnál nagyobbak.

6.2 II. modell: Dokkolón keresztül biztosított légpótlás (dupla kapun keresztül)



7./a-b ábra Vízszintes sebességmező 2 m magas síkon, 600 s időpillanatban, oldalszél nélküli és 5 m/s oldalszéllel indított futtatásnál

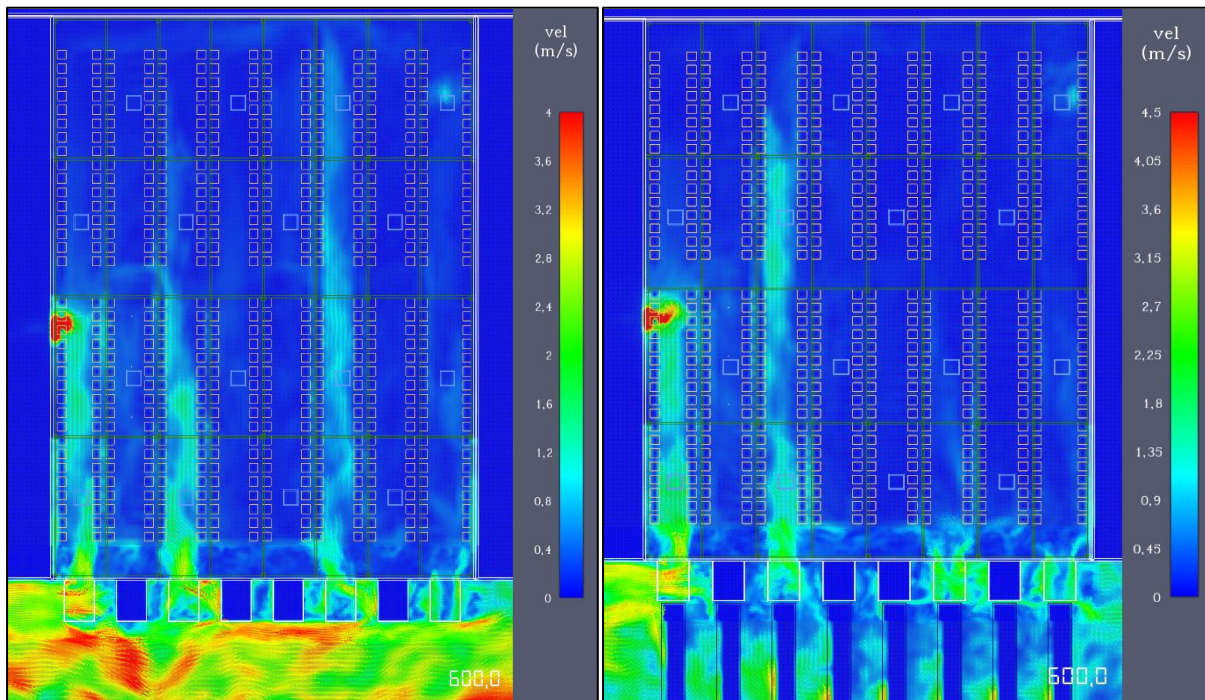


8. ábra Az egyes kapukon átáramló légtérfogat az 1000s alatt

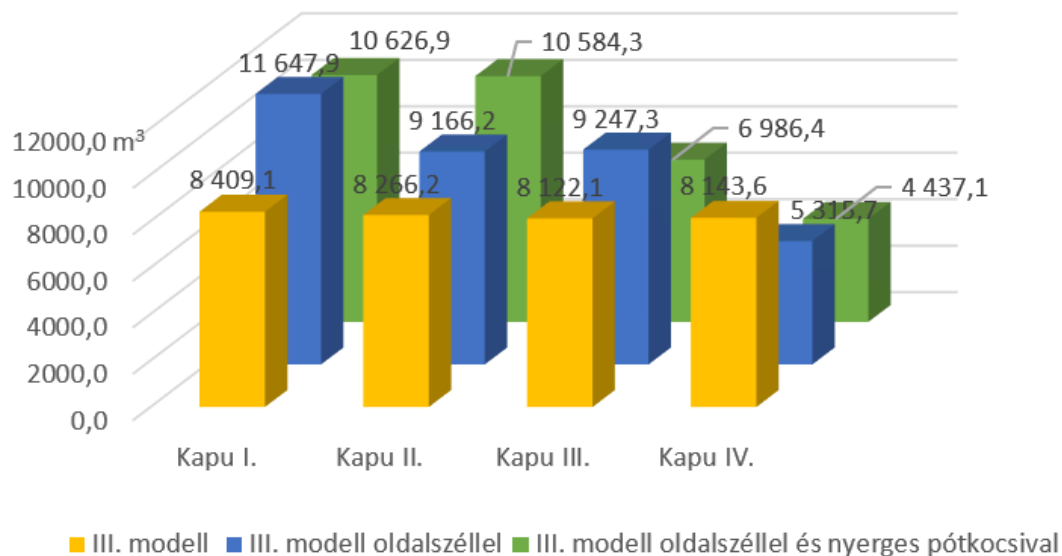
A szélmentes futtatásnál az 1000 s alatt a négy kapun keresztül összesen 35.377,069 m³ levegő áramlott át, amíg az oldalszéllel indított futtatásnál ez lecsökkent 29.671,386 m³-re. A mérési eredményekből megfigyelhető, hogy az 5 m/s oldalszél 16%-kal csökkenti a beáramló levegő mennyiségét. A szélmentes futtatásnál a légpótló levegő dokkolókon keresztül a kapukra merőlegesen tud bejutni, turbulens áramlatok nem alakulnak ki (Bernoulli egyenlet, energiamegmaradás). Továbbá megfigyelhető, hogy oldalszél nélkül a tűzfészekhez közelebb lévő légpótlók hatékonyabban működnek.



6.3 III. modell: Légpótlás a dokkolók oldalán elhelyezett zsalukkal



9./a-b ábra Vízszintes sebességmező 2 m magas síkon, 600 s időpillanatban, oldalszéllel indított futtatásoknál. a: oldalszéllel, b: oldalszéllel és nyerges pótkocsival

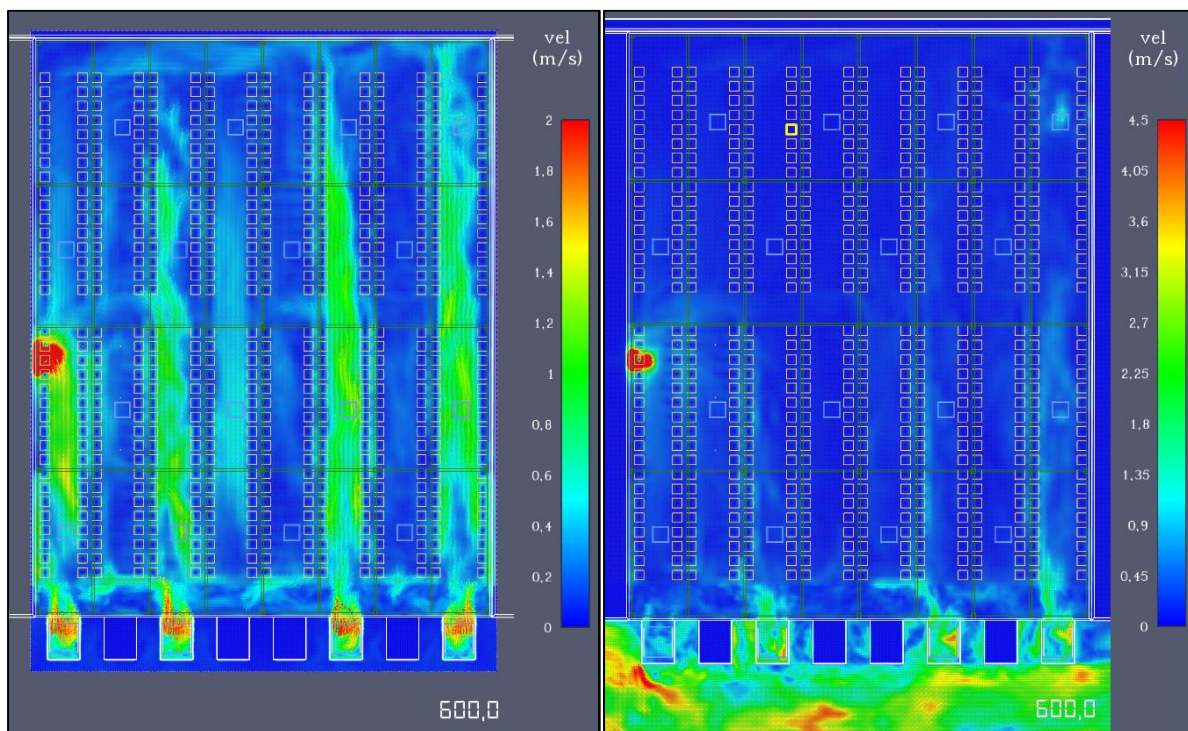


10. ábra. Az egyes kapukon átáramló légtérfogat az 1000s alatt

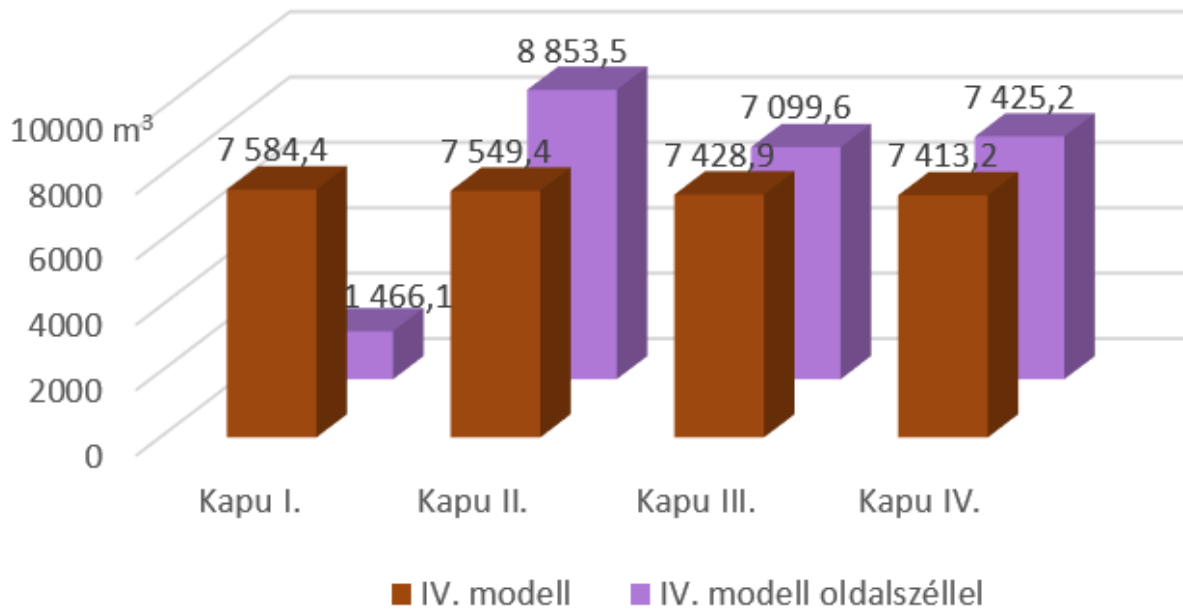


Az 1000 s alatt a négy kapun keresztül összesen $32.941,38 \text{ m}^3$ levegő áramlott át, amíg az oldalszéllel indított futtatásnál ez megnövekedett $35.377,069 \text{ m}^3$ -re és a nyerges szerelvény + oldalszeles futtatásnál ez a mennyiség $32.634,67 \text{ m}^3$, vagyis közel az oldalszél nélküli futtatás értékéhez. Kijelenthető, hogy ez a kialakítás oldalszélnél és kamionokkal eltorlaszolt rakodóterülettel is megbízható eredményt hoz, ellentétben a többi kialakítással.

6.4 IV. modell: Légpótlás a dokkolók oldalán elhelyezett zsalukkal



11./a-b ábra Vízszintes sebességmező 2 m magas síkon, 600 s időpillanatban, oldalszél nélküli és 5 m/s oldalszéllel indított futtatásnál

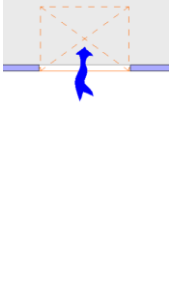
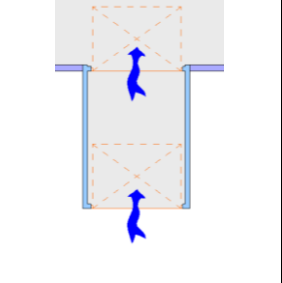
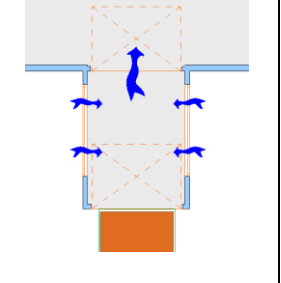
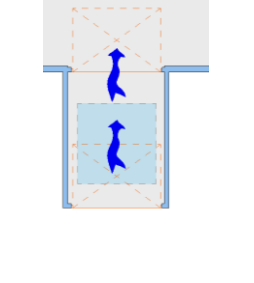


12. ábra Az egyes kapukon átáramló légtérfogat az 1000s alatt

Az 1000 s alatt a négy kapun keresztül összesen 29.975,96 m³ levegő áramlott át, amíg az oldalszélel indított futtatásnál a 90 °-ban felfelé nyíló kupolaszárny szélterelő hatása miatt ez lecsökkent 24.844,36 m³-re.

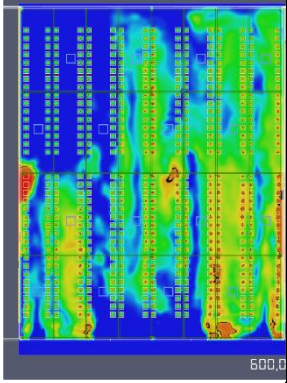
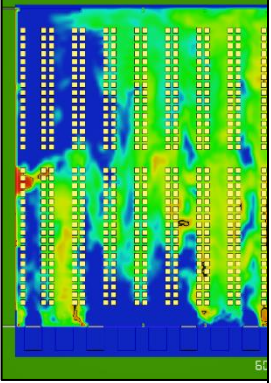
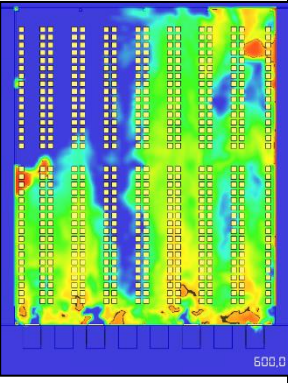
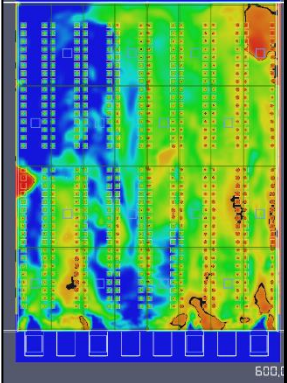
	I. modell	II. modell		III. modell		IV. modell	
Légpótlás típusa	Homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu	Dokkolón elhelyezett légpótló kapuk (két kapun keresztül)		Egyedileg tervezett légpótló geometria a dokkoló oldalán elhelyezve		Egyedileg tervezett légpótló kupola	
Maximális légtérfogatára	13,85 m ³ /s	17,05 m ³ /s	+23 %	13,72 m ³ /s	-1%	12,4 m ³ /s	-10%



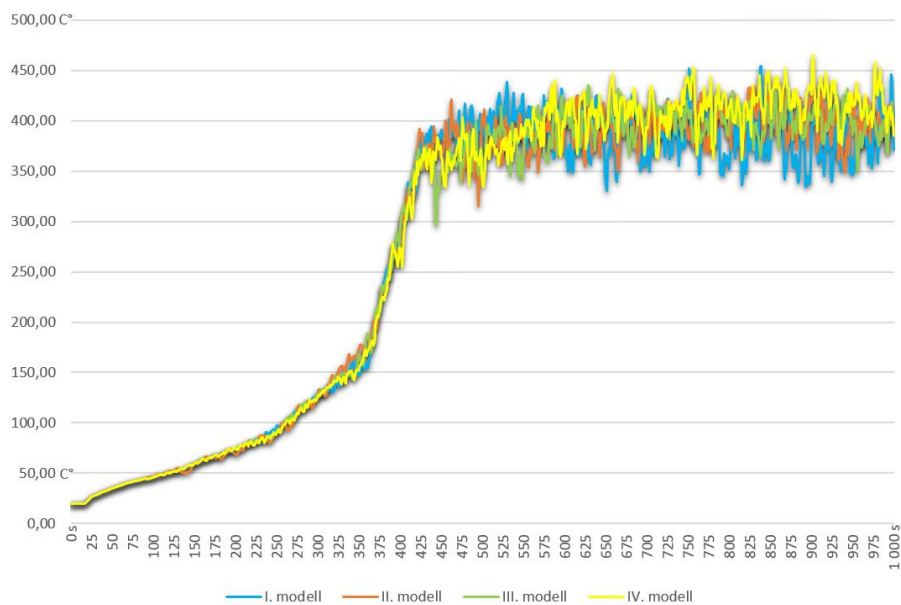
m a II. kapun keresztül							
Összes légtérfogat a II. kapun keresztül, 1000 s alatt	8 723,7 m ³	9 166,2 m ³	+5%	8 266,2 m ³	-5%	8 549,5 m ³	-2%
Összes átáramló légtérfogat a I-IV. kapun keresztül, 1000 s alatt	34 612, 2 m ³	35 377,1 m ³	+2%	32 941 m ³	-5%	29 976,0m ³	-13%
Legmagasabb kialakuló hőmérséklet a tető alsó síkjánál (+9,85 m)	454,2 C°	435,3 C°	-4%	435,0 C°	-4%	465,4 C°	+2%
Sematikus ábra							

2. táblázat Szélmentes vizsgálatok eredményei



I. modell	II. modell	III. modell	IV. modell
Homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu	Dokkolón elhelyezett légpótló kapuk (két kapun keresztül)	Egyedileg tervezett légpótló geometria a dokkoló oldalán elhelyezve	Egyedileg tervezett légpótló kupola
			

13. ábra A látható úthossz képei a 600 s időpillanatban, szélmentes futtatásoknál



14. ábra. A tűz helyszín felett kialakuló hőmérsékletek a tető alsó síkjánál, a szélmentes futtatásoknál

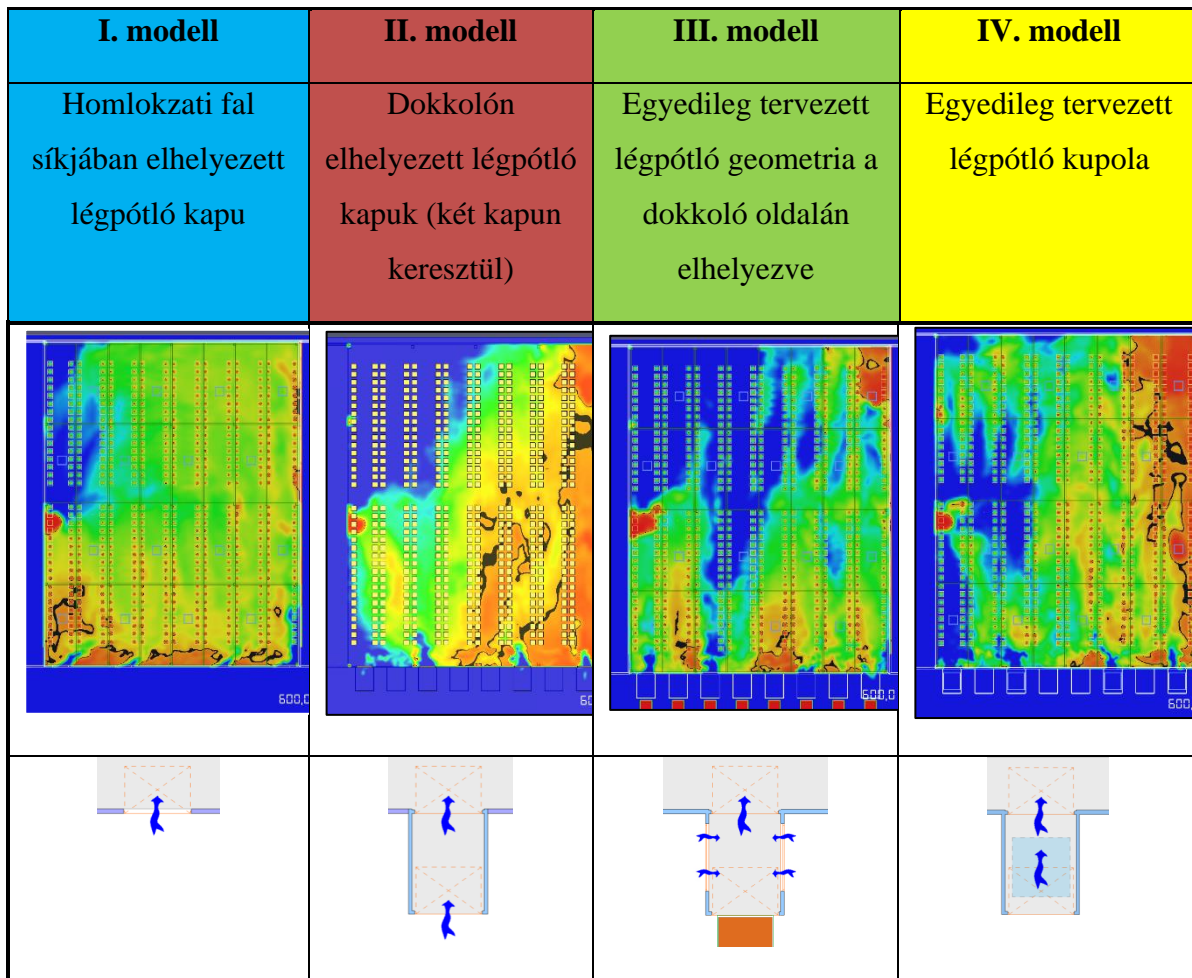


	I. modell	II. modell		III. modell				IV. modell	
Légpótlás típusa	Homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapu	Dokkolón elhelyezett légpótló kapuk (kettő kapun keresztül)		Egyedileg tervezett légpótló geometria a dokkoló oldalán elhelyezve				Egyedileg tervezett légpótló kupola	
				Nyerges pótkocsi nélkül	Nyerges pótkocsival				
Maximális légtérfogat áram a II. kapun keresztül	17,34 m ³ /s	16,92 m ³ /s	-2,5%	17,05 m ³ /s	-2%	17,02 m ³ /s	-2%	16,71 m ³ /s	-4%
Összes légtérfogat a II. kapun keresztül, 1000 s alatt	10 301 m ³	10 404 m ³	+1%	9 166 m ³	-11%	10 584 m ³	+2,5%	8853,51 m ³	-14%
Összes átáramló légtérfogat a I-IV. kapun keresztül, 1000 s alatt	40 610 m ³	29 671 m ³	-27%	35 377 m ³	-13%	32 635 m ³	-20%	24 844 m ³	-39%
Legmagasabb kialakuló	392,73 C°	389,05 C°	-1%	435,27 C°	+11%	441,68 C°	+12%	407,12 C°	+4%

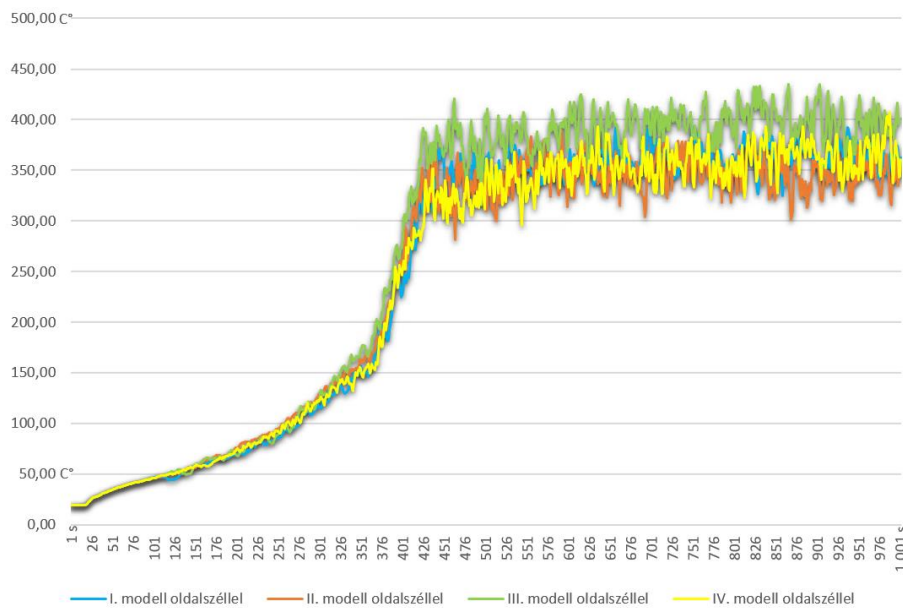


hőmérséklet a tető alsó síkjánál (+9,85 m)									
Sematikus ábra									

3. táblázat Oldalszeles vizsgálatok eredményei



15. ábra A látható úthossz képei a 600 s időpillanatban, oldalszeles futtatásoknál



16. ábra. A tűzhelyszín felett kialakuló hőmérsékletek a tető alsó síkjánál, az oldalszeles futtatásoknál

Vizsgálataink eredményeképp megállapítható, hogy az áramlástanilag kedvezőtlenebb modell – a dokkolók oldalán légpótló zsaluk alkalmazásával – az oldalszél esetén is garantált légpótlás miatt megbízhatóbb megoldást jelent, mint a jelenleg hazai gyakorlatban elterjedt I. és II. modell. A kevésbé hatékony áramlástan jelenségek ellenére a III-as modell a dokkolókra ráálló kamionok ellenőrizhetetlen hányada miatt megbízhatóbbnak mondható. A homlokzati fal síkjában elhelyezett légpótló kapuk és a dokkolókapukon keresztül érkező légpótlás esetén a levegő a kapura közel merőlegesen lép be a csarnoktérbe, amíg a légpótló zsalus megoldásnál a légpótló levegő irányváltása és a súrlódás turbulenciát kelt a dokkolón belül, amely a mozgási energiáját csökkenti.

A II. és IV. modellnél az oldalszél az épületet elérve a homlokzattal közel párhuzamosan halad, a dokkolót elérve onnan leválik és a visszaáramlás depressziót okoz, ezért az I. kapunál a légpótló levegő gyakorlatilag nem tud bejutni a csarnoképületbe.

A IV. modellnél az 1000 másodperces futtatás alatt 39%-kal kevesebb légpótló levegő jutott az épületbe, mint az I. modellnél, de az oldalszeles futtatásoknál az egyenletesebben beáramló



levegő miatt sem kavarodik fel a füst a csarnoktérben, a láthatósági vizsgálatok képei szebb képet mutatnak.

Mindegyik futtatásnál az oldalszél esetén a kialakuló maximális hőmérsékletek tekintetében csökkenés, a bejutó levegő mennyiségében növekedés figyelhető meg, azonban a láthatóság a felkavarodó és leáramló füst miatt romlik.

Az oldalszél a csarnokon belül is tereli a füstöt, ezért, ha a tűzhelyszín nem az oldalszél felőli, hanem az oldalszélnek kitett oldalon helyezkedik el, akkor a kialakítás nem felel meg a beavatkozási feltételeknek. Továbbá megfigyelhető, hogy oldalszél nélkül futtatásoknál a tűzfészekhez közelebb lévő légpótlók hatékonyabban működnek.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatok után a javaslataink alapján az alábbi pontokkal növelhető a dokkolók, a kamionok és az épületek tűzvédelmi biztonsága:

- Ne a dokkoló kapuja, hanem a szimmetrikusan elhelyezett oldalsó nyílások, légpótló zsaluk legyenek a légpótlók.
- A dokkolón belül is tűzjelzőt kell létesíteni, így ha az adott dokkolóban vagy a környezetében keletkezik a tűz, akkor az adott dokkolóhoz tartozó légpótló nyílás ne nyisson ki.
- Az épületben található beépített oltóberendezést a dokkolóházra is ki kell terjeszteni.
- Tűzgátló építményszerkezetekkel meg kell akadályozni a dokkolókon keresztüli tűzterjedést.

HIVATKOZÁSOK

[1] EN 12101-2. *Smoke and Heat Control System*

[2] *Országos Tűzvédelmi szabályzat „OTSZ 5.0”* (54/2014. (XII. 5.) BM rendelet)



- [3] TvMI 3.2:2017.12.01 *Hő- és füst elleni védelem 5.1.1*
- [4] Forrás: internet: Fire Safety Solutions For Your Loading Dock.
<https://www.ssents.com/blog/fire-safety-solutions-loading-dock>
- [5] PyroSim User's Manual. Thunderhead Engineering, 2017.
- [6] Szikra Csaba - Dr. Takács Lajos Gábor: *Tartószerkezetekre jutó tűzeseti hőmérsékleti kitét meghatározása CFD szimulációs környezetben, beépített oltóberendezéssel védett épületekben* Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2016, Csíksomlyó, Romania, 2016. június
- [7] Szikra Csaba - Dr. Takács Lajos Gábor: *Természetes hő- és füstelvezetők hatásos nyílásfelületének megközelítésének meghatározása CFD szimulációs környezetben* Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2016, Csíksomlyó, Romania, 2015. június

Dr. Takács Lajos Gábor egyetemi docens

BME Építészmérnöki Kar Épületszerkeztani Tanszék

email: lajos.takacs@takacs-tetra.hu

ORCID: Orcid ID: 0000-0002-2943-5038

Szikra Csaba tanszéki mérnök

BME Építészmérnöki Kar Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

email: csaba.szikra@edu.bme.hu

ORCID: 0000-0001-6794-0943

Zsitva Attila okl. építészmérnök, tűzvédelmi tervezési szakmérnök

email: zsitva.attila@takacs-tetra.hu

ORCID: 0000-0003-1852-1819



Mihály István

TÚLNYOMÁSOS FÜSTMENTES LÉPCSŐHÁZAK LÉGTECHNIKAI MÉRÉSEINEK TAPASZTALATAI I. RÉSZ

Absztrakt

A túlnyomásos füstmentes lépcsőházak létesítésének szabályozása hazánkban már több, mint négy évtizedes múltra tekint vissza. Ezen időszak alatt számos – eltérő követelményrendszer szerint létesült – füstmentes lépcsőház került megtervezésre és megvalósításra. Ezen terekbe a füst és mérgező égésgázok behatolása a részükre létesített gépi szellőzőberendezések működtetésekor korlátozott, ennél fogva szerepük az épületek kiürítése, valamint a tűzoltói beavatkozás során kiemelt jelentőségű. Ahhoz, hogy egy meglévő füstmentes lépcsőház légellátó rendszerének megfelelősége megítélhető legyen számos tényező figyelembe vétele szükséges. Jelen cikksorozat célja az elmúlt hét év mérési tapasztalatainak feldolgozásával rávilágítani azokra a kritikus pontokra, melyek a lépcsőházi füstmentesítő rendszerek hatékonyságát szignifikánsan befolyásolják, továbbá felvázolni azokat a kutatási irányokat, melyek a meglévő rendszerek hatékonyságának fokozására szolgálhatnak.

Kulcsszavak: füstmentes lépcsőházak, differenciálynomás-mérés, PDS, légtechnikai rendszerek

CONCLUSIONS BASED ON MEASUREMENTS OF VENTILATION IN PRESSURIZED STAIRCASES PART I.

Abstract

The regulation of the installation of pressurized staircases in Hungary dates back more than four decades. During this period, numerous pressurized staircases have been designed and built according to different sets of requirements. The ingress of smoke and toxic combustion gases



into such spaces is restricted when the mechanical ventilation systems installed for them operate. Consequently, their role is of paramount importance during the evacuation of buildings and firefighting operations. In order to evaluate the adequacy of the air supply system of an existing pressurized staircase, many factors need to be taken into account. This series of articles aims to highlight the critical points that significantly influence the effectiveness of staircase pressurization systems by reviewing the measurement experience of the last seven years, and to outline avenues of research intending to increase the effectiveness of existing systems.

Keywords: pressurized staircases, differential pressure measurements, PDS, ventilation systems

1. BEVEZETÉS

A füstmentes lépcsőház az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (továbbiakban: OTSZ) megfogalmazása szerint „*olyan lépcsőház, amelybe az épülettűz alkalmával képződött füst és mérgező égésgázok bejutásának lehetősége oly mértékben van korlátozva, hogy a lépcsőház az épület biztonságos kiürítésére és a mentésre meghatározott ideig alkalmas marad*”. [1]

A definícióból megállapítható, hogy az így kialakított lépcsőházak szerepe két szakaszra bontható. Egyrészt biztosítani kell az épületben tartózkodó személyek átmeneti védett térbe vagy biztonságos térbe jutását, illetve maga a lépcsőház is kialakítható átmeneti védett térként. Másrészt meghatározott ideig alkalmas kell legyen az építményben tartózkodó, önállóan menekülni nem képes személyek tartózkodási helyükről átmeneti védett térbe vagy biztonságos térbe juttatására a rendelkezésre álló személyek és eszközök segítségével, beleértve a segítségre tervezetten érkező tűzoltóság erő- és eszközrendszerét is. [2]

Magyarországon a lépcsőházak túlnyomásos füstmentesítésének lehetősége már az 1970-es években alkalmazható alternatív megoldás volt azokban az esetekben, amikor a lépcsőház felső szintjén a szükséges nyílásfelületet nem lehetett biztosítani (MSZ 595/4-74 Építmények tűzvédelme. Középmagas és magasépület. 4.17. szakasz). Az első, részletes megoldási lehetőségeket is tartalmazó építésügyi ágazati műszaki előírás azonban csak 1984. december 1-jén lépett hatályba ME-04–132–84 jelzettel (Füstmentes lépcsőházak követelményei). Ezt



követően a tervezési peremfeltételeket érintő markáns változást az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelettel kiadott „OTSZ 5.0” hozott, mely új megközelítésű szabályzat abban a tekintetben, hogy a jogszabály csak az elvárt biztonsági szintet tartalmazza. [3]

A Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (továbbiakban: TvMI) megoldási lehetőséget kínál az OTSZ által megkívánt biztonsági szintet elérő túlnyomásos füstmentes lépcsőházak kialakításának módjaira [4]. A tervezők és szakértők nagyrésze a TvMI-k által javasolt megoldásokat alkalmazza [5]. Az elérni kívánt biztonsági szint megvalósulását bizonyos esetekben légtechnikai mérésekkel kell alátámasztani. A mérések módszerére a TvMI-k jelenleg nem tartalmaznak egységesen alkalmazandó protokollt. Az OTSZ-ben meghatározott biztonsági szint elérhető a tűzvédelmet érintő nemzeti szabvány betartásával is [6]. Ez jelenleg a 2022. augusztus 1-jén meghirdetett MSZ EN 12101-13:2022.

A túlnyomásos füstmentes lépcsőházak megfelelő kialakítása és működése az épületek, építmények kiürítésének, a hatékony tűzoltó beavatkozás elősegítésének egyik kulcseleme, vagyis tűz esetén védelmet kell biztosítani mind az épület használói, mind a tűzoltói beavatkozásban résztvevők számára [7]. Az elmúlt közel 50 év alatt számos lépcsőházi füstmentesítő rendszer létesült, melyek döntő többségére a 2015 márciusa óta hatályos OTSZ előtti követelményrendszert kellett alkalmazni. A kutatás célja a már meglévő és üzemelő rendszerek mérési protokolljának kidolgozása, a mért eredmények kiértékelése és az ezekből levonható következtetések összegzése, fejlesztési javaslatok megfogalmazása a meglévő rendszerek hatékonyságának növelése céljából.

2. MÉRÉSEK FELTÉTELRENDSZEREI

Ahhoz, hogy a füstmentesítő rendszerek minden körülmények között megfelelően üzemelhessenek, elengedhetetlen a folyamatos ellenőrzés, felülvizsgálat és karbantartás. Mivel leggyakrabban a füstmentes lépcsőházak jelentik az összeköttetést az épület szintjei és a szabadtér (biztonságos tér) között, ezért megfelelő működésük életvédelmi funkciójuk fenntartása végett kiemelt jelentőségű.



A technika fejlődésével mind újabb és újabb műszaki megoldások jelennek meg a piacon, melyek egyre biztonságosabb rendszereket kínálnak, azonban a meglévő, korábbi előírások és technikák szerint készült rendszerek megfelelő működésének biztosítása is elengedhetetlen.

Mivel e tekintetben nincs egységes hazai iránymutatás, ezért törekedni kell annak kidolgozására, hogy a füstmentes lépcsőházak megfelelőségének megállapítása egységes módszerek alkalmazásával történjen.

Ahhoz, hogy egy túlnyomásos szellőztetésű füstmentes lépcsőház funkcióját betöltse, egyrészt létre kell hozni és fent kell tartani a füstmentesítéshez szükséges túlnyomást a résveszteségek figyelembe vételével, amely nem akadályozza a lépcsőházba való bejutást. Másrészt a túlnyomást létrehozó ventilátorokat úgy kell megválasztani és méretezni, hogy azok előírt darabszámú nyílászárók nyitott állapota esetén is elegendő mennyiségű levegőt tudjanak a lépcsőházba szállítani. Vagyis a lépcsőház légtechnikai rendszerével szemben nyomás, légszállítás, egyes esetekben nyitási erő és minimális reagálási idő kritérium is fenn áll.

2.1. Mérések során alkalmazott műszerek

A kalibrált mérőműszerek kiválasztása során fontos szempont, hogy a mért jellemzőket, a várható értékeken belül minél nagyobb pontossággal lehessen regisztrálni [8]. Valamennyi alkalmazott mérőműszer rendelkezik a Nemzeti Akkreditáló Hatóság által kiállított akkreditálási okirattal rendelkező kalibráló laboratórium által kiadott kalibrálási bizonyítvánnyal. Az alkalmazott műszerek típusát és sorozatszámát, a mért jellemzőt, a mérési tartományokat, felbontást, illetve a pontosságot és kalibrálási bizonyítványának számát az 1. számú táblázat tartalmazza.



Ssz.	Műszer típusa	Mért jellemző	Mérési tartomány / felbontás	Pontosság	Kalibrálási bizonyítvány száma	Sorozat-szám
1.	Alap- műszer 435-4	differenciál nyomás	0-25 hPa / 0,01 hPa	$\pm 0,02$ hPa (0-2 hPa között)	1857312_2 2608201 3025568 3918425	02670018
2.	Hődrótos érzékelő 0635 1025	hőmérséklet	-20...+70°C/ 0,1°C	$\pm 0,3$ °C	160003	10288578
	Hődrótos érzékelő 0635 1025	légssebesség	0-20 m/s / 0,01 m/s	$\pm 0,03$ m/s +5%	160002	
3.	Hődrótos érzékelő 0635 1025	hőmérséklet	-20...+70°C/ 0,1°C	$\pm 0,3$ °C	190841 211059	10377054
	Hődrótos érzékelő 0635 1025	légssebesség	0-20 m/s / 0,01 m/s	$\pm 0,03$ m/s +5%	190840 211060	
4.	Szárny- keres aneométer	légssebesség	0,25-20 m/s / 0,01 m/s	$\pm 0,1$ m/s +1,5%	190842	10376953



	0635 9335					
5.	Prandtl cső 0635 2145	légsebesség	1-100 m/s	alap- műszerrel megegyező	190843	-
6.	FK1K húzó- nyomó erőmérő	nyitási erő	0-1000 N/ 0,5 N	0,5%	295/037/19 11523/21	ISWD 1800357

1. számú táblázat – A mérések során alkalmazott műszerek (szerzői szerkesztés)

Az alkalmazott műszerek pontossága és méréshatára megfelel az MSZ EN 12101-13 szabványban megkövetelt értékeknek is. [8]

2.2. Követelmények

A lépcsőházak légtechnikai követelményeknek való megfelelőségét minden esetben a mért értékek létesítéskor rá vonatkozó követelményekkel való összevetése alapján határoztam meg. Összhangban az OTSZ általános rendelkezéseivel kivételt képeznek ez alól azok az esetek, amikor a lépcsőházi légellátó rendszer olyan mértékű átalakítására került sor, mely az átalakítás időpontjában hatályos előírásoknak való megfelelést tette szükségessé.

A 2-3. táblázatok a különböző időszakokban érvényben lévő előírásokban szereplő általános esetekre érvényes követelményeket foglalják össze.



Előíró	Időszak	Relatív túlnyomás		Légsebesség	Nyitási erő	Ajtó
		Csukott ajtók	1 nyitott ajtó			
MSZ 595/4-74	1975.01.31.- 1984.11.30.	0,005 N/cm ² (50 Pa)	-	-	-	-
ME-04-132-84	1984.12.01.- 2008.05.21.	25-75 Pa	-	1 m/s	-	(L3/L4)
9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet	2008.05.22.- 2011.10.05.	25-75 Pa	-	1 m/s	-	S _a
28/2011. (IX. 6.) BM rendelet	2011.10.06.- 2015.03.04.	25-50 Pa	-	1 m/s	-	S _a
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet	2015.03.05.- 2015.03.29.	50 Pa ± 10%	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a -C
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet és TvMI 3.1:2015.03.30.	2015.03.30.- 2017.11.30.	50 Pa ± 10%	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a -C
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet és TvMI 3.2:2017.12.01.	2017.12.01.- 2020.01.21.	50 Pa ± 10%	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a -C
TvMI 3.3:2020.01.22.	2020.01.22.- 2022.06.12.	50 Pa ± 10%	(10 Pa) (mellék- letben)	1 m/s	100 N	(EI ₂ X) S _a -C



TvMI 3.4:2022.06.13.	2022.06.13-	50 Pa ± 10%	(10 Pa) (mellék- letben)	1 m/s	100 N	(EI ₂ X) S _a -C
-------------------------	-------------	----------------	--------------------------------	-------	-------	--

2. számú táblázat – Előtér nélkül kialakított túlnyomásos füstmentes lépcsőházak általános követelményei középmagas épületekben (szerzői szerkesztés)

Előíró	Időszak	Relatív túlnyomás			Lég- sebesség	Nyitási erő	Ajtó
		Csukott ajtók		1 nyitott ajtó			
		Lépcső- ház- előtér	Előtér- köz- lekedő				
MSZ 595/4-74	1975.01.31.- 1984.11.30.	-	-	-	-	-	-
ME-04–132– 84	1984.12.01.- 2008.05.21.	> 5 Pa	> 20 Pa	-	1 m/s	-	(L3/L4)
9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet	2008.05.22.- 2011.10.05.	> 5 Pa	> 20 Pa	-	1 m/s	-	S _a /S _m
28/2011. (IX. 6.) BM rendelet	2011.10.06.- 2015.03.04.	10-15 Pa	-	-	1 m/s	-	S _a /S _m
		25-75 Pa a lépcsőház és a közlekedő között					
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet	2015.03.05.- 2015.03.29.	50 Pa ± 10%	10-15 Pa	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a - C/S _m -C



54/2014. (XII. 5.) BM rendelet és TvMI 3.1:2015.03.30.	2015.03.30.- 2017.11.30.	50 Pa $\pm 10\%$	10-15 Pa	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a - C/S _m -C
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet és TvMI 3.2:2017.12.01.	2017.12.01.- 2020.01.21.	50 Pa $\pm 10\%$	10-15 Pa	10 Pa	1 m/s	100 N	S _a - C/S _m -C (S ₂₀₀)
TvMI 3.3:2020.01.22.	2020.01.22.- 2022.06.12.	50 Pa $\pm 10\%$	10-15 Pa	(10 Pa) (mellék- letben)	1 m/s	100 N	(EI ₂ X) S _a - C/S ₂₀₀ - C
TvMI 3.4:2022.06.13.	2022.06.13-	-	10-50 Pa	(10 Pa) (mellék- letben)	1 m/s	100 N	(EI ₂ X) S _a - C/S ₂₀₀ - C

3. számú táblázat – Előtérrel kialakított túlnyomásos füstmentes lépcsőházak általános követelményei középmagas épületekben (szerzői szerkesztés)

A 2-3. számú táblázatok jól szemléltetik, hogy a túlnyomásos füstmentes lépcsőházakra vonatkozó alapvető követelmények a műszaki fejlődésnek megfelelően dinamikusan változtak.

3. ALKALMAZOTT MÉRÉSI MÓDSZEREK

Az túlnyomásos füstmentes lépcsőházak légtechnikai követelményeknek való megfelelőségének vizsgálatokor a mért jellemző fontossága szempontjából három csoport került meghatározásra a vizsgálatok során. Ennek megfelelően meghatároztam és



megkülönböztettem elsődleges, másodlagos és harmadlagos csoportokat a mért jellemzők tekintetében.

Elsődleges mérések

- Nyomásmérés (differenciál nyomás)
- Légsebesség mérés
- (Nyitási erő mérése)
- (Reagálási idő)

Másodlagos mérések

- Hőmérsékletmérés
- Páratartalom mérés

Harmadlagos mérések

- Szélsebesség mérés
- Szélirány meghatározása
- Hőmérsékletmérés
- Páratartalom mérés

A csoportosítás szempontjából a legnagyobb jelentőséggel bíró, ennek következtében legfontosabb és legnagyobb pontosságot igénylő mérések a differenciálnyomás, légsebesség, nyitási erő és reagálási időmérések, tekintettel arra, hogy ezek nem megfelelő értéke a füstmentesítés hatékonyságát illetve a lépcsőházba való bejutás lehetőségét szignifikánsan befolyásolják, kedvezőtlen esetekben ellehetetlenítik. A zárójelben szereplő adatok az értékelés során nem kerültek figyelembe vételre, mivel a vizsgált lépcsőházakra a létesítés/átalakítás időpontjában nem vonatkozott ilyen jellegű direkt előírás.

Másodlagos és harmadlagos mérések azok a mért jellemzők, amelyek a lépcsőházon belül illetve azon kívül kerülnek meghatározásra és a méréskor tapasztalt környezeti viszonyokat rögzítik. A másodlagos mérések elvégzéséhez mindenképpen a lépcsőházban történő műszeres mérés szükséges, míg a harmadlagos mérések értékei a környező időjárási jellemzőket rögzítő állomások által mért értékeként is meghatározhatók, mely összhangban van az MSZ EN 12101-13 szabvány ajánlásával. [9]



3.1. Nyomásmérés (differenciálnyomás-mérés)

A differenciálnyomás-mérés célja annak megállapítása, hogy alapesetben csukott lépcsőházi nyílászárók mellett a lépcsőházhhoz kapcsolódó terekhez viszonyítva kialakul-e a szükséges túlnyomás azaz

$$p_{\text{lépcsőház}} > p_{\text{kapcsolódó terek}}$$

Fenti kritérium teljesül, ha a lépcsőházhhoz kapcsolódó terek irányába végzett mérések esetén teljesül, hogy $\Delta p_{\text{mért}}$ pozitív a kapcsolódó terek felől a lépcsőház légteréhez viszonyítva, vagyis

$$(p_{\text{lépcsőház}} - p_{\text{kapcsolódó terek}}) \in \mathbf{R}^+ \text{ és } \Delta p_{\text{min}} \leq \Delta p_{\text{mért}} \leq \Delta p_{\text{max}}$$

ahol

$\Delta p_{\text{mért}} = \Delta p$ a lépcsőházban uralkodó túlnyomás a kapcsolódó terekhez képest, Pa-ban

Δp_{min} a lépcsőház méretezésekor figyelembe vett minimálisan biztosítandó túlnyomás a kapcsolódó terekhez képest, Pa-ban

Δp_{max} a lépcsőház méretezésekor figyelembe vett maximális túlnyomás a kapcsolódó terekhez képest, Pa-ban

A mérések megkezdése előtt bejártam a lépcsőházakat. Meggyőződtem róla, hogy valamennyi nyílászáró csukott állapotban van, a lépcsőházat határoló szerkezetek integritása megfelelő-e. Az ajtók tömítettségéről szemrevételezéssel meggyőződtem. Valamennyi nyílászáró csukott állapotában a közel stationer nyomásállapot eléréséig működtettem a ventilátor(oka)t a mérések megkezdése előtt. Ezen időtartam letelte után kezdtem meg a méréseket, melyeket valamennyi számításba vett építményszinten elvégeztem. A mérést elvégeztem a lépcsőház és a kapcsolódó terek között, előtérrel kialakított lépcsőház esetén az előtér és a kapcsolódó terek között is. Egy nyílászárónál, egy mérési sorozat 30-60 másodperc hosszúságú volt, az adatrögzítés ezen időtartamon belül másodpercenként történt, vagyis ajtónként 30-60 nyomásérték került regisztrálásra az alkalmazott műszer belső adattárhelyére, azaz az adatrögzítés frekvenciája 1 Hz volt. n db mérési érték esetén a minta átlagát az alábbi képlettel határoztam meg [10]

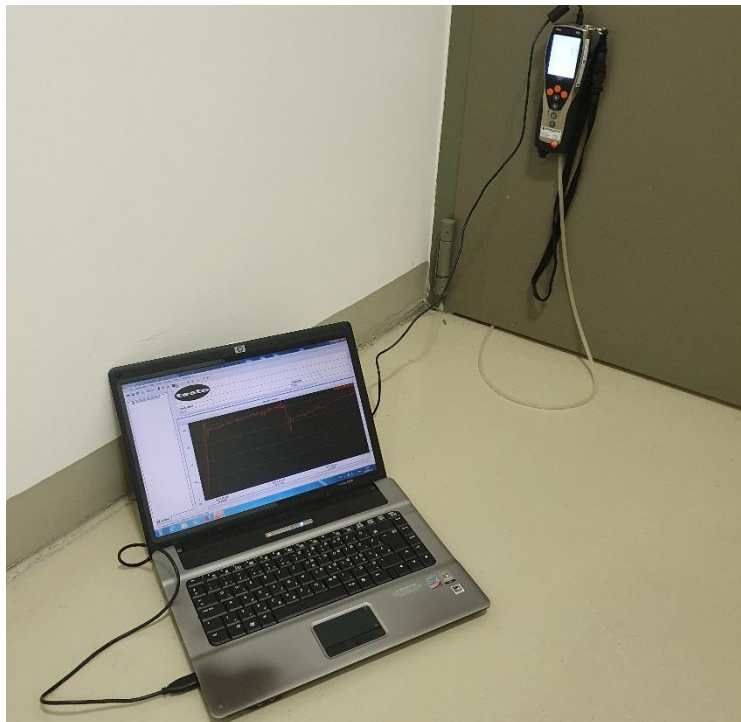


$$\Delta\bar{p} = \frac{\Delta p_1 + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta p_i}{n}$$

n db mérési érték esetén (ahol $n \geq 10$) a minta standard deviációját az alábbi képlettel határoztam meg. [10]

$$SD = \sqrt{\frac{(\Delta p_1 - \Delta\bar{p})^2 + (\Delta p_2 - \Delta\bar{p})^2 + \dots + (\Delta p_n - \Delta\bar{p})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta p_i - \Delta\bar{p})^2}{n}}$$

A nyomáskülönbség mérésekor mindig az alacsonyabb nyomású térhez viszonyítottam a megadott értékeket. A frekvenciaváltóval szabályozott lépcsőházak esetén ellenőriztem annak teljesülését, hogy a lépcsőház nincs-e légtechnikai szempontból oly mértékben túlméretezve, mely kedvezőtlenül alacsony frekvencián történő működést idézhet elő. Előírányzott értéként $f \geq 10$ Hz-et vettem figyelembe, tekintettel a füstmenetsítő rendszerekre megkövetelt működőképesség megtartás időtartamát is, mely az OTSZ szerint jelenleg 30-90 perc közé esik.



1. számú kép – Differenciálynomás mérése és a mért értékek regisztrálása csukott lépcsőházi nyílászárónál (szerző felvétele)



3.2. Légsebességmérés (térfogatáram számítás)

Az előírt darabszámú nyitott ajtók mellett légsebességmérést végeztem a szabad nyílászáró keresztmetszetében. Egy mérési helyen legalább 15 db mérési pont került felvételre minden esetben. Mérési pontonként az adatrögzítés időtartama 15-30 másodperc között változott. A mérési pontok helyét az alábbi összefüggéssel határoztam meg [8]

$$\frac{s_i}{S} = \frac{h_i}{H} = \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot k}$$

Ahol (s_i ; h_i) az i -edik mérési pont koordinátája

S – az ajtónyílás szabad szélessége, m-ben

H – az ajtónyílás szabad magassága, m-ben

k – a mérési pontok száma, $k=15$ [-]

A figyelembe vett légsebesség a mérési pontokon mért légsebességek átlagaként került meghatározásra [10]

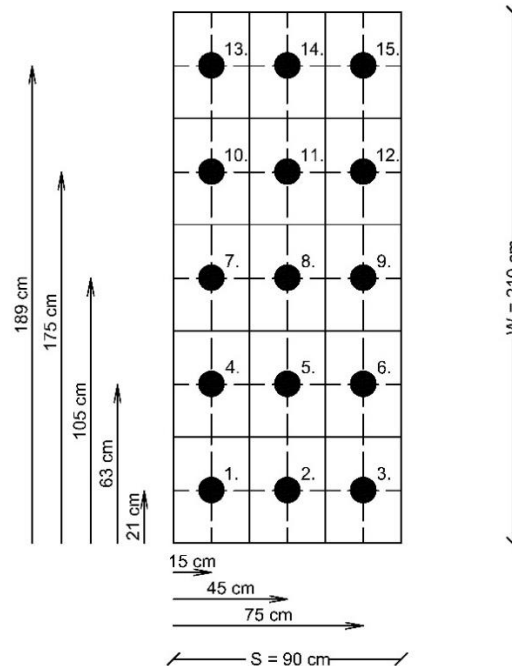
$$v_{n,\bar{a}} = \frac{\sum_{i=1}^k v_i}{k}$$

ahol

$v_{n,\bar{a}}$ – az n -edik lépcsőházi ajtón átáramló levegő átlagos sebessége, m/s-ban

v_i – az i -edik mérési ponton mért légsebesség, m/s-ban

k – a mérési pontok száma, $k=15$ [-]



1. számú ábra – A nyílászáró szabad keresztmetszetében felvett mérési pontok száma és elhelyezkedése a vizsgálatok során 90/210 nyílásméret esetén (készítette a szerző)

4. VIZSGÁLT LÉPCSŐHÁZAK JELLEMZŐI

2015 óta elvégzett mérések eredményeinek feldolgozásakor vizsgáltam, hogy az adott lépcsőház légellátó rendszere képes-e biztosítani a létesítések elvárt légtechnikai paramétereit. További vizsgálatokat végeztem azokban az esetekben ahol csak részben vagy egyáltalán nem feleltek meg a mért eredmények a vonatkozó műszaki követelménynek.

Jelen cikksorozatban az általam vizsgált túlnyomásos füstmentes lépcsőházak közül kiválasztott 124 db lépcsőház légtechnikai méréseinek eredményeit, illetve az azokból levonható következtetéseket, javaslatokat mutatom be. A mérési ciklusidőket figyelembe véve ez 15,4 órányi, másodpercenként rögzített nyomásérték, továbbá 15,3 órányi légsebesség regisztrációt jelentett. A közzétett adatok nem tartalmazzák azon eseteket, amikor a



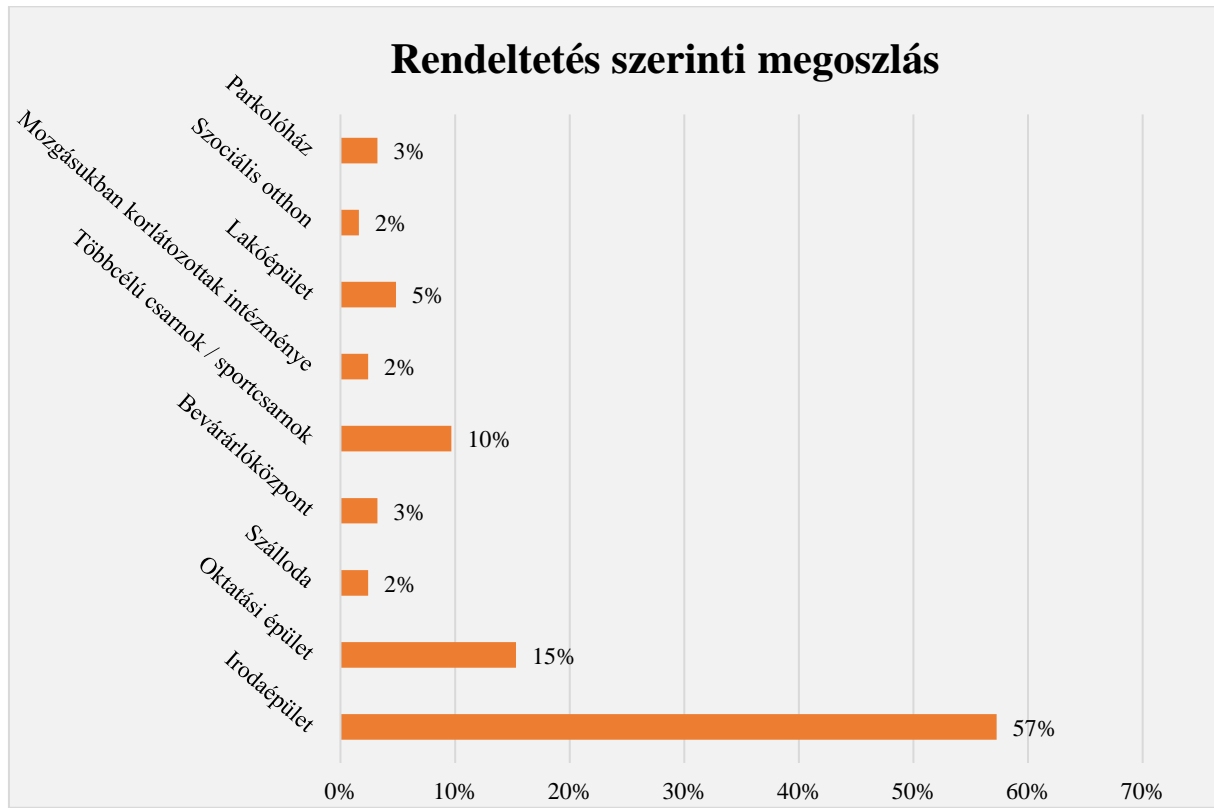
túlnyomásos füstmentes lépcsőház működtetése nem volt lehetséges azok működésképtelenségét okozó, üzemeltetéssel és karbantartással összefüggő meghibásodás(ok) miatt. Ilyenek voltak elsősorban a szívó vagy nyomóoldali zsaluk működésképtelése, hálózatról leválasztott ventilátorok, mechanikailag sérült légcsatornák, nyomáslevezetők és gépek.

4.1. Vizsgált lépcsőházak általános jellemzői

A mérések során különböző rendeltetésű létesítmények túlnyomásos füstmentes lépcsőházai lettek vizsgálat alá vonva, úgymint irodaházak, oktatási és nevelési épületek, lakóházak, bevásárlóközpontok, szállás épületek, sport- illetve többcélú csarnoképületek, parkolóházak, mozgásukban korlátozott személyek ellátását biztosító intézmények, fogyatékkal élők ellátását biztosító szociális otthon. A lépcsőházakat befogadó épületek létesítésének, illetve a füstmentesítő rendszert is érintő felújításának ideje 1975 és 2015 között volt.

A mérések során rögzítésre kerültek a lépcsőházak alapvető építészeti-geometriai jellemzői, így azok szintszáma, alapterülete, kerülete, átlagos belmagassága, a lépcsőházba nyíló ajtók mérete, azok darabszáma, az orsótér mérete, lépcsőkarok szélessége és hossza.

A lépcsőházzal határolt terekkel való kapcsolat szempontjából megvizsgáltam, hogy a lépcsőház közlekedőbe nyílik-e vagy közvetlenül használati térbe (pl.: open space irodaterbe, stb.). Ha a lépcsőház rendelkezett homlokzati kapcsolattal, közvetlenül a szabadba vezető ajtón kívül, akkor az ablakok nyithatóságára vonatkozó megállapítást is tettem. Ezen kívül a felvonó aknával, gépészeti aknával, továbbá egyéb terekkel/helyiségekkel való kapcsolatot rögzítettem.

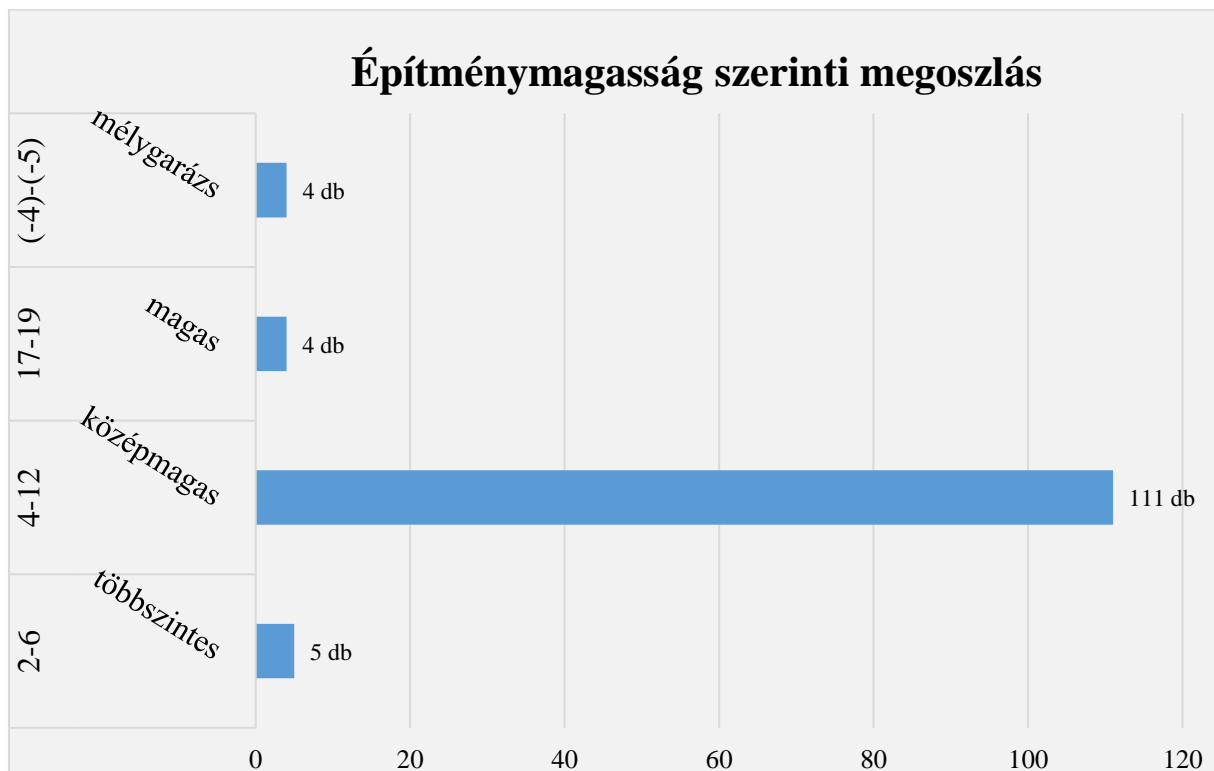


2. számú ábra – Vizsgálat alá vont lépcsőházakat tartalmazó létesítmények rendeltetése (szerzői szerkesztés)

Az építmények magasság szerinti osztályozásakor az OTSZ előírásait vettem figyelembe a legfelső használati szint szintmagassága alapján. Az építmény színtszámának megállapításakor azon építményszintek is önálló szintként kerültek figyelembe vételre, melyek szinteltolás vagy technológiai okokból kialakított szintek voltak, feltéve, hogy azok az épület többi részétől önálló légteret képeztek. Ennek oka, hogy az önálló légterek és a lépcsőház légtere közötti nyomásviszonyok az egyéb kapcsolódó terek nyomásviszonyaitól részben függetlenek. Külön kategóriaként kerültek meghatározásra azon mélygarázsok, ahol a füstmentes lépcsőházak csak a földszint és a talajszint alatt kialakított parkolók legalsó szintje közötti közlekedésre szolgáltak, függetlenül az építmény legfelső használati szintjének szintmagasságától. A 3. számú ábrán jól látható, hogy a vizsgálatok során túlnyomósan füstmentes lépcsőházak a középmagas épületekben fordultak elő nagyobb arányban, a hazai magasépületek aránya a középmagas épületekhez képest jelentősen kisebb.



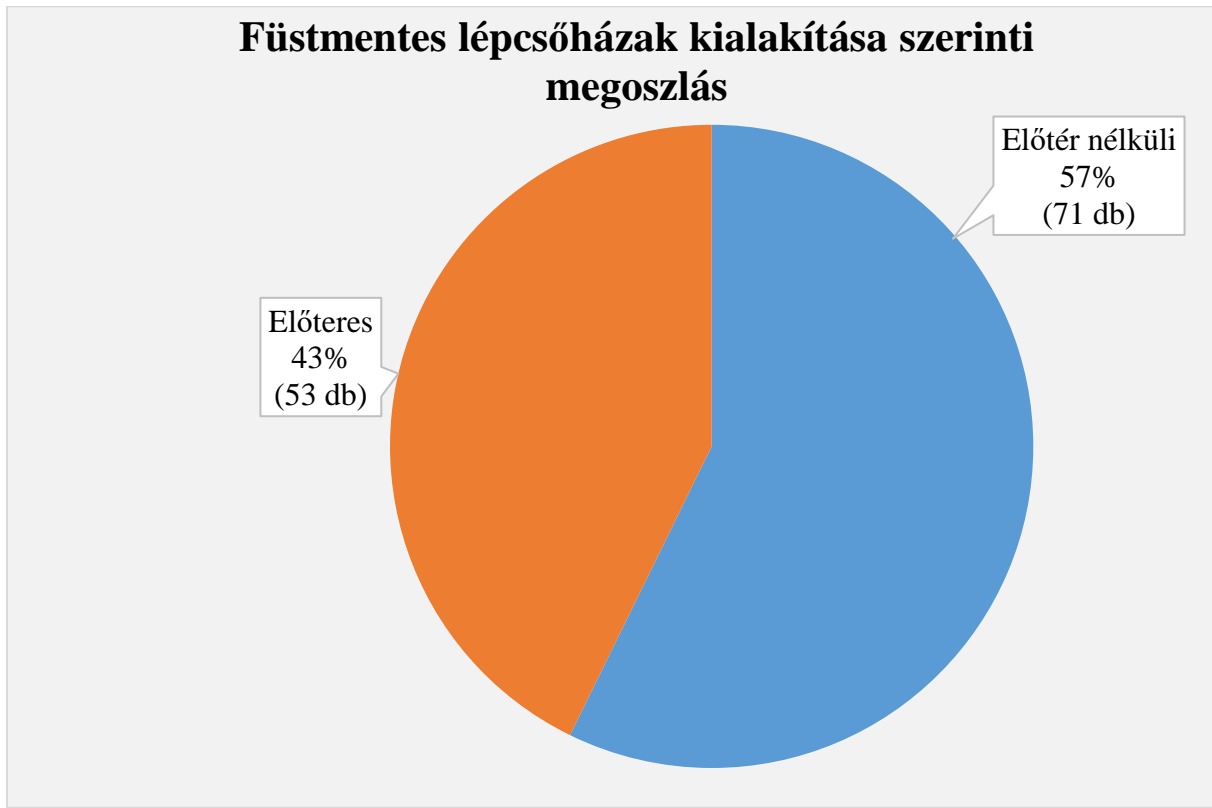
A vizsgálatok során többségében előtér nélkül kialakított túlnyomásos füstmentes lépcsőházak mérését végeztem, de a vizsgált előtérrel és előtér nélkül kialakított lépcsőházak mennyisége közötti különbség nem volt jelentős, mindössze 18-cal kevesebb előteres lépcsőház volt a mintában. Nem kerültek előtérrel kialakított túlnyomásos füstmentes lépcsőház kategóriába sorolásba azon lépcsőházak, ahol csak a talajszint alatti szintekhez való kapcsolódáskor került kialakításra túlnyomásos vagy depresszív szellőzéssel ellátott tűzgátló előtér.



3. számú ábra – Vizsgálat alá vont lépcsőházakat tartalmazó létesítmények magasság szerinti besorolása, továbbá a figyelembe vett szintek száma (szerzői szerkesztés)

4.2. Légellátás, kapcsolódó terek hő- és füstelvezetése

A lépcsőházakba a levegő bevezetése az esetek túlnyomó többségében csak a legfelső szinten valósult meg, továbbá a frisslevegő beszívása is szintén a legfelső szinten történt a ventilátorok szívóoldalán. Ez összhangban van a korabeli ME-04–132–84 azon előírásával, hogy a szükséges légmennyiséget lehetőleg a lépcsőház tetején kell betáplálni. Ahol a befűtés több szinten került elosztásra, ott minden esetben a legfelső szinten is történt levegőbevezetés. Csak a földszinten történő befűtés a mélygarázsok esetében volt jellemző.



4. számú ábra – Vizsgálat alá vont lépcsőházakat kialakításának jellemzői (szerzői szerkesztés)

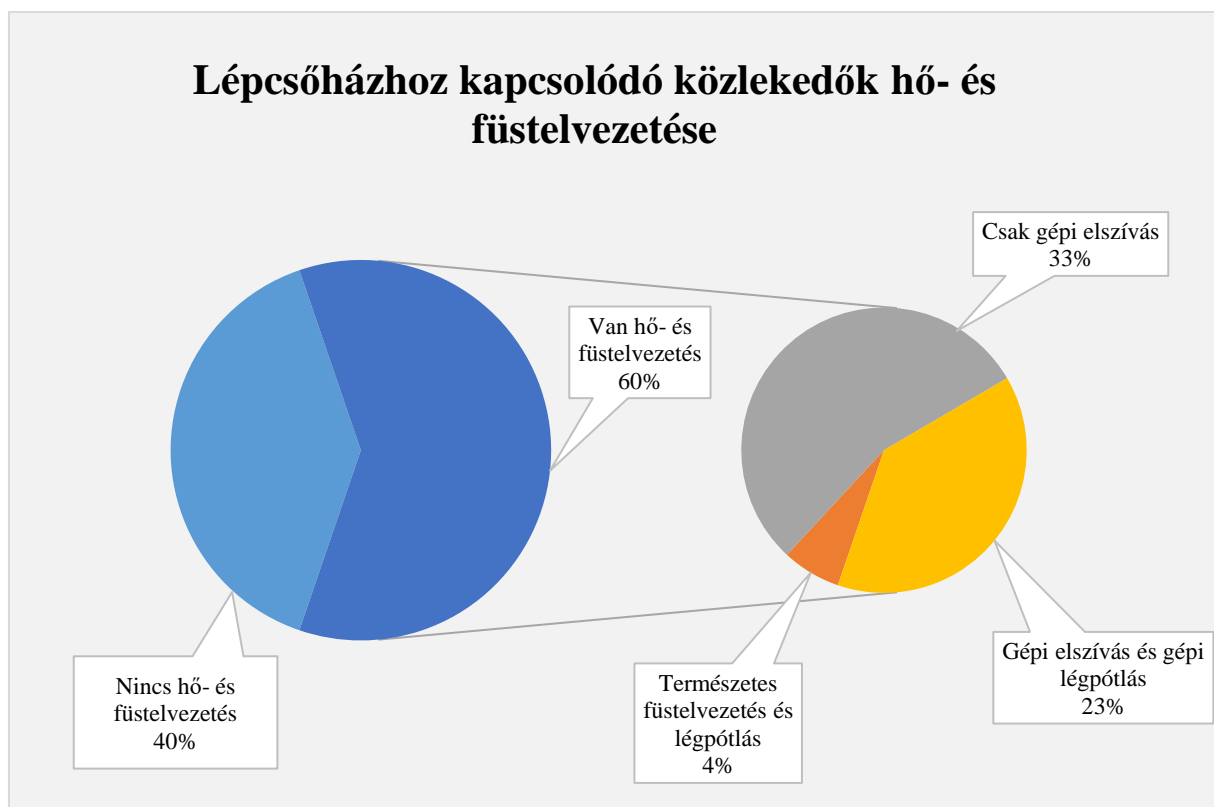
A lépcsőház és a kapcsolódó terek közötti nyomáskülönbség értékét befolyásolhatja a lépcsőházhoz kapcsolódó terekben – elsősorban közlekedőkön – kialakított hő- és füstelvezetés jellege is. Nem tekintetem hő- és füstelvezetésnek azokat az eseteket, ahol a homlokzati kapcsolattal rendelkező közlekedő füstelvezetését az MSZ 595/4 szabványban előírt kézzel nyitható, jellemzően 1 m² felületű homlokzati ablak biztosította (49 db). Azokban az esetekben, ahol létesült a kapcsolódó térben hő- és füstelvezetés jellemzően depresszív (41 db) illetve kiegyenlített nyomásviszonyú (29 db) hő- és füstelvezető rendszer létesült. Gravitációs hő- és füstelvezetés csupán 5 esetben volt fellelhető.

Fentiekén túlmenően rögzítettem azt is, hogy a kapcsolódó tér rendelkezik-e homlokzati kapcsolattal, felvonóaknával. Ennek a lépcsőházból kiáramló levegő elvezetése miatt volt jelentősége. A vizsgált létesítmények egyikében sem volt a kapcsolódó terekben kifejezetten a lépcsőházból kijutó levegő elvezetésére tervezett műszaki megoldás kiépítve.



A biztonságos térbe vezető ajtó esetén három esetet csoportosítottam: közvetlenül a szabadba, tűzgátló szerkezetekkel határolt közlekedőn keresztül a szabadba, valamint egyéb kialakítás. Az egyéb kialakítás kategóriába soroltam például a lépcsőházból átriumon, előcsarnokon keresztül történő szabadtérbe menekülést.

A mért eredmények kiértékelésekor fontos figyelembe venni a fent részletezettek szerint a kapcsolódó terek légtömörségét, valamint hő- és füstelvezetéssel való ellátottságát, különösen, ha az depresszív nyomásviszonyú. Ezen körülmények mind a relatív túlnyomás, mind a nyílászárók szabad keresztmetszetén kialakuló légsebesség esetén releváns tényezők lehetnek.



5. számú ábra – A lépcsőházakhoz kapcsolódó közlekedők hő- és füstelvezetéssel való ellátottsága (szerzői szerkesztés)

4.3. A szabályozás jellemzői

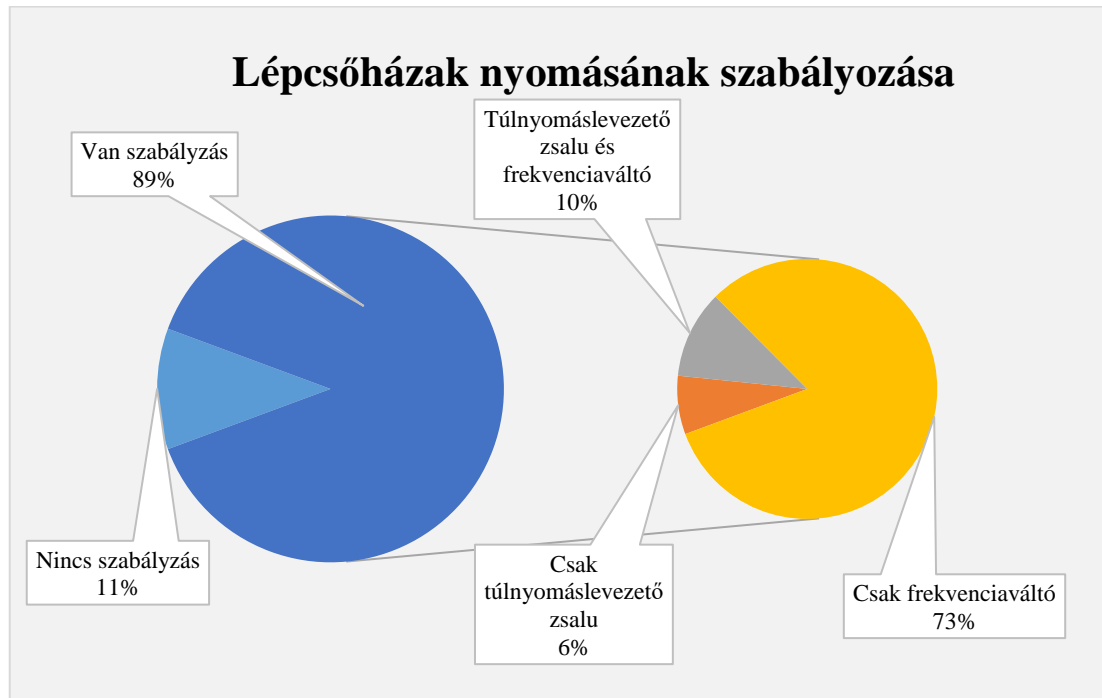
A lépcsőházban megkívánt túlnyomás korlátozására jellemzően három módszer került kiépítésre. Legtöbb esetben (90 db) a nyomásszabályozás csak a ventilátorok fordulatszám szabályozásával valósult meg, eltérő darabszámú, de jellemzően 1 db nyomástávadóval. 12 db



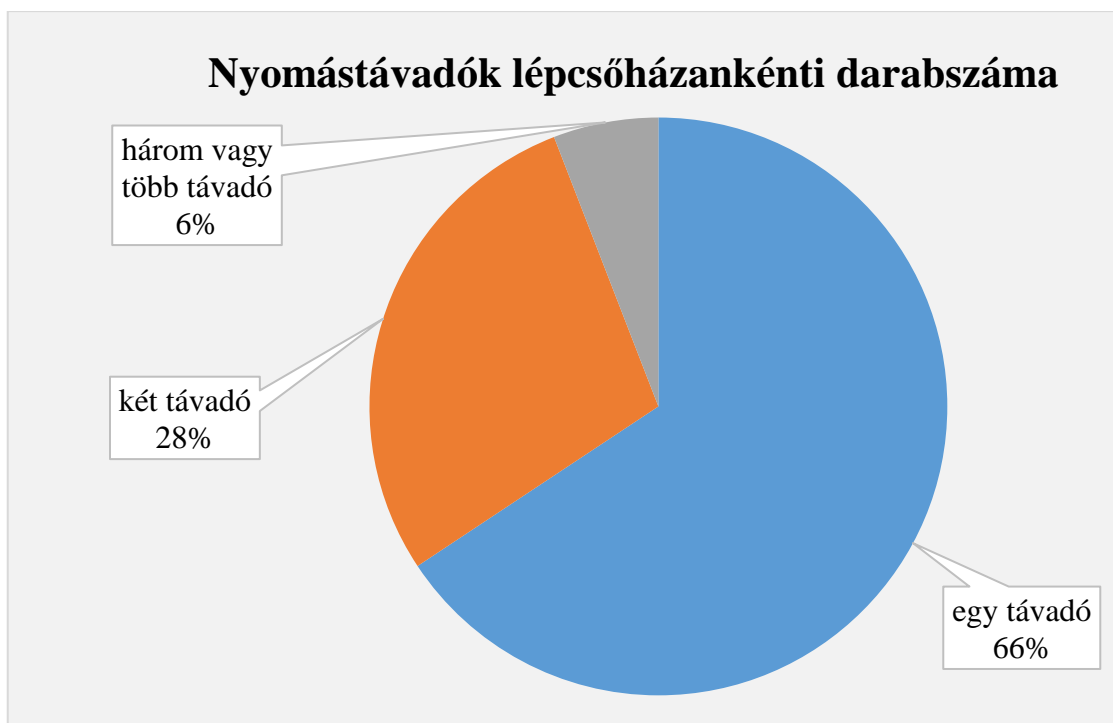
lépcsőházban került túlnyomáslevezető zsalu és ventilátor fordulatszám szabályozás együttesen alkalmazásra, míg tisztán túlnyomáslevezetővel kialakított szabályozás 8 esetben fordult elő.

A nem szabályozott lépcsőházak (14 db) esetén a lépcsőházi túlnyomás korlátozását olyan zárbetéttel (görgős portálzárral) ellátott, közvetlenül vagy közvetve szabadba vezető ajtóval tervezték, melyet a lépcsőházi túlnyomás ajtó felületére ható ereje ki tud nyitni. Az ilyen lépcsőházak mindegyikében a használat során olyan zárszerkezet került beépítésre, mely a túlnyomás általi nyithatóságot ellehetetleníti, továbbá az ajtókra szerelt beléptetőrendszerek oldása sem eredményezte minden esetben a lépcsőházi ajtó kilincs nélkül történő nyithatóságát. Ezeket a lépcsőházakat, noha a létesítésükkor érvényben lévő előírások nem tiltották, szabályozás nélkülinek tekintettem és minden esetben javaslatot tettem az üzemeltető/tulajdonos felé a nyomásszabályozás kiépítésére. Az ilyen jellegű megoldás nem tekinthető üzembiztosnak. A regisztrált nyomásértékek ezekben a lépcsőházakban 100-500 Pa értékek között voltak, mely a lépcsőházba való bejutás ellehetetlenítésén kívül már szerkezeti károsodások kockázatát, személyi sérülés lehetőségét is felveti.

A ventilátor fordulatszámának frekvenciaváltóval történő zárt hurkú szabályozására az esetek kétharmadában (67 esetben) 1 db nyomástávadó került telepítésre, két távadó alkalmazására 29 esetben, míg három vagy több távadó alkalmazására 6 esetben került sor.



6. számú ábra – Vizsgálat alá vont lépcsőházakat szabályozásának módja (szerzői szerkesztés)

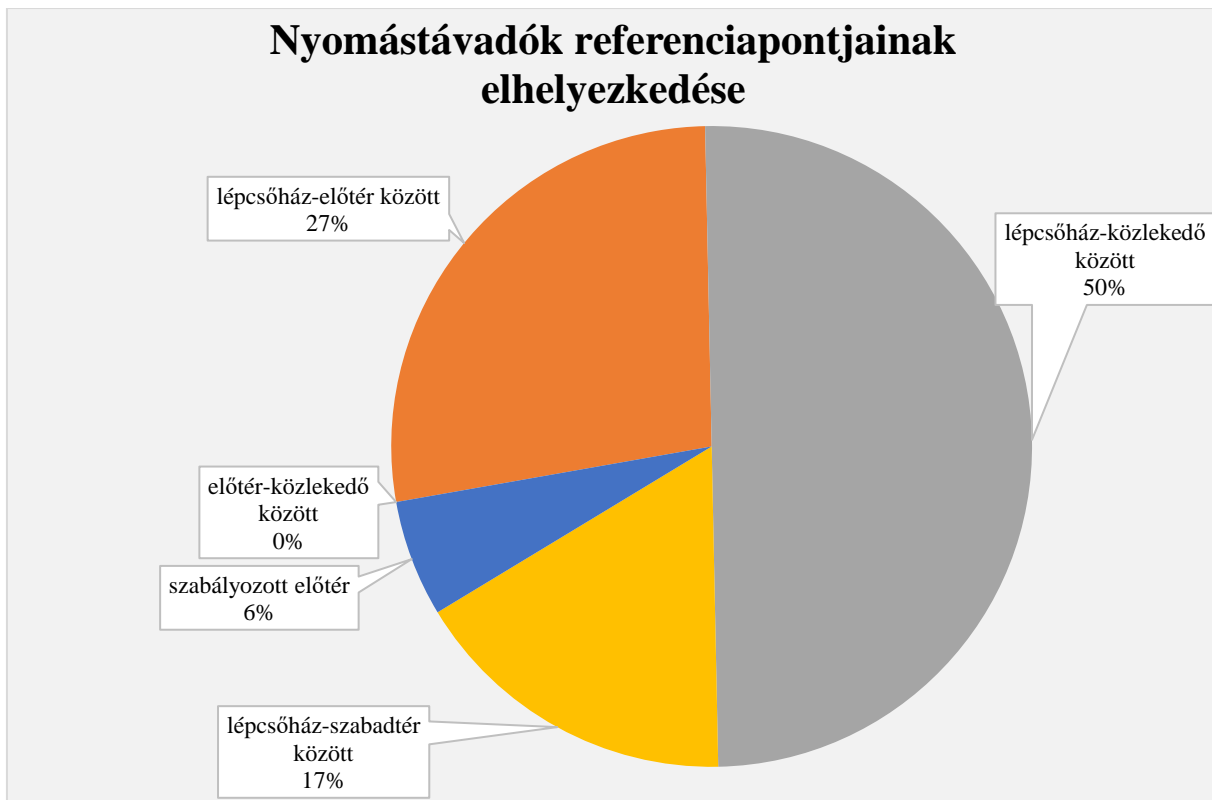


7. számú ábra – Vizsgálat alá vont frekvenciaváltóval szabályozott lépcsőházakban elhelyezett távadók mennyisége lépcsőházanként (szerzői szerkesztés)



Fentiekből megállapítható, hogy a szabályozás ezen lépcsőházak esetén elsődlegesen a fordulatszám szabályozásával valósult meg, jellemzően 1 db nyomástávadóval. Nyomáslevezető zsaluk alkalmazása kevésbé volt jellemző.

A nyomástávadók referenciapontjai leggyakrabban a lépcsőház és a közlekedő között helyezkedett el. Előteres lépcsőházak esetén is nagyobb volt ezen elrendezések aránya. Az épületen kívüli külső referenciapont csak a mért lépcsőházak 17%-ában fordult elő. Előtérrel kialakított túlnyomásos füstmentes lépcsőházakban az előtér és a közlekedő közötti referenciapontok egyetlen esetben sem fordultak elő, míg fordulatszám szabályozással rendelkező lépcsőházi és előtér befúvó ventilátor az esetek 6%-ában volt megfigyelhető.



8. számú ábra – Nyomástávadó referenciapontjainak elhelyezkedése (szerzői szerkesztés)

4.4. Az ajtók résvesztés jellemzői

A lépcsőházak résvesztéseit nagymértékben befolyásolja a nyílászárók légzáróképessége, tömítettsége. A vizsgált lépcsőházakba nyíló ajtók az esetek 84%-ában (104 db) voltak az MSZ-04-311/1 illetve az MSZ 9386 szabvány szerinti L3 (közepes légzárású) vagy L4 (kis



légzárású) besorolásúak a rendelkezésre bocsátott konszignációk alapján vagy olyan nyílászárók, ahol a szabvány szerinti besorolás nem volt megállapítható [11]. Az esetek 16%-ában (20 db) rendelkeztek az ajtók S_a vagy S_m/S_{200} minősítéssel. A lépcsőházba nyíló ajtók az esetek 52%-ában rendelkeztek igazoltan tűzállósági határértékkel is.

A vizsgált lépcsőházakba nyíló ajtók jellemző kerülete 5,78 és 6,41 m közötti volt az esetek csaknem 90%-ában. Az ajtók légáteresztése az alábbi egyenlettel számítható [12]

$$q = \sum (a \cdot l) \cdot \sqrt[3]{\Delta p^2}$$

ahol

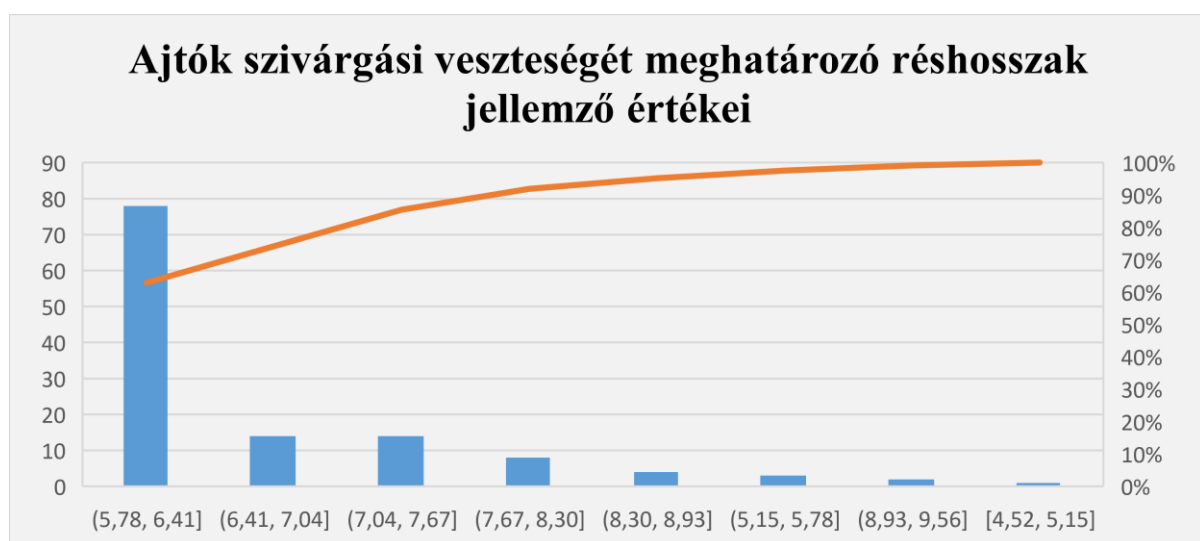
q a levegő térfogatárama (résvesztés), m^3/h -ban

Δp a nyomáskülönbség, Pa-ban

a a résáteresztési együttható, $m^3/h Pa^{2/3}$ -ban

l a réshossz, m-ben

Fentieket figyelembe véve, küszöb nélküli belső ajtókat feltételezve $a=9$ figyelembe vételével [12] a réseken át távozó levegő mennyisége $\Delta p=25$ Pa esetén 445-493 m^3/h közé tehető, küszöbvel ellátott ajtók esetén 148-164 m^3/h , míg $a=1,11$ [4] feltételezésekor $\Delta p=25$ Pa esetén 55-61 m^3/h -ra adódik.



9. számú ábra – A vizsgált lépcsőházak ajtóinak jellemző kerülete (szerzői szerkesztés)



5. ÖSSZEGZÉS

A mérések során különféle rendeltetésű épületek túlnyomásos füstmentes lépcsőházait vizsgáltam a légtechnikai követelményeknek való megfelelés szempontjából. A lépcsőházban kialakuló túlnyomás és a nyitott nyílászárókon mért légsebesség értékeken túl rögzítésre kerültek a lépcsőházakat jellemző fontosabb építészeti paraméterek is. A füstmentesítés szempontjából releváns adatok is rögzítésre kerültek, így a szabályozás módja, levegőbevezetés helye, a kapcsolódó terek hő- és füstelvezetéssel való ellátottsága, az ajtók réshossza.

A jelen cikkben összegyűjtött jellemző paraméterek képet adnak a vizsgált lépcsőházak tekintetében a jellemző geometriai, környezeti viszonyokról, mely adatok a mért értékkel való összevetések során alkalmasak lehetnek a meglévő lépcsőházak megfelelőség értékelésének támogatására. További kutatási irány a mért differenciálnyomás és légsebesség adatok kiértékelése, összevetve a kapcsolódó terek jellemzőivel.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

[2] Tűzvédelmi Műszaki Irányelv. Kiürítés. TvMI 2.5:2022.06.13.

[3] Bérczi László, Badonszki Csaba. A tűzvédelmi tervezés fő tartópillérei a tűzvédelmi műszaki irányelvek. Védelem Tudomány. VI. évf., 2. szám. 2021.

[4] Tűzvédelmi Műszaki Irányelv. Hő és füst elleni védelem. TvMI 3.4:2022.06.13.

[5] Bérczi László. Tűzvédelmi műszaki irányelv szerepe a hő és füst elleni védelemben. Védelem Tudomány – VI. évfolyam, 3. szám, 2021.

[6] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról

[7] Lay, S. Pressurization systems do not work and present a risk to life safety. Case Stud. Fire Saf. 2014, 1, 13–17.



[8] MSZ EN 12599:2013 Épületek szellőztetése. Vizsgálati és mérési módszerek beszerelt szellőztetési és légkondicionálási rendszerek átvételéhez

[9] MSZ EN 12101-13:2022 Füst- és hőszabályozó rendszerek. 13. rész: Nyomáskülönbség elvén működő rendszerek (PDS). Tervezési és számítási módszerek, átvételi vizsgálat, rutinvizsgálat és karbantartás

[10] ISO 3534-1 Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: General statistical terms and terms used in probability

[11] MSZ 9386:1993 Ajtók műszaki követelményei

[12] Recknagel-Sprenger-Schramek. Fűtés- és Klímatechnika 2000, I. kötet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000 ISBN 963 9123 56 0 ö HU ISSN 1417 7986

Mihály István tűzvédelmi tervező, gépész tűzvédelmi szakértő

István Mihály, Certified Fire Protection Specialist (Architecture), Licensed Fire Protection Expert (Mechanical Field)

BRANDPLAN Kft. / BRANDPLAN LLC

m.istvan@brandplan.hu

ORCID ID: 0000-0001-8595-1718



Gyöngyössy Éva - Kerekes Zsuzsanna

HŐSZIGETELŐ ÉS DEKOR TEXTÍLÁK, MINT ÉPÍTŐANYAGOK

Absztrakt

Az évek során a biztonsággal kapcsolatos kérdések egyre nyilvánvalóbbá válnak, így a lángálló anyagok iránti igény is nő. A hazai és nemzetközi szabályozás áttekintése után kiválasztottuk a legmegfelelőbb szabványokat, melyek alapján a mintákat laboratóriumi vizsgálatoknak vetettük alá. A „kötelező” lángterjedés vizsgálatok mellett célszerűnek tartjuk az oxigén index kimérését, amely az anyagok valóságos és rejtett tulajdonságait is kimutatja. A piacon megjelent új textilekre egyre több és komplexebb követelményeket írnak elő különböző szempontokból, amelyek alól a tűzvédelem kérdése sem képez kivételt. Munkánk célja hogy a vizsgálati eredmények alapján értékeljük, hogy az eddig kötelezően előírt minősítések elégségesek-e a textíliák biztonságos éghetőségének a megadására, továbbá, hogy oxigén index bevezetése szerint lehet-e osztályozni az anyagokat.

Kulcsszavak: *oxigén index, textília, tűzgátló, minősítés, égéskésleltetés, vizsgálat*

USE OF DECORATIVE AND HEAT INSULATING FABRICS AS BUILDING MATERIALS

Abstract

New textiles on the market require more and more complex requirements from different point of view and the issue of the fire safety is not an exception. Safety related questions become increasingly more obvious in the previous years, so the need for the fire retardant substances increases as well. Our thesis was written about the textiles as potential source of danger. After the presentation of the domestic and international regulation I picked up the best standards. According to these regulations we examined my specimens between laboratory circumstances. Next to the different flame spread we propose to measure the oxygen index measures as well,



which present the real and hidden characteristics of the textiles. Our main purpose, based on the received results to classify the substances according to the oxygen index. The aim of our work is to evaluate, based on the test results, whether the currently mandatory classifications are sufficient to provide the safe flammability of textiles, and whether materials can be classified according to the introduction of the oxygen index.

Keywords: limited oxygen index, textile, flame retardants, qualification, retardation of burning, testing

1. BEVEZETÉS

A függönyökre, mint dekorációs textíliákra gondolunk legelőször, de egyre inkább hőszigetelő funkciót is kapnak. Legritkábban gondolunk arra, hogy a függönyök építőanyagként is funkcionálnak [1]. Bizonyos tűzvédelmi paraméterek meglétét és előírását az OTSZ is szabályozza tömegtartózkodásra alkalmas helyiségekben. Ilyen például egy színház vagy egy csarnok. A színpadon a dramaturgiának megfelelően dohányoznak, fáklyát, gyertyát, pirotechnikát használnak, esetenként díszletszerelés folyik tűzveszélyes cselekménnyel – a munka és tűzvédelmi szabályok betartásával úgy, mint hegesztéssel, fémdarabolással - párosulva. A hang-, fénytechnika, színpad gépészet, épületgépészet miatt, a beépített szokatlanul nagy elektromos teljesítmény, kábelezés újabb veszélyforrás, párosulva a statikusan töltött porrészekkel, melyek leülepednek és rászállnak a berendezésekre, színházi környezetben használt függönyökre, takarásokra, textíliákra.

A függöny anyagok ma már inkább műanyag alapúak, főként poliészter. De gyártanak PVC, aramid, polietilénből is. ezek a műanyagok mind erősen éghetőek [2], [3]. A felhasználási követelmények miatt égéskésleltetik, amelynek mértékét szabványos mérésekkel kell ellenőrizni. Nagyon sokféle éghetőségi teszt létezik [4]. A mi munkánkban olyan kiegészítő módszert választottunk ki, amely nem csak a normál levegőben mutatja a lángterjedést, hanem mesterségesen megnövelt oxigén tartalom esetén is. Vizsgálataink célja az volt, hogy a különböző égéskésleltetési eljárások a különböző szerkezetű textíliákra mennyire hatásos, azaz milyen égési jelenséget mutatnak.



2. VIZSGÁLATAINK CÉLJA

A textilen végzett lángterjedés vizsgálatokkal meghatározhatjuk, hogy milyen mértékben járulnak hozzá a tűz tovább terjedéséhez, éghetők vagy nem éghetők. [5], [6], [7]. Munkánkban azt kívánjuk vizsgálni, hogy az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerinti *1-es osztályú követelményét*, vagyis az *EN13773, az EN1101 és az EN 1102 szabványok elegendőek e ahhoz, hogy az OTSZ hatálya eső függönyök valóságos égési jellemzőiről teljes képet kapjunk.* A minták minősítésének során az EN 13773 szabványt vettük alapul, ahol a sugárzó hő, mint kiegészítő terhelés jelenik meg, ezáltal jóval szigorúbb, mint egy egyszerű lángterjedés vizsgálat. Ha a sugárzó panellel előmelegített körülmény sem tesz különbséget a nem éghető és éghető mintacsoportokon belül, akkor megnövelt oxigéntartalom mellett folytatódik a vizsgálat, amely alkalmazásával és felhasználásával az anyagok valóságos és rejtett tulajdonságai is kimutathatók, nem csak és kizárólag az, hogy éghető vagy sem.

3. TEXTÍLIÁKRA VONATKOZÓ ÁLTALÁNOS ÉGHETŐSÉGI SZABVÁNYOK ÉS VIZSGÁLATOK

Az előírások hatályát tekintve a követelmények szabványok lehetnek, de ha a textíliákat, mint építőanyagot tekintjük akkor már a kötelező kategóriába esik a minősítése.

1. Kötelező jellegűek, amelyet Magyarországon az 8/2022. (IV. 14.) BM rendelet tartalmaz.
2. Nem kötelező: A „nem kötelező” követelményeket és szabványokat írhat elő
 - gyártó a beszállítókkal szemben
 - forgalmazó
 - megrendelő
 - felhasználók.



Anyagok égési viselkedését, lánggal való reakcióját ma már szinte csak szabványos vizsgálatokkal ellenőrzik. A szabványok sokaságában azonban nem könnyű áttekintést kapni [8]. Ezek a szabványok különböző követelményeket és besorolásokat tartalmaznak a mindenkori felhasználási területre. Általános rendező elv egy vizsgálat kiválasztásánál, hogy a végső felhasználás szerinti elrendezést kell követni, de a szabványok többsége tartalmazza is az alkalmazás területét. Pl. járművek függönyanyagát függőleges lángterjedéssel kell minősíteni. A különböző függönyök, textildrapériák, rolók, egyéb függőlegesen elhelyezett kelmék égési viselkedését kis láng hatására bekövetkezett gyúlékonyság meghatározással, lángterjedés méréssel és nagy gyújtóforrással végzett vizsgálatokkal kontrollálják. Az egyéb textíliák (pl. kárpitozott bútorok) égési jellemzőit többek között a cigaretta teszttel (BS5852, California teszt) kontrollálják. A gyújtóforrás lehet nyílt láng, ill. parázsló cigaretta.

A textil vizsgálatok legfőbb módszere a lángterjedés mérés. A lángállóság általános vizsgálatát az MSZ EN 532 szabvány és az ISO 6940 és a 6941 írja le. A vizsgált kelme felülete lánc és vetülék irányokban egyaránt 10 másodpercig kerül égetésre. Ezután ún. utánégési-utánizzási időt, lángkiterjedést, lyukképződést, olvadék- ill. égve csepegés mértéket állapítanak meg és hasonlítanak össze az alkalmazott szabványok előírásaival. Jellemző paraméter továbbá a gyúlékonyság meghatározása.

Egyre inkább elfogadott az oxigén index megadása [9] [10]. Az általánosságban éghető anyagok a levegőben jellemző normális oxigéntartalom (21 térfogat százalék) közepette képesek égésre, azonban vannak ettől eltérően viselkedő anyagminőségek is. (Az éghetőséget az ún. LOI értékkel fejezik ki. Ez az oxigénnek azt a minimális térfogatszázalékát fejezi ki, ami légköri nyomáson fenntartja a szálanyag égését. Ha a LOI érték 21%-nál kisebb, akkor éghető, ha ennél nagyobb, akkor nem éghető anyagról van szó [1].

Ha egy anyag LOI nagyobb, mint 21%, de kevesebb, mint 28%-os ekkor tekinthető az égés lassúnak. Az anyag oxigén indexe (LOI) nagyobb, mint 28, ekkor tekinthető önkioltónak (SE self-extinguishing). Számos kutató azt javasolta, hogy hasonlóan az építőanyagokhoz a besorolás alapja legyen az oxigén index, négy kategóriába sorolva: LOI <20,95, (B) 20,95 - 28,00, (C) 28,00 - 100,00, "önkioltó" anyagok, és (D) LOI > 100,00, "lényegében nem éghető"(NB non burning) anyag [6].



Az égéskésleltetés vizsgálatának módszere: az MSZ 14800-3:1982 szabványt az MSZ EN 13823 SBI szabvány szerinti vizsgálat váltotta fel.

A legszigorúbb követelmény a *nehezen éghetőséget* minősíti. Ez esetben meg kell felelnie minden fontos nemzetközi tűzvédelmi szabálynak, pl. DIN 4102 Fejezet 1/B1; ÖNORM 3820/B1, NF P 92501-7/M1; BS 5867, Fejezet 2 Typ C; UNI VF 8456/I; UNE 23721-27/M1 és EN 1021 Fejezet 1 és 2.

3.1. Az OTSZ kötelezően az alábbiakat írja elő:

„.....42. § (2) A színházak tömegtartózkodásra szolgáló helyiségeiben égéskésleltető szerrel hatékonyan kezelt dekorációs anyagok, installációk, díszletek és független akkreditált vizsgáló és minősítő laboratórium által igazolt, a vonatkozó műszaki követelmény szerinti legalább 1-es osztálynak megfelelő függönyök alkalmazhatóak.

44. § (1) A tömegtartózkodásra szolgáló zenés, táncos és színpadi rendezvények tartására szolgáló helyiségben égéskésleltető szerrel hatékonyan kezelt dekorációs anyagok és független akkreditált vizsgáló és minősítő laboratórium által igazolt, a vonatkozó műszaki követelmény szerinti **legalább 1-es osztálynak** megfelelő függönyök alkalmazhatóak.....”

A fenti követelmények alapján kerül sor az

- MSZ EN 13772:2011 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítőfüggönyök. A láng terjedési sebességének mérése függőleges helyzetű próbadarabokon nagy gyújtóforrással
- MSZ EN 13773:2003 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Függönyök és sötétítőfüggönyök. Osztályba sorolási rendszer alkalmazására.

(Megjegyezzük, hogy az OTSZ nem tesz utalást arra, hogy milyen vizsgálat és milyen kritérium alapján kerül egy anyag 1-es osztályba.)



4. A VIZSGÁLATOK KIVÁLASZTÁSÁNAK HÁTTERE

A textilen végzett lángterjedés vizsgálatokkal meghatározhatjuk, hogy milyen mértékben járulnak hozzá a tűz tovább terjedéséhez, éghetőek vagy nem éghetőek [10] [11] [12]. Munkánkban azt kívánjuk vizsgálni, hogy az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerinti 1- es osztályú követelmény, vagyis az EN13773, az EN1101 és az EN 1102 szabványok elegendőek e ahhoz, hogy az OTSZ hatálya eső függönyök valóságos égési jellemzőiről teljes képet kapjunk. A textíliák éghetőségére vonatkozó elsődleges követelményeit a felhasználás terület adja meg. De a gyakorlati szempontok ezek között átjárhatóságot mutatnak. Pl. a járműszabványokat is elterjedten használják az építőanyagokra és fordítva.

A tesztek elvégzéséhez két kötelező (EN 11925 és az EN 13773) és az oxigén index szabványát vettük alapul [1]. Valójában az EN11925 egy építőanyagokra vonatkozó szabvány, amely alkalmazásával gyorsan és egyszerűen megállapítható, hogy egy anyag ég vagy nem ég. Amennyiben nem égett végig, a mintákat további tesztek vetették alá az EN13773 szabvány alapján.

Az eredményeimet és a végső minősítéseket három fajta mérés alapján kaptuk meg.

- Függőleges lángterjedés mérése EN 11925 (kislángos)
- Függőleges lángterjedés mérése EN 13773 (sugárzó hővel terhelt)
- Oxigén mérése index: ISO 4589, ASTM 2863

5. VIZSGÁLATI MINTÁK

Kereskedelmi forgalomban kapható sötétítő, hőszigetelő és árnyékoló függönyöket választottunk ki, amelyek a gyártói adatlap szerint mind égéskésleltetettek (FR). A textíliák igen sokfélék voltak: egyrétegű (homogén), kétrétegű, az egyik réteg műanyag bevonattal, lazán és sűrűn szövött (1. kép). A minták kivétel nélkül rendelkeztek gyártói tanusítvánnyal (1. tábl).

A vizsgálatainkhoz 12 db különböző textíliát használtunk, melyek széles skálán lefedik a függönyök felhasználási területeit. A minták között megtalálhatóak a különböző fényáteresztő,



valamint vastag sötétítő függönyök is. Ami még érdekesebbé teszi a tanulmányt, hogy a vizsgált anyagok között vannak égéskésleltetett és nem égéskésleltetett (12. minta) anyagok is. Ez a sokszínűség egy átfogó képet ad a tűzvédelem fontosságáról.

A minták ismert paramétereit az 1. táblázatban adtuk meg továbbá az 1. és 2. képen láthatók milyen sokszínűek. A 12. kivételével mind FR és neméghetősgű minősítésűek, tehát azt várjuk, hogy mind hasonlóan fognak viselkedni.

1. táblázat Vizsgálati függőnyminták legfőbb gyári paramétereit. Készítette: A szerző.

Minta szám	Típus	Jellege	Tömege/140 cm széles	Gyártói tanúsítvány van
1.	Árnyékolás technika	kent hátú, újrahasznosított, FR	876g/fm	B1 (DIN4102-01)
2.	Árnyékolás technika	újrahasznosított, FR	516g/fm	B1 (DIN4102-01)
3.	Árnyékolás technika	ezüst bevonat hátoldalon (fényvisszaverés, hőszigetelés), FR	783g/fm	B1 (DIN4102-01)
4.	Árnyékolás technika	PVC-polyester összetétel, FR	1075g/fm	B1 (DIN4102-01)
5.	Árnyékolás technika	impregnált, transzparens, nem FR	240g/fm	-
6.	Textil	fényáteresztő, FR, 100% polyester IFR with zincweight	71gr/m2	CLASS 1 (EN 13773) – 1721
7.	Textil	FR, 100% polyester FR	280gr/m2	CLASS 1 (EN 13773), M1 (NFP-92-503-507)



8.	Textil	blackout FR, 100% polyester +coating	380gr/m2	CLASS 1 (EN 13773), UNO-IT -
9.	Textil	Furnishing, upholstery velour FR, 100% PES IFR	396gr/m2	CLASS 1 (EN 13773),
10.	Textil	FR light filtering, 100% polyester FR	124gr/m2	M1 (NFP-92-503-507)
11.	Textil	Fényáteresztő FR	51gr/m2	CLASS 1 (EN 13773)
12.	Árnyékolás technika	100% PES	-	-



1. kép A vizsgált anyagok mérésre előkészítve. Készítette: A szerző.



6. MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A három fajta vizsgálat eredményeit a 2., 3. és 4. táblázatban foglaltuk össze.

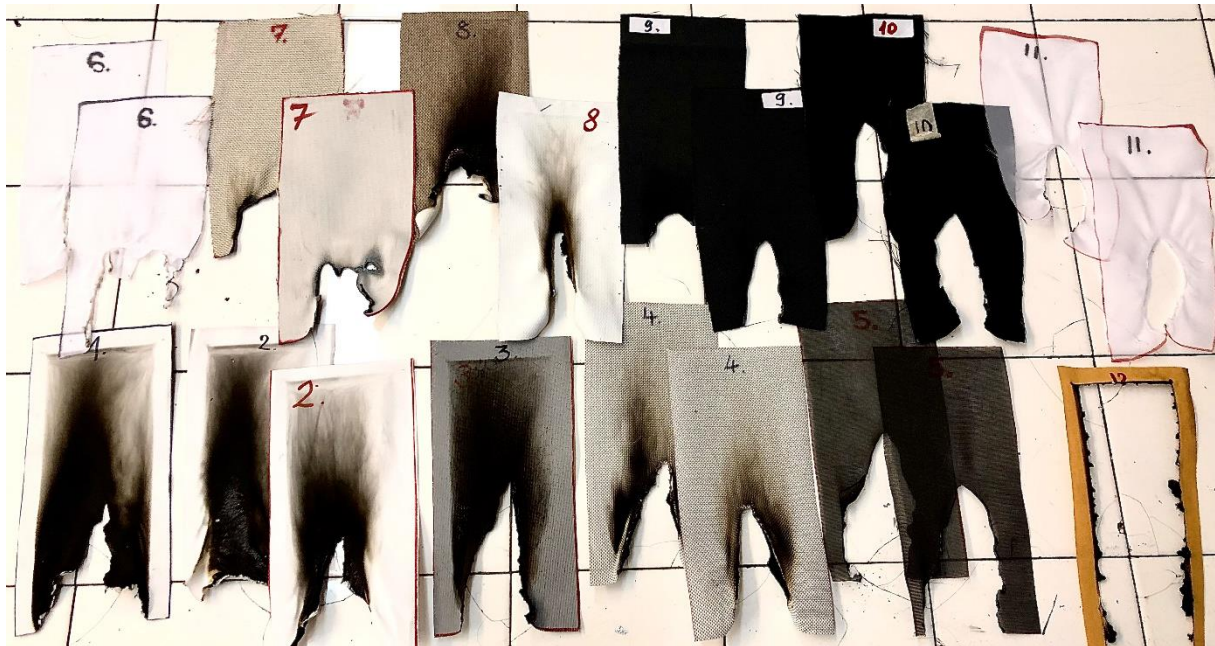
6.1. Függőleges lángterjedés mérés eredmények (kislángos vizsgálat)

Gyújtási idő 15 és 20 mp. minta mérete: 90x250

2. táblázat: Függőleges lángterjedés mérési eredményei kislángos vizsgálat segítségével.

Készítette: A szerző

Vizsgált textília	Meggyullad	Utóégés ideje	Max. lángmagasság	Megjegyzés
1.	-	-	8 cm	fekete kormozó füst
2.	-	-	6 cm	füst
3.	-	-	9 cm	füst, korom
4.	-	-	4 cm	erős füst, korom, azonnal lángol
5.	+	7s	2 cm	erősen megolvad, füst
6.	-	-	0 cm	csak felvillanás
7.	-	-	-	égve csepeg, nincs láng
8.	-	-	4 cm	kormozó füst, felvillanó láng
9.	-	-	-	égve csepeg, nincs láng
10.	-	-	-	csak olvadék csepeg, nincs láng, felvillanó láng
11.	-	-	-	csak olvadék csepeg
12.	+	míg el nem ég	12 cm	azonnal elégett



2. kép Függőleges lángterjedés/ kislángos mérés utáni állapot. Készítette: A szerző.

6.2. Függőleges lángterjedés mérési eredmények (+sugárzó hővel terhelt, expozíciós idő 30 mp)

Minta mérete 560 x 170 mm

3. táblázat: Függőleges lángterjedés mérési eredményei sugárzó hőterheléssel. Készítette: A szerző.

Vizsgált textil	Sug. hő hatására	1.jelet eléri a láng	2. jelet eléri a láng	3. jelet eléri a láng	Beégési, olvadási mélység (cm)	Megjegyzés
1.	27 mp-nél átlyukad	-	-	-	17	
2.	32 mp-nél átlyukad	-	-	-	14	



3.	18 mp-nél átlyukad	-	-	-	15	
4.	25 mp-nél átlyukad	-	-	-	15	
5.	nem történik semmi	-	-	-	12	
6.	10 mp-nél átlyukad	-	-	-	17	
7.	12 mp-nél átlyukad	-	-	-	18	
8.	20 mp-nél átlyukad	-	-	-	14	
9.	16 mp-nél átlyukad	-	-	-	16	
10.	11 mp-nél átlyukad	-	-	-	15	
11.	15 mp-nél átlyukad	-	-	-	15	
12.	megolvad	-	-	x	teljesen elégett	



3. kép: Függőleges lángterjedés sugárzó hő terhelés utáni állapot. Készítette: A szerző.

6.3. Oxigén-index mérési eredményei (LOI)

Gyújtóforrás: 1.6 cm hosszú propán-bután gázláng, gyújtási idő 30 mp, mintaméret : 80x 160 mm

4. táblázat: Oxigén-index mérési eredményei. Készítette: A szerző.

Vizsgált textília	Oxigén index (O ₂ tf% cc.)	Beégési mélység (cm)	Besorolás
1.	29,8	=8	C
2.	32,5	=8	C
3.	27,1	=8	B
4.	28,2	=8	C
5.	30	=8	C



6.	35	=8	C
7.	30,1	=8	C
8.	26,5	=8	B
9.	35	=8	C
10.	38	=8	C
11.	38	=8	C
12.	19,3	=8	A

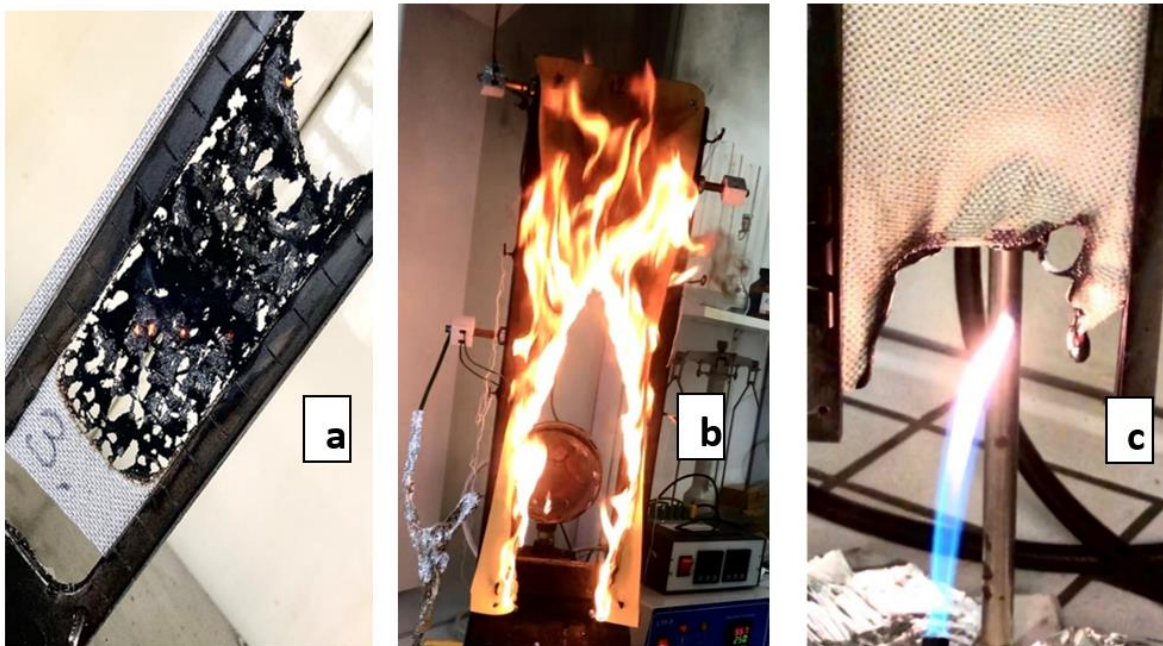


4. kép: Minták Oxigén index mérése utáni állapotban. készítette: A szerző.



7. JELLEGZETES ÉGÉSI JELENSÉGEK

Néhány jellegzetes textilíria égési viselkedést bemutattunk, annak igazolására, hogy az 1. táblázatban szereplő egységes nehezen éghetőségi tanúsítványok ellenére nem mutatnak feltétlenül egységes képet. Ehhez hasonló jelenségeket más kutatásokban is találni [13]. A különbözőségeiket az oxigén index megadásával lehet megadni.



5. kép: a./ 3. minta „hálósrá” égése oxigén index mérésnél. A különböző komponensek égése elkülönül. b./ FR nélküli 12. sz. minta teljes elégése, c./ 7. minta égve csepegése. Készítette:

A szerző.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban azt kívántuk megvizsgálni, hogy az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerinti építőanyagra vonatkozó követelmények, vagyis az EN13773, az EN1101 és az EN 1102 szabványok elegendőek-e ahhoz, hogy az OTSZ hatálya eső függönyök valóságos égési jellemzőiről teljes képet kapjunk. Vizsgálataik során az EN 13773, mint kötelező szabványt



vettük alapul, ahol a sugárzó hő, mint kiegészítő terhelés jelenik meg, ezáltal jóval szigorúbb gyújtóforrásnak számít, mint egy egyszerű lángterjedés vizsgálat. Ezen mérések alapján következtettünk arra, hogy önmagában a sugárzó pannellel előmelegített körülmény sem tesz különbséget. A neméghető és éghető mintacsoportokon belül. Célszerűnek látszott az oxigén index kimérése, amelynek vizsgálatával és felhasználásával az anyagok valóságos és rejtett éghetőségi tulajdonságai is kimutathatók, nem csak és kizárólag az, osztályba sorolás szerint hogy éghető e vagy sem.

Vizsgálataink eredményeink azt mutatják, hogy véleményünk szerint nem elegendők a kötelező előírások egy anyag éghetőségének megadásához. Hiába ad a lángterjedés megfelelő minőségi besorolást, éghetővé tehető a textília. Ezzel olyan “ rejtett” égési tulajdonságokat tudunk megjeleníteni, ami a szabványos előírások nem tesznek lehetővé. Oxigén index méréssel kiegészítve a vizsgálatok során levont következtetések:

- A sugárzó pannellel előmelegített körülmény nem tesz különbséget éghető és nem éghető mintacsoportokon belül különbséget.
- A rejtett és ezáltal a valóságos égésbeli különbségek a megnövelt oxigén tartalmú atmoszféra adta a különbségeket.
- Az FR jelölés nem jelent tényleges nem éghetőséget.
- A vizsgált mintákon normál légköri atmoszférában nem figyelhető meg lángterjedés.

9. JAVASLATOK

Javasoljuk a textilek csoportosítását és besorolását oxigén index alapján, mert a lángterjedéssel kapcsolatos vizsgálatok alapján nem lehet reálisan összehasonlítani a szöveteket, Az alábbi 4 kategóriát javasoljuk a besorolásra:

- LOI <21 levegőn égő anyagok
- LOI 21-27 levegőn nem égő anyagok
- LOI 27-39 önkioltó anyagok
- LOI <39 lángálló anyagok



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kerekes Zsuzsanna - Szép János - Volf Anita: Nem szőtt poliészter geo textíliák építőipari alkalmazása új tűzvédelmi minősítésük alapján, *Magyar textiltechnika* LXXIII. 2020/1 pp. 2-8
- [2] Kerekes Zsuzsanna - Kopecskó Katalin - Lublós Éva - Szép János: The effect of macrostructure and stability on the flammability of non-woven fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 18 p. (2020).
- [3] Ledinger István: Színházak tűzvédelme.
<http://tuzfal.com/index.php?cont=cikk&cikk=50&rov=3> Letöltés ideje: 2022.05.06.
- [4] Szép János - Gyöngyössy Éva: Építőanyagok minősülő textíliák hazai és külföldi minőségének összehasonlítása, *Védelem Tudomány*, V. 1. (2020), 53-71.o
- [5] M.Neisius - T.Stelzig - S.Liang - S.Gaan: Functional Finishes for Textiles, Improving Comfort, Performance and Protection, Woodhead Publishing, *Series in Textiles*, 2015. pg. 429-461. Chapter 14 - Flame retardant finishes for textiles
- [6] Katalin Kopecskó - Ádám Nagysolymosi - János Szép - Zsuzsanna Kerekes - Ágoston Restás: Fire limitations on the use of glass fiber reinforced composites in buildings structures, *Védelem Tudomány*, VI. 3. (2021), pp. 151-167
- [7] Lucza Edit – Kerekes Zsuzsanna - Szép János - Restás Ágoston: *Reuse of Polyethylene Waste as Building Material in view of Fire Protection*. In: Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference. Védelem Tudomány. Budapest. 2021. pp. 62-70.
- [8] George Wypych: *Book Handbook of Fillers*. Chapter 12 - Flammability of filled materials. pp. 589-604. 2016. ISBN 978-1-895198-91
- [9] Serife Furtana - Aysenur Mutlu - Mehmet Dogan: Thermal stability and flame retardant properties of calcium- and magnesium-hypophosphite-finished cotton fabrics and the evaluation of interaction with clay and POSS nanoparticles, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 139, pp. 3415–3425 2021.



- [10] Miguel Angel - Gallegos Lazcano - Weidong Yu: Thermal performance and flammability of phase change material for medium and elevated temperatures for textile application, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 117, pages 9–17 (2014).
- [11] P. Lizák Subhash - Chandra Mojumdar: Thermal properties of textile fabrics. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112, pp. 1095–1100 (2013).
- [12] Marianne Gilbert: Brydson's Plastics Materials (Eighth Edition) Chapter 5 – Relation of Structure to Chemical Properties, 2017, Pages 75-102, Understanding the durability of advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications , *Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Structural, Applications*, 2013.
- [13] Király Lajos - Bodnár László - Kerekes Zsuzsanna - Restás Ágoston: Combustion Of Dichloromethane Without Flash Point. In: László Bodnár; György Heizler (szerk.): 2nd Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference Védelem online – cooperated with the University of Public Service: Book of extended abstracts.
- [14] Verdes Lilla: Fügönyök égéskésleltetése OTSZ követelményei szerint. ÓE YMÉK Építőmérnöki Intézet szakdolgozat 2022.

HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK

MSZ EN 13773:2003 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Fügönyök és sötétítőfüggönyök. Osztályba sorolási rendszer

MSZ EN 1102:1999 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Fügönyök és sötétítőfüggönyök. Részletes eljárás függőleges próbadarabok lángterjedésének meghatározására.

MSZ EN 1101:1995/A1:2005 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Fügönyök és sötétítőfüggönyök. Részletes eljárás függőleges próbadarabok lángterjedésének meghatározására.



MSZ EN 13772:2011 Textíliák és textiltermékek. Égési viselkedés. Fügönyök és sötétítőfüggönyök. A láng terjedési sebességének mérése függőleges próbadarabokon nagy gyújtóforrással.

ISO 6941:2003 Textilszövetek. Égési viselkedés. Függőlegesen elhelyezett minták lángterjedésének mérése.

ISO 6940:1990 Textilszövetek. Égési viselkedés. Függőlegesen elhelyezett minták lángterjedésének mérése.

ISO 6940:2004 Textilkelmék. Égési viselkedés. A lángterjedés mérése függőlegesen elhelyezett próbadarabokon

ISO 6941:2004 Textilkelmék. Égési viselkedés. A lángterjedés mérése függőlegesen elhelyezett próbadarabokon

Gyöngyössy Éva, építőmérnök, PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszai Doktori Iskola
E-mail: evi.gyongyossy@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2058-8780

Kerekes Zsuzsanna, egyetemi docens Nemzeti Közszolgálati Egyetem Rendészettudományi Kar, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi Mérnöki Tanszék
E-mail: Kerekes.Zsuzsanna@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0002-2041-2622



Barina Balázs József

MAGYARORSZÁGI NUKLEÁRIS REAKTOROK KATASZTRÓFAVÉDELMI SZEMPONTÚ BEMUTATÁSA

Absztrakt

Hazánknak az atomenergia és a nukleáris kutatás területén rendkívül komoly múltja és potenciálja van. Magyarország első nukleáris létesítményét, a Csillebércen található kutatóreaktort 1959-ben helyezték üzembe, mely komoly lépés volt a nukleáris tudomány és technika területén, lehetővé tette hazánk bekapcsolódását a tudományterület nemzetközi kutatásaiba. A sorban a második nukleáris létesítményünk a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatóreaktora, mely az első teljesen magyar tervezésű és építésű reaktor 1971-óta szolgálja a nukleáris oktatást és gyakorlati képzést. Az ezen létesítményekben szerzett elméleti és gyakorlati tudás és tapasztalat tette lehetővé a hetvenes évek második felében a Paksi Atomerőmű tervezését, kivitelezését, majd 1982-es villamos hálózatra csatlakozását. A villamos energia fogyasztás lassú ütemű, de folyamatos emelkedése szükségessé teszi az atomerőművi kapacitás bővítését, mely életre hívta a Paks 2 atomerőművi projektet, melynek keretében két darab atomerőművi blokk kerül kiépítésre a paksi telephelyen. A nukleáris reaktorok üzemeltetése azonban a magas szintű szakmai kompetenciák mellett igen komoly biztonsági és védelmi szempontú felkészültséget igényel, mind az üzemeltető, mind az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer részéről. A szerző célja, hogy nukleáris témakörben rávilágítson a biztonsági kérdésekre a jelenleg üzemelő reaktorok esetében.

Kulcsszavak: Nukleáris reaktorok, VVER-440/213, VVER-1200, EPR, katasztrófavédelem



NUCLEAR REACTORS IN HUNGARY

Abstract

Hungary has an extremely serious past and potential in the field of nuclear energy and nuclear research. Hungary's first nuclear facility was the research reactor at Csillebérc, it started operating in 1959, which was a major step in nuclear science and technology, enabling Hungary to join international research in the field. The second nuclear facility in the row is the training reactor of the Budapest University of Technology and Economics, which is the first reactor designed and built entirely in Hungary, it has been serving nuclear education and practical training since 1971. The theoretical and practical knowledge and experience gained in these facilities enabled the design and construction of the Paks nuclear power plant in the second half of the 1970s, than it's electrical grid connection in 1982. The slow but steady increase of the electrical consumption necessitates the extension of nuclear power plant capacity, which launched the Paks 2 nuclear power plant project, therefore, two nuclear power units will be built at the Paks site. However, in addition to a high level of professional competence, the operation of nuclear reactors requires serious safety and security preparedness, from the operator and from the National Nuclear Emergency Management System. The author's aim is to draw attention to safety issues in nuclear reactors currently in operation.

Keywords: Nuclear reactors, VVER-440/213, VVER-1200, EPR, disaster management

1. BEVEZETÉS

A radioaktivitást a világ népességének növekvő energiaszükségletének kielégítésén túl változatos formában használják fel. Az igen széles felhasználási terület a radioaktív sugárzás változatos alkalmazásának köszönhető. Hiszen a radioaktív bomlás során létrejövő energiát az orvosi diagnosztikai eljárásokon és sugárterápián túl, a különböző műtéti eszközök és implantátumok sterilizálásához is használják. Alkalmazzák geológiai és archeológiai kormeghatározásban, csírátlanításra és fertőtlenítésre az élelmiszeriparban, valamint roncsolásmentes anyagvizsgálatra az ipar egyéb területein [1].

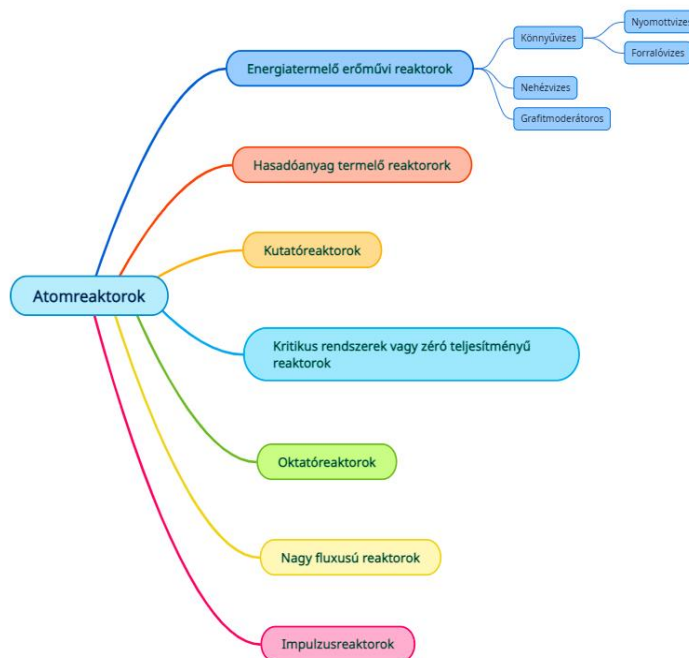


A nukleáris reaktorok csoportosítására többféle szempontrendszer is létezik, melyek lehetővé teszik megfelelő szakmai szempontú besorolásukat.

Csoportosításuk az alábbiak alapján történhet [2]:

- Felhasznált hasadóanyag szerint
- Hasadóanyag dúsításának foka szerint
- A moderátor anyaga szerint
- Hűtőközeg szerint
- Energiatartomány szerint
- Felhasználás szerint

A kutatásom szempontjából az atomreaktorok felhasználási módja szerinti csoportosítását kell kiemelnem, mely alapján megkülönböztetünk energiatermelő, hasadóanyag termelő, kutató és oktatóreaktorokat, valamint nagy fluxusú, impulzus és kritikus rendszereket, vagy zéró teljesítményű reaktorokat.



1. ábra Nukleáris reaktorok felhasználási mód szerinti csoportosítása (készítette a szerző)

Az energiatermelési céllal üzemelő nukleáris reaktorok esetében szükséges megemlíteni az alkalmazott technológia alapján történő atomermővi generációkba történő besorolásukat. Ahol a szakterminológia megkülönbözteti az I-IV generációba tartozó reaktorokat.



1.1. Első generációs atomreaktorok

A II. világháborút háborút követően üzembe helyezett korai reaktor prototípusokat soroljuk az első generációba, melyek üzemeltetésének célja nem elsősorban a villamos energiatermelés volt. Az első tisztán villamos energiatermelési célú atomerőművet 1953-ban állították üzembe, míg az utolsó első generációs nukleáris reaktor 2015-ben fejezte be működését [3].

1.2. Második generációs atomreaktorok

A napjainkban működő nukleáris reaktorok többsége második generációs besorolású. A Nukleáris Világszövetség (World Nuclear Association) adatai szerint 2021-ben 234 darab az 1970-es évektől 1990-ig épült úgynevezett II generációs atomerőművi blokk üzemel, ide sorolható a Paksi Atomerőmű mind a négy reaktora. A prototípusok hibáiból konstrukciós gyengeségeikből, üzemeltetési nehézségeiből nyert információk segítségével, biztonságnövelő átalakítások alkalmazásával kerültek kivitelezésre. A legmeghatározóbb biztonsági fejlesztés nyomásálló rendszerek alkalmazása volt, mely képes súlyos üzemzavar esetén megakadályozni a radioaktív anyagok szabadba jutását, ez az úgynevezett konténment rendszer, vagy hermetikus tér alkalmazása egyéb passzív és aktív biztonsági rendszerekkel kiegészítve [3].

1.3. Harmadik, vagy harmadik + generációs atomreaktorok

A napjainkban kivitelezésre kerülő nukleáris reaktorokat a szakirodalom a harmadik, vagy a harmadik+ generációba sorolja, ezek az úgynevezett evolúciós reaktorok. Fejlesztésük kezdete az 1990-es évek elejére datálható, az amerikai, japán és nyugat európai könnyűvízes reaktorflotta üzemeltetői tapasztalataira alapozva. Az aktív és passzív biztonsági rendszerek jelentős fejlődésen mentek keresztül, köszönhetően az általános technológia és informatikai fejlődésének, valamint a sajnálatos módon bekövetkezett nukleáris balesetekből levont mértékadó következtetéseknek köszönhetően. A biztonság növelésére megfelelő példák azok a passzív biztonsági funkciók, amelyek nem igényelnek külső energiát, aktív vezérlést vagy kezelői beavatkozást, hanem a gravitációra vagy a természetes hővezetésre támaszkodva csökkentik az üzemzavarok és balesetek következményeit. A hatvan évet is elérő tervezett



üzemidő, valamint megnövelt hatásfok jellemzi őket. [3] A cikkben bemutatásra kerülő VVER-1200 reaktor és az EPR reaktor is ezen generációba sorolható.

1.4. Negyedik generációs atomreaktorok

A negyedik generációba tartozó atomreaktorok jelenleg a fejlesztés stádiumában állnak, innovációs reaktoroknak nevezni őket a szakirodalom, mert olyan megoldásokat - fejlesztéseket vetítenek előre, melyek teljesen új perspektívába helyezhetik az atomerőművek üzemeltetését a biztonság és a profitabilitás terén is [3].

2. NUKLEÁRIS REAKTOROK MAGYARORSZÁGON

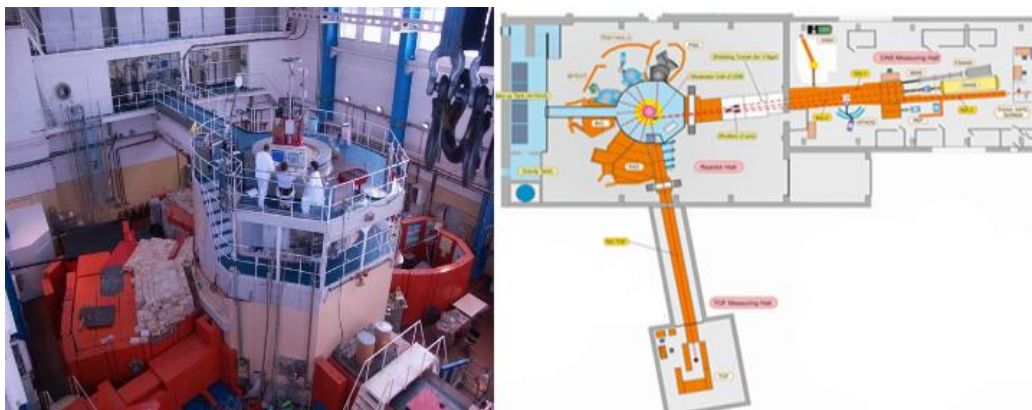
Magyarországon a legtöbbet a Paksi Atomerőműről hallhatunk, olvashatunk, de az atomerőműben működő négy darab VVER-440/213 reaktorblokkon túl hazánkban még két nukleáris reaktor üzemel, egy oktatási célú és egy kutatóreaktor. Az oktatási célú a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanreaktora, míg a kutatási célú az Energiatudományi Kutatóközpont (EK) Budapesti Kutatóreaktor (BKR). A következőkben bemutatom a hazánkban jelenleg is üzemelő atomreaktorokat, valamint ismertetem a Paks 2 atomerőművi nagyberuházás során felépítendő reaktorokat.

3. BUDAPESTI KUTATÓREAKTOR

A Budapesti Kutatóreaktor 10 MW maximális teljesítményű. Hűtőközege és moderátora sótalan víz, reflektora grafit és víz. Az aktív zónát EK-10 típusú 20%-os dúsítású fűtőelemek alkotják. Az aktív zónában és a reflektorban besugárzó csatornák által válik lehetővé a minták besugárzása. A biológiai sugárvédelmet ellátó oldalsó reaktortömb foglalja magába a reaktortartályt. Az alumíniumból készült 10 mm falvastagságú hengeres reaktortartály felülről nyitott, ez teszi lehetővé a medence elrendezést. A reaktortartályban lévő víz biztosítja a felső



biológiai sugárvédelmet. Az aktív zóna közepén öt darab vízszintes csatorna helyezkedik el, egy tangenciálisan, négy radiálisan. Különböző módon csatlakoznak az aktív zónához, így az egyes csatornák szájánál különböző neutronspektrumokat kapunk. A kutatóreaktor vízszintes csatornához neutronvezetőkön keresztül, vagy közvetlenül, 15 mérőberendezés kapcsolódik, melyek anyagtudományi, mérnöki, biotechnológiai és szilárdtest-fizikai kutatásokat tesznek lehetővé. A reaktorhoz csatlakozik a biológiai védelmen áthatoló, nagyméretű besugárzó alagút $1,3 \times 1,7 \text{ m}^2$ -es felülettel, majd a zóna felé lépcsőzetesen szűkül és a zónatartó kosártól 90 mm távolságra van. Az alagút felhasználása többretű: nagyrészt termikus oszlopként működik, de számos egyéb kísérlet helyszínéül is szolgált már (többek között biológiai védelemmel kapcsolatos vizsgálatok, nagyobb méretű objektumok besugárzása). A reaktor üzemeltető adatai alapján a rekonstrukciót követően éves átlagban közel 3500 órát üzemelt [4]. A kutatóreaktor az alap és alkalmazott kutatások számára nagyteljesítményű (nagy neutron sűrűségű) neutronforrásként szolgál, s mint ilyen valós tudományos szükségletet elégít ki. A reaktorban keletkező neutronok felhasználhatóak különböző anyagok vizsgálatára. A reaktor hasznosítható az egészségügyi és az ipari felhasználók számára történő radioaktív izotópok előállítására, továbbá alkalmazható szerkezeti anyag besugárzások és a besugárzásokat követő anyagvizsgálatok elvégzésére.



1. kép MTA KFKI telephely kutatóreaktora



4. BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM TANREAKTORA

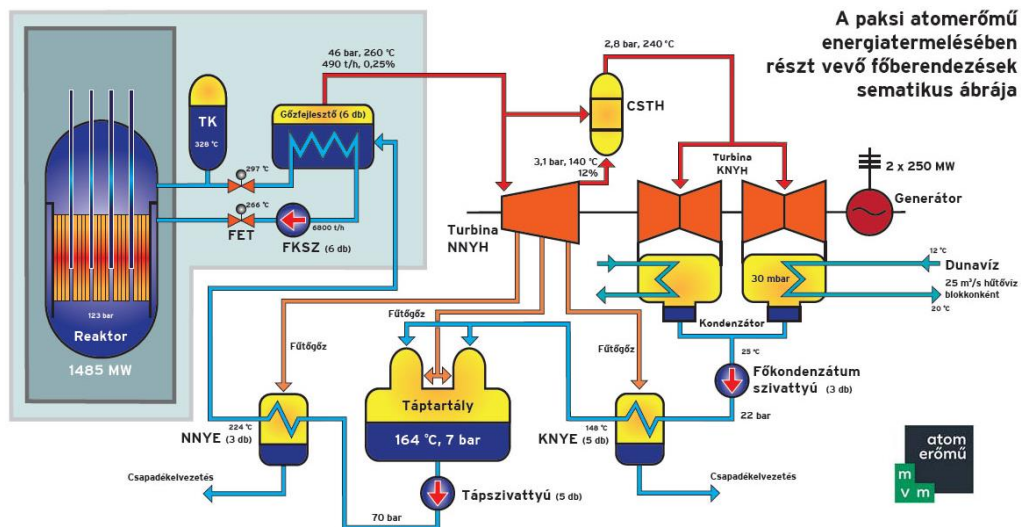
A tanreaktor medence típusú, 1971-ben helyezték üzembe. A 10%-os dúsítású, EK-10 típusú üzemanyag-kazettákból álló aktív zóna 100 kW maximális teljesítményű, a maximális termikus neutronfluxus $2,7 \times 10^{12}$ n/cm²s, teljes urántömege megközelíti a 30 kg-ot. Fűtőelemeit a reaktor indulása óta nem cserélték, mely a kis teljesítménynek és a szakaszos - optimalizált üzemeltetésnek köszönhető. Névleges teljesítményen való 8 órás üzemeltetést követő nukleáris leállás után a reaktortartályban lévő víz természetes keringése megfelelő hűtést biztosít a fűtőelem számára. A létesítményben elsősorban fizika és mérnökszakos hallgatók nukleáris téren való képzése folyik, emellett kutatási projektek céljait is szolgálja. 20 darab függőleges, 5 darab vízszintes besugárzó csatorna, két csőposta és egy nagyméretű besugárzó alagút használható oktatási és kísérleti célú neutron és gamma besugárzásra a zóna körül. A csatornák sugárvédelmét víz- és vaszár biztosítja. A vízszár lényege, hogy a sugárvédelmi feladatot ellátó betonban futó csövek használaton kívüli állapotukban, vízzel vannak megtöltve. A vaszár henger alakú, 330 mm hosszúságú dugó, amely a csatornák külső, részén manuálisan helyezhető el. Ezen zárok csak a meghatározott csatornával végzett kísérletek idejére távolíthatóak el. A kísérletek alatt a csatornák közvetlen környezetében a megfelelő szintű sugárvédelmet a reaktorcsarnokban speciálisan e célra tárolt, bórsavas vízzel töltött tartályokkal látják el. A csövekben található víz eltávolítása és visszatöltése manuális működtetésű szelepekkel történik. A reaktorhoz csatlakozó besugárzó alagút változatos felhasználási lehetőségeket tesz lehetővé. Belső fala és a grafit reflektorelemek közötti távolság mindössze 90 mm. Az alagút belsejében távműködtetésű, sínen mozgó rendszer található. Ezen helyezkedik el a termikus oszlop szerepét ellátó, alumínium burkolatú grafit szerkezet. Ez amennyiben szükséges egyéb kísérleti berendezésre cserélhető. Az alagutat a reaktortömbhöz képest érintőlegesen mozgatható 700 mm vastag, mintegy 13000 kg tömegű nehézbetonnal és vízzel töltött, acélszerkezetű zsilip zárja [5]. A besugárzó csőposta gyors besugárzó és mintatovábbító rendszer. A létesítményhez fizikai és radiokémiai laboratóriumok, valamint egy manipulációs kamra is tartozik.



2. kép Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanreaktora

5. A PAKSI ATOMERŐMŰ

A Paksi atomerőmű 1982 óta része a magyar villamos energiatermelésnek, rendszerbe állásától számítják Magyarországon a lakossági „atomenergia szolgáltatást”. Napjainkban a Paksi Atomerőmű a hazánkban termelt villamos energia több mint felét szolgáltatja. A Duna jobb partján fekvő nukleáris energiatermelő létesítmény négy darab, egyenként 1485 MW hőteljesítményű, 500 MW villamos teljesítményű blokkból és a hozzájuk kapcsolódó primer és szekunder körű rendszerekből áll. Az 2. ábra a paksi atomerőmű energiatermelő főberendezéseit mutatja.



Rövidítések: TK- térfogat-kiegyenlítő, FET- fő-elzárótolózá, FKSZ- fő-keringtetőszivattyú, CSTH- cseppleválasztó túlhevítő, NNYH- nagynyomású ház, KNYH- kisnyomású ház, NNYE- nagynyomású előmelegítő, KNYE- kisnyomású előmelegítő,

2. ábra A paksi atomeromú energiatermelő fő berendezései

Az alábbiakban röviden be kívánom mutatni a Paksi Atomeromúben használt üzemanyagot, a reaktorblokkokat, a primer és a szekunderkört.

5.1. A nukleáris üzemanyag

A Paksi Atomeromúben a reaktorokban használt üzemanyag urán-dioxid (UO₂), amelyből egy reaktorba 42 tonnányit helyeznek. A földön előforduló urán 99,3% U-238, valamint 0,7 % U-235 izotóp. Az U-238 igen stabil csak akkor hasad, ha a neutron energiája jelentős és így ütökzik az atommagnak. Neutronsugárzás hatására az urán atommag két közepes maggá válik. Elméleti szempontból minden atommag hasadhat, gyakorlatilag csupán néhány uránizotóp esetében történik megfelelő gyakorisággal maghasadás. Ezek az uránizotópok energetikai szempontból jóval kedvezőbb állapotba kerülnek a hasadás következtében. Nagyobb mennyiségű energia szabadul fel, mint ami egy atommag hasításhoz szükséges.



3. kép Urán - dioxid pasztilla

Ha kis energiájú, (termikus) neutron ütközik az U-235 atommagjának, a mag pedig befogja azt, akkor egy gerjesztett mag, U-236 alakul ki. Az esetek nagy részében, hozzávetőleg nyolcvanöt százalékában rövid időn belül bekövetkezik a maghasadás, a fennmaradó tizenöt százalékában pedig az atommag γ - sugárzással válik meg a felesleges energiától. Az U-235 izotóp maghasadás során hőenergiát termel számunkra, a természetes uránban a hasznos U-235 izotóp részarányát ezért növelik dúsítás segítségével. A dúsított uránból porkohászati eljárással urán-dioxid pasztillákat állítanak elő. A 3. kép az urán-dioxid pasztillákat mutatja. Az urán – dioxidból 9 mm x 7,6 mm-es hengereket készítenek, melyeket cirkónium ötvözetből készült csőbe helyeznek, a csöveket ezt követően héliummal töltik fel, majd légmentesen lezárják. Ez a burkolat akadályozza meg a radioaktív hasadványok bekerülését a hűtővízbe. Az üzemanyag pasztilla és burkolata együtt alkotja a fűtőelem pálcát. A fűtőelemeket kötegekbe, más néven üzemi kazettákba foglalják. Az üzemi kazetták hatszög alakúak, esetünkben egyenként 126 darab fűtőelemet tartalmaznak. Az üzemanyag dúsítása 3,6 % vagy 4,2 % lehet, kazettánként csak azonos dúsítású fűtőelemek találhatóak, a kazetták 14,4 cm laptávolságúak [6].

5.2. A Paksi Atomerőműben üzemelő reaktorok

A Paksi Atomerőműben négy darab a 3. ábrán bemutatott VVER-440/213 nyomott vizes 2. generációs reaktorblokk található. Két teljesen szeparált vízkörből, a primer körből és a szekunder körből épülnek fel. A nyomott vizes reaktorok sajátossága, hogy a primer körben lévő vizet százhuszonhárom báros nyomás tartja folyadék halmazállapotban, így a zárt körben



áramló folyadék háromszáz Celsius fokos hőmérsékleten sem képes forrni. A reaktortartály azon részét, ahol a láncreakció megy végbe, „aktív zónának” nevezzük.

Az 1. táblázat [7] a reaktort és annak legfontosabb adatait mutatja be, mint az üzemanyag tömegét, a tartály méretét, hő és hasznos teljesítményét.

Reaktor tömege:	472 tonna
Magassága:	23,5 méter
Hőteljesítménye:	1485 MW
Hasznos teljesítménye:	500 MW
Melegági hőmérséklete:	297 °C
Hidegági hőmérséklete:	267 °C
Fővízköri hőlépcső:	32,5 °C
Üzemanyag:	Urán-dioxid 3,82 %-os dúsítású
Üzemanyag tömege:	42 tonna
Aktív zóna felépítése:	312 db üzemi kazetta 30 db biztonságvédelmi kazetta 7 db szabályozó kazetta

1. táblázat VVER 440/213 Reaktor egyes fontosabb adatai

Az aktív zónát háromszáztizenkét darab üzemanyag kazetta, harminchét db szabályozó és biztonságvédelmi kazetta, valamint a hűtővíz alkotja, mely egyben moderátor közeg szerepét is betölti. A szabályozó és biztonságvédelmi (a továbbiakban: SZBV) kazetták () közül normál



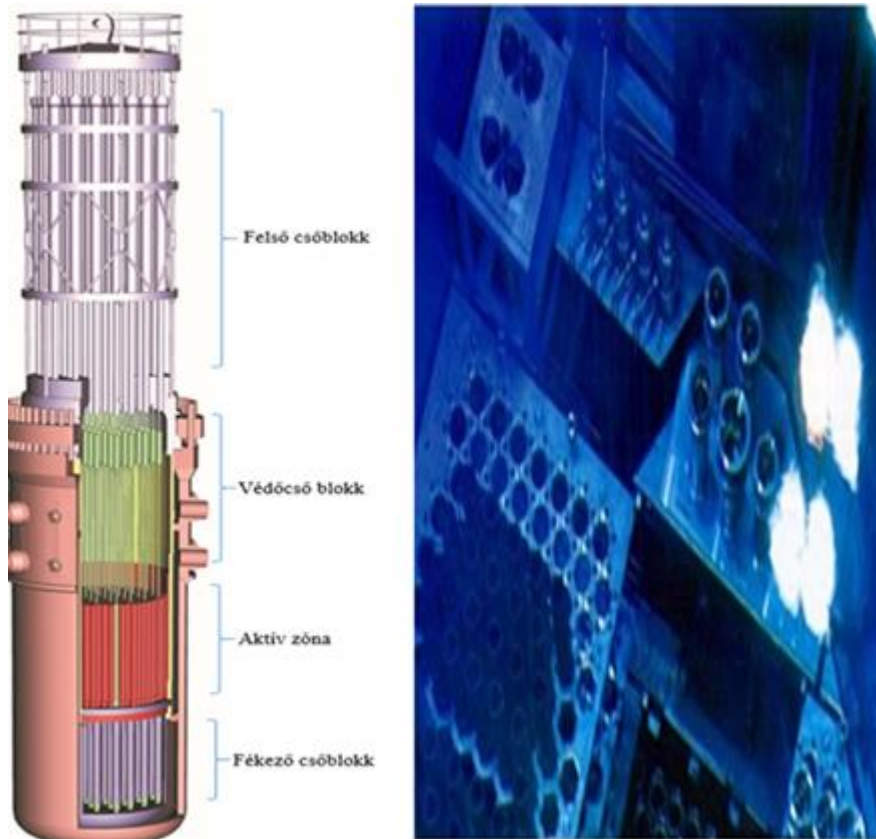
üzem közben harminc db az „aktív zóna” felett található. Ezen biztonságvédelmi eszközök segítségével a reaktor tíz - tizenkét másodpercen belül megbízhatóan leállítható. A további hét SZBV elemmel a normál üzemi teljesítményt szabályozzák. Minden egyes SZBV kazetta alsó részéhez egy fűtőelem köteg csatlakozik, ezért kihúzott állapotukban nem befolyásolják negatívan a láncreakciót.

Az üzem során lecsökkent teljesítményű fűtőelemeket a reaktor mellett található úgynevezett „pihentető medencébe” helyezik. A 3. ábrán a négyes blokki pihentető medence látható, itt három évig tárolják a kiégett üzemanyagot. Radioaktív bomlás útján úgynevezett remanens hő fejlődik bennük. A víz elnyeli a keletkező sugárzást, valamint a keletkezett hőt is [8].

Az itt eltöltött 3 év során a tárolt üzemanyag sugárzása és hőtermelése olyan jelentős mértékben lecsökken, mely lehetővé teszi biztonságos szállításukat. Ekkor a pihentető medencéből a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT) szállítják őket. Ötven évig itt őrzik a kiégett üzemanyagot, előreláthatóan a nagyaktivitású tároló kialakításáig és az ott történő elhelyezésükig. A kiégett fűtőanyag egy részét Oroszországba szállítják újra dúsításra. A szállító konténer felépítése – anyaga és a benne található víz, csökkenti a radioaktív sugárzás mértékét és a szállítás során elvezeti a kiégett üzemanyag által termelt hőt.

5.3. A primerkör bemutatása

A primerkör a reaktort, a keringtető hurkokat, a főkeringtető szivattyúkat, a gőzfejlesztőket és a térfogat kompenzáló egységet befogadó nukleáris rendszert jelenti. A 4. képen az I. kiépítés reaktorcsarnoka látható. A fővízkör része a térfogat kiegyenlítő rendszer, mely a térfogatkompenzátorból és a négy darab hidroakkumulátorból áll blokkonként. A térfogatkompenzátor álló elrendezésű, melynek alsó részét hűtőkör meleg ágával, míg felső részét (szelepeken keresztül) a hidegággal kötik össze. A tartályban 325°C-os, telített állapotú víz, és felette nitrogénpárna található. Legfontosabb feladata a nukleáris alapon történő gőztermelés, az előre tervezett nyomás és hőmérséklet megtartása, valamint a hőhordozó közeg környezetbe jutásának megakadályozása. [9] [10].



3. ábra VVER-440/213 reaktortartály és a négyes blokki pihentető medence



4. kép I. kiépítés reaktorcsarnok



5.4. A szekunder kör bemutatása

A gőzfejlesztők tápvízoldali részeit, a „főgőzrendszert”, a turbina különböző elemeit (nagy és kis nyomású), a kondenzátort és a tápvízrendszert befogadó rendszer, melynek legfontosabb feladata a gőz energiájának forgó mozgássá való átalakítása a turbinák segítségével. A reaktor által létrehozott 1485 MW hőenergiát sótalanvíz zárt rendszerben továbbítja a gőzfejlesztőkbe. Itt a primerköri víz a gőzfejlesztőben szekunder körű gőzt hoz létre, mégpedig úgy, hogy a gőzfejlesztőben található 222°C-os, 46 bar nyomású tápvizet a csövekben keringő 297°C-os primer körű víz 260°C-ra melegíti. A keletkező gőzből a vízcseppeket leválasztják, a turbinalapátok sérülésének elkerülésére. Erre szolgálnak az úgynevezett cseppleválasztók, melyeket a kilépő gőz útjába helyeznek, ezeken a terelőlemezekon áthaladva a vízcseppek lecsapódnak, ennek köszönhetően a kilépő gőz nedvességtartalma 0,25 % alá csökken. A megtermelt gőzmennyiség eléri az óránként közel háromezer (2940) tonnát, mely a turbinákat hozza mozgásba és működteti percenként háromezres fordulaton.

A Paksi Atomerőműben 8 darab turbina és ugyanennyi 230 MW-os generátor található. A turbinákban egy tengelyen helyezkedik el az egy nagynyomású és két kisnyomású ház, valamint a generátor fogórésze. A turbina nagynyomású háza 7 fokozatú, a két kisnyomású ház öt-öt fokozatú. A 5. kép az I. kiépítés turbinagépházát mutatja. A turbina által létrehozott forgó mozgás a generátorok segítségével 15,75 Kv feszültségű elektromos áramot termel, melyet transzformátorokon keresztül a villamos hálózatba juttat száz és száz Kv-on [11].



5.kép I. kiépítés turbinagépház

6. VVER-1200 (AES-2006) REAKTOR

A Paks II atomerőművi fejlesztés egy 15 évre visszanyúló folyamat, mely 2007-ben a Teller projekttel indult, ezt követte 2009-ben a parlament által elfogadott határozati javaslat, mely hozzájárulást adott az új atomerőművi blokkok felépítésének előkészítéséhez a Paksi Atomerőmű telephelyén. Ugyancsak 2009-ben indult a Lévai projekt, melynek keretében az Magyar Villamosművek Csoport megkezdte az új atomerőművi blokkok létesítésének előkészítését. 2011-től a megújult Nemzeti Energiastratégia hosszútávon is számol az atomenergiával, 40-45% részaránnyal a hazai energiatermelésben.

Tíz évvel ezelőtt létrejött a Paks II Zrt. új atomerőművi beruházás levezénylésére. 2014-ben született a kormányközi megállapodás Magyarország és Oroszország között a két új atomerőművi blokk építéséről. A kiválasztott reaktortípus a VVER-1200 orosz fejlesztésű, továbbfejlesztett, nyomottvizes, vízhűtéses, vízmoderátoros 3+ generációs reaktor.



Biztonsági rendszerei, beszéljünk akár aktív, vagy passzív rendszerekről, korunk legmodernebb technológiáit alkalmazzák. Hermetikus tere két elkülönülő részből áll, külső és belső burokból, ezek egyéni védelmi funkciókat látnak el.

- A külső burkolat 1 méter vastag és elviseli akár egy személyszállító repülőgép becsapódását [12]. Ezen túlmenően a konténment rendszer képes ellenállni a földrengésnek és a robbanások következtében létrejövő nagynyomású lökéshullámoknak.
- A belső burok acél borítású, amit további acél elemekkel erősítettek meg. A megerősített rendszer nagymértékben nyomás és hőálló. A hermetikus téren belül a reaktorsérülések során kilépő gőz lekondenzálására befecskendező egység lett beépítve [13].



4. ábra Paks 2 atomerőmű működési séma

A felépítmény különlegessége, hogy a pihentető medence is a konténmenten belül található, ami a hűtővíz rendszer betáplálását is végzi. A kiegészítő üzemanyag átmeneti tárolójához tartozó 2000 köbméteres hűtővíz jelentős része alacsony és magasnyomású rendszereken keresztül pótvízként is felhasználható. A magasnyomású szivattyúk szivárgás esetén, az alacsony nyomású szivattyúk nagy átmérőjű csőtöréskor indulnak. Konténmenten belüli nyomás és hőmérsékletcsökkentésre a tartalék hűtővízrendszereket nitrogénnel helyezik nyomás alá.

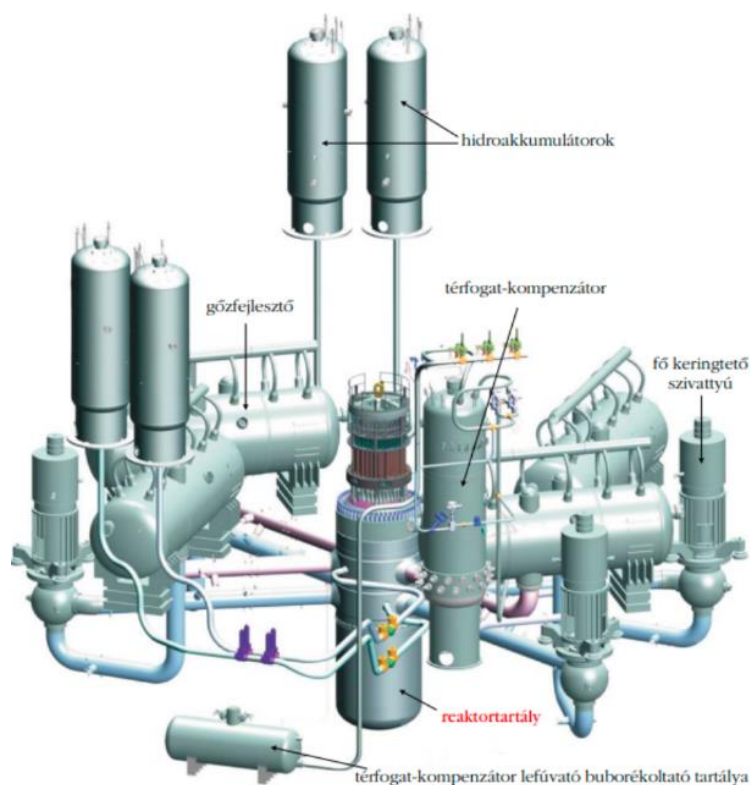


Rendelkezik zónaolvadék csapdával, amiben egy speciális anyaggal állítják meg a láncreakciót, az olvadéktároló saját hűtőrendszerrel rendelkezik.

A reaktor aktív és passzív biztonsági rendszerei a primerköri csővezeték törése esetén is 72 órás hűtést biztosítanak.

A hidrogénrobbanás megakadályozására hidrogén rekombinátorokat alkalmaznak a hermetikus térben, amivel a belső nyomás csökkenthető. A berendezéssel felgyorsítják a hidrogén-oxigén egyesülést, melynek eredményeként víz keletkezik. A reaktorban a 160 báros nyomáson tartott hűtővíz 328 Celsius fokos, amely moderátorként is funkcionál.

A reaktortartály különleges lengéscsillapítókra épített, 20 cm falvastagságú, négy kivezető csonkkal rendelkezik, melyek a gőzfejlesztőkhöz csatlakoznak. A reaktor aktív zónájában 163 üzemi kazettában darabonként 312 fűtőelem található 121 szabályozó rúddal [14].



5. ábra VVER 1200 primerkör felépítése (Aszódi – Boros 2015)

A VVER-1200 reaktornál a hűtés aktív és passzív rendszerek segítségével egyaránt megtörténhet, a passzív rendszer üzemeltetése nem igényel villamos betáplálást vagy emberi beavatkozást. A reaktor hőteljesítménye a Rosatom adatai alapján 3212 MW, a primerköri



hűtőközeg melegági hőmérséklete 328,9 °C. Szekunderkörü gőztermelése gőzfejlesztőnként 1602 tonna/óra, ez blokkonként eléri a 6408 tonnát óránként.

7. EPR EURÓPAI NYOMOTTVIZES REAKTOR

A Paks II atomerőművi beruházásban megvalósításra kerülő VVER-1200 reaktorblokkok reális alternatívájaként felmerülhet több evolúciós reaktortípus is, közülük a cikkben az, EPR francia fejlesztésű, továbbfejlesztett, nyomottvizes, vízhűtéses, vízmoderátoros 3+ generációs reaktort mutatom be, mely a VVER-1200-as reaktorhoz hasonlóan igen hosszú fejlesztési folyamat eredménye, melynek kezdetei az 1990-es évek elejéig vezetnek vissza. Diverzifikált, redundáns aktív és passzív biztonsági rendszereinek köszönhetően, kiemelkedően magas biztonsági és üzemeltetési színvonalat képvisel.

Fő tervezési kritériumként a súlyos balesetek bekövetkezésének drasztikus csökkentését határozták meg, valamint a balesetek során fellépő károsító hatásokat igyekeznek telephelyen belül tartani. Ennek érdekében a biztonsági rendszerek négyszeres redundanciával rendelkeznek. A főépület és azon belül a hermetikus tér kialakításának köszönhetően ellenáll a földrengéseknek és megőrzi védelmi funkcióit egy utasszállító repülőgép becsapódását követően is. Ehhez a reaktorépület, a kiegészítő üzemanyag tároló és a biztonsági épületek közül kettő megerősített kétrétegű vasbeton borítást kapott. A konténment rendszert hengeres kialakítású acél védőburkolattal látták el.

Konténmenten belüli nyomás és hőmérsékletcsökkentésre a tartalék hűtővízrendszer került kiépítésre, mely nagy mennyiségű bóros vizet tárol. Rendelkezik zónaolvadék csapdával, melyben egy speciális anyaggal blokkolják a láncreakciót, az olvadéktárolóhoz külön hűtőrendszer tartozik. A hidrogénrobbanás megakadályozására katalitikus hidrogén rekombinátorokat alkalmaznak. A reaktorban a 155 báros nyomáson tartott hűtővíz 328 Celsius fokos. A reaktortartály 25 cm falvastagságú. A reaktor hőteljesítménye, az Areva adatai alapján 4500 MW, a primerkörü hűtőközeg melegági hőmérséklete 327,2 °C. Szekunderkörü gőztermelése eléri a 9194 tonnát óránként [15].



6. ábra EPR épületrendszer

A reaktorépület az „atomsziget” közepén található, magába foglalja a primerkört és a főberendezéseket, mint a nukleáris gőzellátó rendszer (NSSS) a hermetikus téren belüli pótvíz rendszer (IRWST). Az üzemanyag tároló épület egyazon közös alaplapon található, mint a reaktorépület és a biztonsági épületek, itt kerül betárolásra a friss üzemanyag és attól természetesen elkülönítve az átmeneti kiégett üzemanyag tároló.

A négy biztonsági épületben található olyan biztonsági rendszerek, mint a reaktorsérülések során kilépő gőz kondenzálására kiépített befecskendező, vagy a biztonsági tápvíz rendszer és támogató rendszereik. A két diesel generátor épületben került elhelyezésre a négy biztonsági dízel generátor és kiegészítő berendezéseik. A segédépületben hűtő és szűrő és mintavételi rendszerek, valamint laboratóriumok kerültek elhelyezésre. A nukleáris hulladék tároló folyékony és szilárd anyag összegyűjtésére, tárolására és kezelésére szolgál. A turbinaépületben található a főkondenzátum rendszer és a tápvíz rendszer összes fő összetevője és természetesen a turbinák is [16].



8. NUKLEÁRIS REAKTOROK BIZTONSÁGA ÉS A HOZZÁ KAPCSOLÓDÓ KATASZTRÓFAVÉDELMI FELADATOK

Nukleáris reaktorok üzemeltetésénél legyen szó kutatási – oktatási célú vagy energiatermelő berendezésekről a biztonságot kell elsődleges szempontnak tekintenünk. Bármily nagy társadalmi és anyagi haszon mellett is létfontosságú a biztonság mindenkori megőrzése. Ezt jól szemlélteti a cikk előző fejezeteiben bemutatott 2. és 3+ generációs reaktorok biztonsági szempontokat messzemenően szem előtt tartó tervezése. A Paksi Atomerőműben több, mint 120 évnyi reaktor üzemeltetési tapasztalatot gyűjtöttek a szakemberek, az új generációs reaktorok üzemeltetéséhez sok évnyi nemzetközi tapasztalat áll rendelkezésünkre. Atomerőművek esetében a biztonság fő elemei olyan minden részletre kiterjedő, bonyolult intézkedések sora, amellyel kizárják, hogy az ionizáló sugárzás

- az emberi életet,
- az egészséget,
- az anyagi javakat és
- a természeti környezetet a nemzetközileg elfogadott mértéken túl veszélyeztethesse.

A legfontosabb biztonsági funkciókat mérnöki gátak sokasága biztosítja. Ilyen a környezet és a lakosság védelme, melyet egy baleset során szivárgásmentes gátakból álló rendszer szavatol.

- Az első gát a nukleáris üzemanyag burkolata, mely megakadályozza a maghasadás során létrejövő izotópok hűtővízbe jutását.
- A burkolat tömörségvesztése során a hűtőközegbe jutott sugárzást kibocsátó szennyeződés terjedését második gátként a primerköri hűtőkör berendezéseinek nyomásálló kivitelű fala gátolja.
- A harmadik mérnöki gátat a primerköri „főberendezéseket” befogadó hermetikus tér nyomásálló fala (és a lokalizációs rendszer alkotja).



- Ezen túlmenően aktív¹ és passzív² biztonsági rendszerek állnak az üzemeltető rendelkezésére, hogy meggátolja, hogy az ionizáló sugárzás a telephelyen többletsugárterhelést, vagy a szabadba jutva környezetszennyezést okozzon.

Az elvárható biztonsági követelmények mindenkor betartatásához a magyar állam az engedélyes felett mindenkor ellenőrzést gyakorol.

A cikk szempontjából kiemelném a katasztrófavédelmi feladatrendszert, mely többszintű és igen sokrétű. Magába foglalja a védekezés terén az országos, a megyei és a helyi szintet is.

- A Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága részt vesz az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszert (ONER) működtetésében, üzemelteti az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszert, mely 159 telepített mérőállomásból, valamint mobil és helyhez kötött laboratóriumok rendszeréből épül fel, így szükség esetén biztosítható a sugárzási viszonyok helyszíni felderítése [17].
- A védelem beavatkozói szintjét³ a katasztrófavédelem hivatásos tűzoltósága és a katasztrófavédelmi feladatrendszer egyéb résztvevői, mint a Paksi Atomerőmű Létesítményi Tűzoltósága biztosítják, ők látják el a súlyos baleset kezeléssel kapcsolatos gyakorlati feladatokat, melyet a 2011-es fukushimai rendkívül súlyos atomerőművi balesetet követően határozott meg a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ).
- A súlyos baleset kezelés (SBK) egyik fő célja, a gőzfejlesztők, valamint szükség esetén a hermetikus tér és a lokalizációs rendszer alternatív víznyerő helyről való, külső hűtőközeg betáplálásának biztosítása tűzoltó technikai eszközökkel és személyzettel. Másik célja, a villamos betáplálás teljes kiesésének elkerüléséhez a SBK dízelgenerátorok betáplálási – csatlakozási helyszínekre történő vontatása a tűzoltóság kezelésében lévő Unimog vontató gépjárművel.
- A létesítményi tűzoltóság és a hivatásos tűzoltó állomány által végrehajtható súlyos baleset kezelési feladatok jelentik a védelem utolsó vonalát [18].

¹ villamos energiát igénylő

² villamos energiát nem igénylő

³ helyi szintjét



9. ÖSSZEGRZÉS

A második világháborút követően az atomenergia békés célú felhasználása ugrásszerű fejlődést hozott mind a lakosság villamos energia ellátásában, mind az egészségügyi, mind az ipari felhasználás terén. Ahhoz, hogy a felhasználók ilyen széles skálán legyenek képesek a nukleáris láncreakciót és annak végtermékeit, hatásait alkalmazni nagyszámú eltérő típusú nukleáris reaktor működik a világban, mely több évtizedes fejlesztő munka eredménye.

A cikk első fejezetében ismertettem az atomreaktorok több szempontú besorolását, melyek közül a felhasználás módja szerintit emeltem ki. Ezek alapján energiatermelő, hasadóanyag termelő, kutató és oktatóreaktorokat, valamint nagy fluxusú, impulzus és kritikus rendszerek, vagy zéró teljesítményű reaktorokat különböztetünk meg.

A Budapesti Kutatóreaktor az alap és alkalmazott kutatások számára nagyteljesítményű neutronforrásként szolgál, az egészségügy és az ipar számára radioaktív izotópokat állít elő, valamint szerkezeti anyag besugárzásokat végez.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanreaktora elsősorban fizika és mérnökszakos hallgatók nukleáris téren való képzését szolgálja, de emellett kutatási projekteknek is otthont ad. Ezen két reaktor a nukleáris területen végzett hazai kutatási és oktatási munka fő mozgatója.

Ennél a két létesítménynél nagyságrendekkel nagyobb, mind méretében, mind hőteljesítményében a Paksi Atomerőműben található négy darab VVER-440/213-as reaktor. Céljük a magyar lakosság villamos ellátásának biztosítása. A hazai villamos energiatermelés több, mint 50%-át e nukleáris nagyberendezések szolgáltatják.

A kivitelezésre kerülő Paks 2 atomerőmű mind technológiája, mind biztonsági berendezései tekintetében korunk legmodernebb rendszeresített és üzemeltetési tapasztalatokkal rendelkező eljárásait alkalmazza. Amennyiben a Paks II atomerőművi beruházás változatlan műszaki tartalommal valósul meg, akkor a 3+ generációs VVER-1200-as reaktorokkal a Paks II atomerőmű, a Paksi Atomerőművel együttes üzemük során a hat atomerőművi blokk fedezi majd hazánk villamos energia felhasználásának, több mint hetven százalékát.



A nukleáris reaktorok biztonságos üzemeltetése sokrétű feladat, melyet az üzemeltetőn kívül több nemzetközi és hazai szervezet felügyel, mint a Nemzetközi Atomenergiai Ügynökség (NAÜ), Országos Atomenergia Hivatal (OAH) és a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF), hogy a hazai nukleáris K+F⁴ tevékenység és a nukleáris alapú energiatermelés hazánk fejlődését szolgálja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Sz.n. WNA: The Many Uses of Nuclear Technology

Forrás: <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/overview/the-many-uses-of-nuclear-technology.aspx>

(letöltés ideje: 2022.03.08.)

[2] Raymond L. Murray, Keith E. Holbert, Nuclear Energy (Eighth Edition), Butterworth-Heinemann, 2020, ISBN 9780128128817

Forrás: [http://depni.sinp.msu.ru/~hatta/spool/books/Nuclear%20Energy%20-%20R.Murray%20\(2000\).pdf](http://depni.sinp.msu.ru/~hatta/spool/books/Nuclear%20Energy%20-%20R.Murray%20(2000).pdf) (letöltés ideje: 2022.03.08.)

[3] Stephen M. G.: Robert R.: Nuclear reactors: generation to generation – American academy of arts and sciences, Cambridge, 2011. ISBN#: 0-87724-090-6

Forrás: <https://www.amacad.org/sites/default/files/academy/pdfs/nuclearReactors.pdf>

(letöltés ideje: 2022.06.29.)

[4] Belgya T., Gadó J., Gajdos F., Szentmiklósi L., Rosta L.), Vidovszky I., Czifrus Sz., Fehér S., Szalóki I., Szieberth M., Zsolnay É.: A Budapesti Kutatóreaktor és a BME Oktatóreaktor jövőjére vonatkozó elképzelések BNC, Budapest, 2016.

Forrás: https://www.bnc.hu/sites/default/files/Reaktorok_tanulmany_2016apr20.pdf

(letöltés ideje: 2022.03.12.)

⁴ Kutatás - fejlesztés



[5] Belgya T., Gadó J., Gajdos F., Szentmiklósi L., Rosta L.), Vidovszky I., Czifrus Sz., Fehér S., Szalóki I., Szieberth M., Zsolnay É.: A Budapesti Kutatóreaktor és a BME Oktatóreaktor jövőjére vonatkozó elképzelések BNC, Budapest, 2016.

Forrás: https://www.bnc.hu/sites/default/files/Reaktorok_tanulmany_2016apr20.pdf (letöltés ideje: 2022.03.12.)

[6] Sz. n. MVM Paksi Atomerőmű Zrt, Atomerőmű Tűzoltóság, ATOMIX Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat Üzemzavar elhárítási ismeretek: at-me-6.2.2.-1-v2 Primerkörü ismeretek, Paks 2013.07.01.

[7] Atomerőmű Tűzoltóság, ATOMIX Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Szakmai Ismeretek Oktatási anyag, ATOMIX at-me-6.2.2.-11-v2: Atomerőműves rendszerek, 2012.08.01

[8] Antal Z.; Kátai-U. L.; Vass Gy.: Atomerőmű generációk fejlődésének vonzatai. Hadmérnök, XIII. Évfolyam 3. szám (2018) 150-163. oldal

Forrás: http://www.hadmernok.hu/183_11_antal.pdf (letöltés ideje: 2022.03.12.)

[9] Dobor J.; Kossa Gy.; Pátzay Gy.: Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai I. Hadmérnök, XII. Évfolyam 1. szám – 2017. március 58-71. oldal

Forrás: http://www.hadmernok.hu/171_06_dobor.pdf (letöltés ideje: 2022.03.12.)

[10] Dobor J.; Kossa György; Pátzay György.: Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai II. Hadmérnök, XII. Évfolyam 4. szám – 2017. december 84-98. oldal

Forrás: www.mhht.eu/files/2018/juli/p%C3%A1tzay%20dobor.pdf

(letöltés ideje: 2022.04.09.)

[11] Pátzay György: Atomenergetika és nukleáris technológia, Typotex Budapest 2012. ISBN: 978-963-2794-68-6

Forrás: https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/60/02/dd/1/Atomenergetika_animaciok_n_elkul.pdf (letöltés ideje: 2022.03.12.)



[12] Hózer Z., Pázmándi T.: Új blokkok a paksi atomerőműben, Nukleon 2014. március VII. évf. 152. pp. 1-4.

Forrás: https://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_7_1_152_Hozer.pdf

(letöltés ideje: 2022.02.22.)

[13] Sz.n. Rosatom: The VVER today, evolution, design, safety

Forrás: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf> (letöltés ideje: 2022.04.12.)

[14] Aszódi Attila - Boros Ildikó: Új blokkok a paksi telephelyen, Fizikai Szemle 2015 / 11 pp. 377-382.

Forrás: http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1511/AszodiA_BorosI_2.pdf

(letöltés ideje: 2022.04.12.)

[15] Rüdiger L., Ludwig G., Andreas G. The European Pressurized Water Reactor: A Safe and Competitive Solution for Future Energy Needs; International Conference Nuclear Energy for New Europe 2004 Portorož, Slovenia

Forrás: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/086/37086871.pdf (letöltés ideje: 2022.03.28.)

[16] Sz.n. Framatome Anp: EPR, France 2005.

Forrás: <http://www.ftj.agh.edu.pl/~cetnar/epr/EPR-broszura.pdf>

(letöltés ideje: 2022.04.18.)

[17] Antal Zoltán – Révai Róbert – Bérczi László

Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – I. rész, Műszaki Katonai Közlöny 29. évfolyam 3. szám 2019.

[18] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv Végrehajtási Utasítás, ÁVIT-VU79-v03, 2016.10.05.



ÁBRAJEGYZÉK

(1) 1. ábra Nukleáris reaktorok felhasználási mód szerinti csoportosítása

Forrás: készítette a szerző

(2) 1. kép MTA KFKI telephely kutatóreaktora

Forrás: https://www.aeki.kfki.hu/pict/UL/1187_hu_reactorhall.jpg

Forrás: https://www.aeki.kfki.hu/pict/UL/1199_hu_experimentalfacilities.jpg

(3) 2. kép Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanreaktora

Forrás: <http://www.reak.bme.hu/images/fooldal-navi/cube-reaktor.jpg>

Forrás: http://www.reak.bme.hu/images/article/oktatoreaktor/kiserleti_berendezesek/neutroncsapdak.jpg

(4) 2. ábra A paksi atomerőmű energiatermelő fő berendezései

Forrás: https://atomeromu.mvm.hu//media/PAZrtSite/Content/Tudastar/HogyanMukodik/Hogy_mukodik_2.jpg?la=huHU&hash=5942D32991640C92B754C5038973D881D62FB656

(5) 3. kép Urán - dioxid pasztilla

Forrás: <https://www.rosatom.ru/upload/medialibrary/1e3/1e305989757de2be18a3d7254e87d644.jpg>

(6) 3. ábra VVER-440/213 reaktortartály és a négyes blokki pihentető medence

Forrás: https://atomeromu.mvm.hu//media/PAZrtSite/Content/Tudastar/HogyanMukodik/Hogy_mukodik_4.jpg?la=huHU&hash=ECCC733DB9B9205C8B0FEF9A5D16DB0EDBBB889F

Forrás: [http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/7D4D92EDEE7365B3C1257E88003470F2/\\$FILE/pihentetomedence.jpg](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/7D4D92EDEE7365B3C1257E88003470F2/$FILE/pihentetomedence.jpg)

(7) 4. kép I. kiépítés reaktorcsarnok



Forrás: https://atomeromu.mvm.hu//media/PAZrtSite/Content/Tudastar/HogyanMukodik/Hogy_mukodik_3.jpg?la=huHU&hash=983E0075A80CD586F7FBA C4F42138624B188ADA4

(8) 5. kép I. kiépítés turbinagépház

Forrás: https://atomeromu.mvm.hu//media/PAZrtSite/Content/Tudastar/HogyanMukodik/Hogy_mukodik_6.jpg?la=huHU&hash=E69317EC29677CFB436776 A402F1326D01A16633

(9) 4. ábra Paks 2 atomerőmű működési séma

Forrás: https://www.paks2.hu/documents/20124/62214/Er%C5%91m%C5%B1M%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si+s%C3%A9ma_3D_v02-12.jpg/8793078d-a77c-2d94-0a2c-cccfc906826c?t=1581532796996

(10) 5. ábra VVER 1200 primerkör felépítése

Forrás: http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1511/AszodiA_BorosI_2.pdf

(11) 6. ábra EPR épületrendszer

Forrás: http://www.epr-reactor.co.uk/ssmod/liblocal/images/28747_500px.gif

Az ábrákhoz felhasznált képanyag letöltésének ideje egységesen: 2022.04.02.

Barina Balázs József szerparancsnok

Paksi Atomerőmű Létesítményi Tűzoltóság

Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz

email: bbjkajak@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1390-2436



Somogyi Tamás

TERMÉSZETI VESZÉLYEK ÉS KEZELÉSÜK A LÉTFONTOSSÁGÚ RENDSZEREK ÉS LÉTESÍTMÉNYEK VÉDELMEBEN

Absztrakt

Globálisan felmelegedő környezetünkben a szélsőséges természeti jelenségek növekvő száma egyre nagyobb kockázatot jelent a mindennapi életünkben megszokott infrastruktúrára nézve, különösen az alapvető szolgáltatásokat nyújtó rendszerekre. Így tehát a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelme érdekében jogos a természeti veszélyek figyelembevételének követelménye. A megfelelő szintű védelem támogatása cikkünk célja, két területen is. Egyfelől szakirodalom és vonatkozó adatsorok elemzésével áttekintjük a Kárpát-medence éghajlati változásának trendjét és természeti veszélyeit. Másrészt, a hazai létfontosságú létesítmények üzemeltetői körében végzett kutatásunk eredményének közzétételével bemutatjuk a természeti veszélyekre való felkészültség gyakorlati helyzetét és további fejlődési lehetőségeit.

Kulcsszavak: természeti veszélyek, létfontosságú rendszer elemek

NATURAL HAZARDS AND THEIR MANAGEMENT IN THE PROTECTION OF CRITICAL SYSTEMS AND FACILITIES

Abstract

The frequency of extreme weather events fostered by global warming increases, thus pose a threat to the infrastructure of our accustomed daily life - especially to the critical one. Hence the importance of managing natural hazards within the critical infrastructure protection. This study aims to support the proper critical infrastructure protection. In the first part an overview of the (changing) climate of the Carpathian basin will be given based on literature and the



analysis of relevant publicly available data. Then the results of our research will be provided that focused on the current practice in the natural hazard management of the Hungarian operators of essential services. Possibilities of further improvement will also be discussed.

Keywords: natural hazards, critical infrastructure

1. BEVEZETÉS

Életünket meghatározó módon átszövi az infrastruktúra jelenléte és szolgáltatásai, amire gyakran csak hiányuk, kiesésük esetén döbbenünk rá. Bár több meghatározás is található, általánosságban elfogadott, hogy az infrastruktúra létesítmények, intézmények, eszközök és személyek olyan összekapcsolódása, mely lehetővé teszi anyagi javak termelését és fogyasztását a gazdaság minden területén, valamint hozzájárul a hatékony működéshez, és fejlődéshez [1]. Ahogyan a 2012. évi CLXVI. törvény 1. § j) pontja megfogalmazza, az infrastruktúra egyes elemei létfontosságúak, mivel *„elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyónbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához, az ország honvédelméhez, – és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna“* [2]. Figyelembe véve az európai integrációt és határokon átnyúló szolgáltatásokat, a Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) megkülönbözteti a nemzeti létfontosságú rendszerelemet és az európai létfontosságú rendszerelemet [3]. Utóbbi kiesése jelentős hatással lenne legalább kettő EGT tagállamra. Hazánkban a létfontosságú rendszerelemek azonosításával és védelmével kapcsolatos feladatokat - összetett és bonyolult természetükből fakadóan - az üzemeltetők és professzionális állami szervek együtt látják el [4].

Magyarország szempontjából a legfontosabb nem katonai jellegű biztonsági kihívások között kell említeni a rövid idő alatt, váratlanul bekövetkező természeti csapásokat [5]. Kétségtelen, hogy a létfontosságú rendszerek biztonságának és a társadalmi, gazdasági szempontból alapvető szolgáltatások biztosításának a részét képezi a természeti katasztrófák elleni védekezés is [6]. A katasztrófavédelem professzionális és önkéntes szereplőinek



feladatrendszere tartalmazza a megelőzést, azon belül pedig a természeti katasztrófákra való felkészülést is [7]. Ezen felül a biztonságot és stabilitást fenyegető veszélyekkel szembeni védekezés morális kérdés is, hiszen a környezetbiztonság elvének megfelelő használata a jövő generációira is hatással bír [8].

A mérések kezdete óta az ezredforduló utáni évek voltak a legmelegebbek globálisan és Magyarországon is, aminek következményeként a szélsőséges természeti események gyakorisága és hevessége növekszik [9]. Belátható tehát, hogy a természeti veszélyek emelik a biztonsági kockázatot, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni, különösen a létfontosságú rendszerek védelme szempontjából. Indokolt tehát áttekinteni a Kárpát-medence természeti veszélyeit és ehhez kapcsolódóan a létfontosságú rendszerek védelmét.

2. TERMÉSZETI VESZÉLYEK

A Kárpát-medencében az elmúlt 10 ezer év összességében melegedő, ami természetesnek tekinthető folyamat, azonban ehhez hozzáadódik az a melegedés, amit az üvegházhatású gázok légkörben való növekedése okoz. Közép- és Nyugat-Európában megfigyelhető a téli és nyári időszakok minimum és maximum hőmérsékleteinek emelkedése a teljes XX. században, ráadásul egyre gyorsuló tempóban [10]. A felmelegedést mutatja a Földközi-tenger vízfelszíni hőmérsékletének évenként mért folyamatos emelkedése is [11]. Megfigyelhető az Északi-féltekén az évszakonként megszokottakhoz képesti extrém hőmérsékletek gyakoribb megjelenése [12]. A regionális éghajlati modellek szerint az átlagos melegedés 2021-2050 között 1,5 Celsius fok lesz, melynek következtében hazánkban megnövekszik egyebek mellett az árvíz, villámárvíz és talajerózió hatása [13], mely utóbbi hozzájárul a lejtős tömegmozgáshoz és a por- vagy homokviharhoz. Indokolt tehát az infrastruktúra védelemben, különösen a létfontosságú rendszerek és létesítmények tekintetében a felkészülés azon természeti veszélyekre, melyekre Magyarországon számíthatunk.



2.1. Geofizikai veszélyek

A geofizikai veszélyek közül a Kárpát-medencében elsősorban a földrengés és a lejtős tömegmozgás tárgyalása indokolt.

Mezősi megfogalmazása alapján a földrengések 90%-a arra a jelenségre vezethetőek vissza, amikor a kőzetlemezeket Föld belsejében lévő kőzetáramlatok mozgatják az ún. törések mentén. Ugyanis a törések mentén a lemezek, vagy azokról az egymás melletti elcsúszás okán leváló mikrolemezek egymástól eltávolodnak vagy egymás alá buknak. A Kárpát-medencében az Alcapa- vagy Tisia lemezek mozgását érzékelhetjük. Itt az érezhető rengések száma évente száz-százhusz, melyből körülbelül öt földrengés okoz kisebb kárt, míg nagyobb károkat okozni képes 5,5-6 magnitúdójú földrengés negyven-ötven évenként jelentkezik [14].

Infrastruktúra védelme kapcsán felmerül a földrengések gyakoriságának vagy erejének időbeli változásának a kérdése. Mezősi szerint nincsen olyan geofizikai ok, mely a lemezmozgáshoz kapcsolódó földrengések gyakoriságát változtatná emberi léptékben, bár évmilliók időléptékben változik a lemezek mozgása. A nem lemezmozgáshoz kapcsolódó földrengések pedig emberi tevékenységhez kapcsolódnak: víztározó alatti kőzetréteg a víz súlya alatt meggyengül vagy tömörödik; a szennyvíz mélyebb üledékréteget elmos; bányák tározója beomlik [14]. Szakkönyvek említik még a felszín alatti atomrobbantást is, azonban ez mára már tiltott.

A geofizikai veszélyek közül másodikként a lejtős tömegmozgást kell említeni, mely jelenséget Mezősi úgy határoz meg, mint ami a lejtős felszínek dinamikus megváltozása a felszínen vagy mélyebben fekvő rétegben lévő anyag áthalmazódásának az eredményeként. Megjelenési formáját tekintve szikla, törmelék, talaj vagy hó mozdul el a gravitáció irányának megfelelően, lassan és folyamatosan vagy hirtelen és gyorsan. Ez a fajta természeti veszély leggyakrabban nagy domborzati különbségekkel rendelkező területen fordul elő [14].

A lejtős tömegmozgások számában növekedés figyelhető meg, ahogy növekszik az aszály és villámárvíz okozta események száma. Mezősi megállapítása szerint a lejtős tömegmozgásnak való kitettség növekedésének másik oka az ebből a szempontból veszélyes terület elfoglalása lakó- és egyéb infrastruktúra építése érdekében [14].



Az előbb részletezett geofizikai események hatásaként az emberi életek elvesztése mellett említeni kell a létesítmények megrongálódása vagy megsemmisülése következményeként előálló társadalmi és gazdasági hatást, továbbá az érintett terület felszínének változása okozta környezeti hatást, mely eredményeként az infrastruktúra helyreállítása vagy újraépítése kérdésessé válhat. Ráadásul, a bekövetkezett természeti esemény időben elhúzódhat, hiszen gyakoriak a kisebb utómozgások és ismétlődések [14].

2.2. Konvektív légmozgással kapcsolatos veszély

A konvektív légmozgással kapcsolatos veszélyek között az extrém eső, a hóvihár és a homokvihár jelenségeit említjük meg.

Mezősi meghatározása alapján nagy intenzitású záporok esetében heves feláramlással a csapadék nagy átmérőjű vízcseppek, hópelyhek vagy jégdarabok formájában jelenik meg. Maga az eső általában nem veszélyeztet közvetlenül infrastruktúrát, azonban nagy mennyiségben okozhat létesítményt veszélyeztető árvizet, villámárvizet vagy lejtős tömegmozgást [15].

Ahogy fentebb említettük, a klímaváltozás következtében számolni kell az extrém csapadékmennyiséggel járó események számának növekedésével. A klímamodellek alapján nem az éves csapadékmennyiség növekszik, hanem az éven belüli eloszlásuk, ami hozzájárul a szélsőséges események gyakoriságának növekedéséhez [15].

A szemcsemérettől függően por- vagy homokviharnak nevezett jelenség esetében nagy mennyiségű, szilárd halmazállapotú ásványi anyag szállítódik a levegőben, melynek mennyisége és szemcsemérete a szél erősségétől függ [15]. Általában a homokviharak sivatagokhoz kapcsolódnak, a porviharak pedig a kopár és száraz területekhez, azonban a forrástól több tízezer km távolságra is eljuthat a szállított anyag. Példaként említhető a 2019-es vihar, amikor a Szahara vidékéről származó poranyag Európa középső részét több millió tonna kőzetliszttel borította be [15].



Por- vagy homokvihar kockázata fokozódik: Mezősi szerint az elmúlt három évtizedben az éghajlatváltozás és a felszínváltozás következtében az éves porkibocsátás 25-30%-kal növekedett globálisan [15]. Infrastruktúra-védelem szempontjából ennek a természeti veszélynek a hatása nem hagyható figyelmen kívül. Egyrészt a külső kamerákat, tükröket, megfigyelőnyílásokat betakarja egy por- vagy homokvihar, így csökkenti a fizikai biztonság szintjét. Másrészt megfelelő védőfelszerelést kell biztosítani a létesítmény fizikai őrzésében részt vevők kültéri feladatainak ellátáshoz, mivel igazolt a por- vagy homokviharnak az egészségre káros hatása [16].

2.3. Hidrológiai veszély

A hidrológiai veszélyek között említeni kell az árvíz, villámárvíz, belvíz természeti veszélyét.

A természeti veszélyek között az egyik leggyakoribb és legsúlyosabb az árvíz jelensége, mely során a folyó kilép medréből és egyébként száraz területet eláraszt. Hazai példaként említhető, hogy a Duna Budapest és Mohács között a nagyvízi medrében 10,000 m³ vizet tud szállítani másodpercenként, így az ennél nagyobb mennyiség árvíz formájában jelenik meg [17].

Árvíz kialakulásánál és hatásánál a csapadék mennyisége mellett fontos tényező a vízgyűjtő állapota (például a talaj nedvességtartalma és a talajtakaró jellege). Ezen kívül az árvíz visszahúzódásának ütemét befolyásolja még a folyómeder esése is: kisebb esésű folyónál az apadás időben hosszabb [17]. A Kárpát-medencében igen jelentős az ártéri területek nagysága, ráadásul a klímaváltozás hatásaként gyakoribbá válik a szélsőséges csapadékmennyiség, így különösen indokolt az árvíz veszélyének figyelembe vétele az infrastruktúra-védelemben.

Az árvíz egy típusa a villámárvíz jelensége, amikor a rövid időn belül megjelenő nagy mennyiségű csapadékot a talaj nem képes elszívni [17]. Ennek a veszélynek a kockázata növekszik egyfelől a klímaváltozás hatására, másfelől a beépített talajfelület méretének növekedésével, amit létesítmények városi elhelyezkedése okán indokolt figyelembe venni.



A belvíz a Kárpát-medencében gyakori, így meg kell említeni a veszélyét annak, amikor a felszín nagy területen, akár egy-két hónapra is befedi a víz. A klímaváltozási modellek szerint a Kárpát-medencében növekvő belvívveszéllyel kell számolni a tél végi, tavasz eleji időszakban [17].

Infrastruktúra-védelem szempontjából figyelembe kell venni, hogy az árvíz, villámárvíz és belvíz statikai kárt okozhat a létesítményben, valamint a víz elvezetése rendkívül költséges [17]. Ráadásul az időben elhúzódó apadás akadályozhatja a létesítmény megközelítését.

3. TERMÉSZETI VESZÉLYEK HATÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

A természeti veszélyek áttekintésekor írtakból következik, hogy ilyen események bekövetkezésére infrastruktúra, illetve létfontosságú rendszer üzemeltetőjének nincsen ráhatása. Azonban a hatásuk mérsékelhető: a helyszín megválasztásával (amennyiben lehetséges) és felkészüléssel. Meg kell jegyezni, hogy bizonyos esetekben építészeti megoldásokkal is mérsékelhető a természeti veszélyek hatása, például árvíz esetében az úgynevezett zöld infrastruktúrával [18], ugyanakkor ezen megoldások kiépítése nem minden létesítmény esetében lehetséges.

A helyszín megválasztásakor megfelelő kockázatelemzés mutatja meg az infrastruktúra veszélyeztetettségének szintjét, melyre az üzemeltető alkalmas kockázatkezelés útján történő készültséggel reagál [19]. A felkészültség magában foglalja a természeti események előrejelzésének figyelését, valamint megfelelő tesztek, gyakorlatok rendszeres végrehajtását, majd a tapasztalatok és tesztek eredményének felhasználását a biztonsági szint növelése érdekében. Kijelenthető ugyanis, hogy a földrajzi információtudomány (geographical information science) eredményei és a kockázatkezelés (risk government) módszerei együttes alkalmazása hozzájárul a létfontosságú rendszerek védelmének fejlesztéséhez [20].



A következőkben bemutatjuk a hazai létfontosságú rendszerek üzemeltetői körében végzett felmérés eredményét, mellyel képet kaphatunk a természeti veszélyekhez kapcsolódó felkészültségről.

4. HAZAI FELKÉSZÜLTSG A TERMÉSZETI VESZÉLYEKRE

Kutatásunk célja felmérni a hazai gyakorlatot a létfontosságú vagy potenciálisan létfontosságú¹ rendszerek üzemeltetői (a továbbiakban egységesen létfontosságú) körében a természeti veszélyek kapcsán feltett, felkészültségre vonatkozó kérdésekkel. Kérdőívünkre a válaszokat 2022. első negyedévében kaptuk. A válaszadáskor lehetőség volt egy-egy kérdést kihagyni, továbbá lehetőség volt (értelemszerűen) több választ is megjelölni az előre megadott válaszlehetőségek közül. Minden kérdés után magyarázó kiegészítést is tehettek a rendszerüzemeltető szakemberei, azonban ezzel a lehetőséggel a válaszadók nem éltek.

A kérdőíves kutatásban hét hazai létfontosságú rendszer üzemeltetője vett részt az alábbi ágazatokból: energia, közlekedés, víz és pénzügy (lásd 1. sz. táblázat). Kétségtelen, hogy ezen ágazatok is alapvető szolgáltatást nyújtanak, egy esetleges, - különösen nem csak rövid ideig tartó - rendkívüli esemény hatása felbecsülhetetlen. Az energia ágazaton belüli villamosenergia-ellátó hálózat zavara a lakosság felkészületlenségéből is következően veszélyeztetheti a jóllétet, az egészséget, életben maradáshat, végső soron az ország társadalmi és politikai stabilitását [21]. A közlekedés ágazat infrastruktúrájának sérülése az egészség és jóllét alapját adó áruszállítást veszélyezteti, továbbá, biztonsági és nemzetbiztonsági kockázatot jelentő, az államigazgatási rendszert megkerülő csoportok esetleges kialakulása vagy megerősödése veszélyezteti a társadalmi jóllétet és politikai stabilitást [22]. Az ivóvíz ellátás az életben maradás feltétele, az ágazat működésének zavara az egészséget, életben maradáshat veszélyezteti, ezáltal hazánk társadalmi és politikai stabilitását. A pénzügyi ágazat infrastruktúrájának jelentős zavara a gazdasági és politikai stabilitást veszélyezteti [23].

¹ Pénzügyi ágazatban a létfontosságú rendszerelem kijelölésének 330/2015. (XI. 10.) Korm. rendeletben rögzített ágazati kritériuma figyelembe veszi a piaci részesedés mértékét is, mely feltételtől eltekintettünk a szélesebb körű válasz érdekében.



2012. évi CLXVI. tv. szerinti besorolás	ágazati	rendszerüzemeltetők száma
Energia		1
Közlekedés		1
Víz		1
Pénzügy		4

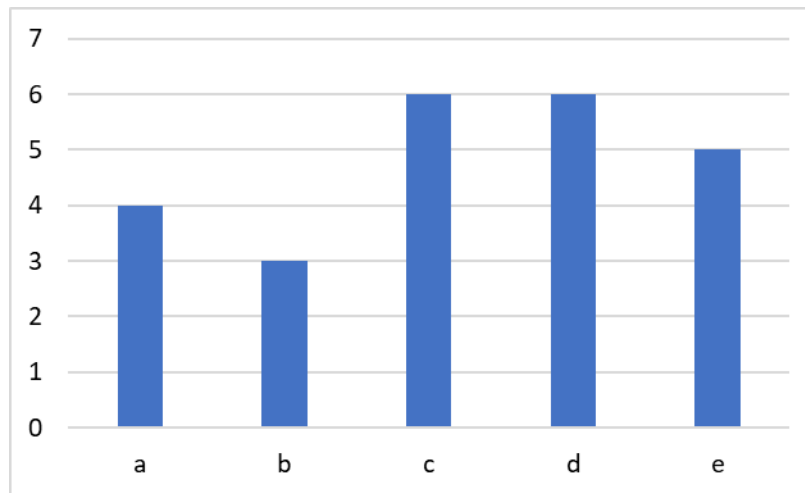
1. táblázat A kutatás résztvevőinek ágazati megoszlása (szerzői szerkesztés)

A következőkben kutatásunk eredményét kérdésenként szövegesen és diagramon ábrázolva is bemutatjuk, minden esetben pontosan közölve a feltett kérdést is.

Először a helyszín megválasztásakor alkalmazott kockázatelemzés kiterjedését mértük fel a következő kérdéssel.

Figyelembe véve a kialakítandó funkciót, létesítmény vásárlásakor, építetésekor a helyszín kiválasztásakor az alábbi természeti veszélyek kapcsán melyekre végeztek kockázatelemzést?

- a) földrengés
- b) lejtős tömegmozgás
- c) árvíz, villámárvíz
- d) belvíz
- e) konvektív légköri mozgások: extrém eső, hóvihár, homokvihár
- f) nem történt kockázatelemzés természeti veszélyekre



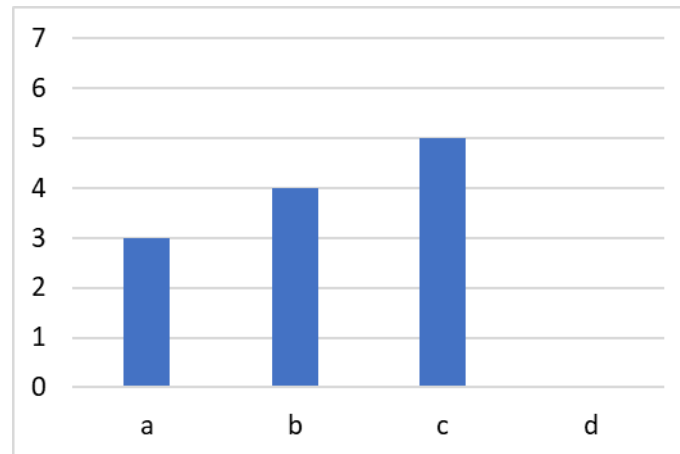
1. ábra Első kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

Ahogy a válaszokat összesítő 1. ábra mutatja, a hét üzemeltető esetében hat esetben történt kockázatelemzés árvíz, villámárvíz és belvíz kapcsán, a konvektív légköri mozgások kapcsán öt esetben került sor. Földrengésre csak négy, a lejtős tömegmozgásra pedig csak három esetben történt kockázatelemzés. Bár az üzemeltetők mindegyike végez természeti veszélyek kapcsán kockázatelemzést, azonban nem teljes körűen.

A természeti veszélyekre való felkészültség részének tekinthető a meteorológiai előrejelzések figyelése és a tervek rendelkezése állása, melyek gyakorlati megvalósulását az alábbi kérdéssel mértük fel.

Létesítményi infrastruktúra védelmének érdekében az alábbiak közül mely folyamatokkal rendelkeznek?

- létesítményt érintő természeti veszély várható bekövetkezésének figyelése saját eszközökkel, saját erőforrásokkal*
- létesítményt érintő természeti veszély várható bekövetkezésének figyelésére együttműködés partnerrel, hatósággal*
- létesítményt érintő természeti veszély várható bekövetkezése esetére tervek készítése és naprakészen tartása, valamint szükséges védelmi eszközök beszerzése*
- létesítményi infrastruktúra védelmének nem része ilyen folyamat*



2. ábra Második kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A válaszokat összesítő 2. ábra láttatja, hogy öt üzemeltető rendelkezik a létesítményt érintő természeti veszély várható bekövetkezése esetére tervekkel és védelmi eszközökkel. A természeti veszélyek várható bekövetkezésének figyelésében négy üzemeltető működik együtt partnerrel, hatósággal, három pedig saját erőforrásaira támaszkodik. Azaz, az összes válaszadó üzemeltető felkészültsége érdekében figyeli a természeti események előrejelzését.

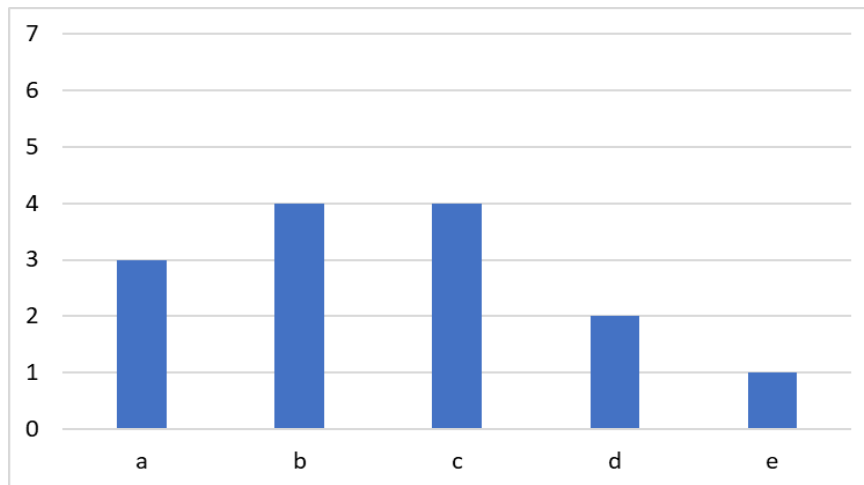
A természeti veszélyek bekövetkezése esetére készített tervek tesztelése, illetve gyakorlat szerzése céljából végzett tesztek az alábbi kérdéssel mértük fel.

Milyen, kimondottan természeti veszélyekre felkészítő tesztek, gyakorlatokat végeznek?

- a) létesítményt érintő természeti veszély bekövetkezésének szimulációja az érintett szakértőkkel és menedzserekkel*
- b) létesítményt érintő természeti veszély bekövetkezésének szimulációja a felső vezetéssel / krízishelyzet esetére kijelölt döntéshozó bizottsággal*
- c) létesítményt érintő természeti veszély bekövetkezésének és elhárításának gyakorlata, mely során tesztelik a terveket, eszközöket, helyszíneket*
- d) bár nincsen kimondottan természeti veszélyre felkészítő teszt vagy gyakorlat, egyéb teszt vagy gyakorlat során egy bekövetkezett természeti veszély hatását is szimulálják*



e) *nincsen természeti veszélyekre felkészítő teszt, gyakorlat, és egyéb teszt vagy gyakorlat során sem szimulálják egy bekövetkezett természeti veszély hatását*



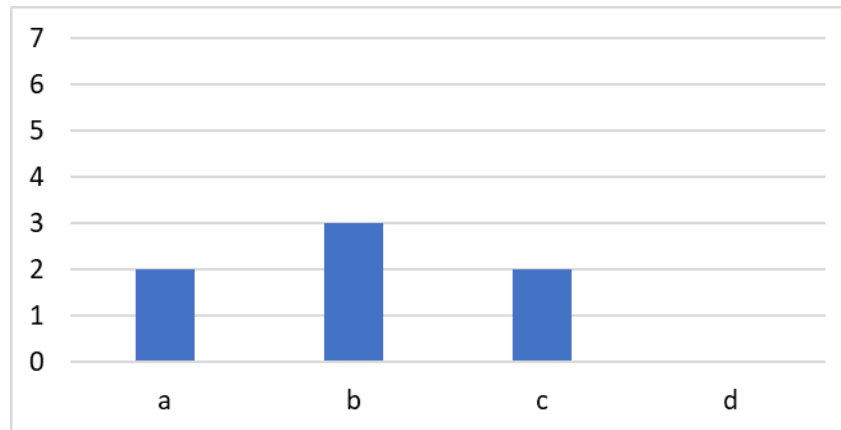
3. ábra Harmadik kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A válaszokat összesítve a 3. ábra mutatja. Négy esetben gyakorlatozik egy katasztrófa bekövetkezése esetén az irányító bizottság, és négy esetben tesztelik a terveket, eszközöket gyakorlatokkal. Három esetben kimondottan szakértők és irányító menedzserek számára is sor kerül gyakorlatokra. Kettő üzemeltető bár nem végez kimondottan természeti veszélyek bekövetkeztét szimuláló gyakorlatot, egyéb gyakorlataiban megjelenik a természeti esemény is. Csupán egyetlen válaszadó jelezte, hogy természeti veszély szimulációja nem jelenik meg semmilyen gyakorlatában.

A természeti veszélyekre felkészülést segítő gyakorlatok rendszerességét az alábbi kérdéssel mértük fel.

A jelzett tesztek, gyakorlatokat milyen gyakorisággal szerveznek?

- a) *évente kétszer, vagy gyakrabban*
- b) *évente egyszer*
- c) *egy-három évente egyszer*
- d) *ritkábban, mint három évente*



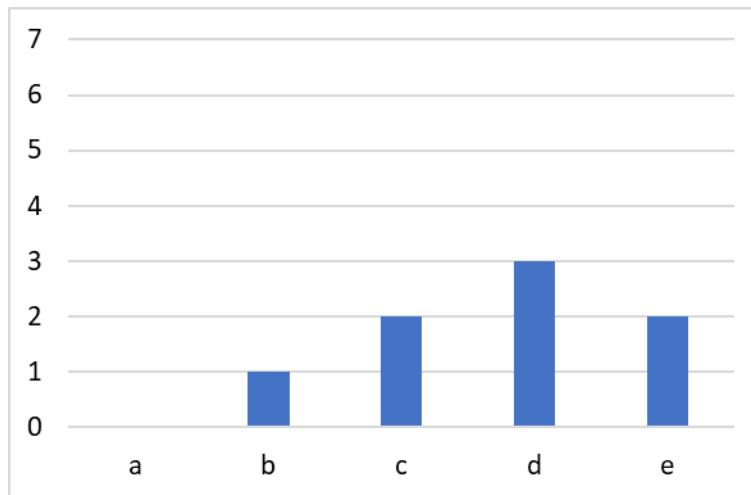
4. ábra Negyedik kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A 4. ábra összesíti a válaszokat, melyek alapján három üzemeltető évente, ketten ennél gyakrabban, ketten pedig ennél ritkábban, de legalább háromévente végeznek természeti veszélyekre felkészültséget segítő gyakorlatokat.

A gyakorlatok tervezése és végrehajtása alatti együttműködésről helyzetképet az alábbi kérdéssel szereztünk.

A jelzett tesztek, gyakorlatok tervezésébe, végrehajtásába bevonnak-e külsős partnereket vagy illetékes hatóságokat?

- a) *igen, a tervezésbe külsős partnert*
- b) *igen, a tervezésbe illetékes hatóság szakértőit*
- c) *igen, a végrehajtásba külsős partnert*
- d) *igen, a végrehajtásba illetékes hatóság szakértőit*
- e) *nem*



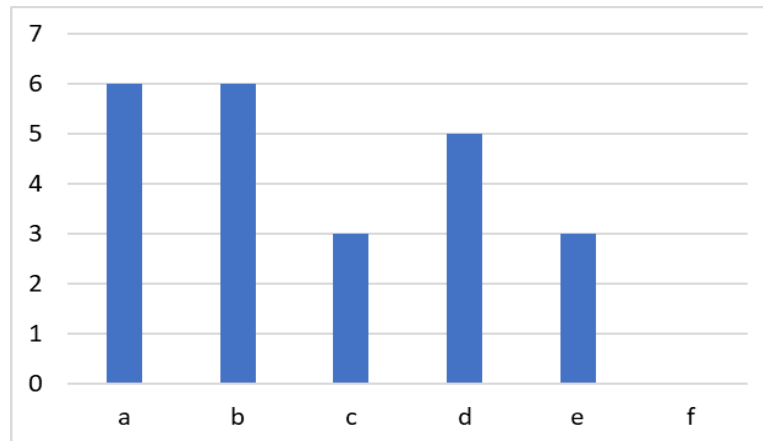
5. ábra Ötödik kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A válaszokat az 5. ábra összesíti. Illetékes hatósággal együttműködés történik három válaszadó esetében a gyakorlat végrehajtásakor, és egy esetben a gyakorlat megtervezésekor. Kettő üzemeltető nem hatósági partnerrel működik együtt a gyakorlat végrehajtásakor. Ugyanakkor kettő üzemeltető senkivel nem kooperál természeti veszélyre felkészítő gyakorlat tervezésekor és végrehajtásakor.

A gyakorlatok megléte, rendszeressége, valamint az együttműködés után a megszerzett tapasztalatok felhasználását mértük fel az alábbi kérdéssel.

A jelzett szimulációk, gyakorlatok eredményét hol használják fel a létesítményi infrastruktúra védelmében?

- a) *vonatkozó tervek továbbfejlesztése*
- b) *szükséges védelmi eszközök beszerzése, meglévők karbantartása, használatuk oktatása*
- c) *létesítményi infrastruktúra szükséges átépítése, felújítása*
- d) *jövőbeli tesztek, gyakorlatok szervezése*
- e) *illetékes szakértők szakmai továbbképzése*
- f) *a gyakorlatok, szimulációk eredményének ilyen jellegű felhasználása nem történik meg*



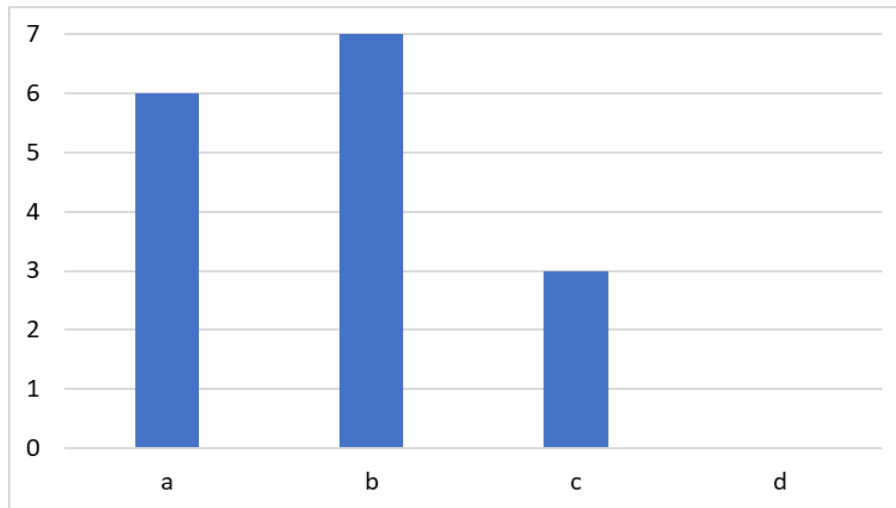
6. ábra Hatodik kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A válaszokat összesítve a 6. ábra láttatja. Hat-hat esetben valósul meg a gyakorlatok során szerzett tapasztalatok figyelembe vétele a tervek továbbfejlesztése, védelmi eszközök beszerzése, karbantartása és használatának oktatása érdekében. Öt üzemeltető a jövőbeli gyakorlatok szervezésekor is felhasználja a megszerzett tapasztalatokat. Ugyanakkor, létesítmény esetleg szükséges fejlesztése, valamint szakértőik továbbképzése céljából csak három esetben veszik figyelembe a gyakorlatok eredményét.

Végül, az alábbi kérdéssel azt mértük fel, milyen egyéb tapasztalatot vesznek figyelembe a természeti veszélyekre felkészültségük fokozása érdekében.

Létesítményi infrastruktúra védelmének fokozása érdekében milyen tapasztalatokat, eredményeket vesznek figyelembe?

- a) *máshol megtörtént, valós esetek tapasztalatait*
- b) *saját létesítményben megtörtént valós esetek tapasztalatait*
- c) *katasztrófa-elhárítás területének szakembereivel történt tapasztalatcsere eredményét (konferencia, továbbképzés, közös gyakorlat stb.)*
- d) *létesítményi infrastruktúra védelmének fokozása érdekében ilyen tapasztalatokat, eredményeket nem vesznek figyelembe*



7. ábra Hetedik kérdés válaszai, magyarázat a szövegben (szerzői szerkesztés)

A 7. ábra mutatja a válaszokat, mely szerint az összes válaszadó figyelembe veszi saját létesítményét érintett természeti veszély tapasztalatát, hat üzemeltető pedig a máshol megtörtént eseményeket is felhasználja saját létesítményének védelme érdekében. Három üzemeltető válaszolta, hogy szakemberekkel való tapasztalatsere eredménye is hozzájárul a védelmi szintjének fokozásához.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A természeti veszélyekre való felkészültség hazai gyakorlatának felmérését célzó kutatásunk eredményeként a következő megállapítások és biztonsági szintet emelő javaslatok tehetőek.

1. Kijelenthető, hogy a természeti veszélyek létezését a (potenciálisan) létfontosságú rendszerek üzemeltetői felismerték, és a felkészültség érdekében lépéseket tesznek a gyakorlatban is. A felkészültség részeként a szélsőséges, kedvezőtlen időjárási események előrejelzését figyelik saját erőforrásokkal vagy külsős partnerrel együttműködésben.



2. Létesítmény vásárlásakor, helyszín kiválasztásakor kockázatelemzés történik a természet veszélyekre nézve, ugyanakkor nem teljeskörűen. A gyakorlatban a Kárpát-medencében előforduló természeti eseményeknek nem mindegyikére történik meg a kockázatelemzés. Ennek következtében előfordulhat olyan természeti esemény, melyre a létesítmény üzemeltetője nem készül fel, azonban bekövetkezte a létesítmény rendeltetésszerű működését, üzemfolytonosságát jelentős mértékben veszélyezteti vagy akadályozza. Javasolható tehát a kockázatelemzést kiterjeszteni minden olyan természeti veszélyre, mely hazánkat, illetve a Kárpát-medencét érintheti.

3. Egy válaszadó kivételével mindegyikük végez természeti veszélyeket szimuláló gyakorlatokat vagy tesztek a felkészültségük fokozása érdekében. Ezen gyakorlatokat általában évente szervezik meg, de nem ritkábban, mint három évente. A válaszok alapján elsősorban a védelmi eszközöket és terveket tesztelik és leginkább a szakértői szintet vonják be a gyakorlatokba. Kimondottan krízishelyzetet menedzselő bizottság tagjai számára a válaszadók kevesebb, mint fele szervez gyakorlatokat. Javasolható tehát a gyakorlatok körének bővítése egy esetleges katasztrófa helyzet elhárításában részt vevők felkészültségének növelése érdekében.

4. Hét válaszadóból öt működik együtt partnerével vagy hatóság képviselőjével a természeti veszélyekre felkészítő gyakorlatok tervezésekor vagy végrehajtásakor. Látható, hogy az együttműködés bővíthető, ami javasolható annak érdekében, hogy természeti veszélyekre felkészítő gyakorlatok teljesebb körűen illetve több szempontú megközelítéssel kerüljenek végrehajtásra, továbbá, hogy egy esetleges katasztrófa helyzetben összehangoltabban tudjanak együttműködni az elhárításban résztvevők. Kijelenthető ugyanis, hogy a katasztrófavédelmi törvény szellemében történő összehangolt együttműködés az egész társadalom érdeke [24].

5. Természeti veszélyekkel szembeni felkészültség szintjének emelése érdekében szükséges a tapasztalatok gyűjtése, valós események tanulságainak felhasználása. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a létesítmény üzemeltetői felhasználják a saját létesítményükben bekövetkezett események tapasztalatait, és egy válaszadó kivételével más létesítmények megtörtént eseményeinek tanulságait is. Hasonlóan, egy üzemeltető kivételével mindegyik felhasználja felkészültségének emeléséhez a saját tesztjei, gyakorlatai eredményeit. Ugyanakkor, a válaszadók kevesebb, mint felénél valósul meg ezen eredmények alapján



szakértők továbbképzése vagy létesítmény szükséges továbbfejlesztése. Szintén kevesebb, mint fele használja fel szakértők tapasztalatcseréjének eredményét felkészültségének fokozása érdekében. Ezek alapján javasolható, hogy a létesítmény üzemeltetői a külső tapasztalatokat és gondolatokat is használják fel védelmi terveik készítése, gyakorlataik szervezése, valamint létesítményeik fejlesztése során. [25]

6. ÖSSZEGZÉS

Hangsúlyoztuk, hogy a klímaváltozás nyomán jelentkező extrém természeti események több szinten és értelemben veszélyeztetik mindennapi életünket. Emberi életek elvesztésén kívül kockázatot jelentenek a biztonságra és a gazdasági, társadalmi, politikai stabilitásra nézve, hiszen az infrastruktúrát, annak részeként pedig az alapvető szolgáltatást biztosító infrastruktúrát veszélyeztetik. Reálisan nézve, ezen természeti veszélyek bekövetkeztét megakadályozni nem lehetséges, azonban hatásuk mérsékelhető a létfontosságú rendszerek megfelelő védelmével és felkészültséggel. Ehhez járultunk hozzá, amikor szakirodalom és vonatkozó adatsorok elemzésével áttekintettük a Kárpát-medence és Közép-Európa éghajlati változásának trendjét és természeti veszélyeit. Továbbá, a hazai létfontosságú rendszerek üzemeltetői körében végzett kutatásunk eredményének közlésével bemutattuk a természeti veszélyekre való felkészültség gyakorlati helyzetét, és javaslatot tettünk további fejlődési lehetőségekre.



HIVATKOZÁSOK

- [1] Abonyiné P.J. Infrastruktúra. Dialóg Campus Kiadó. Budapest, 2007. ISBN 978-963-9310-77-3
- [2] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- [3] A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0114>
- [4] Nagy Rudolf - Földi László: A kritikus infrastruktúrák nemzeti programja. Polgári Védelmi Szemle, 2009. 57-71. o. 66. o.
- [5] Vámos Z. Biztonságpolitikai aspektusok. In: Bognár B., Bonyai T. Kritikus infrastruktúrák védelme I. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2019. pp 11-27. ISBN 978-615-5920-36-3
- [6] Nagy R. A természeti katasztrófák, mint globális kihívások. In: Védelem tudomány. Vol 2, No 3., pp. 156-169. 2017. ISSN 2498-6194
- [7] Muhoray Árpád - Nagy Rudolf: A katasztrófák elleni védelem rendszere a létfontosságú infrastruktúrák biztonságáért. Rendészeti Szemle, 2010. 58. évf, 4. szám, 3-18.o.
- [8] Bándi Gy. Környezetbiztonság – jövő nemzedékek védelme – elővigyázatosság. Tudományos Közlemény. Vol 2, no 3, pp 342-349. 2021. ISSN 2732-2688
- [9] Lakatos M. et al. Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. Scientia et Securitas. Vol 2, No 2, pp 164-171, 2021. ISSN 2732-2688
- [10] Halász L. Climate Change and Extreme Weather Events. In: Földi L., Hegedűs H. (szerk). Effects of Global Climate Change and Improvement of Adaptation Especially in the Public Service Area. pp 55-86. Dialóg Campus, Budapest. 2019. ISBN 978-615-6020-09-3



- [11] Pisano A. et al. New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations. *Remote Sensing*. Vol 12, no 1, pp 132-150. 2020. ISSN 2072-4292
- [12] Johnson N.C. et al. Increasing occurrence of cold and warm extremes during the recent global warming slowdown. *Nature communications*. No 9, 2018. ISSN 2041-1723
- [13] Mezősi G. A klímaváltozás és hatásai. In: Mezősi G. (szerk): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2021. pp. 230-249. ISBN 978-963-454-692-4
- [14] Mezősi G. Geofizikai veszélyek. In: Mezősi G. (szerk): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2021. pp. 42-97. ISBN 978-963-454-692-4
- [15] Mezősi G. Trópusi, mérsékelt égövi ciklonok, konvektív légmozgásokkal kapcsolatos jelenségek, veszélyek. In: Mezősi G. (szerk): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2021. pp. 112-133. ISBN 978-963-454-692-4
- [16] Aghababaeian H. et al. Global Health Impacts of Dust Storms: A Systematic Review. *Environmental Health Insights*. Vol 15, pp. 1-28. 2021. ISSN 1178-6302
- [17] Mezősi G. Hidrológiai veszélyek. In: Mezősi G. (szerk): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2021. pp. 137-206. ISBN 978-963-454-692-4
- [18] Antal Ö. Az árvizek és földrengések okozta katasztrófák káros hatásai elleni hatékony védekezés megvalósításának elméleti és műszaki kérdései a megelőzés időszakában. In: Pohl Á. (szerk.). *Biztonság és Honvédelem*. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest, 2020. pp. 682-702.
- [19] Krausmann E., Necci A. Thinking the unthinkable: A perspective on Natech risks and Black Swans. *Safety Science*. Vol 139, pp 1-16. 2021. ISSN 0925-7535
- [20] Arvidsson B., Johansson J, Guldaker N. Critical infrastructure, geographical information science and risk governance: A systematic cross-field review. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol 213, pp 1-18. 2021. ISSN 0951-8320



[21] Hornyacsek J. The Protection of the Population against the Impacts of Power Outages Caused by Extreme Weather. In: Földi L., Hegedűs H. (szerk). Effects of Global Climate Change and Improvement of Adaptation Especially in the Public Service Area. pp 87-122. Dialóg Campus, Budapest. 2019. ISBN 978-615-6020-09-3

[22] Bács Z. Gy. A külső biztonságpolitikai környezet és annak komplexitása. In: Dobák I. (szerk). Nemzetbiztonság a XXI. század elején. pp 31-41. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest. 2022. ISBN 978-963-531-638-0

[23] Nagy R., Somogyi T. The financial infrastructure as a critical infrastructure and its specialities. National Security Review. 2021/2, pp. 207-217. 2021. ISSN 2063-2908

[24] Teknős L. Current Issues in Disaster Management Aspects of Global Climate Change. In: Földi L., Hegedűs H. (szerk). Effects of Global Climate Change and Improvement of Adaptation Especially in the Public Service Area. pp 145-162. Dialóg Campus, Budapest. 2019. ISBN 978-615-6020-09-3

[25] Nagy Rudolf: A klímaváltozás hatása a kritikus infrastruktúrákra. Nemzet és Biztonság, Biztonságpolitikai Szemle (2010), 35-44.o.

Somogyi Tamás doktorandusz

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola,

ORCID: 0000-0003-1397-697X,

somogyi.tamas@phd.uni-obuda.hu



Szendi Rebeka

AZ IPARBIZTONSÁG NÖVELÉSÉT SZOLGÁLÓ MEGELŐZÉSI-, FELKÉSZÜLÉSI ÉS BALESET-ELHÁRÍTÁSI ELJÁRÁSOK, ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK – A VÉDELMI TERV GYAKORLATOK HIÁNYOSSÁGAI

Absztrakt

A Seveso III Irányelvvel¹ bevezetett jogszabályváltozások hatással voltak a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek körére és számára, ezzel együtt mind az üzemeltetők, mind pedig az engedélyezést és felügyeletet ellátó hatóság tevékenységére. A hazai jogszabályok egyes esetekben a nemzetközínél szigorúbb előírásokat is tartalmaznak, adódnak azonban átgondolást igénylő gyenge pontok is. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésben előtérbe került a megelőzés fontossága. A védekezést szolgáló eljárások, eszközök és módszerek közül a megelőzést, az eseményekre való felkészülést szolgálja a védelmi tervezés, illetve az ezzel kapcsolatos gyakorlatok, végrehajtása, illetve a hatóság általi ellenőrzése annak érdekében, hogy az esetleges hiányosságok megszüntetésre kerüljenek.

Kulcsszavak: iparbiztonság, veszélyes üzem, Seveso III Irányelv, jogszabályváltozás, védelmi terv gyakorlat

¹ Az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU Irányelve (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről



PROCEDURES, TOOLS AND METHODS OF PREVENTION, PREPARATION AND ACCIDENT-RESPONSE INCREASESING INDUSTRIAL SAFETY - WEAKNESSES IN EMERGENCY PLAN PRACTICES

Abstract

Legislative changes introduced by the Seveso III Directive² have had an impact on the range and number of establishments³, as well as on the activities of both the operators and the authority performing the licensing and supervision. In some cases, domestic legislation contains stricter standards than international ones, but it also has weaknesses that require reflection. In the protection against major accidents involving dangerous substances the importance of prevention has come into view. Among the procedures, tools and methods used for protection, the emergency planning and the implementation of related practices, as well as their control by the authority in order to eliminate any insufficiencies, serve the purpose of prevention and preparation for events.

Keywords: industrial safety, dangerous plant, Seveso III Directive, changes in legislation, emergency plan practice

1. BEVEZETÉS

A Seveso Irányelvek magyarországi jogrendbe való integrációjával, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés kiemelkedő szerepet kapott a katasztrófavédelem rendszerében. A fő hangsúly a megelőzésre helyeződött, ezzel megnőtt a mind a veszélyes

² Directive 2012/18/EU of The European Parliament and of The Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC

³ establishment: where dangerous substances are present in quantities, given by the Seveso III Directive



üzemek⁴ baleset megelőzési stratégiájának fontossága mind pedig a veszélyes üzemekkel kapcsolatos hatósági tevékenység jelentősége. A közelmúltban érvénybe lépett a Seveso III Irányelv, illetve megvalósult annak hazai jogrendbe történő integrálása. A hazai szabályozás több ponton szigorúbb a nemzetközi előírásoknál. Vannak a hazai szabályoknak azonban olyan pontjai, melyek esetlegesen átgondolást, fejlesztést, pontosítást igényelnek.

Az új jogszabály bevezetésével történő változások különféleképpen hatottak az egyes ágazatokba tartozó veszélyes üzemek számára, ezzel együtt pedig hatással voltak a felügyeletüket ellátó hatóság tevékenységére.

A veszélyes üzemekkel kapcsolatos súlyos balesetek megelőzését, az azokra való felkészülést, valamint a már bekövetkezett esemény elhárítását számos az üzemeltetők, illetve a hatóság által alkalmazott eljárás, eszköz és módszer segíti. Jelen cikkben ezek közül a baleset-elhárításra való felkészülést segítő védelmi terv gyakorlatok, az azokkal kapcsolatban felmerülő hiányosságok bemutatására kerül sor. Ezen hiányosságok, melyek többnyire az üzemeltetők felkészületlenségéből adódtak, a hatóság munkájának, javaslatainak eredményeképp nagyrészt megszüntetésre kerültek.

2. AZ IPARBIZTONSÁGGAL KAPCSOLATOS HAZAI SZABÁLYOZÁS EURÓPAI UNIÓS SZABÁLYOZÁSNÁL SZIGORÚBB PONTJAI

Az iparbiztonsággal kapcsolatos feladatokat hazánkban a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény IV. fejezete (a továbbiakban: Kat. tv.), illetve a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Korm. rendelet)

⁴ Veszélyes üzem: jelen cikkben a jogszabály szerinti **veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem**: „egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület egésze, ahol egy vagy több veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményben - ideértve a közös vagy kapcsolódó infrastruktúrát is - veszélyes anyagok vannak jelen a törvény végrehajtására kiadott jogszabályban meghatározott küszöbértéket elérő mennyiségben, és ennek alapján alsó vagy felső küszöbértékűnek minősül.”, illetve a **küszöbérték alatti üzem**: „egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület, ahol e törvény végrehajtására kiadott jogszabály szerinti alsó küszöbérték negyedét elérő vagy meghaladó, de az alsó küszöbértéket el nem érő mennyiségben veszélyes anyag van jelen, valamint a külön jogszabályban meghatározott, kiemelten kezelendő létesítmények.”[1]



szabályozza. Ezen szabályozók meghatározzák mind a veszélyes üzemek üzemeltetőinek mind pedig a hatóság iparbiztonsággal kapcsolatos feladatait, kötelezettségeit. A jogszabályok hatályának már korábban megtörtént, küszöbérték alatti üzemekre való kiterjesztésével, valamint több, a Seveso III Irányelvben foglaltaknál szigorúbb előírással hazánkban a nemzetközitől eltérő, sajátos, a Seveso III Irányelv előírásainál szigorúbb szabályozás van érvényben. A nemzetközi és hazai szabályozás fő különbségeit az 1. számú táblázat mutatja be.

SEVESO-ban foglalt előírások	Hazai előírások
A szabályozás csak alsó és felső küszöbértékű veszélyes üzemekre vonatkozik	Az alsó és felső küszöbértékű veszélyes üzemek mellett megjelennek a küszöbérték alatti üzemek
Veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységhez nem szükséges engedély elég azt a hatóságnak bejelenteni	Veszélyes üzem létesítéséhez, tevékenységhez a katasztrófavédelmi hatóság engedélye szükséges
Felső küszöbértékű üzem: biztonsági jelentést készít ezt tájékoztatásként kell megküldeni a hatóságnak, majd a hatóság következtetéseket von le, melyeket közöl az üzemeltetővel Alsó küszöbértékű üzemnél biztonsági elemzés nincs	Felső küszöbértékű üzem: biztonsági jelentés Alsó küszöbértékű üzem: biztonsági elemzés Küszöbérték alatti üzem: súlyos káresemény elhárítási terv (SKET) készítési kötelezettség, melyeket az engedély kérelemhez be kell nyújtani, majd azt a hatóság elbírálja (felülvizsgálatnál is)
Belső védelmi terv csak felső küszöbértékű veszélyes üzemeknél készül	Belső védelmi terv felső és alsó küszöbértékű veszélyes üzemnél is készül
Külső védelmi terv (KVT) csak felső küszöbértékű veszélyes üzemeknél értelmezett (információval látja el a hatóságot a KVT készítéséhez)	A Kat. tv. értelmében felső küszöbértékű üzemeknél alapesetben készül KVT, habár a Korm. rendeletben szerepel egy engedmény, mely szerint az érintett település polgármesterének kezdeményezésére, a hatóság hozzájárulása alapján nem készül



Hatóság döntése alapján a biztonsági jelentés figyelembevételével a felső küszöbértékű veszélyes üzemeknél nem minden esetben szükséges KVT-t készíteni	KVT amennyiben feltételezhetően nem alakul ki az egészséget illetve a környezetet veszélyeztető hatás; illetve bizonyos esetekben - a hatóság döntése alapján - alsó küszöbértékű veszélyes üzemnél, vagy küszöbérték alatti üzemnél is kell KVT-t készíteni ⁵
Súlyos balesetről az üzemeltető tájékoztatás küld a hatóságnak Hatósági kivizsgálás (üzemzavarnál nincs kivizsgálás)	Veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset és üzemzavar bejelentése kivizsgálása az üzemeltető részéről, illetve Hatósági kivizsgálás

1. táblázat: Különbségek a nemzetközi és a hazai szabályozásban (készítette a szerző, forrás: [1], [2], [3])

3. NÉHÁNY FEJLESZTENDŐ PONT A VESZÉLYES ÜZEMEKKEL KAPCSOLATOS HAZAI SZABÁLYOZÁS, ILLETVE ELJÁRÁS TERÉN

Fentiek mellett a hazai jogi szabályozásnak van néhány olyan pontja, amely nem biztosít teljes körű jogi környezetet a hatóság balesetek megelőzésével kapcsolatos engedélyezési illetve felügyeleti tevékenységéhez. A hazai szabályozás néhány fejlesztendő pontját a 2. számú táblázat mutatja be.

Nyilvántartás	A szabályozás nem tartalmaz pontos előírást az üzemben jelen lévő veszélyes anyagok nyilvántartására vonatkozóan. Az előírás szerint a nyilvántartást naprakész , a hatóság által ellenőrizhető formában kell vezetni. Sok esetben azonban az üzemeltetők a saját rendszerük (többnyire valamilyen érték-alapú nyilvántartó rendszer) szerint
----------------------	---

⁵ Ebben a pontban csak minimális eltérés van a SEVESO, illetve a hazai szabályozás előírásai között, azonban a szerző indokoltnak tartja a többi között megemlíteni.



	<p>vezetik a nyilvántartást, mely az ellenőrzéskor lekérhető ugyan és tartalmazza a jelen lévő veszélyes anyagok aktuális mennyiségét, de abban a veszélyes anyagokon kívül ömlesztve egyéb anyagok, illetve eszközök is szerepelnek, az egyes anyagok pedig gyakran kereskedelmi néven kerülnek feltüntetésre, így nehézkes a veszélyes anyagok beazonosítása (pl. biztonsági adatlapok alapján), elkülönítése a többi anyagtól, ami megnehezíti a hatóság üzemazonosítási, illetve ellenőrzési tevékenységét. [2]</p>
A különböző szakterületek közötti integrált szemlélet	<p>A veszélyes üzemek felügyeletét ellátó hatóságok, illetve azok különböző szakterületeinek képviselői (pl.: tűzvédelem, iparbiztonság, vízügy) sok esetben a saját előírásaikra vonatkozóan külön ellenőrzéseket tartanak egy adott üzem területén, mely ellenőrzéseket a saját szakterületeikre vonatkozóan külön tervezik (pl.: tűzvédelem: kimutatásos létesítmények, iparbiztonság: veszélyes üzemek időszakos, terv szerinti ellenőrzése), ami nagyobb terhet jelent az üzemeltetőnek. Célszerű az egy hatósághoz tartozó különböző szakterületek részéről együttes ellenőrzés végrehajtása, mely a veszélyes üzemeknél időszakosan, terv szerinti komplex supervisorri ellenőrzés keretében valósul meg. Szükséges azonban figyelembe venni, hogy egy – a különböző társhatóságok, illetve szakterületek által közösen végrehajtott - komplex ellenőrzéskor a szakterületek gyakran akadályozzák egymást az ellenőrzés lefolytatásában, mert az üzemeltető részéről nem áll rendelkezésre megfelelő számú kompetens személy, aki a hatóságok munkáját segíti, illetve válaszol kérdéseikre.</p> <p>Azon nagyobb veszélyes üzemeknél, melyeknél rendelkezésre állnak a különböző szakterületekhez külön felelős személyek célszerű lehet az egyes szakterületekkel, illetve társhatóságokkal együttesen komplex ellenőrzéseket végrehajtani, mellyel csökkenthető az üzemnél az ellenőrzésekre fordított idő. Ezzel szemben a kisebb cégeknél, melyeknél jellemzően egy-egy cégvezető, vagy felelős személy áll a hatóság rendelkezésére célszerűbb az egyszerre csak egy-két</p>



	szakterületet érintő ellenőrzés lefolytatása, annak érdekében, hogy az egyes hatóságok részére ne húzódjon el túlságosan az ellenőrzés.
A szomszédos telephelyek vizsgálata a jogszabály hatálya alá nem tartozó üzemek esetében	Veszélyes üzemeknél a benyújtott biztonsági jelentés, illetve biztonsági elemzés alapján a hatóság vizsgálja az esetleges dominóhatást.[2] A szabályozás azonban nem tér ki az egymás melletti, veszélyes anyagokat felhasználó, tároló, de nem a jogszabály szerinti veszélyes üzemek, csak kerítéssel elválasztott különböző telephelyeire, melyeknél külön-külön nem, együttesen viszont elérheti a jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége a küszöbérték egynegyedét, vagy a kiemelten kezelendő létesítmény kategóriához szükséges mennyiséget. Mivel ezek az üzemeltetők nem tartoznak a szabályozás hatálya alá, nem nyújtanak be biztonsági dokumentációt ⁶ , így esetükben a dominóhatás sem vizsgálható.
Veszélyességi övezet kijelölésével kapcsolatos eljárás	A hatóság a biztonsági dokumentáció feltétel nélküli elfogadását követően kijelöli a veszélyességi övezetet, melyről tájékoztatja a polgármestert. A polgármester a kijelölt veszélyességi övezetet feltünteti a településrendezési tervben, majd a fejlesztések során figyelembe veszi, illetve a fejlesztések engedélyezésében külön bizottság vesz részt. Előfordulhat azonban, hogy az érintett területen fejlesztések történnek még azelőtt, hogy a veszélyességi övezet kijelölésre kerülne. Amíg nem áll rendelkezésre feltétel nélkül elfogadott biztonsági dokumentáció, mert az üzemeltető még nem bizonyította az elfogadható szintű veszélyeztetettségét ⁷ , figyelembe véve a Korm. rendeletben meghatározott elfogadható mértékű egyéni, illetve társadalmi kockázatot valamint környezetterhelésre vonatkozó kritériumot és feltételekkel megadott engedéllyel működik, addig a veszélyességi övezet kijelölése sem történik meg. Közben a területen

⁶ biztonsági jelentés, vagy biztonsági elemzés

⁷ Elfogadható szintű veszélyeztetettség: „a lakóterület olyan övezetben fekszik, ahol veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset következtében történő halálozás egyéni kockázata nem éri el a 10^{-6} esemény/év értéket”, emellett a társadalmi kockázat $F < (10^{-5} \times N^{-2})$ 1/év, ahol $N \geq 1$, (F: a kockázati szint, N: a halálozások száma), illetve teljesülnek a környezetterheléssel járó veszélyeztetésre vonatkozó kritériumok. [2]



	<p>történhet olyan fejlesztés, ami megnövelheti a kockázatot, ezért ismét szükség lesz a biztonsági dokumentáció átdolgozására. Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy végül a fejlesztések miatt a kockázat annyira megnőhet, hogy a továbbiakban nem is engedélyezhető a veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenység.</p> <p>Másik eset, amikor egy adott fejlesztés nem építési engedély köteles, vagy nem a polgármester látja el az azzal kapcsolatos építésügyi hatósági feladatokat, így kijelölt veszélyességi övezet esetén sem biztos, hogy egy adott fejlesztésről a polgármester időben tudomást szerez és kezdeményezi az engedélyezésben részt vevő bizottság létrehozását.</p>
--	---

2. táblázat: A veszélyes üzemekkel kapcsolatos hazai szabályozás, illetve eljárás néhány fejlesztendő pontja (készítette a szerző)

4. A JOGSZABÁLYVÁLTOZÁSOK HATÁSAI

Annak érdekében, hogy a Seveso II Irányelv 1. számú mellékletében szereplő veszélyes anyag osztályok összhangba kerüljenek a CLP rendelet⁸ előírásaival, továbbá, hogy a rendelkezések eredményesebbé, hatékonyabbá és ésszerűbbé válásával megmaradjon, illetve tovább javuljon a védelem szintje, szükségessé vált az Irányelv módosítása. 2012-ben elfogadásra került a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK Irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről rendelkező 2012/18/EU Irányelvet, azaz a Seveso III-at, mely 2012. 08. 13-án lépett hatályba, az egyes tagállamoknak pedig 2015. 05. 31-ig kellett a jogrendjükbe integrálni az új szabályozást. [4] Mindemellett hazánkban 2012-ben a jogszabály hatálya kiterjesztésre került a küszöbérték alatti üzemekre, mely kibővíti a szabályozással érintett és így a katasztrófavédelmi hatóság felügyeleti tevékenysége alá tartozó üzemek körét. [5]

⁸ Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK Rendelete az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról (2008. december 16.)



A jogszabályváltozások hatásainak elemzése során feltételeztem, hogy a nemzetközi és hazai jogi szabályozás változásai kihatnak a szabályozás hatálya alá tartozó veszélyes üzemek körére és számára, ezzel együtt az engedélyezést és felügyeletet végző hatóság feladataira. A veszélyes üzemek számának alakulását az 1. ábra mutatja.

A küszöbérték alatti üzemek kategóriájának 2012. évi bevezetésével kapcsolatban mintegy 1400 üzemazonosítási eljárásra került sor és 2013-ra 558 küszöbérték alatti üzem került azonosításra. [5]

A Seveso III irányelv 2015. évi bevezetésével kapcsolatban korábban részletesebben vizsgáltam a változások lehetséges várható hatásait [5], így jelen cikkben azok kevésbé részletes ismertetésére kerül sor. Ezen főbb változások:

4.1. A Szabályozás hatályának kiterjesztése

Ehhez kapcsolódóan a földalatti, természetes rétegekben való gáztárolásra vonatkozó előírások azon telephelyeket érintették, melyek már a szabályozás hatálya alá tartoztak, a szállítás közbeni ideiglenes tárolás pedig hazánkban már 2012-től kikerült a Kat. törvény hatálya alá nem tartozó „kivételek” közül, így erre vonatkozóan már azóta a szigorúbb szabályozás van érvényben. [5]

4.2. Új veszélyes anyag osztályok bevezetése

Ezzel kapcsolatban a tűzveszélyes aeroszolok osztály bevezetésének a nagyobb logisztikai központokra való hatása volt várható. Mivel azonban ez az ágazat a veszélyes üzemek kis hányadát teszi ki, az üzemek számának jelentős növekedése nem tűnt valószínűnek. [5] A 2014. és 2019. évi adatok alapján kismértékű csökkenés volt tapasztalható (2. ábra). Az egészségügyi veszélyek tekintetében az új osztályok bevezetésével a szájon át történő expozíciónál a hatály kismértékben kiszélesedett, míg bőrön át és gőz belélegzésével való expozíciónál a hatály kismértékben csökkent. Mivel a hazánkban lévő azon nagyobb létesítmények, melyek toxikus anyagokat is tárolnak, illetve használnak (pl.: gyógyszergyárak, vegyi üzemek, raktárak) többnyire már a szabályozás hatálya alá tartoztak, az volt várható, hogy a változás legfőképp azokat a telephelyeket érinti majd, melyeknél eddig a Seveso Irányelv hatálya alá nem tartozó,

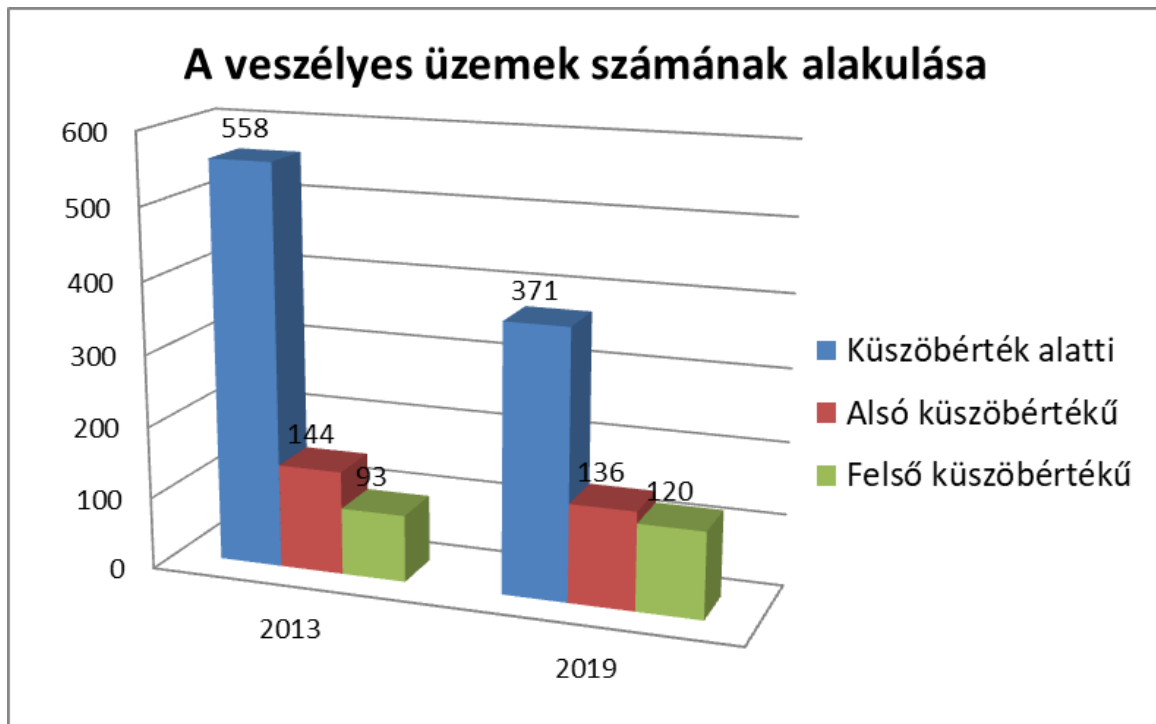


egészségre ártalmas anyagok fordulnak elő nagyobb mennyiségben. Ilyenek lehetnek pl. a növényvédőszer gyártással és raktározással foglalkozó létesítmények, vagy a kisebb vegyi anyag raktárak. Mivel azonban fentiek nem túl nagy ágazati részesedéssel rendelkeznek, a változás az üzemek számát nem érintette jelentősen. [5] A 2014. és 2019. évi üzemekre vonatkozó adatok alapján mind az általános vegyipar, mind a növényvédőszer gyártás, raktározás tekintetében az szabályozás hatálya alá tartozó üzemek számának csökkenése volt tapasztalható (2. ábra) (mely csökkenés nem feltétlenül csak a Seveso III Irányelv által bevezetett szabályozással kapcsolatos változás eredménye).

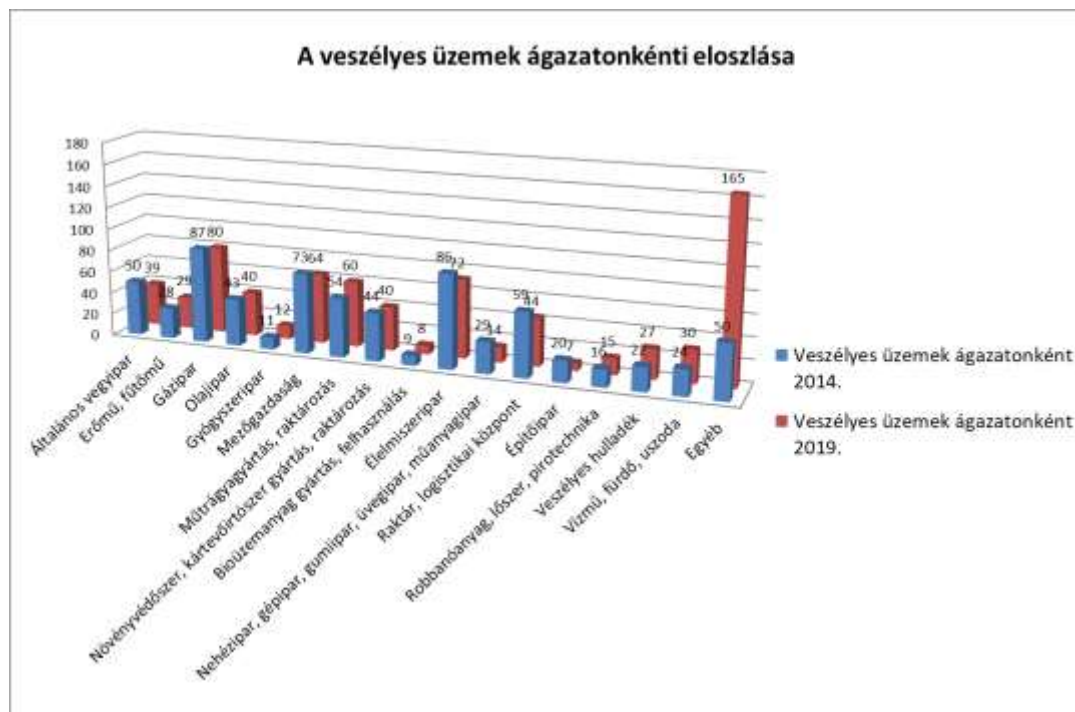
4.3. Új nevesített anyagok megjelenése

Ehhez kapcsolódóan a nehéz fűtőolajok nevesített anyagok listájába történő bekerülésével kapcsolatban a feltételezés az volt, hogy ez főként a nagy energia felhasználókat fogja érinteni (erőművek, cementgyárak). A tárolással foglalkozó nagyobb üzemek (pl.: üzemanyag tárolók), illetve az erőművek a Seveso III Irányelv bevezetése előtt is többnyire a szabályozás hatálya alá estek, ezért nem volt várható az üzemek számának jelentős növekedése. Az adatok alapján az erőművek és az olajipar tekintetében a veszélyes üzemek számában alig tapasztalható változás (2. ábra). A vízmentes ammónia egyik fő felhasználási területe a különböző hűtőházakban hűtőközegként való alkalmazás. Az R23 mondattal jellemzett mérgező tulajdonsága miatt a Seveso II szabályozás a mérgező anyagok osztályába sorolta, melynek a küszöbértékei 50t, illetve 200t. Az új Seveso III irányelvben a vízmentes ammónia bekerült a nevesített anyagok közé, azonban változatlan küszöbértékekkel (50/200t). A hazai szabályozás az uniósnál szigorúbb és már 1t ammónia jelenléte esetén az adott üzem az ún. kiemelten kezelendő létesítmények közé tartozik. Mivel ezek a létesítmények jellemzően már a jogszabály hatálya alá tartoztak, e módosítás hatásaként nem volt várható az üzemek számának megváltozása.[5] Az adatok alapján az élelmiszeripar területén kismértékű csökkenés volt tapasztalható, mely nem feltétlenül csak az új szabályozás bevezetésének eredménye (2. ábra).⁹

⁹ A vizsgált időszak a veszélyes üzemek számára és ágazati eloszlására vonatkozóan (1. és 2. ábra) a rendelkezésre álló nyilvános adatok alapján 2019-ig terjed. Tekintettel arra, hogy a Seveso III Irányelvet 2015. május 31-ig a tagállamoknak integrálniuk kellett jogrendjükbe a veszélyes üzemek körében történt változásoknak ezen időszak alatt be kellett következniük.



1. ábra: A veszélyes üzemek számának alakulása (készítette a szerző, forrás: [6] [7])



2. ábra: A veszélyes üzemek számának, ágazatonkénti eloszlása (2014, 2019)

(készítette a szerző, forrás: 2014. [8], 2019 [7])



5. MEGELŐZÉSI, FELKÉSZÜLÉSI ÉS BALESET-ELHÁRÍTÁSI ELJÁRÁSOK, ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés megvalósításához különböző megelőzési felkészülési és baleset-elhárítási eljárások, eszközök és módszerek állnak az üzemeltetők, illetve a hatóság rendelkezésére. Ilyenek a különböző üzemeltetői előírások, a megfelelő technológia megválasztása, a munkavédelmi, balesetvédelmi, tűzvédelmi rendszabályok, technológiai utasítások, a kockázatelemzések, a védelmi tervek készítése, az esetleges balesetek kivizsgálása, valamint az ezzel kapcsolatos oktatások, képzések, gyakorlatok. A hatóság részéről pedig a hatáskört és illetékességet biztosító jogszabályok, azok előírásai, az engedélyezési és felügyeleti tevékenység során a helyszíni ellenőrzések, dokumentumok ellenőrzése, gyakorlatok ellenőrzése és az ezekhez készített módszertani útmutatók, jegyzőkönyvek, stb.

A fentiekben foglaltak közül jelen cikkben a megelőzést és felkészülést szolgáló védelmi terv gyakorlatok végrehajtásának ellenőrzése során tapasztalt főbb hiányosságok kerülnek bemutatásra a veszélyes üzemekkel kapcsolatos hatósági tevékenységem során szerzett tapasztalatok alapján.

6. VÉDELMI TERVEZÉS – GYAKORLATOK VÉGREHAJTÁSA, ELLENŐRZÉSE

A Kat. tv. előírásai értelmében az üzemeltető köteles gondoskodni Belső Védelmi Terv (BVT), illetve a hatóság kötelezése alapján SKET kidolgozásáról, amely tartalmazza az emberi egészség és a környezet magas színvonalú biztosításához szükséges erők, eszközök, illetve üzemvezetési rendszer leírását. [1] A Korm. rendelet pedig előírja, hogy az üzemeltető feladata, hogy megteremtse a BVT-ben/SKET-ben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges feltételeket, megalakítsa, felkészítse és a szükséges, megfelelő eszközökkel felszerelje a védekezésben érintett végrehajtó szervezeteket, valamint létrehozza a védekezéshez szükséges üzemi infrastruktúrát. Az üzemeltetőnek továbbá gondoskodnia kell arról, hogy a BVT-



ben/SKET-ben foglaltakat valamennyi, a veszélyes üzem területén dolgozó személlyel - beleértve a hosszabb távú együttműködés keretében foglalkoztatott alvállalkozókat is - megismertesse, és annak alkalmazására a munkavállalókat évente, dokumentáltan felkészítse. Emellett az üzemeltető a BVT-ben/SKET-ben foglaltak megvalósíthatóságának ellenőrzése céljából évente folytat le a tervben megjelölt szervezetek valamely részét gyakoroltató részleges, háromévente pedig a tervben megjelölt szervezetek egészét a gyakorlatba bevonó teljes gyakorlatot. [2]

A hatóság a BVT/SKET gyakorlatot helyszíni vizsgálattal ellenőrzi (utóbbit a jogszabály szerint 3 évente a gyakorlatban évente), amelyeket a gyakorlat befejeztével értékeli. Amennyiben a gyakorlat nem elfogadható, a hatóság annak ismételt lebonyolítására kötelezi az üzemeltetőt

A gyakorlat elfogadhatóságainak kritériumait a Korm. rendelet határozza meg. A gyakorlat elfogadható, amennyiben az üzemeltető a gyakorlat során a BVT-ben/SKET-ben meghatározott súlyos baleseti eseménysorok legalább egyikét az arra kioktatottakkal, a tervben meghatározottak szerint gyakoroltatja és a gyakorlat során a gyakorlatban részt vevők a tervben foglaltak szerint járnak el, továbbá nem merül fel semmilyen körülmény, ami egy feltételezett baleset esetén annak ki menetelét negatív irányba terelhetné. A háromévente esedékes teljes gyakorlat elfogadhatóságához szükséges továbbá, hogy a tervben megjelölt szervezetek egésze részt vegyen a gyakorlaton. [2]

7. A GYAKORLATOK SORÁN FELMERÜLŐ HIÁNYOSSÁGOK

Az alábbiakban a BVT, illetve a SKET gyakorlatok ellenőrzése során tapasztalt, a gyakorlatok végrehajtásával kapcsolatosan felmerülő főbb hiányosságok kerülnek ismertetésre néhány előfordult példa bemutatásával. Ezen hiányosságok sokszor a 2012. évben bevezetett változások során, illetve azóta, valamint a Seveso III Irányelv szerinti új szabályozás eredményeként frissen a jogszabály hatálya alá kerülő veszélyes üzemek elsőként végrehajtott gyakorlatainál merültek fel, főként az alábbi okok következtében:



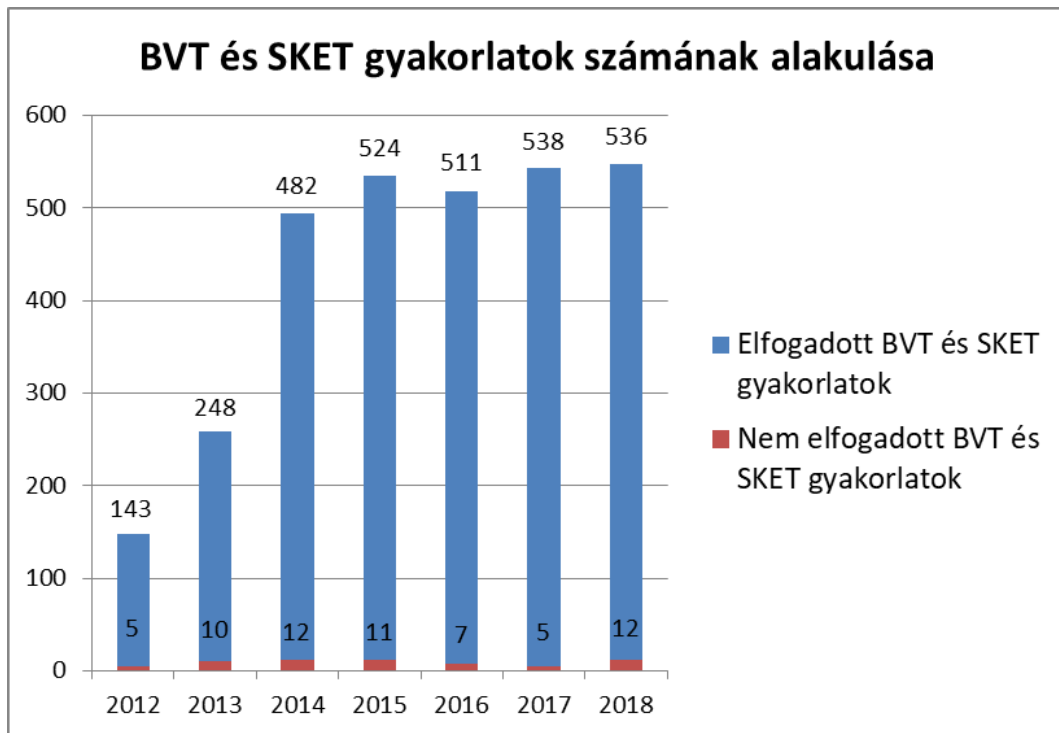
- *Tervezési, illetve gyakorolási tapasztalatok hiánya:* Ide sorolható, amikor a gyakorlat nem a BVT/SKET valamely eseménysorára, hanem egyéb kitalált esemény felszámolására épül, illetve amikor a sérült személy mentésénél a hordágyon fekvő sérült szállításánál nem veszik figyelembe a hordágyat megemelő, légzőkészüléket viselő személy hátán lévő oxigénpalackot, ami a hordágy megemelésekor további sérülést okozhat, illetve ide sorolható egyes esetekben az üzemeltetők kezdeti gyakorlathoz való, nem kellően komoly hozzáállása.
- *Munkavállalók (beavatkozásban nem résztvevők) oktatásának, telephelyen tartózkodók tájékoztatásának hiánya:* Erre vezethető vissza, amikor a gyakorlaton a beavatkozás során a „veszélyes anyaggal szennyezett” kárterületen illetéktelen személyek átjárnak, átkerékpároznak, ami adott esetben a gyakorlat leállítását, nem elfogadását eredményezheti, hiszen a kárterületen való átjárás az adott személy sérülését jelentené. De ide sorolható az is, amikor a munkavállalók a gyülekezési helyre vonulás helyett a kárhelyszínen a beavatkozást végignézik.
- *Erő/eszköz szükséglet nem megfelelő meghatározása:* Bár a hatóság az engedélyezési eljárás során vizsgálja, hogy a BVT-ben meghatározott védelmi intézkedések arányban állnak-e a veszélyeztető hatásokkal, illetve megvannak-e azok feltételei, előfordul, hogy a gyakorlat során – melynek célja a BVT-ben foglaltak megvalósíthatóságának ellenőrzése - derül fény arra, hogy a tervben foglaltak nem teljesen megvalósíthatóak. Előfordul, hogy nem megfelelő a személyzet és eszköz választás egy-egy esemény felszámolásához (pl.: az 50 kg-os tűzoltókészüléket a terv szerint 1 fő beavatkozó működtetné, ehelyett szükséges több fő kijelölése, vagy célszerű lehet több kisebb méretű, azonos oltásteljesítményű, vagy más típusú készüléket választani, de ez esetben meg kell határozni, azok elhelyezését, illetve a helyszínre szállításuk módját). Sok esetben az időszakos karbantartást igénylő védőfelszerelés, beavatkozó eszköz csak a tervben szereplő szükséges mennyiségben áll rendelkezésre – ilyen esetekben szükség van tartalék készletben tartására, ugyanúgy a beavatkozáshoz szükséges kijelölt állomány helyettesítésére további személyek bevonása szükséges.
- *Beavatkozás eszközeinek nem megfelelősége (darabszám, méret, karbantartás, kezelhetőség, működőképesség):* Ide sorolható, amikor a riasztásra használt szirénák egy része nem működik, illetve, ha a sziréna hangja hasonló a légzőkészülék levegőjének



fogyását jelző hanghoz, ami bizonyos esetekben megtévesztő lehet a beavatkozó állomány számára. Problémát jelent az eszközök felszerelések karbantartásának hiánya (azonban a hatóság részéről a gyakorlat során a lejárt érvényességi idejű, de ép felszerelés, pl.: gázálarc szűrőbetét alkalmazása költségkímélés miatt elfogadható). Nem megfelelő a felszerelés, ha azt nem a káreseménynek, veszélyes anyag típusának megfelelően választják meg (pl. ha nyomás alatt lévő folyékony ammónia káreseményhez eldobható papír védőruha kerül alkalmazásra), vagy ha a védőruha mérete túl kicsi, vagy túl nagy, ez akadályozhatja a felvételt, illetve megnehezítheti a beavatkozást (előfordult gyakorlat során, hogy a nem megfelelő méretű védőruhát a beosztott személy nem tudta felvenni, így a feladatot nem volt képes végrehajtani). Esetenként a gyakorlatok során derül ki, milyen eszközökre lenne még szükség a felderítéshez, illetve beavatkozáshoz.

- *Védőeszközök nem megfelelő alkalmazása:* Előfordul, hogy a beavatkozók a védőfelszerelést (kesztyű, álarc) nem veszik fel, illetve a helytelen használat miatt a gázálarc bepárasodik, ez a gyakorlat során is és egy káresemény bekövetkeztekor is balesetet eredményezhet.
- *Szakszerűtlen végrehajtás:* Ha a beavatkozó egyedül megy be, a kárhelyszínre és nem várja meg, míg a társa beöltözik a védőruhába, de az esetenként előforduló kapkodás is balesetet eredményezhet.
- *Nem életszerűen végrehajtott gyakorlat:* Amikor a beavatkozók a kezükben tartott védőfelszereléssel kezdik meg a gyakorlatot, miközben a tervben a védőfelszerelések helye külön épületben található, egy valódi esemény bekövetkeztekor azokért külön el kéne menni, illetve el kellene juttatni a szükséges eszközöket a helyszínre, a beavatkozás csak utána kezdhető meg.

A gyakorlatok hatóság általi ellenőrzése és értékelése során amennyiben súlyos, a jogszabályban meghatározott elfogadhatóságot befolyásoló hiányosság merül fel a hatóság kötelezi az üzemeltetőt a gyakorlat megismétlésére, míg kisebb, a káresemény felszámolását nem befolyásoló, balesetet, vagy egyéb negatív kimenetelt nem eredményező hiányosság esetén a hatóság a jegyzőkönyvben javaslatokat fogalmaz meg a gyakorlat végrehajtásával kapcsolatban, melyek a következő gyakorlat során visszaellenőrzésre kerülnek. Az elfogadásra került, illetve nem elfogadott gyakorlatok számát az egyes években a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: BVT és SKET gyakorlatok számának alakulása (készítette a szerző, forrás [9]¹⁰)

Bár az ábra alapján országos szinten az elfogadott, illetve nem elfogadott gyakorlatok tekintetében a vizsgált időszakban nem mutatható ki számottevő változás, azonban a hatósági tevékenységet érintő illetékességi területen működő üzemeknél végrehajtott BVT, illetve SKET gyakorlatoknál, melyek ellenőrzésén 2012-2019 között személyesen részt vettem. A tapasztalataim alapján elmondható, hogy ebben az időszakban az üzemeltetők hozzáállásában és rutinoságában történő változásnak, illetve a hatóságnak a gyakorlatok értékelése során megfogalmazott építő jellegű javaslatainak köszönhetően az évek során egyre javul az üzemek felkészültsége a védelmi tervek elkészítése és a gyakorlatok végrehajtása terén. Az esetlegesen felmerülő kisebb-nagyobb szakmai hibák általában nem olyan mértékűek, hogy a gyakorlat elfogadhatóságát befolyásolják.

¹⁰ Az ábra az országosan végrehajtott gyakorlatokra vonatkozóan rendelkezésre álló nyilvános adatok alapján készült.



8. ÖSSZEFOGLALÁS

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységet, a veszélyes üzemek üzemeltetőinek, illetve a hatóság feladatait meghatározó jogszabályok egyes pontjai a nemzetközi szabályoknál szigorúbb előírásokat eredményeznek, mely hatással van a jogszabály hatálya alá tartozó veszélyes üzemek számára, ezzel együtt az üzemeltetők kötelezettségeire, illetve a hatóság tevékenységére. A szabályozásban felmerülő gyenge pontok pedig egy lehetséges átgondolást igényelnek.

A Seveso III Irányelv közelmúltban történt bevezetésének lehetséges hatásairól korábban készültek elemzések, az egyes ágazatokba tartozó veszélyes üzemek számának alakulása alapján megállapítható, hogy mivel egyes változásokkal kapcsolatban hazánkban már előzőleg is szigorúbb előírások voltak érvényben, illetve az esetlegesen érintett üzemek már korábban is a jogszabály hatálya alá tartoztak, vagy az adott ágazat a veszélyes üzemek kis hányadát teszi ki, az érintett veszélyes üzemek számában nagymértékű változás nem volt tapasztalható.

A veszélyes üzemekkel kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés a megelőzést, az azokra való felkészülést, valamint a már bekövetkezett esemény elhárítását szolgáló eljárások, eszközök és módszerek alkalmazását teszi szükségessé mind az üzemeltetők, mind a hatóság részéről. Mivel a védekezésben kiemelkedő a megelőzés fontossága, nagy szerep jut a megelőzést segítő eljárások, eszközök és módszerek alkalmazásának. Ezek közé tartozik a baleset-elhárításra való felkészülést szolgáló védelmi tervezés és a védelmi terv gyakorlatok végrehajtása. A jogszabály hatálya alá kerülő veszélyes üzemek gyakorlatai során tapasztalható hiányosságok főként az üzemeltetők felkészületlenségéből, gyakorlat szervezési és végrehajtási tapasztalatainak hiányából adódtak, emellett felmerültek szakmai jellegű hiányosságok is. Ezen hiányosságok, melyek többnyire az üzemeltetők felkészületlenségéből adódtak az üzemeltetők tapasztalatainak bővülésével, illetve a hatóság munkájának, javaslatainak eredményeképp mind a védelmi tervekben mind pedig a gyakorlatok során egyre inkább megszüntetésre kerülnek.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- [2] 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéséről
- [3] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2012/18/EU IRÁNYELVE a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről (2012. július 4.)
- [4] Szendi Rebeka: A Seveso III. Irányelv magyarországi adaptálásának várható hatásai a veszélyes üzemekre és a hatóság feladataira – I. Rész – az irányelv fő változásai, Hadtudományi Szemle ISSN 2060-0437, 2014/1. szám (március) pp. 211-217.
- [5] Szendi Rebeka: A Seveso III. Irányelv magyarországi adaptálásának várható hatásai a veszélyes üzemekre és a hatóság feladataira – II. Rész – a módosítások várható hatásai, Hadtudományi Szemle ISSN 2060-0437, 2014/2. szám (június) pp. 199-209.
- [6] BM OKF honlap üzemterkép 2013. 11. 10. (letöltés ideje: 2013. 11. 10.), http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=iparbiztonsag_terkep
- [7] Dr. Vass Gyula: Veszélyes üzemi alapismeretek, Előadás, Vecsés, 2019. november 18., <https://docplayer.hu/196386677-Veszelyes-uzemi-alapismeretek.html> letöltés ideje: 2022. 02. 16.
- [8] Dr. Kátai-Urbán Lajos, Dr. Vass Gyula: Kézikönyv Veszélyes üzemek, tevékenységek és technológia az iparban, Kézikönyv, Budapest, Nemzeti Közszerzői Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, 2014., ISBN 9786155491740, p. 10.



[9] Laczkó Levente t.ő. Őrnagy: Belső védelmi terv és a súlyos káresemény elhárítási terv gyakorlatok tapasztalatai előadás, Balatonföldvár, 2019.

Szendi Rebeka

Nemzeti Közszolgálati Egyetem – Katonai Műszaki Doktori Iskola

University of Public Service - Doctoral School of Military Engineering

rebeka81.katved@gmail.com

ORCID azonosító: **0000-0003-1613-6327**



Vásárhelyi Örs László

MEZŐGAZDASÁGBAN ALKALMAZOTT NITRÁT ALAPÚ MŰTRÁGYÁK VESZÉLY FAKTORAI

Absztrakt

A nitrát alapú műtrágyák gyártása és alkalmazása széles körben elterjedt mind hazánkban, mind világszerte. Sajnos az elmúlt több, mint 100 évben rengeteg nagymértékű ipari baleset bekövetkezéséért az ammónium-nitrát alapú műtrágyák voltak a felelősek. Így a téma aktualitását a világszerte bekövetkező balesetek és a folyamatosan változó és megújuló biztonsági szabályozás adja. A szerző az irodalmi forrásmunkák analitikai elemzésére, feldolgozására indukciós és dedukciós módszert is alkalmazni kíván. Megfigyeli és elemzi a jelenleg hatályban lévő jogszabályokat, valamint gyakorlati megvalósításukat, különösen a végrehajtás során fellépő nehézségeket keresi. Jelen cikk azért született meg, hogy felhívja a figyelmet a nitrát alapú műtrágyák veszélyeire és a lehetséges veszélyek kialakulásának minimalizálásra szolgáló óvintézkedések fontosságára. Továbbá a tavalyi évben hatályba lépő Európai Bizottság által hozott 2021 évi a robbanóanyag-prekurzorok forgalmazásáról és felhasználásáról szóló (EU) 2019/1148 rendeletének a valóságban történő alkalmazásának bemutatása végett.

Kulcsszavak: ammónium-nitrát, műtrágya, iparbiztonság

HAZARD FACTORS FOR NITRATE-BASED FERTILIZERS USED IN AGRICULTURE

Abstract

The production and application of nitrate-based fertilizers are widespread both in Hungary and worldwide. Unfortunately, ammonium nitrate-based fertilizers have been responsible for many



large-scale industrial accidents over the past 100 years. The relevancy of the topic is due to the continuously occurring disasters and the changing and renewable security regulations. The author would like to use inductive and deductive methods for the analytical analysis and processing of source work found in the literature. The writer observes the current legislation in force, as well as the practical implementation especially seeking the difficulties in implementation in particular. This article was conceived to raise attention/awareness of the hazards of nitrate-based fertilizers and the importance of using precautions to minimize the occurrence of potential hazards. Furthermore, this article is used to demonstrate the practical application of Regulation (EU) 2019/1148 of 2021 on the marketing and use of explosives precursors, adopted by the European Commission last year.

Keywords: ammonium-nitrate, fertilizer, industrial safety

1. BEVEZETÉS

Nitrátokat főként mezőgazdaság hasznosítja, ahol jó oldhatóságuk és könnyű biológiai lebonthatóságuk végett, műtrágyaként használják. A legfontosabb nitrátok az ammónium, nátrium, kálium és kalcium sók. Erre a célra évente több millió kilogrammot gyártanak. Műtrágyák feladatukat tekintve nem mások, mint adalékanyagok, amik a természetben is jelenlévő tápanyagokat hivatottak pótolni. Létrejöttük célja a terméshozam növelése gazdaságosság mellett.

A műtrágyák szakszerű használat mellett harmonikus tápanyagellátást biztosítanak, ennek köszönhetően egy fenntartható talajtermékenységet okoznak, megnövekedett talaj élettartammal. Műtrágyázás pozitív hatása többek között a dúsabb növényzet, mely nagyobb oxigéntermelést biztosít, így az üvegházhatást mérsékelni képes. Csökkenti a talajeróziót a növények erősebb aktív gyökérzete, illetve a talajban jelenlévő mesterséges és természetes tápanyagokat jobban képes felszívni, ezzel csökkentve a tápanyagok talajmenti vizekbe történő beszivárgását. Negatív hatások akkor jelentkeznek főként, ha nem megfelelő mennyiségben és / vagy módon kerül műtrágya a talajba pl.: kiszórás esetén egyenlőtlen elosztásban kerül szét, helyenként több, máshol pedig kevesebb lesz a termék koncentrációja, mint amennyire a terménynek szüksége van.



Elsősorban a nitrát alapú műtrágyák felhasználásának az iparbiztonsági kockázata kerül górcső alá, rálátást biztosítva a gyártás, tárolás és szállítás veszélyeire. A szerző célja a biztonsági előírások szabályainak betartására / alkalmazására való figyelem felhívás. A téma folyamatos aktualitása miatt, állandó figyelemmel kísérése szükséges a jogszabályok, tanulmányok és balesetek végett.

2. MAGYARORSZÁGI MŰTRÁGYAGYÁRTÁS TENDENCIÁI

2.1. Műtrágyagyártás hazai történeti áttekintése

Hazánkban az elmúlt 25 év a műtrágya piacra kedvezően hatott. A műtrágya termékek felhasználása nagy népszerűségnek örvend itthon. Elősegítve Magyarország agrárágzatának fejlődését és erősödő export kereskedelmét. A magyarországi műtrágya ipar és felhasználásnak mélyebb gyökerei vannak, egészen a XIX. század végéig vezetnek vissza bennünket. Ugyanis ekkor alakult meg hazánk első műtrágya előállító üzeme, mely főként trifoszfátot gyártott, ekkoriban ezt a vegyületet alkalmazták széleskörben műtrágya gyanánt. Az első nitrát alapú műtrágya gyár megalakulására, egészen 1931-ig várni kellett, ekkor jött létre Pétfürdőn a ma is ismert Nitrogénművek, elődje a péti Magyar Műtrágyagyár Rt. Érdekes, hogy vele együtt jött létre a Magyar Ammóniagyár Rt., mellyel a nitrogén alapú műtrágya előállításához elengedhetetlen fontosságú alapvegyületet kívánták helyben „önerőből” biztosítani.

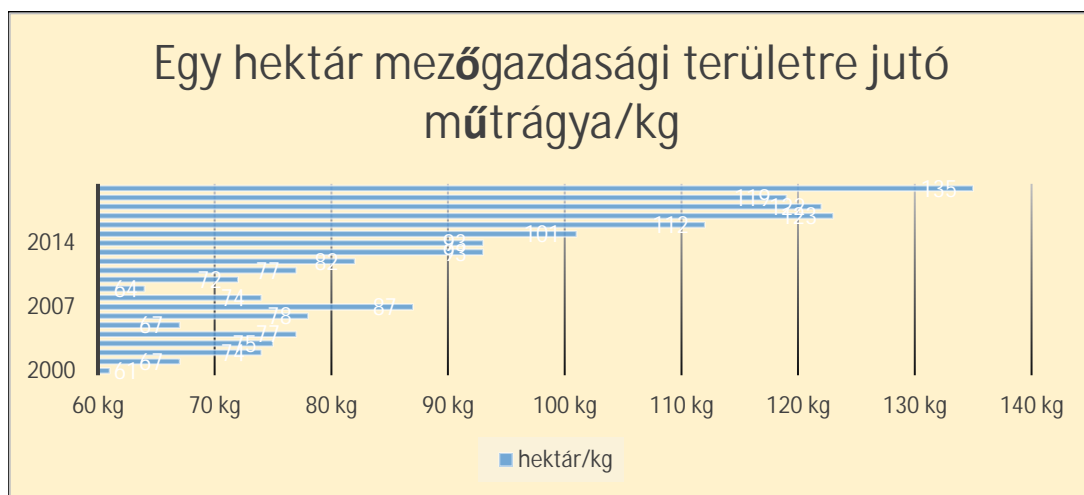
A II. világháború és az azt követő évtized, nagy visszaesést okozott a műtrágya használatban. Egészen a hatvanas évekig nem volt hazánkban jellemző a műtrágyázás, szerves trágyát használtak zömében a gazdák. A hatvanas évekkel egy virágzó korszak köszöntött be, legalábbis a termőföldek szemszögéből. A műtrágyákra hatalmas állami támogatásokat lehetett igénybe venni, ennek köszönhetően, pedig robbanásszerű népszerűsége tettek szert. Az 1960 előtt a hazai átlagos műtrágya kg / hektár arány, mindössze 30 kg/hektár volt, 15 évvel később, 1975-ben már 270 kg/hektárra nőtt az átlagérték. A piac szárnyalása a '80-as évek közepéig tartott, ezt követve világszerte vesztett a műtrágya népszerűségéből, melynek számos oka volt. Ekkor vált a civilizált világ számára egyértelművé a túltrágyázás környezetre gyakorolt negatív hatásai. Ennek visszaszorítása érdekében, egyre több és szigorúbb környezetvédelmi szabályokat hoztak a műtrágyagyártással és használatával szemben pl.: nitrátadó. Ezekkel az



intézkedésekkel párhuzamosan, a hozzáférhető állami támogatások folyamatosan megszűntek, aminek következtében és más környezetvédelmi szabály végett a műtrágyák ára emelkedésnek indult.

A rendszerváltást követő pár évben, itthon sajnos a műtrágya piac csak még rosszabb helyzetbe került, melynek számos oka volt. A kapitalista piacgazdaság a műtrágya árait drasztikusan megemelte, a korábbi Termelő Szövetkezeteket szétdarabolták, privatizálták, amíg a privatizációs folyamatok tartottak, melyek sokszor akár évekig is elhúzódtak, üresen, műveletlenül álltak a termőföldek. A Szovjetunió felbomlásával, egy óriási felvevő piacot veszített Magyarország, ki kellett dolgozni már piaci alapon, a Nyugat felé történő értékesítési lehetőségeket. [1] A termőföldek a szegényes trágyázás miatt, elkezdtek kimerülni, így a '90-es évek közepétől újra elindult a műtrágya-felhasználás növekedése és ez a felívelő szakasz, kisebb-nagyobb hullámokkal, de a mai napig is tart. Ez a növekedés, már kisebb volumenű, mint a szocializmus idején, de tartósabbnak is tűnik az elmúlt közel 27 év távlatából.

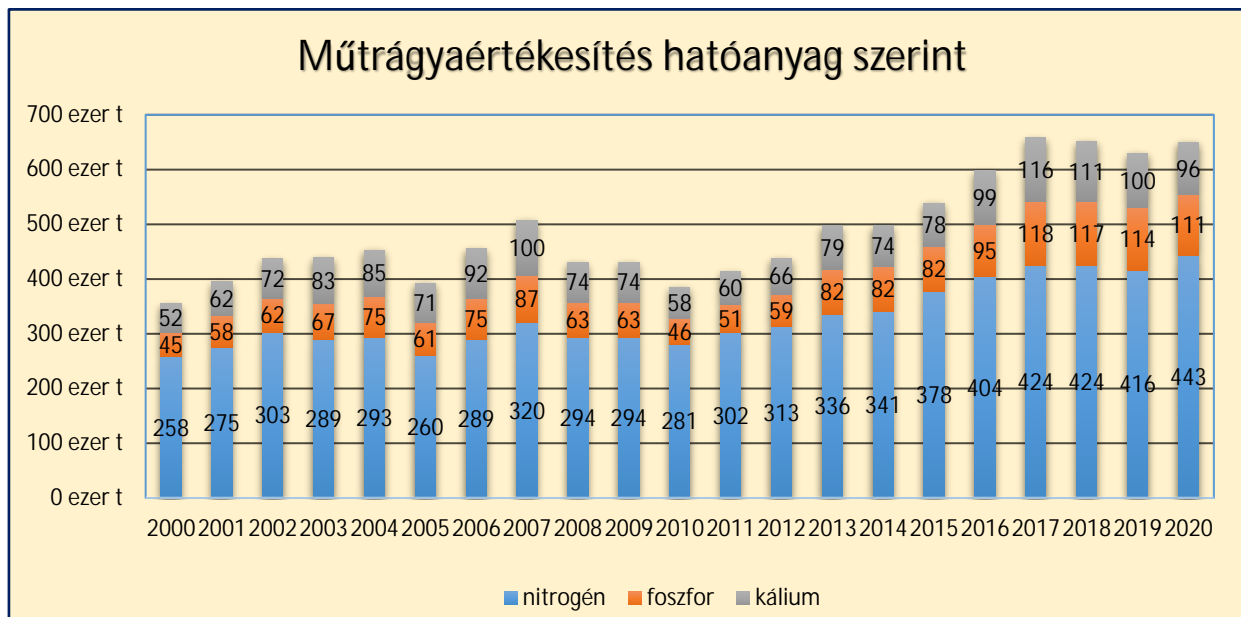
A KSH adatait felhasználva készült el ez a táblázat, az elmúlt 20 év magyarországi műtrágya felhasználásnak növekedésének szemléltetése képpen.



1. ábra KSH adatai alapján szerző által szerkesztett grafikon,

https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0041.html

A másik érdekes adat ebben a témakörben, a 2000 és 2020 között értékesített műtrágya mennyisége, lebontva nitrát alapú-, foszfor alapú- és kálium alapú műtrágyákra. (NPK műtrágyák)



2. ábra KSH adatok alapján szerző által szerkesztett grafikon,

https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0041.html

2.2. Nitrogénművek Zrt. a magyar piacon

A műtrágya iparra a Covid19 okozta járvány sem volt képes negatívan hatni, nem történt visszaesés, sőt Magyarország legnagyobb műtrágya piaci részesedéssel bíró vállalata a Bige Holding csoport tagja, a Nitrogénművek Zrt. 2021-es éves jelentéséből kiderült, hogy a 2020-ban az előző évhez képest 8 %-os növekedést tudott felmutatni a nettó árbevételek tekintetében. [2]

A pétfürdői Nitrogénművek Zrt. méltán vált nem csak hazánk, de Közép-Európa egyik legmeghatározóbb műtrágya üzemévé. Leghíresebb terméke a Pétisó – $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, mely az ammónium-nitrát veszélyes tulajdonságaival nem rendelkezik, ugyanakkor a hozzáadott kalcium- és magnéziumoxid révén számos pozitív tulajdonsággal bír. Az üzemet folyamatos beruházásokkal mindig törekednek a világ élmezőnyében tartani. A legújabb beruházások tekintetében elektrolízissel „zöld” ammónia előállító központ létrehozása a cél, melyhez az elektromos áramot egy új napkollektor parkkal kívánják biztosítani. Ezzel vélhetően 10%-os energiacsökkenést tudna elérni éves szinten az üzem. Fontos távlati cél az ammónia függőségnek a felszámolása, melyre akár ez az alternatív előállítási folyamat is kedvezően hathat. [3]



3. AZ ELŐÁLLÍTÁS SORÁN FELMERÜLŐ VESZÉLYEK

A műtrágyagyártás nagy energiaigényű, környezetterhelő folyamat. Legfőképpen az ammónium-nitrát és annak különböző származékainak előállítása miatt. Műtrágya előállító és raktározó egységek veszélyes üzemeknek minősülnek, melyekre itthon szigorú előírások érvényesek. Magyarországon veszélyes tevékenységet csak az iparbiztonsági hatóság katasztrófavédelmi engedélyével lehetséges folytatni, amiről a katasztrófavédelmi törvény IV: fejezete rendelkezik. Itthon három veszélyességi kategóriát különböztetünk meg a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek esetén: (1) küszöbérték alatti -, (2) alsó küszöbértékű - és (3) felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem.¹

Az üzem besorolását a jelenlévő veszélyes anyagok mennyisége alapján az üzemeltetőnek kell elvégezni. Az üzemazonosítást alátámasztó dokumentumként az üzemazonosítási adatlapokat benyújtja a hatóság részére (veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek esetén a biztonsági elemzés/jelentés mellékleteként már), annak valóságtartalmát ellenőrzi a hatóság., A hatóság a Kat. tv. IV. fejezet hatálya alá tartozás megállapításának céljából bármely gazdálkodó szervezetet kötelezhet adatszolgáltatásra és telephelyükön hatósági ellenőrzést folytathat le.

A veszélyes tevékenység engedélyezési eljárás menete a 219/2011 (X.20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről – alapján, pontokba szedve a következő:

1. Biztonsági Jelentés, Biztonsági Elemzés / Súlyos Kárelhárítási Terv vizsgálata, az engedélyezési eljárás lefolytatása;
2. Helyszíni szemle megtartása, ahol a benyújtott dokumentumok valóságtartalmának ellenőrzése zajlik le;
3. Hatósági döntés meghozatala.

A konkrét gyártási fázisok megkezdése előtt, a veszélyes üzemeknek fontos kritériumoknak kell megfelelniük, melyet a hivatásos katasztrófavédelem iparbiztonsági szakemberi

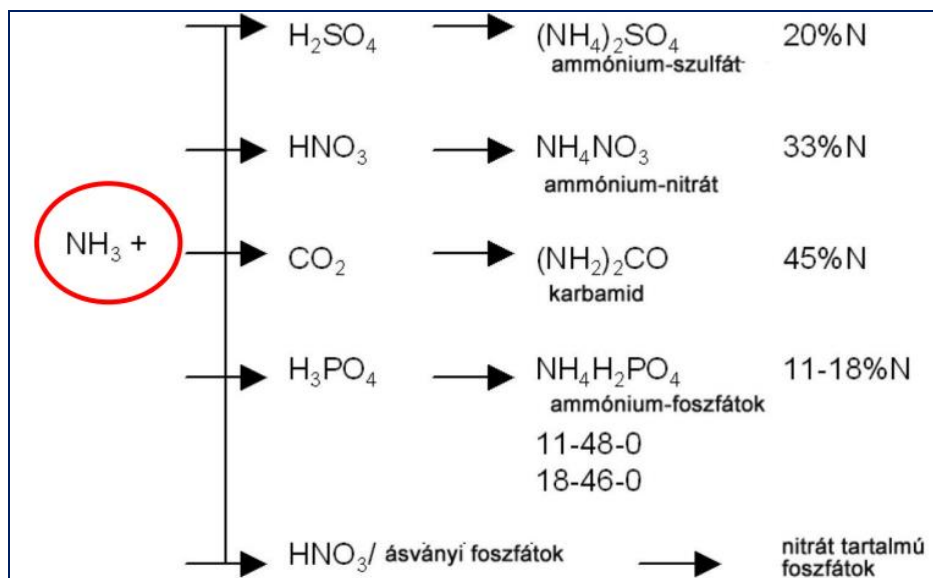
¹ (1-3) együttesen hivatkozhatóak: veszélyes üzemként



ellenőriznek. Továbbá felső² és alsó³ küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemküzemeltetői által elkészített biztonsági jelentés (BJ) és biztonsági elemzés (BE) meghatározó dokumentum a súlyos balesetek megelőzése, elhárítása tekintetében. Hasonló célt szolgál a küszöbérték alatti üzemek esetén a 219/2011. (X.20.) Korm. rendelet 33.§ szerinti Súlyos Káresemény Elhárító Terv (SKET) is. [4]

A műtrágyagyártás közben keletkező legfőbb veszélyes anyagok következők: NO, NO₂; SO₂; HF; NH₃ és por. Továbbá az ammónium-nitráthoz elengedhetetlen vegyület a salétromsav, melynek gyártása közben nagy mennyiségű nitrogén-dioxid gáz keletkezik, ez a gáz felelős többek között az üvegházhatásért is. A salétromsav mellett, a másik alapvegyülete a műtrágya előállításának az ammónia.

A következő ábrán az ammónia a műtrágyák előállításában betöltött kulcsszerepe kerül bemutatásra:



3. ábra Dr. Pátzay György, Kun Róbert, Dr. Mika László Tamás: A szerves vegyipar ágazatai,

A nitrogénipar, műtrágyák, 33 p.

² felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem: ahol a jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége az 1. melléklet alapján meghatározható felső küszöbértéket eléri vagy meghaladja.

³ alsó küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem: ahol az 1. melléklet alapján meghatározható alsó küszöbértéket elérő vagy meghaladó, de a felső küszöbértéket el nem érő mennyiségben veszélyes anyagok vannak jelen.



Az üzem területén gyártás során, ha ammónia szabadul a környezetbe vagy ammónium-nitrát robbanás és annak az égése által keletkező gázok jutnak ki (NO_x), azok potenciálisan veszélyeztethetik a lakosságot. [5]

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011 (X.20.) Kormányrendelet szerint a veszélyes üzemek üzemeltetőinek a biztonsági jelentésben és biztonsági elemzésben meg kell határozniuk a veszélyeztetett terület minden pontjára a sérültek egyéni kockázatát. Az üzemeltető javaslata alapján a hatóság által kijelölt veszélyességi övezetet három részre osztja: belső, középső és külső zónára.

- Belső zóna: sérülés egyéni kockázata meghaladja a 10^{-5} esemény/év értéket,
- Középső zóna: sérülés egyéni kockázata 10^{-5} és 10^{-6} esemény/év között mozog,
- Külső zóna: sérülés egyéni kockázata nem éri el a 10^{-6} esemény/év értéket, de magasabb, mint 3×10^{-7} .

Egy esetleges robbanás esetén valószínűsíthetően épületkárok és személyi sérülések fognak keletkezni. Épületkárok esetén leginkább statikailag rosszabb állapotban lévő épületek lakhatatlanná válnak és tömeges üvegtörésekkel és tetőszerkezeti károkkal kell számolni. Személyisérülés főként robbanás okozott különböző fokú mechanikai sérülések és időleges halláskárosulás léphet fel. Továbbá a robbanás az epicentrum közelében lévő infrastruktúrát is megrongálhatja.

4. TÁROLÁS VESZÉLYEI

Tárolás szempontjából a műtrágyákat érintő fontos tulajdonság a higroszkóposság, ami miatt hajlamos a termék összetapadni és ezzel csökkenteni a felhasználhatóságot. Ezzel a gyártók is tisztában vannak ezért számos olyan eljárást dolgoztak ki, mellyel a kellemetlen tulajdonságot semlegesíteni lehet. A legelterjedtebb eljárások légmentes tárolás műanyagból készült zsákok alkalmazásával, vagy speciális bevonat létrehozása a szemcsék felületén, amittől nem jön létre a nedvesség elszívás (polimer anyagok); különböző adalékanyagok hozzáadása a gyártási fázis alatt (pl.: pétisó). Ezeknek az eljárásoknak köszönhetően, a termék utána akár ömlesztve is tárolható és az ADR szabályai alól is mentesülnek.



Az ammónium-nitrát alapú műtrágyák esetén azonban más tárolási veszélyek is felléphetnek, így rájuk más tárolási szabályok vonatkoznak. Az okok az ammónium-nitrát tulajdonságaiban keresendők: robbanásveszélyes, gyúlékony, nagy mennyiségben erős oxidálószer. Az olvadáspontja $169,6^{\circ}\text{C}$, lassú hevítés esetén bomlani kezd, és folyékony halmazállapotúvá válik, ami a vegyület legveszélyesebb állapota, ugyanis az ekkor keletkezett olvadék tócsa nagyon könnyen képes reakcióba lépni más anyagokkal pl.: fémporokkal, redukálószerrel stb.. 210°C felett hirtelen melegítés hatására robbanás mehet végbe, ám fontos hozzátenni, hogy ehhez számos más komponens együttállása is szükséges. Többek között nagy mennyiségű ammónium-nitrátnak kell egy helyen lenni. (300 tonna mennyiség felett, alatta jellemzően deflagráció megy végbe) és szerves anyagok jelenléte is befolyásoló tényező. [7]

A műtrágya tárolás alapvető szabályait a 36/2006 (V.18.) FVM rendelet 10.§ szabályozza.

1. Termésmenővelő anyagnak meg kell őrizni a hatóanyag-tartalmát, fizikai- és kémiai romlását meg kell akadályozni.
2. A raktárként funkcionáló létesítmény esetén kizárólag olyan helyet lehet kijelölni, ahol a legmagasabb talajvízszint és a tárolóaljzat szintje között minimum 1.5 méter szintkülönbség van. Biztosított a csapadékvíz elvezetés, oly módon, hogy a tárolt termékekkel véletlenül sem tud érintkezni. Vízjárta területek közelében nem létesíthető tároló.
3. Szilárd műtrágyát csak olyan fedett, szilárd aljzatburkolatú helyen lehet tárolni, ahol az eső- és belvív elvezetés megoldott, nem tud a termék vízzel érintkezni illetve kiszóródott anyag begyűjthető.
4. Különbözö hatóanyagú műtrágyákat ömlesztve, elkülönítve kell egymástól tárolni, a dokumentációkat és az adatait a terméknek fel kell tüntetni látható módon.
5. Folyékony műtrágya, kizárólag olyan tartályban tárolható, ami csurgás- és csepegésmentes és az anyaga nem lép reakcióba a benne tárolt folyékonytermékkel. A tartályt teletölteni a hőtágulás miatt szigorúan tilos. Továbbá a termék nevével és hatóanyagok megnevezésével el kell látni a tartály külső falát, vízállónak kell lennie a feliratnak.
6. 28 tömeg % feletti ammónium-nitrátot, és nitrogént AN formátumban tartalmazó csomagolt műtrágyát (NPK), olyan körülmények között kell tárolni ami, megakadályozza a hőciklusok miatti átkristályosodást, napsugárzástól védett, átszellőztethető, nedvességtől mentes zárt helyen. Legfeljebb 8 zsák magasságban kerülhetnek egymásra a termékek. Egy tárolásra kijelölt



egységben maximum 300 tonna tárolható, két tároló létesítmény között 10 méternek kell lennie minimum. Továbbá más éghető anyag nem lehet a tárolóktól számított 10 méteres vonzáskörében. [8]

Külső tárolásnál hasonló szabályok vannak érvényben, mint zárt tér esetén, leszámítva, hogy ömlesztett műtrágyát nem lehet kültéren tárolni. A termékeket az időjárás viszontagságaitól még fokozottabban kell védeni, illetve a nedvesség és szennyező anyagok bejutását is meg kell akadályozni. [9]

5. MŰTRÁGYA SZÁLLÍTÁSÁBAN REJLŐ VESZÉLYEK

Az ammónium-nitrát műtrágyák esetén a közúti és vasúti szállításnál az ADR és RID szabályok szerint történik a fuvarozás. Szállításkor fel kell tüntetni a veszélyes anyag UN számát, mely a veszélyt jelölő 30x40 centiméteres narancs színű tábla alsó felén szerepel. A kemlerszám felül helyezkedik el utalva a szállított anyag fő veszélyére és több számjegy esetén a járulékos veszélyekre. Az UN2067: ammónium-nitrát alapú műtrágya veszélyességi besorolása: 5.1. csomagolási csoport III.

A járműveken, konténereken, vasúti vagonokon, narancsszínű figyelemfelkeltő táblákat kell elhelyezni elöl és hátul. (e tábla kinézete, egy kemler és UN szám nélküli veszélyt jelölő táblával megegyező). A 25x25 cm-es nagy veszélyességi bárcák a szállított anyag veszélyességi osztályára hívja fel a figyelmet. Küldeménydarabos szállítás esetén a csomagoláson is fel kell tüntetni. Ha egy veszélyes árunak nem egy, hanem több veszélye is van, akkor a küldeménydarabokon az úgynevezett fő- és járulékos veszélyek jelzésére több különböző veszélyességi bárcát is el kell helyezni.

Az ADR-ben lévő 1.10.3.1.2. táblázat meghatározza, hogy az 5.1 osztályba sorolt ammónium-nitrát alapú műtrágyák esetén tartályban 3000 l vagy ömlesztve 3000 kg feletti mennyiség esetén nagy közbiztonsági kockázattal járó veszélyes árunak minősülnek.

Mennyiségi korlátozásnál az irányadó adat a szállítási kategória. Az ADR 3.2 fejezetének táblázata az UN2071-es és UN2067-e ammónium-nitrát alapú műtrágyákat a hármas szállítási kategóriába sorolja, így a legnagyobb megengedett szállítási mennyiség 1000 kg vagy l.



Az ENSZ is kiadott egy ajánlást, az NPK műtrágyákra (ezek egy része csupán a cikk középpontjában álló ammónium-nitrát) vonatkozó biztonságos szállításról, ami az alábbi iránymutatásokat tartalmazza:

- szállítás során a magas hőforrásoktól távol kell tartani a terméket,
 - óvni kell a véletlenszerű hevítéstől, mert 120 °C felett olyan bomlási folyamatok kezdődnek meg, melyek többsége visszafordíthatatlan, és ha a környezetében egyéb anyagok is jelen vannak, akkor ezen anyagok kölcsönhatásának köszönhetően a bomlás mérgező gázok felszabadulásának jelenlétével megy végbe, mint pl.: HCl, NO_x, Cl₂.
- [10]

Természetesen a szigorú szabályozás és a megfelelően felkészített, tapasztalt személyzet sem garancia a baleset bekövetkezésének elkerülésére, különösen igaz ez a közúti veszélyes áru szállítás tekintetében, hiszen számos előre nem látható, külső befolyásoló tényező játszhat szerepet egy esetleges baleset bekövetkezése esetén.

6. AMMÓNIUM-NITRÁT, MINT KORLÁTOZOTT ROBANNÓSZER PREKURZOR

2021. február 1-től hatályban lévő Európai Parlament és Tanács által megalkotott 2019/1148 rendelet lényegesen megszigorította a magas nitrát tartalmú műtrágyák értékesítési és adminisztrációs rendszerét.

Korlátozott robbanószer prekursorok: Azok az anyagok, keverékek, amik önmagukban vagy más anyagokkal keveredve nem hozhatók lakossági személyek számára forgalomba, azokat lakossági személy nem birtokolhatja, hozhatja be vagy használhatja fel. Gyanús tranzakciót, lopást, vagy jelentős hiányt 24 órán belül jelenteni kell.

A rendelet az összes Uniós tagállamra vonatkozik, alkalmazása kötelező érvényű, továbbá a gazdasági szervezetekre és online piactereken történő értékesítésre vonatkozik.

A rendelet fő célkitűzése, hogy visszaszorítsa az illetéktelen felhasználóknak történő „robbanószer prekursor” értékesítését. A rendelet létrejöttének egyik oka, a pokolgépes terror merényletek és más bűncselekmények elkövetésének visszaszorítása. A 2015-2017 között



elkövetett terror merényletek során alkalmazott robbanószerek közel 40% valamely robbanószer prekursorból készítették házi körülmények között. [11]

A jogszabály 8. cikke rendelkezik az értékesítésnél irányadó szabályokról. Így vásárlás esetén mindig ki kell tölteni a rendelet által IV. mellékletben megadott vásárlói nyilatkozatot. Ezáltal a leendő ügyfél beazonosíthatóvá válik, illetve a cég tevékenysége és a robbanószer prekursor felhasználási területe is. A gyanús tranzakciókat és lopásokat 24 órán belül jelentenie kell a gazdasági szereplőnek vagy az online piactér üzemeltetőjének a nemzeti kapcsolattartó pont felé, ami hazánk esetén a rendőrség. A tranzakciót megtagadhatja a gazdasági szereplő is, és ez esetben is jelentési kötelezettsége van a hatóság felé. A jogszabály a 9. cikk (1) bekezdésében részletezi a gyanús vásárlásokra utaló jeleket, ezzel egyfajta segítő mankókat ad a gazdasági szereplők számára, hogy eredményesebben legyen képesek kiszűrni a gyanús eseteket. Természetesen az EU által hozott jogszabály betartását ellenőrizni szükséges, ezt a feladatot látja el a Budapesti Fővárosi Kormányhivatal kereskedelmi, valamint külkereskedelmi hatósági osztálya. Akár bírság vagy tevékenység végzésétől való eltiltást és elkobzást is kiszabhat a jogszabályt be nem tartókkal szemben.

Az ammónium-nitrát alapú műtrágyák esetén 16 %-os N koncentráció a határérték (2019/1148 EU rendelet I. melléklet: Korlátozott robbanóanyag-prekursorok), így 16% N tartalom alatti termékeket lakossági felhasználók is szabadon vásárolhatnak és felhasználhatnak. [12]

7. HELYETTESÍTÉSI LEHETŐSÉGEK

Ammónium-nitrátot számos veszélytelenebb vegyülettel ki lehet váltani, valamiért mégis töretlen népszerűségnek örvend, több mint egy évszázada. Különösen itthon népszerű a termék, elsősorban a kedvező ára miatt. Illetve mert ammóniumiont és nitrátiont közel fele-fele arányban tartalmaz, így a növények számára kiváló tápanyagforrás, melyet maradéktalanul fel tud használni. Nitrogén tartalma az ipari ammónium-nitrátnak $34 \pm 0,3\%$. Ammónium-nitrát helyett alkalmazható vegyületek: pétisó, ammónium szulfát, kálium-nitrát, nátrium-nitrát, kalcium-nitrát, karbamid és származékai. Legkézenfekvőbb összehasonlítani a pétisóval lehet az ammónium-nitrátot, hiszen nagyon közel áll egymáshoz a két vegyület. A pétisó a hozzáadott



kalcium és magnézium révén javítja a talaj szerkezetét és javítja az ionegyensúlyt, aminek köszönhetően a többi tápelem felvétele és hasznosulása is nő.

A pétisó előnyei az ammónium-nitráttal szemben:

1. Jobb az oldódási képessége az ammónium-nitrátnál,
2. Az ammónium-nitrát higroszkóposága miatt rosszul tárolható, mert a 63% feletti páratartalom esetén magába szívja a vizet és szárad, ha a levegő nedvesség tartalma az érték alá megy. Ebből következik, hogy hajlamosak a szemcsék az összetapadásra. Az átkristályosodás folyamata miatt maradandó kötés jön létre.
3. Magasabb szemcseszilárdsága van és jobb hőfoktűrőképessége, a 34%-os ammónium-nitrát szemcseszilárdsága a fele a pétisóéhoz képest. Ezért szállítás során az ammónium-nitrát képes törni és porladni. A pétisó tartalmaz ammónium-szulfát ((NH₄)₂SO₄), kalcium-nitrát (Ca(NO₃)₂) és magnézium-nitrát (Mg(NO₃)₂) adalékokat. Az ammónium-szulfát a szemcsék szilárdságát növeli, a magnézium-nitrát pedig a műtrágya hőfoktűrési hajlamát javítja.

Az ipari ammónium-nitrátnak további, számos más hátránya is van a pétisóval szemben, ez a következők:

- a. Robbanásveszélyes, különböző szennyező anyagok esetén (főként szerves anyagok, kloridok és fémek) robbanásra hajlamos lesz.
- b. Szállítása esetén az ADR szabályai alá esik,
- c. Talajsavanyító hatású, ugyanis az ammónium-nitrát nem tartalmaz dolomitot ezért nem lesz jobb a talaj kalcium koncentrációja és pH értéke sem fog javulni. Az ammónium-nitrát a pétisóhoz képest kisebb terméshozamot és gyengébb termésminőséget képes elérni.
- d. Gyengíti a növény stressztűrő képességét, mely ugyancsak a dolomit hiányára vezethető vissza.

Összességében elmondható, hogy a pétisónak több kedvező hatása van az ammónium-nitráttal szemben, amellett, hogy alacsonyabb N tartalma van, minden más tekintetben előnyösebb választás lehet mind a termőföld, mind pedig biztonság szempontjából. Az MTA-TAKI irányításával a Nitrogénművek Zrt.-vel közösen készült egy 3 évet felölelő kutatás, ahol összevetették az ammónium-nitrát és a pétisó „trágyázási képességét” kontroll csoportot is



alkalmazva, az ország minden megyéjéből begyűjtött barna erdőtalajon őszibúza alkalmazásával. 100 kg/hektár esetén. Az alábbi eredmény született: [13]

Kezelés	Szemtermés kg/ha	fehérje %	nedves siker %	pH
kontroll	2325	12,3 %	26,4 %	4,29
AN 100kg/ha	3188	13,3 %	28,3 %	4,16
Pétisó 100 kg/ha	3675	13,5 %	28,9%	4,32

4. ábra MTA-TAKI adatai alapján szerző által készített táblázat

8. 2020-BAN BEKÖVETKEZETT BEJRÚTI ROBBANÁS

Mai, XXI. századi, kényelmes világunkban alapvetésnek vesszük a biztonságot és hajlamosok vagyunk megfeledkezni arról, hogy a potenciális veszély épp ugyanúgy ott van a háttérben mindennapjaink során is. Ennek az ipari balesetnek bekövetkezésének oka leginkább abban keresendő, hogy minden olyan fontosabb biztonsági mechanizmus, melyek a cikk során említésre kerültek, nélkülözve voltak. 2020. augusztus 5-én Libanon fővárosában hatalmas katasztrófa következett be, mely rengeteg áldozattal járt mind emberéletben mind anyagi kárban. Legalább 2750 tonna ammónium-nitrát alapú műtrágya semmisült meg. A robbanás kialakulása feltehetően emberi mulasztások sorozata okozta, pontosabban teljes felügyeletmentesség és ignorálás. Ugyanis ezt a nagy mennyiségű ammónium-nitrátot egy hajóról lefoglalt szállítmányként, egy raktárépületben tárolták hat éven át, bármiféle hatósági ellenőrzést és biztonsági felügyeletet mellőzve. A katasztrófa következtében 220 ember elhunyt és 6500 főnél is több megsebesült. A robbanások több mint 50.000 lakóépületet tettek lakhatatlanná. A felbecsült kár értéke 10-15 milliárd dollár nagyságú. A katasztrófa miatt, a kormány kéthetes szükségállapotot hirdetett és Bejrútot katasztrófa sújtotta övezetté nyilvánította. Robbanás nagyságát jól szemlélteti, hogy még a 200 kilométerre lévő Cipruson is érezni lehetett. [14] Haroun Mahgrefteh, a University College London vegyész-mérnök, a hatalmas detonációt azzal magyarázta, hogy az ammónium-nitrát nagy mennyiségben volt egy



helyen szabálytalanul tárolva hosszú éveken át, a levegő páratartalmát megkötötte és a szemcsék összetapadtak, ami fokozott nagyságú robbanást idézett elő. [15]

A gazdaságilag instabil helyzetben lévő közel-keleti országban, a katasztrófa bekövetkezésekor regnáló kormány lemondani kényszerült, így nem csak emberek és anyagi javak estek áldozatul, de politikai következményekkel is járt. A robbanásnak a mai napig nincsenek felelősei, ahogy a károsultak kártalanítása sem történt meg ezidáig. [16]



6. ábra robbanás után a kikötőnegyed

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző által érintőlegesen bemutatott esettanulmányokból látható, hogy továbbra is jelen vannak azok a biztonsági kockázatok a nitrát alapú műtrágyák,- különösen az ammónium-nitrát kezelési folyamatában, amelyek ipari katasztrófákhoz vezethetnek. Az ammónium-nitráthoz köthető nemzetközi balesetek elemzésekor, kimutatható volt, hogy az emberáldozatokat követelő katasztrófák döntően nem a lakossági, kis felhasználókhöz kapcsolódóan következtek



be. A nagyobb balesetek bekövetkezése az iparhoz köthető. Ennek mennyiségi okai vannak elsősorban. Az ipar- és a kereskedelmi lánc szereplőinek mindent el kell követniük, hogy megfeleljenek a biztonsági előírásoknak. Ezen előírások betartatásában és betartatásában azonban még vannak hiányosságok. A hibák javításával a balesetek kialakulásának kockázata csökkenthető, azonban a kezelési eljárások mindenképpen állandó ellenőrzésre és frissítésre szorulnak. A baleseteket előidéző okok elemzésénél többször felmerült problémaként, hogy az üzemeltetők hajlamosak a biztonságra kevesebbet áldozni a szükségesnél. Pedig, ahogy ez a biztonságosan működő üzemeknél is látható, a megelőzés mindig a gazdaságosabb opció a kárelhárítással és,- vagy a helyreállítással szemben.

A 2019/1148-as EU rendelet áttörést hozhat ezen a területen is, hiszen uniós szinten szigorúbb szabályozás alá került, többek között az ammónium-nitrát is. Bár az uniót elsősorban a terrorizmus ellen hirdett harca sarkallta a szigorításra. A jogszabály által elérni kívánt cél az volt, hogy ellehetetlenítse a házi készítésű robbanószerekhez szükséges alapanyagok beszerzését legális, kiskereskedelmi csatornákból. Minden tagállam kötelessége, hogy a rendeletben foglalt ellenőrzéseket és az azokhoz köthető kötelezettségeket a gazdasági szereplők maradéktalanul és helyesen hajtsák végre, ennek vizsgálata és ellenőrzése céljából kijelölésre került nemzeti ellenőrző hatóság. Ez a hatóság Magyarország esetében a Budapest Főváros Kormányhivatala - Kereskedelmi, Haditechnikai, Exportellenőrzési és Nemesfémhitelesítési Főosztály. [12]Ezzel együtt üdvözlendő az új szabályozás, mert a szigorúbb ellenőrzés, a társhatóságok szorosabb együttműködése (BFKH, Rendőrség) az alapanyag előállítás, import, feldolgozás, szállítás, tárolás területén, valamint az ellenőrzés kiterjesztése a kiskereskedői hálózatra nagyban elősegíti a biztonságos munkavégzést és csökkenti a balesetek bekövetkezésének valószínűségét. Az ammónium-nitrát műtrágyaként való felhasználása számos, más, biztonságosabb és akár hatékonyabb termésknövelő anyaggal kiváltható. Ám az ammónium-nitrát népszerűsége a mai napig töretlen, elsősorban a sokrétű felhasználhatóságának, könnyű előállításának köszönhetően.



HIVATKOZOTT FORRÁSOK

- [1] A. Schäffer, „A MÁV Zrt. áru fuvarozási üzletág szerepe és kitörési lehetőségei a magyarországi műtrágya piacon,” Budapest, pp. 24-29.
- [2] Nitrogénművek Zrt., „Éves Jelentés 2020,” Pétfüred, 2021.
- [3] Agrárszektor.hu, „Itt a Nitrogénművek nagy terve: így zöldítené ki a műtrágyagyártást a magyar cég,” [Online]. Available: <https://www.agrarszektor.hu/noveny/itt-a-nitrogenmuvek-nagy-terve-igy-zolditene-ki-a-mutragyagyartast-a-magyar-ceg.32018.html>. [Hozzáférés dátuma: 16 03 2022].
- [4] 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet, „a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéséről,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100219.kor>. [Hozzáférés dátuma: 12.03.2022.].
- [5] R. Kun, G. Dr. Pátzay és L. T. Dr. Mika, „Szervetlen vegyipar ágazatai A nitrogénipar Karbamid gyártás,” Budapest, 2019, pp. 37,61.
- [6] „Kémia technológia I. 4. előadás: Nitrogénipar,” [Online]. Available: <ttmk.nyme.hu/.../Kémiai%20technológia%205.%20előadás.pptx>. [Hozzáférés dátuma: 02 02 2022].
- [7] J. Dobor, L. Kátai-Urbán és R. Szendi, „Az ammónium-nitrát műtrágyák tárolásából származó veszélyek és az ebből fakadó súlyos balesetek megelőzésének lehetőségei,” Hadmérnök , % 1. kötet8, % 1. szám2, pp. 182-190, 06 2013.
- [8] 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet, „a termésknövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600036.fvm>. [Hozzáférés dátuma: 12.03.2022.].
- [9] GENEZIS, „Raktározási és tárolási előírás,” 09 2018. [Online]. Available: <https://www.genezispartner.hu/wp-content/uploads/2018/09/Rakt%C3%A1roz%C3%A1si-%C3%A9s-T%C3%A1rol%C3%A1si-el%C5%91%C3%ADr%C3%A1s-rev1-20180921.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 17. 03. 2022.].



[10] YARA Hungary, „A műtrágya biztonságos kezelése és tárolása,” [Online]. Available: <https://www.yara.hu/tapanyagellatas/mutragya-biztonsagos-kezelese/mutragyaval-kapcsolatos-biztonsag/>. [Hozzáférés dátuma: 15. 01. 2022.].

[11] Európai Parlament, „Szigorúbb szabályokkal lép fel a házi készítésű bombák ellen a Parlament,” 16. 04. 2019. [Online].

Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/security/>

[20190222STO28408/szigorubb-szabalyokkal-lep-fel-a-hazi-keszitesu-bombak-ellen-a-parlament](https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/security/20190222STO28408/szigorubb-szabalyokkal-lep-fel-a-hazi-keszitesu-bombak-ellen-a-parlament).

[Hozzáférés dátuma: 31. 03. 2022.].

[12] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/1148 rendelete, „a robbanóanyag-prekursorok forgalmazásáról és felhasználásáról,” 20. 06. 2019. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex%3A32019R1148>. [Hozzáférés dátuma: 04. 03. 2022.].

[13] Agronapló, „Az Ammóniumnitrát műtrágya hátrányai a Pétisóval szemben!,” 05. 02. 2014. [Online]. Available: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2011/04/pr/az-ammoniumnitrát-mutragya-hatranyai-a-petisoval-szemben>. [Hozzáférés dátuma: 30. 03. 2022.].

[14] Samar Al-Hajj, „Beirut Ammonium Nitrate Blast: Analysis, Review, and Recommendations,” *frontiers in Public Health*, 04. 06. 2021. [Online]. Available:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2021.657996/full>

<https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.657996>. [Hozzáférés dátuma: 30. 03. 2022.].

[15] A. Lee, „The terrifying physics behind Beirut’s deadly explosion,” *Wired*, 06. 08. 2020. [Online]. Available: <https://www.wired.co.uk/article/beirut-port-explosion-physics>. [Hozzáférés dátuma: 28. 03. 2022.].

[16] Amnesty International, „Lebanon: One year on from devastating Beirut explosion, authorities shamelessly obstruct justice,” 21. 08. 2021. [Online]. Available: <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2021/08/lebanon-one-year-on-from-beirut-explosion-authorities-shamelessly-obstruct-justice/>. [Hozzáférés dátuma: 28. 03. 2022.].



Vásárhelyi Örs László

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet

e-mail: vasarhelyi.ors@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-6752-2546



Szalkai István

VESZÉLYES ÜZEMEK VIZSGÁLATA DRÓN ESZKÖZÖKKEL

Absztrakt

Az alkalmazott kutatásom egyik iránya olyan kereskedelemben nem beszerezhető drón eszközökre, mint szállító platformra telepíthető szenzor vagy szenzor csoport kialakítása, illetve kifejlesztése. A fejlesztés eredményeként kifejlesztett mérések elvégzésére optimalizált drón eszközök zárt láncú adatátvitelen keresztül egybekapcsolhatók és alkalmasak a tapasztalati vagy mért adatok továbbítására. A saját helyváltoztatásukat saját maguk biztosító drón eszközre telepített mérőeszközök alkalmasak lehetnek veszélyes üzemek ember vezérelt, vagy autonóm vizsgálatára, illetve a felügyeletükhöz szükséges folyamatos mérések elvégzésére.

Kulcsszavak: drón, veszélyes üzemek vizsgálata, autonóm mérőeszközök

INSPECTION OF HAZARDOUS PLANTS WITH DRONE DEVICES

Abstract

One of the directions of my research is to design or develop a sensor or a group of sensors that can be installed on non-commercial drone devices such as a transport platform. As a result of the improvement, the optimized drone can be connected via closed-loop data transmission and are suitable for the transmission of experiential or measured data. Measuring devices installed on a drone, which is capable of relocating may be suitable for human-controlled or autonomous inspection of hazardous plants and to carry out the continuous measurements required for their supervision.

Keywords: drone, inspection of hazardous plants, autonomous measuring instruments



1. BEVEZETÉS

A drónok olyan pilótánélküli, távirányított, repülni képes eszköz, amelyek elterjedése és használata egyre gyakoribb. A drónokat ma már számos területen alkalmazzák, hatékonyságuk a védelmi szférában is megmutatkozott. Az eszköz hatékonyan alkalmazható a katasztrófavédelemben is [1] többek között árvízi védekezés esetén [2] vagy erdőtüzek felderítése során [3], de ma már közszolgálati alkalmazásának lehetőségei is megnyíltak [4]. Ez szintén igazolja a tűzvédelmi szakterület komplexitását [5].

Kutatásom egyik iránya, annak megállapítása, hogyan használhatók a drónok a veszélyes üzemek működésével összefüggő műszaki adatok mérésére, illetve a kifejlesztett drón platformra felépített mérőeszközök milyen módon lehetnek alkalmasak ezen üzemek működésének felügyeletét ellátó mérőeszközök közé történő integrációra.

A veszélyes üzemek működéséhez szükséges hatósági működési engedélyek elbírálásához szükséges vizsgálatoknál, valamint az ipari berendezések műszaki felügyeleti munkái során a legtöbb esetben nehezen megközelíthető és veszélyes munkakörülmények között, nagy tapasztalattal rendelkező szakembereknek kell az ipar területeken vagy az üzemelő berendezéseken dolgozniuk [6]. A közvetlen, manuálisan irányított mérések, és vizuális ellenőrzések adatait helyszíni vizsgálat után további irodai munka során dolgozzák fel, dokumentálják majd elemzik az eredményeket. Ezeket az ellenőrzési, felügyeleti munkákat gyakran jelentős állványozási, daruzási előkészítő munkák előzik meg. Ez mind időigényes feladat, ami jelentős költségeket is jelent. Ezt a valós piaci igényt felismerve a kutatási feladataim sorába illesztettem egy olyan drónszenzoros rendszer fejlesztését, amely mind a veszélyes üzemeket működtető vállalkozások életében, mind pedig a mérőeszköz gyártó vállalkozások életében egyedülállónak és újdonságnak számítanak.

A fejlesztési folyamat eredményeként létrehozni kívánt drón eszközre telepített mérőeszköz vagy mérőeszköz csoport jelentősen csökkentené az üzemi vizsgálati munkák, mérések időtartamát, növelné a kiértékelés pontosságát, egyszerűsíthati az ismétlődő vizsgálatok elvégzését, továbbá igen fontos szempontként növelné az egyre szigorodó munkavédelmi és egészségvédelmi előírások betarthatóságát. A kitűzött műszaki fejlesztési célok elérése esetén



költséghatékonyabb eszközök állnának rendelkezésre a veszélyes üzemek üzemeltetői, illetve létesítésük esetén azok beruházói és kivitelezői részére is.

A kutatásom fő iránya egy olyan szenzor csoport létrehozása, amelyek drónnal egybekapcsolhatók és képesek a tapasztalt, mért adatok továbbítására, egy megfelelő adatátviteli rendszer segítségével. A tervezett eredménnyel két felhasználói csoportot is ki tudunk majd szolgálni. Egyrészt a műszaki felügyeleti terheket lehet majd csökkenteni, másrészt ez hatékonyabb megoldást kínál az ellenőrzésre és a vizsgálatokra is. A vizsgálatokat követő dokumentáció elkészítése és archiválása is lényegesen könnyebbé tehető. Ezen folyamatok eredményeképpen a veszélyes üzemeket felügyelő hatósági munka átláthatóbbá és könnyebben kezelhetővé válna, a feljük benyújtandó dokumentumok könnyebb kezelhetősége miatt.

2. A PIACI POTENCIÁL VIZSGÁLATA

A piaci potenciál nagyságát a felhasználói célcsoport meghatározása már körvonalazta. Magyarországon folyamatosan emelkedik a beruházások száma, ezzel együtt elkerülhetetlen a műszaki felügyelet, az ellenőrzés és a tervezés. Mivel ez sokszor időigényes, költséges és olykor veszélyes tevékenység is, ennek érdekében ki kell dolgozni egy drónszenzoros rendszert, amely egyedülálló lehet a piacon. Összességében a sajtóból is lehet tudni, hogy az előttünk álló időszakban a Paksi beruházás helyszíni munkavégzésre megadott előzetes száma 10,3 milliárd dollárra tehető, míg a MOL Poliol üzeme 1,8 milliárd dollár, az ehhez kapcsolódó műszaki felügyeleti tevékenység piaci volumene a 12 milliárdos beruházás 1,5-3%-át teheti ki. Ha csupán csak ezt a két tételt vizsgáljuk, akkor is láthatjuk, hogy jelentős a piaci potenciál.

A TAM CERT Magyarország Vizsgáló és Tanúsító Kft. a drónszenzoros műszaki felügyeleti tevékenység bevezetésével egyrészt ezen piaci szegmens vezetői szolgáltatójává válhat első ipari felhasználóként, másrésztől a technológia elterjesztésével – képzések, tréning, tanácsadás – a saját piaci pozíciójának további erősítése mellett az üzemeltetők számára egy innovatív technológia bevezetését segíthető elő.



3. POTENCIÁLIS FELHASZNÁLÓK

Elengedhetetlen azoknak a potenciális felhasználóknak a meghatározása, ami ahhoz kell, hogy megfelelően hasznosítani lehessen a fejlesztéseket. Ez igaz akkor is, ha saját erőből történik a K+F+I tevékenység finanszírozása és különösen igaz, amikor külső erőforrást (pályázati támogatás, pénzügyi hitel) tudunk igénybe venni.

A műszaki fejlesztést megelőzően pontosan meghatározhatjuk, hogy kinek, milyen csatornákon keresztül juttathatjuk el a termék hírért és üzenetét. A technológiát általában azoknak a cégeknek lehet értékesíteni, akik valamilyen nagyobb beruházást végeznek, ezáltal szükségük van műszaki felülvizsgálati és ellenőrzési folyamatra. Az ilyen beruházások mindig jelen vannak – ezt bizonyítja az is, hogy a beruházások értéke évről évre folyamatos növekedést mutat. Ezeknek a beruházásoknak a legnagyobb részét a feldolgozóipari vállalkozások adják.

Fejlesztési ötlettel két csoportot céloz meg:

- Egyrészt azokat a mikro-, kis- és középvállalkozásokat az egész ország területén, akik olyan beruházásokat végeznek, ahol szükséges a műszaki felügyeleti tevékenység, de cégük méretéből adódóan nem rendelkeznek saját műszaki felügyeleti kapacitással, saját mérésügyre szakosodott szervezeti egységgel, vagy állandó saját főállású műszaki ellenőrrrel. Ennek a jövőbeni mérési kapacitásbiztosító tevékenység során figyelembe kell venni a hivatalos gazdasági mutatókat tartalmazó statisztikát, miszerint elsősorban a feldolgozóipari vállalkozások adják az ipari beruházások nagy részét. A fejlesztési tervezett technológiai megoldás számukra gyorsabbá és gazdaságosabbá teheti a működésüket.
- *Másrészt*, a kifejlesztett drónszenzorok alkalmazásával elsősorban az olaj, gáz és energetikai ipari létesítmények – fizikai méretek, kiterjedés, tömeg és megközelíthetőségi speciális adottságok alapján – műszaki felügyeletéhez szükséges, a hagyományos inspekciós tevékenységek részbeni kiváltását lehet érteni. Zöld- és barnamezős beruházások, üzemeltetés közbeni ellenőrzések, nagyleállítások (tervezett karbantartások), részbeni vagy teljes üzemi környezetet érintő rekonstrukciós munkák. Ilyen területeken a drónos szenzor alkalmazása idő és jelentős mellékköltség megtakarítást eredményez, egy pontosabb és rekonstruálható műszaki tartalommal bír a



fejlesztés. Ki szeretném emelni, hogy ilyen veszélyes környezetben előtérbe kerülnek a dolgozók munkaegészségügyi, munkavédelmi szempontjai, amelyek talán kevésbé támaszthatók alá gazdasági számításokkal, viszont az általános biztonsági szint javításával és a dolgozók egészségének megóvásával járulhatnak hozzá az adott üzemi környezet működési biztonságához.

Ezekon kívül a mérési és észlelési eredmények helyszíni kiértékelése kevesebb tapasztalt senior szakértő munkájával oldható meg, enyhítve ezzel a munkaerő állandósult piaci hiányát. Potenciális fejlesztési partnerek, illetve igénybe vevők lehetnek kiemelten a magyar gazdaságban jelen lévő nagyberuházásokat indukáló petrokémiai ipar és az energetikai szektor, azon belül az erőművi körön kívüli szerelési munkák, hagyományos erőművek terv szerinti nagyleállításának, karbantartási munkálatainak műszaki felügyelete.

Az alkalmazott kutatás fő iránya olyan kereskedelemben nem beszerezhető szenzor csoport kialakítása, illetve kifejlesztése, amelyek drónnal, - mint szállító platformmal - egybekapcsolhatók és alkalmasak a tapasztalt, mért adatok továbbítására, egy megfelelő adatátviteli rendszerrel egybekapcsolva.

Kutatásom során kétirányú a fejlesztési célkitűzést fogalmaztam meg:

- Szenzorok szállítására alkalmas drón applikációk kialakítása;
- Drónnal irányított mérésekhez szenzorok fejlesztése a kereskedelemben kapható alapegységekből.

Műszaki kutatásom, illetve a tervezett konkrét kutatásfejlesztési tevékenység:

- műszaki létesítmények, veszélyes üzemi környezetében alkalmazható drón eszközök;
- gázérzékelő szenzorok;
- hőmérséklet és gőztelítettségmérők;
- rezgésmérők;
- felület és anyag falvastagság mérők;
- felületi védelem rétegvastagság mérők



- fejlesztésére, továbbfejlesztésére és működési integrációjukra irányul elsődlegesen kiegészítve a mérési eredmények valós idejű továbbítására alkalmas adatátvitel és adat kiértékelő alkalmazások egyidejű fejlesztésével vagy integrációjával.

A kutatási tevékenységem előkészítése során megvizsgáltam a kereskedelmi forgalomban jelenleg elérhető ipari felhasználásra alkalmas drónokat. A publikáció hossza nem ad arra lehetőséget, hogy ezeket részletesen bemutassam, ezért jelen esetben a vizsgált drónok legfontosabb információit mutató linkeket tüntetem fel:

- <https://myactioncam.hu/dji-enterprise> [7]
- <https://yuneecuav.hu/termek/yuneec-h520e-rtk-ipari-dron/> [8]
- https://www.droneshop.hu/ipar-mezogazdasag-225/ipari-megoldasok-220?gclid=CjwKCAiA78aNBhAlEiwA7B76pytwD-Cik4JKwZV-OyYKfNm9D8kgYvYzRIKZ4K2UJa7uz6mlSmF6pxoCuPkQAvD_BwE [9]
- https://www.workdrones.hu/?gclid=CjwKCAiA78aNBhAlEiwA7B76pyp98rSeOdTzpciyGZIJ6FcUxYSIHltQFeA8dHpLtcSFqgFtQ4cbgRoC7mYQAvD_BwE [10]
- <https://www.ipari-dron.hu/> [11]
- <https://www.dronesys.hu/mezogazdasagi-dronok-245/felmero-dronok-250> [12]
- <https://go2fly.hu/category/ipari-dronok/> [13]
- <https://www.conrad.hu/p/profi-ipari-dron-rtf-kamera-hokep-dji-enterprise-mavic-2-enterprise-universal-edition-dual-1932561> [14]

A következőkben bemutatom a tervezett fejlesztéssel szemben támasztott K+F+I követelményeket és azok várható szakmai eredményeit.

Felismerve, hogy a műszaki felügyeleti és vizsgálati munkák sokszor veszélyes körülmények között végezhetők el, valamint igencsak időigényesek és egyáltalán nem költséghatékonyak, a terv egy olyan egyedülálló drónszenzoros rendszer létrehozása, amely segítségével a fenti problémák megszüntethetők, vagy nagymértékben javíthatók. A projekt olyan fejlesztési munkát, tevékenységet tartalmaz, amely már a fejlesztéshez szükséges tesztelések folyamán is gyakorlati felhasználást tesz lehetővé. Hozzáadott értéke a drónszenzoros vizsgálati ellenőrzési felügyeleti technológiának a beruházók, kivitelezők és üzemeltetők számára az alábbiakban foglalható össze:



I. Csoport: Beruházók és üzemeltetők számára a műszaki felügyeleti munkák elvégzése, készütségi százalékok megállapítása, terv-tény eltérések rögzítése, banki finanszírozáshoz szükséges alátámasztó műszaki dokumentációk szolgáltatása, nagyberuházások üzembe helyezéséhez szükséges dokumentációk nyomon követése, reprodukálható előállítás.

II. Csoport: Üzemeltetők számára az üzem közbeni állapotok ellenőrzése (hőmérséklet, korrózió, védőfestések, kopások folyamatos monitoringja, szivárgások, veszélyes gázok, gőzök kilépési helyének meghatározása), tervezett revíziós leállások vagy nagyjavítások során a berendezések gyorsított állapotfelmérése, állapot-meghatározáshoz adatszolgáltatás.

Konkrétan mérhető eredmények: A beruházások során kivitelezők teljesítmények naprakész nyomon követése: terv- tény állapot folyamatos ellenőrzése. A kritikus eltérési pontok megszüntetésére azonnali intézkedéseket lehet így megtenni, például a nagyberuházások során jelenlevő több kivitelező közötti együttes munkavégzés során egyszerűen szabadíthatók fel a munkaterületek. Utómunkálatok esetében a hiánylisták megszüntethetők, a berendezések javításának ellenőrzése állványozási költség, időkiesés, valamint területfoglalási, engedélyeztetési eljárások nélkül véghezvihető. *Üzemeltetés során:* olaj, gáz és energetikai berendezések műszaki ellenőrzése, a magas költségű egészségügyi és munkavédelmi követelmények szükséges biztosítása nélkül. Továbbá lehetséges a rendszer által a védőbevonatok, szigetelések állapotának ellenőrzése, korróziós károsodások további terjedésének megakadályozására, munkaterület előkészítése üzemzavarokhoz, valamint meghatározhatóvá válnak a leálláshoz vezető hibák (pl. tömítetlenség, anyagfogyás, stb.), és a károsodás degradációja. Tervezett leállások, rekonstrukciós munkák során: átfogó állapotfelméréshez, elemzéshez gyors adatszolgáltatást nyújt, a tervezett karbantartási munkák helyét, terjedelmét pontosítani tudja, ezáltal növeli a költséghatékonyságot, valamint az újra indításhoz szükséges műszaki adatok is nyomon követhetők lesznek. *A szenzor kifejlesztéséhez az alábbi eszközökre van szükségünk:* Adattárolók, elektromos és villamostechikai eszközök beszerzése, Drón beszerzése (alapegység + optikai képalkotó rendszer + hőmérsékletmérés), Különböző szenzorok beszerzése (négy alaptípus: rezgésmérés, falvastagság mérés, rétegvastagság mérés, valamint gáزدetektor)

Mindezekon túl szoftver fejlesztése is szükséges, a drónos rendszer kialakítására, ezért esetenként be kell szerezni a hatósági engedélyeket.



4. A KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG EREDMÉNYHALMAZA

A cél egy olyan saját szolgáltatás kialakítása, amely vagy egy önálló társaság gazdasági tevékenységeként, vagy pedig egy már létező gazdasági társaság gazdasági tevékenységi körét bővítve, értékesíti ezt az eredményt. Egy olyan drónszenzoros rendszert célszerű létrehozni, amely mind egy kritikus infrastruktúrát üzemeltető cég életében, mind pedig a mérési piacon egyedülállónak számítana és nagyban csökkentené a vizsgálati munkák időtartamát, valamint egyaránt költséghatékonyabb lenne a beruházók és kivitelezők részére.

Az alkalmazott kutatás fő iránya olyan kereskedelemben nem beszerezhető szenzor csoport kialakítása, illetve kifejlesztése, amelyek drónnal egybekapcsolhatók és a tapasztalt, mért adatok továbbítására, egy megfelelő adatátviteli rendszer segítségével, képesek. Az ún. „Testing-Inspection-Certification” igényeit figyelembe véve alkottak meg egy projekttervet, amelynek gyakorlati felhasználása egyrészt vizsgáló, ellenőrző és tanúsító szervezetnél alkalmazott technológiában, tevékenységben jelenthet fontos előrelépést, másrészt ezzel párhuzamosan az ipari felhasználásban, elsősorban olaj- és gázipari berendezések, vegyipari üzemek és energetikai létesítmények létesítése és üzemeltetése során növeli a műszaki biztonságot és nyomon követhetőséget.

A fejlesztésnek két irányvonala van. Egyrészt a szenzorok szállítására alkalmas drón applikációk kialakítása, másrészt a drónnal irányított mérésekhez szenzorok fejlesztése a kereskedelemben kapható alapegységekből. A megvalósítás első részeként a szükséges eszközök és szoftverek kerülnek beszerzésre, tehát adattárolók, elektromos és villamostechikai eszközök, a szükséges drón, valamint különböző szenzorok. A drón irányítási rendszerével összehangolt szenzor működtetéséhez szükséges szoftver is kifejlesztésre kerül. Az összehangolt és beállított eszközök után a következő szakaszban megkezdődhet az összehangolt és megalkotott, a drónnal támogatott vizsgáló és ellenőrző rendszer tesztelése.



4.1. A kifejlesztett drónszenzor kipróbálása, alkalmazhatósága

Az első fázisban kialakításra került a tényleges szenzor, amely megalkotásánál figyelembe vették a potenciális felhasználók igényeit és észrevételeit is. Ezek után kezdődött meg a tényleges tesztidőszak, amikor a szenzor megbízhatóságát és hatékonyságát mérték, illetve alakították ki. A tesztelési időszakban is már gyakorlati felhasználást tesz lehetővé a rendszer. Ebben a fázisban történik meg a jövőbeni értékesítési stratégia megalkotása is, valamint a jövőbeni használók számára a tréning program kidolgozása. Hozzáadott értéke a drónszenzoros vizsgálati ellenőrzési felügyeleti technológiának a beruházók, kivitelezők és üzemeltetők számára az alábbiakban foglalható össze:

I. Csoport: Beruházók és üzemeltetők számára a műszaki felügyeleti munkák elvégzése, készültségi százalékok megállapítása, terv-tény eltérések rögzítése, banki finanszírozáshoz szükséges alátámasztó műszaki dokumentációk szolgáltatása, nagyberuházások üzembe helyezéséhez szükséges dokumentációk nyomonkövetése, reprodukálható előállítás.

II. Csoport: Üzemeltetők számára az üzem közbeni állapotok ellenőrzése (hőmérséklet, korrózió, védőfestések, kopások folyamatos monitoringja, szivárgások, veszélyes gázok, gőzök kilépési helyének meghatározása), tervezett revíziós leállások vagy nagyjavítások során a berendezések gyorsított állapotfelmérése, állapot-meghatározáshoz adatszolgáltatás.

4.2. Konkrétan mérhető eredmények

Ide tartozik a beruházások során a kivitelezők teljesítmények naprakész nyomonkövetése, a terv- tény állapot folyamatos ellenőrzése. A kritikus eltérési pontok megszüntetésére azonnali intézkedéseket lehet így megtenni, például a nagyberuházások során jelenlevő több kivitelező közötti együttes munkavégzés során egyszerűen szabadíthatók fel a munkaterületek. Utómunkálatok esetében a hiánylisták megszüntethetők, a berendezések javításának ellenőrzése állványozási költség, időkiesés, valamint területfoglalási, engedélyeztetési eljárások nélkül véghezvihető. Az üzemeltetés során fontos az olaj, gáz és energetikai berendezések műszaki ellenőrzése, a magas költségű egészségügyi és munkavédelmi követelmények szükséges biztosítása nélkül. Továbbá lehetséges a rendszer által a védőbevonatok, szigetelések állapotának ellenőrzése, korróziós károsodások további terjedésének megakadályozására, munkaterület előkészítése üzemzavarokhoz, valamint



meghatározhatóvá válnak a leálláshoz vezető hibák (pl. tömítetlenség, anyagfogyás stb.), és a károsodás degradációja.

Tervezett leállások, rekonstrukciós munkák során átfogó állapotfelméréshez, elemzéshez gyors adatszolgáltatást nyújt, a tervezett karbantartási munkák helyét, terjedelmét pontosítani tudja, ezáltal növeli a költséghatékonyságot, valamint az újraindításhoz szükséges műszaki adatok is nyomon követhetők lesznek.

4.3. A drónszenzor kipróbálása és alkalmazhatósága

A kutatás célkitűzésének megfelelően K+F+I eredményeként létrejön egy olyan, a kereskedelemben még nem beszerezhető műszaki mérések elvégzésére alkalmas szenzor csoport, amely drónnal egybekapcsolható és képes a tapasztalt, valamint a mért adatok továbbítására egy annak megfelelő adatátviteli rendszer segítségével. Ennek köszönhetően a felhasználók jelentős költségeket takaríthatnak meg, valamint az egészségre is káros munkafolyamatokat is elkerülhetik. Legalább három ipari, üzemi jellegű felhasználói körre célszerű a dróntechnológiát felosztani, ahol a területeken belül számos felhasználói csoport alakítható ki:

- Katonai, katasztrófavédelmi célú felhasználás, beleértve a rendőrségi és határvédelmi feladatokat is;
- Szolgáltató jellegű feladatok ellátása: térképészet, szállítmányozás, szerkezeteknél tart a fejlesztés, termőföldek ellenőrzése, vad- és haszonállat megfigyelése, nagy kiterjedésű ipari berendezések, közműrendszerek képi monitoringozása.
- Mezőgazdasági és erdőgazdasági drónok.

A felsorolásból is érzékelhető, hogy a dróntechnológiát már évek óta használják különböző iparágakban, mezőgazdaságban, közlekedésben, adatok gyűjtésére, felmérések tervek készítésére, valamint azok végrehajtásának ellenőrzésére.

A polgári életben egyre nagyobb teret elfoglaló technológia a hadiiparból, illetve a rendfenntartó erők gyakorlatából transzferált át a civil szférába, a tervezett kísérleti alkalmazásnak is az alábbi mérőföldköveket célszerű kitűzni, tehát a drónok és mérő szenzorok műszaki kialakításánál az alábbi folyamatokat kell elvégezni:



Dróneszköz oldalról:

- a fejlesztési tevékenység során az egyedi drónszerkezet konfigurálása úgy mint drón típus kiválasztása (figyelembe véve a teherhordó képességet, a repülésvezérlőt, a földi irányítóállomást, a védelmet és a nagy felbontású esetenként hyperspektrális kamerát);
- egy vagy két kísérleti eszköz összeállítása;
- a szenzorra és a drón platform összeillesztése, esetleg állandó illesztési megoldások alkalmazása, beleértve a dokkolókat is;
- munkavégzéshez szükséges stabilizáló és rögzítő eszközök fejlesztése;
- a mérések elvégzéséhez adaptált manipulátor karok kialakítása;
- autonóm működtetés esetén az előre meghatározott mérési pont koordinátáinak a rögzítése;
- drón kalibrálása.

Szenzor oldalról:

- meg kell határozni a legcélszerűbb a mérési eljárást, illetve eljárásokat;
- fontos a szenzor kiválasztása, figyelembe véve a méréshez megkövetelt pontosságot, a mérési tartományt és tűrést, a mérési sebességet, a módszert és a mérőszensor súlyát és esetleg alakját;
- a mérőeszköz rögzíthetősége a drón oldalnál leírtakhoz hasonlóan;
- a mérési eredmények jeltovábbításának módja, vagy a mérési eredmények gyűjtése.

5. ÖSSZEGZÉS

Összefoglalva a tervezett K+F+I fejlesztés főbb szakmai feladatai a következők:

1. Eszközök beszerzése, szoftverfejlesztés



A kifejlesztett szenzor csoport fejlesztési programjának meghatározása, továbbfejlesztésre alkalmas alapegységek kiválasztása, mért adatok és azok átviteli rendszerének kialakítása: adatmélység, mennyiség, időbeni transzfer meghatározása, adatfogadó szoftver kialakítása, szoftverfejlesztés irányítása, valamint a monitoring drónszenzoros vizsgálatok eredményeinek visszacsatolása a fejlesztési folyamatba. Alapvető elvárás, hogy a drónra telepített mérőeszközök képesek legyenek veszélyes üzemi környezetben működni, rendelkezzenek az ehhez szükséges képességekkel és ezeket igazoló biztonsági tanúsításokkal.

2. Dokumentálás

A kutatás dokumentációs rendszerének kialakítása, folyamatos kezelése és karbantartása, amennyiben szükséges, a dokumentációs rendszer újragondolása, átalakítása, az esetleges későbbi mérésügyi és szabványosítási dokumentációs követelmények alapjainak a megteremtése.

3. Drónok tesztelése

Repülő üzemmódban a drónszenzorok tesztelése, légi navigációs biztonság, (esetenként légtérhasználati engedélyeztetési eljárások kialakítása), gyakorlati és elméleti tréning program kidolgozása a szenzoros drónfelhasználók számára.

4. Elért eredmények dokumentálása, innováció hasznosítás stratégiájának megalkotása, hazai és nemzetközi publikációk elkészítése [15].

Az alkalmazott kutatás fő iránya olyan kereskedelemben nem beszerezhető szenzor csoport kialakítása, illetve kifejlesztése, amelyek ember által irányított vagy autonóm módon vezérelt drónnal egybekapcsolhatók és alkalmasak a különféle szenzorokkal mért adatok továbbítására, egy megfelelő adatátviteli rendszerrel egybekapcsolva, illetve a mért adatok gyűjtésére. A téma újdonságából eredően a kezdeti célkitűzésekben megfogalmazott területeken ki kell dolgozni a potenciális felhasználókhöz eljuttatás hasznosítási stratégiáját és ennek támogatására és a tudományos eredmények bemutatására hazai és nemzetközi tudományos publikációk elkészítése.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kinzhikeyev Sergey - Restás Agoston: *Drone applications for supporting the disaster strategic response management the transport system*. In: Hikmet Karakoc - Jozsef Rohacs - Onder Turan - M.Ziya Sogut: Abstract Book of International Symposium on Sustainable Aviation 2019 (ISSA-2019).
- [2] Nemes Dávid – Restás Ágoston: Drone application for supporting preventive flood management - case study of the Bódva river basin, Hungary. *Védelem Tudomány*, VI. 3. (2021), 474-489. o.
- [3] Bodnár László – Restás Ágoston: *Examination of the forest fires detection: the relationship between the fire and the detection*. In: Viegas Domingos Xavier (ed.): *Advances in forest fire research 2018*. Imprensa da Universidade de Coimbra (2018) pp. 995-1001.
- [4] Restás Ágoston: A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei. *Új Magyar Közigazgatás*, X. 3. (2017), 49-63.o.
- [5] Restás Ágoston – Pántya Péter - Rácz Sándor - Érces Gergő - Heszl József - Bodnár László: *A komplexitás értelmezése a Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék oktatási és kutatási tevékenységében*. In: Vass, Gyula; Restás, Ágoston; Bodnár, László (szerk.): *Tűzoltó Szakmai Nap 2018 " Tudományos Konferencia": A XXI. századi biztonsági kihívások hatásai a magyar katasztrófavédelemre*. Budapest, Magyarország: BM OKF. (2018), 228-232.o.
- [6] Török Z - Kovacs LA – Ozunu A: Ammonium nitrate explosions. Case study: the Mihăilesti accident (2004), Romania. 2015, *Journal of Environmental Research and Protection* 12, 56-60.
- [7] Mezőgazdaság - dji precíziós mezőgazdasági eszközök: <https://myactioncam.hu/dji-enterprise> Letöltés ideje: 2021.01.04.
- [8] Yuneec UAV: <https://yuneecuav.hu/termek/yuneec-h520e-rtk-ipari-dron/> Letöltés ideje: 2021.01.04.
- [9] Droneshop: https://www.droneshop.hu/ipar-mezogazdasag-225/ipari-megoldasok-220?gclid=CjwKCAiA78aNBhAlEiwA7B76pytwd-Cik4JKwZV-OyYKfnm9D8kgyvYzRIKZ4K2UJa7uz6mlSmF6pxoCuPkQAvD_BwE



Letöltés ideje: 2021.01.04.

[10] Work Drone Solutions:

https://www.workdrones.hu/?gclid=CjwKCAiA78aNBhAlEiwA7B76pyp98rSeOdTzpciyGZIJ6FcUxYSIHltQFeA8dHpLtcSFqgFtQ4cbgRoC7mYQAvD_BwE Letöltés ideje: 2021.01.04.

[11] Tta M4e Permeteződrón: <https://www.ipari-dron.hu/> Letöltés ideje: 2021.01.04.

[12] Felmérő drónok: <https://www.dronesys.hu/mezogazdasagi-dronok-245/felmero-dronok-250> Letöltés ideje: 2021.01.04.

[13] GO2FLY <https://go2fly.hu/category/ipari-dronok/> Letöltés ideje: 2021.01.04.

[14] Profi ipari drón RtF: <https://www.conrad.hu/p/profi-ipari-dron-rtf-kamera-hokep-dji-enterprise-mavic-2-enterprise-universal-edition-dual-1932561> Letöltés ideje: 2021.01.04.

[15] Kátai-Urbán Lajos - Vass Gyula: Katasztrófavédelmi PhD doktori képzés és kutatás. *Védelem Tudomány*, IV. 3. (2019), 165-184.o.

Dr. Szalkai István doktorandusz,

Nemzeti Közszerületi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

Fővárosi Közterület-fenntartó Nonprofit Zrt

E-mail: istvan.szalkai.dr@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4667-952



Barbara Elek

RISK ANALYSIS OF A RESERVOIR AS A VITAL SYSTEM COMPONENT

Abstract

The movement of water in nature is a periodic phenomenon, in contrast, social water demand is more even and less seasonal. Reservoirs are created to compensate for the differences between the source and the demand side. Like all human creations, the reservoir as a potential vital component carries risks with its very existence. This article briefly presents possible risk analysis and risk reduction methods for reservoirs. Safety and risk analysis investigations are extended for the entire life cycle of the reservoir and for the entire lifespan of the reservoir. Based on international experience, it proposes the construction of a continuous monitoring system for the reservoir structure.

Keywords: water, reservoir, safety and risk analysis investigations, monitoring system.

VÍZTÁROZÓ, MINT LÉTFONTOSSÁGÚ RENDSZERELEM KOCKÁZATELEMZÉSE

Absztrakt

A víz mozgása a természetben periodikus jelenség, ezzel szemben a társadalmi vízigény egyenletesebb, kisebb szezonalitást mutat. A forrás és igény oldal közötti eltérés kiegyenlítésére víztározókat alakítunk ki. Mint minden emberi alkotás, így a víztározó is, mint lehetséges létfontosságú rendszerelem létezésével kockázatot hordoz. A cikk röviden bemutatja a víztározók lehetséges kockázatelemzési és kockázatcsökkentési módszereit. A biztonságtechnikai és kockázatelemzési vizsgálatokat kiterjeszti a víztározó teljes életciklusára



és élettartamára. Nemzetközi tapasztalatok alapján javaslatot tesz a víztározó műtárgy folyamatos ellenőrző rendszerének felépítésére.

Kulcsszavak: víz, víztározó, biztonságtechnikai és kockázatelemzési vizsgálatok, ellenőrző rendszer.

1. INTRODUCTION

Water is an essential element of our very existence. Nowadays, more and more attention is focused on ensuring the security of water and food supply. With the ever-growing demand for water, water is no longer a worthless, unrestricted free resource in much of the world. Due to the rapid increase of the demand for water, the water shortage in more and more areas can only be addressed through very complex water replenishment. It is also a major challenge in case of fighting against wildfires [1], especially during high fire danger periods [2]. The movement of water in nature is a periodic phenomenon, in contrast, social water demand is more even and less seasonal. In order to compensate the differences between the source side and the demand side, different water storage and water retention methods have been created, and one form of these methods is the storage of surface waters. Its works of art are reservoirs of various shapes and functions. New test methods (horizontal sorption) of water absorption by porous stone surfaces and effect of surface treatments have already been implemented [3].

The creation of technical facilities for storage, the maintenance and operation of storage facilities, and the utilization of water require significant production efforts [4]. Water storage makes it possible to satisfy water demands that change over time, and to replenish water resources. This is a good way to intervene against the unfavorable distribution of water resources. Water storage also provides protection against water damage and can help meet the ever-growing energy demand.



2. RESERVOIR RISK ANALYSIS

A reservoir is connected to its natural and artificial environment of varying strength in space and time. This relationship system is shown in Table 1.

The effects between the elements of the connection system pose different levels of risk to the individual system elements, including humans. The main purpose of risk analysis is to identify and classify risks to individuals, groups of people and society. Parallel to the human risk analysis, the analysis must also be performed for ecological and technical (production, service) systems.

RESERVOIR CONNECTIONS (OF VARYING STRENGTH IN SPACE AND TIME)		
<i>Connection to the catchment area</i>	<i>Water utilization from the reservoir</i>	<i>Water utilization in the reservoir</i>
<ul style="list-style-type: none">-geological-topographic-hydrographic, water network-meteorological, climatic conditions (precipitation, temperature, wind, evaporation, ice conditions waving)-natural conditions (plants - animals)-ecological territory-land uses (industrial - agricultural - transport - infrastructural - residential, settlements)	<ul style="list-style-type: none">-drinking water-energy production-industrial process water-agricultural, irrigation-flood storage (delay)-water replenishment (at lakes)-water reservation	<ul style="list-style-type: none">-wellness, sports - holidays-fishing-heat exchange (cooling)-agriculture, fish, aquatic poultry farming, reed, etc.

Table 1: Connection system of reservoirs



2.1. Risk-based Approach

In the case of water reservoirs - as potential vital system components [5] - the origin and development of the risk-based approach can be traced back to the continuous development of engineering sciences, to the changing political and social demands and to the economic efforts. Numerous international and national studies examined the reasons why reservoir owners switched to risk-based operation. The studies highlighted the following:

- As reservoirs age, dams are less and less able to meet current technical and legal requirements, especially in the event of floods and earthquakes [6].
- People are more and more informed about natural and man-made disasters and dangers, and at the same time there is a growing social demand for safer systems [6], [7].
- The authorities and the government are trying to meet this need, resulting in increasingly stringent regulations [7], [8].
- Frequent changes of ownership of reservoirs and related companies pose a serious problem in operation, as in many cases the new owner is not aware of the basic safety requirements - what's more, does not even know the technology adopted - which also creates the need for risk-based operation. Despite the increasingly strict regulations, the proportion of occupational safety inspections in Hungary is negligible (under 2%) and in addition to this fact, these inspections indicate a very high proportion of workplace malpractice [9].

Uncontrolled processes resulting from the damages of reservoirs can result in a complex emergency, where several components must be investigated and addressed:

- Economic impact: this includes the costs of emergency response, the costs of reservoir restoration, the reconstruction costs, penalties imposed by the authorities and claims for damages.
- Environmental impact: the material escaping from the reservoir spreads over a large area, destroying everything, causing a lasting environmental impact. Additional problems can be long-term effects such as landslides and soil instability (including erosion).



- Social impact: it is easier for the public to accept continuous, occasionally smaller risks, but overall resulting in great damage (e.g., accidents), than one greater risk resulting in smaller damage. In the event of an accident, therefore, negative criticism and pressure from society and politics must also be taken into account.

During the analysis, the risk of reservoir damage for various reasons can be calculated by the following equation[10], [11]:

$$\mathbf{R = P * C,} \quad (1)$$

where R: risk;

P: probability (probability of the most serious event);

C: the severity of the consequence.

According to another definition of risk, it can be defined as follows [10], [11]:

$$\mathbf{R = V * Th * (Cs + CL),} \quad (2)$$

where V: vulnerability;

Th: threat;

Cs: severity of short-term effects;

CL: severity of long-term effects.

2.2. Risk Elements

The risk factors for a reservoir as a potential vital system component can be given below [11]:

a, Hazard Types

- material and energy, i.e., the way the stored water enters the environment (outflow);
- damage to the reservoir as a technical facility;
- operative failure, resulting in insufficient supply;
- inspection error;



- secondary environmental and pollution effects, damages;
- direct man-made damage (health, material, non-material, terrorist sabotage, revenge).

b, Endangered, affected

Primarily endangered, affected:

- water production technology system,
- employees,
- people living and working in the vicinity of the reservoir, and the citizens temporarily staying there;
- buildings, structures and the built environment;
- infrastructure elements and service users;

Secondarily endangered, affected:

- stockpile, material goods, agriculture (arable land);
- means of production, means of transport;
- environmental elements (air - water - soil and geological medium);
- environmental systems (ecosystems).

c, (Estimated) extent of hazards

In general, the failure of reservoirs and severe damage is a rare occurrence, but the impact and damages are usually significant for those affected.

When designing a new water storage facility, it is simpler to apply the risk-based approach than in the case of an existing facility that is not built to the current technical level. In line with this approach, the following elements should be taken into account during the design process:

- Design/construction: safety and robustness must be sought in case of the structure.
- Safety: can include all passive and active safety features that increase the sense of security for employees and for the public.



- Monitoring and control system: allows for early warning, i.e., the timely detection of abnormal effects and conditions leading to an emergency.
- Maintenance program: includes periodic inspection and repair of dams, drainage systems, equipment and access routes.
- Management system: includes regular inspections, training and retraining of employees, reporting to the authorities and insurances.

A reservoir (just like industrial activity) has a life cycle that consists of design - construction - operation - closure - reclamation (restoration) and the associated control processes.

Safety and risk analysis investigations (Table 2) shall be performed for the entire life cycle of the reservoir and for the entire lifespan of the reservoir [11].

ELEMENTS OF THE LIFE CYCLE [PROPORTION OF CYCLE]	ASPECTS OF ANALYSIS AND RESEARCH
Site selection, preparation - planning [1-2%]	-examination of a sufficient number of alternatives, completeness of selection criteria, -careful site selection investigations (engineering geological investigations); -thorough site preparation (full inventory of environmental and social aspects); -continuous control of plans, revision as necessary; -designer responsibility, enforcement of quality assurance standards; -preparation of safety and health and safety regulations; -approval of plans;
Construction, execution of works of art [2-5%]	-continuous technical inspection of the construction; -the role of the responsible engineer, compliance with the documentation system and construction regulations, quality certificates; -issue a certificate of the work of art; -implementation plans, documentation and documentation storage in an adequate number and at an available place;



	<ul style="list-style-type: none">-preparation of protection plans;-obtaining operating licenses
Operation (possible expansion) [90% (60-75%)]	<ul style="list-style-type: none">-specification of compliance with operational and technological regulations;-compliance with safety and health and safety regulations;-continuous barrier, environmental and water quality control, operation of the safety technology (monitoring network) system;-providing documentation (verifiability, probative value);
Liquidation, closure [25-35%]	<p>This element, when measured on a human scale, does not usually occur under realistic conditions.</p> <p>This step is the fate of technically unfortunate reservoirs that do not meet the original purpose of water storage.</p> <p>(e.g., water leaks from the reservoir, the reservoir is ruined, the dam is broken, or it is uneconomical or impossible to restore, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none">-preparation for closure;-closure and restoration according to official regulations;[-possible recycling or dismantling]-Operation of the post-monitoring system.

Table 2: Safety and Risk Analysis Studies

By their very existence, reservoirs have an impact on their environment. With the exception of design, all elements of their life cycle have an impact on the environment. By environment we mean the environmental elements (air - water - geological medium, soil and rocks), the environmental systems (ecosystem, landscape), the built environment and, above all, people (the affected community).

What are the dangers of operating a reservoir? It is advisable to divide the possible events into two parts. On the one hand, there are events that do not extend beyond the plant area, and there are events that also cross the boundary of the plant area. The first group includes operational events, which can cause damage mainly due to loss of production, such as:



- Failure of water lifting equipment;
- Failure of storage auxiliary systems;
- Minor damage to dams that does not involve material release (leakage) but requires repair;
- Failure of water treatment equipment;
- Accidents at work.

The second group includes so-called accident events such as:

- Delivery of harmful pollutants and sediments to the reservoir from the catchment area and from the inflows;
- Flood and reservoir water level control error;
- Slipping - breaking of the dam, significant mechanical damage;
- Failure of the dam, complete destruction;
- Strong destruction on the downstream side (primary, secondary effects) due to dam damage;
- Serious accidents at work.

It can be seen that in the case of incidents limited to the work areas, personal injuries are only caused by accidents at work, while the impact of emergencies beyond the work area can endanger the population and the employees, either directly or indirectly. When designing and operating a system, these hazards must be taken into account in the first place and the safety system must be optimized to avoid them.

2.3. Risk Evaluation and Risk Assessment

In order to accurately identify the risks, it is absolutely necessary to have the operating and connection scheme of the system, which usually includes several maps, plans and detailed drawings. There are several methods for inspecting reservoirs from a risk-based approach, using different risk assessment and risk management methods. Basically, these methods can be classified into two groups. The first group includes methods that perform detailed risk analysis (e.g., safety analyses, vulnerability analyses), and the second group includes methods based on risk indexation (e.g., indexation based on safety priority).



2.3.1. Detailed Risk Analysis

The method based on detailed risk analysis has been developed specifically for reservoir dams and provides guidance to their owners, operators and safety professionals. One of these methods is the so-called PRA (Portfolio Risk Assessment) method, which examines six factors [12]:

- Define objectives
- Define requirements of the analysis (security of supply, etc.)
- Perform engineering assessment of the reservoir and dams
- Conduct risk assessment of the reservoir
- Conduct risk assessment of risk reduction
- Risk assessment of the analysis results

It can be seen, that also based on this method, the safety of the reservoir dams is based on an integrated concept, the elements of which are as follows:

- Structural safety:
 - Geology- and geotechnics-based design criteria;
 - Hydraulic based design criteria;
 - Earthquake-based design criteria;
- Monitoring:
 - Continuous monitoring of the reservoir structures and the water quality;
 - Periodic safety screening;
- Safety of operation and supply:
- Application of real reservoir operation (water quality) standards in basic situations and in situations with increased hydrometeorological risks;
 - Preparation, training and exercise of employees;
 - Periodic maintenance;
- Emergency planning:
 - Emergency response plan (internal and external protection plan);
 - Emergency alarm systems;
 - Evacuation plan, provision of escape routes.



Steps of the applied risk analysis:

- Defining failure modes;
- Defining the starting (peak) event;
- Setting up a system fault tree;
- Modeling the behavior of each component;
- Determination of the relationships between the failure of elements and failure modes;
- Calculation of probabilities and correlations;
- Calculation of system failure and availability.

The method can also be used to determine the location and the required amount for forecasting instruments, sensors, cameras and engineering barriers, and the effectiveness of protection [11].

2.3.2. Indexation Method

It is a less objective method, but the so-called risk indexation method gives faster results. The essence of this method is that it focuses on the physical condition of the facility and derives the risks based on it (this is the opposite of the method described above, where the condition of the facility has been assigned to the risks). According to the method of Andersen and Torrey [13] the vulnerability can be determined from the basic parameters by the following indexing method:

$$V = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)/4 + (E_1 + E_2)/2 + (D_1 + D_2)/2, \quad (3)$$

where I: time independent variables

I₁: height of the dam

I₂: type of the dam

I₃: type of foundation

I₄: storage capacity

E: external time-dependent variables E₁: age of the dam

E₂: seismic activity of the area

D: reservoir design parameters

D₁: runoff capacity

D₂: mass flow factor



These parameters are rated on a scale of 1 to 10, the higher the value given to each parameter, the greater the vulnerability and thus the inherent risk.

Perhaps one of the most important outcomes of risk assessment is the drafting of so-called flood maps. It is also useful for disaster management in case of flood management [14]. The most critical event of the reservoir is the occurrence of a failure of the dam through the full cross section at one point of the dam, since the liquid behind the dam (water + sediment) floods the areas below the dam (downstream) through this gap. Flood maps are created based on modeling of these events. These maps show which areas are at risk and where plans need to be drawn up to alert and rescue the population.

2.4. Risk reduction methods applicable for water reservoirs

In the knowledge of the risks or hazards, risk reduction measures can be developed, which can be of engineering-technical or administrative nature. The cost-effectiveness of these steps is then determined and, if feasible, these are included in the business plan of the reservoir owner or operator.

The number of risk factors is large, forming a complex, coherent system. The characteristics of functions calculating risks are difficult to define and estimate. Determining the probability of occurrence of each event can be critical in calculating risk. During process analysis, causal relationships need to be explored, the determination of and/or relationships (for example, in fault tree analysis) is an important factor in the calculations. It is advisable to show the effects of the risk elements on maps of different scales depending on the expected spatial extent of the effect; these maps should show the safety and risk zones, the endangered objects, infrastructure elements, as well as the extent and location of the expected damage [15]. Some pre-planned organization, protection objects, and rescue and supply (logistics) routes may be also depicted here.

At reservoirs, the impacts and risks of events arising from non-normal operating activities can be grouped as follows:



- phenomena resulting from the deterioration of structural integrity (malfunction of the reservoir dam and its structures, failure of the dam) and their effects (release of stored water into the environment, flood);
- effects of incorrect operation (overfilling, lack of maintenance, deterioration of technical condition, etc.);
- effects of other risk factors (e.g., incidents, meteorological events, impacts, infections, etc.).

Attention must also be paid to the special risk elements in the reservoir and the plant serving it (waterworks, etc.):

General risk factors:

- electricity (high voltage);
- combustible gases, solid and liquid energy sources;
- compressed air;
- thermal energy;
- technological and wastewater;
- Risks of a special plant or equipment;
- Specific technological risk factors:
 - risk of fire and explosion [16];
 - hazardous (corrosive, irritant, toxic) chemicals;
 - storage at high places;
 - biological agents;
 - radioactive substances (ionizing radiation or natural background radiation);
 - energy emissions;
 - release of pollutants into the environment;
- Risk of pipeline burst;
- Risk of downtime (emergency shutdown, restart, pressure surges, etc.);
- Risk of natural forces:
 - meteorological effects (extreme precipitation, wind, temperature);



- storm, windstorm, downpour;
- flood, inland water;
- surface movements (collapsing, sinking - slipping - sliding, cavitation, etc.);
- other geotechnical damages (earthquakes, geological events, etc.);
- liability damages (material - non-material):
 - terrorism [17], [18];
 - damages resulting from the physical - chemical - biological properties of the product;
 - environmental pollution,
 - fire and explosion;
 - infections;
 - other incidents.

Safety and health risk analysis tests shall be performed for the entire life cycle of the reservoir and for the entire lifespan of the reservoir [17], [19]. In risk reduction, it is also worth placing more emphasis on active fire protection solutions for service plants and their efficiency [20].

3. SUMMARY AND PROPOSED CONTROL SYSTEM

The movement of water in nature is a periodic phenomenon, in contrast, social water demand is more even and less seasonal. Reservoirs are created to compensate for the differences between the source and the demand side. Like all human creations, the reservoir as a potential vital component carries risks with its very existence. This article briefly presents possible risk analysis and risk reduction methods for reservoirs. Reservoir dams require continuous monitoring, which can be done by continuous and periodic measurement of various indicator characteristics [4]. This monitoring system ensures that the environmental impact of the dam is minimized and that catastrophic situations are avoided. It is recommended to have a control



system at both abandoned and still operating reservoirs. Based on international experiences [21] it is advisable to operate a control system consisting of the following elements (Table 3) at a reservoir, where it is recommended to connect all sensors directly to the dispatcher service [11].

THE MEASURED INDICATOR AND IT'S FUNCTION	INSPECTION FREQUENCY
1. Visual inspection	
<ul style="list-style-type: none">○ inspection of the surface of the dam;○ taking leachate and sediment samples for laboratory testing if necessary;○ report on the detected situation.	Every day Once
2. Observations related to Waters	
<ul style="list-style-type: none">○ water level, in the reservoir, measurement of monitoring wells (monitoring of groundwater level);○ measuring the rate of flow of water sources (seepage) regularly flowing out of the dam body and ordering any intervention.	Quarterly (Continuously in critical cases)
3. Regular geodetic and geotechnical examination of the movements of the dam body (deformation measurements)	
<ul style="list-style-type: none">○ at regular intervals, on the planned measurement network, geodetic coordinate determinations and evaluation of data according to movement examination criteria;○ performing regular measurements with an inclinometer on the installed measuring network and evaluation of the data (possibly placing automatic displacement meters at critical locations);○ regular recording of pore water pressure values (with continuously recording automatic measuring devices) on the installed measuring network and evaluation of the data.	Quarterly
4. Measurement of meteorological elements	



○ with an automatic measuring station that measures critical meteorological elements (temperature, precipitation, precipitation intensity, wind characteristics, etc.).	Every day, continuously
5. Registration of seismic (dynamic and seismic vibrations) phenomena	
○ with an automatic measuring station, recording of dynamic effects (traffic, transport, effects of various material rearrangements, etc.) and micro-seismic phenomena at critical locations.	Every day, continuously

Table 3: Structure of the control system

REFERENCES

- [1] Bodnár László: Az erdőtüzek oltóvízszállítási hatékonyságának növelése mesterséges víznyerőhelyek segítségével. In: Hausner, Gábor (szerk.) Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II. Budapest, Magyarország, Ludovika Egyetemi Kiadó (2021) 347 p. pp. 27-44.
- [2] Debreceni Péter – Pántya Péter: A fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának lehetőségei. Műszaki Katonai Közlöny, 29. (2019), 1., pp. 243–260.
- [3] Juhász Péter - Kopecskó Katalin: Introduction of a new testing method (horizontal sorption) for the in-situ analysis of water absorption by porous stone surfaces and effect of surface treatments. Central European Geology, 57. 2. (2014), pp. 217-228.
- [4] Nemes Dávid – Restás Ágoston: Drone application for supporting preventive flood management - case study of the Bódva reiver basin, Hungary. Védelem Tudomány, 6. 3. (2021), pp. 474-489.
- [5] 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a “létfontosságú vízgazdálkodási rendszeremek és vízilétesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről”.
- [6] ANCOLD (2003), Australian National Committee on Large Dams, "Guidelines on Risk Assessment," October 2003.



- [7] Muhoray Árpád - Nagy Rudolf: A katasztrófák elleni védelem rendszere a létfontosságú infrastruktúrák biztonságáért. Rendészeti szemle. 58.4. (2010) pp. 3-18.
- [8] Morris, M. H., and Elliott, R. 2002. Risks and Reservoirs in the UK. HR Wallingford, RKL-Arup, CIRIA Water Group.
- [9] Mohai Ágota Zsuzsanna: Active fire safety on construction sites, Műszaki Katonai Közlöny XXVII. évfolyam, 2017. 4. szám, pp. 55-69.
- [10] ICOLD (2005), "Risk Assessment in Dam Safety Management: A Reconnaissance of Benefits, Methods and Current Applications," International Commission on Large Dams (ICOLD) Bulletin 130, 2005.
- [11] Elek Barbara: Ipari tározók veszélyelemzése és a kockázat csökkentésének lehetőségei. 2015. Szakdolgozat. Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar.
- [12] Cimer Zsolt - Hák Viktor - Kovács Gábor: Ipari iszaptározók biztonságtechnikája I-II, Munkavédelem és Biztonságtechnika. 3. és 4. szám. (2011) pp. 20-26. és pp.31-36.
- [13] Andersen, G. R. and Torrey, V. H., III. (1995). Function-based condition indexing for embankment dams. J. Geotech. Engrg., ASCE, 121(8), pp. 579–588.
- [14] Ambrusz József - Muhoray Árpád: A 2001. évi beregi árvíz következményeinek felszámolása, a kistérség rehabilitációjának megszervezése. Védelem Tudomány, 1.1. (2016), pp. 108-125.
- [15] Dede Károly - Detrekői Ákos - Szűcs László: A budapesti dunai partfalak mozgásvizsgálata. Geodézia és Kartográfia. (2002) 54 (10) pp. 39-44.
- [16] Mezei Daniella Ibolya - Kerekes Zsuzsanna: Szimulátorok alkalmazása a tűzvédelemben. Tűzoltó Szakmai Nap Konferenciakötet, 2016. pp. 159-163
- [17] Richárd Pető: "Security Issues of Smart City Construction" Smart, Sustainable And Safe Cities Conference 2020; Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS, vol. 18 No. 3., 2020.;
- [18] Nagy Rudolf: A kritikus infrastruktúrák elleni lehetséges radiológiai terrortámadások. Magyar Rendészet. 16.évf. 6.szám. (2016) pp 145-153.



[19] Richárd Petó: Some Safety and security issues of UAVS. Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering e-ISSN: 2067-3809; <http://acta.fih.upt.ro/pdf/archive/ACTA-2017-3.pdf> pp. 55-60.

[20] Mohai Ágota Zsuzsanna: A tűzjelző berendezések riasztási hatékonysága. Műszaki Katonai Közlöny XXVII. évfolyam, 2017. 3. szám, pp. 20-37.

[21] Wilhelm G. Coldewey: Emergency planning for tailing dams. UNECE Workshop on the safety of tailing management facilities. Workshop presentations, session I. 12-14. november 2007, Jerevan.

Elek Barbara PhD associate professor

Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering

email: elek.barbara@uni-obuda.hu

ORCID: 0000-0001-7515-6374

Elek Barbara PhD egyetemi docens

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

email: elek.barbara@uni-obuda.hu

ORCID: 0000-0001-7515-6374



Berki Imre

A FŐVÁROSI TŰZOLTÓK HELYTÁLLÁSA AZ 1956-OS FORRADALOMBAN

Absztrakt

A forradalmi változások nem hagyták érintetlenül a tűzoltóság állományát sem, az első politikai megmozdulásokat a Budapesti Tűzoltóság egységein követték az események. Október 23-át követően megmozdultak azok az erők, amelyek a rendkívüli helyzetben egyrészt a szolgálat folyamatosságát, másrészt a változásokat is próbálták biztosítani. Először az tűzoltóságon belül zajló politikai folyamatokat mutatom be, majd rátérek a konkrét káresetek ismertetésére.

Kulcsszavak: forradalom, követelések, tüzesetek, helyállítás, megtorlás

HOW THE FIREFIGHTERS OF BUDAPEST STOOD THEIR GROUND IN THE 1956 REVOLUTION

Abstract

The changes of the revolution provided plenty of work for the staff of the fire department. After October 23, the forces that tried to ensure both the continuity of the service and the changes in the emergency situation were mobilized. First, I will present the political processes taking place within the fire department, and then I will move on to the description of specific damage cases.

Keywords: revolution, demands, fires, location, retaliation



1. FORRADALMI ESEMÉNYEK A TŰZOLTÓSÁGON

Elsőként a IV. kerületi alosztály parancsnoka, Somos Gyula alezredes adott ki felhívást a kerületi alosztály parancsokságokra a helyi forradalmi bizottságok megválasztására és a központi forradalmi bizottság megválasztásához küldötték kijelölésére. A választások minden alosztályon megtörténtek, ehhez több esetben a Kun utcából segítséget, támogatást is kaptak. A dokumentumok szerint néhány esetben úgy választották meg a bizottságok tagjait, hogy az illetők csak később szereztek tudomást róla, ezért néhányan nem is vállalták.

A változás jegyében október 31-én a Kun utcai kistanácsteremben megalakult a Nagy-Budapesti Tűzoltóság Központi Forradalmi Tanácsa.

- *A tanács elnöke:* dr. Marinovich Endre¹.
- *A tanács tagjai:* Szédeli Sándor, Besnyői György, Makkos Dezső, Pálffi Adorján, Juhász István.

Dr. Marinovich Endrét, a Budapesti Osztályparancsnokság osztályvezetőjét, akit a korábbi években, mint megbízhatatlant leszerelték – kérve rehabilitációját – 1956. november 1-jével visszahelyezték hivatásos állományba. Dr. Marinovich Endrét köztisztelet övezte, ezért Várhegyi József a VIII. ker. alosztály parancsnoka október 29-én személyesen kereste fel, hogy még november 1-je előtt jöjjön vissza, és vegye kezébe az ügyek intézését. Marinovich a felkérésre nem vette fel szolgálatot, ezért a következő napon (október 30-án) kimentek hozzá, és bekísérték az osztályparancsnokságra. A tűzoltók a vállukon vitték be az épületbe.

¹ Dr. Marinovich Endre (1914–1977) 1932-ben érettségizett, majd jogot tanult, mellette a tűzoltóságnál volt gyakornok. Később tűzoltó főfelügyelő lett, a tűzoltóparancsnok segédtisztje Budapesten. A második világháború alatt a III. kerület tűzoltóparancsnoka. 1945-ben Budapest tűzoltóparancsnok-helyettesének nevezték ki. Kötete: A korszerű tűzoltás és a magyar tűzrendészet kézikönyve. Budapest, 1948. 1951-től a MÁVAUT gépkocsivezetőjeként dolgozott. 1953-ban letartóztatták, mivel Sztálin halálakor a fent idézett kijelentést tette, koholt vádak alapján elítélték, 1954-ben szabadult. Az 1956-os forradalom alatt a Nagy-Budapesti Tűzoltóság Forradalmi Tanácsa a főváros tűzoltóparancsnokának választotta. A forradalom utáni megtorlás során elbocsátották, tartalékos tiszti rangjától és járművezetői engedélyétől megfosztották. Marinovich Endre: Túlélte-e a középosztály? Csaláregény a XX. századból, Budapest, Éghajlat, 2014. 159–175. o. 199–207. o. Forrás: Kiss Dávid: Oltványi László forradalom előtti pere(i), avagy macskakövek az 1956-hoz vezető úton. In.: Marinovich Endre főszerk.: Historia est lux veritatis. Szakály Sándor



Október 30-án reggel a központ telefonon berendelte a szolgálatot ellátó parancsnokokat és a forradalmi tanácsok megbízottjait a Kun utca 2-be. Ott Dr. Marinovich Endre bejelentette, hogy a forradalmi tanács ideiglenesen megbízta őt a budapesti tűzoltó osztályparancsnoki teendők ellátásával. Az október 31-én megjelentetett 1. sz. Osztályparancsnoki Parancs szerint: „*A magyar szabadságharc győzelme során a Nagy-Budapesti Tűzoltóságnál megalakult a Központi Forradalmi Tanács és ezzel egyidejűleg az alosztályokon is megalakulóban vannak a Forradalmi Tanácsok [...] A Központi Forradalmi Tanács felhívására, valamint a Belügyminisztérium megerősítésére a Nagy-Budapesti Tűzoltó Osztályparancsnokság vezetését a mai napon átvettem.*” Marinovichot a Magyar Népköztársaság Fegyveres Erők minisztere november 1-jei hatállyal az állami tűzoltóság állományába alezredesi rendfokozattal visszavette.

Dr. Marinovich Endre a megválasztása után átvette a Budapesti Tűzoltóság vezetését, a korábbi vezetőket,

- *Farkas Györgyöt*²,
- *Rázsó Jánost*,
- *Dormán Antalt*,

a Központi Forradalmi Tanács döntése értelmében hazaküldték. A Forradalmi Tanács megalakulásáról az állományt Tájékoztató kiadásával informálták. Ebben rögzítette: az osztályparancsnokság vezetésének átvételét, felhívta az állományt a további fegyelmezett, a tűzoltóság régi, jó híréhez méltó szolgálat ellátására, megtiltotta a bosszúállást.

2. A KÖVETELÉSEK

A Tájékoztatóval együtt bocsátották ki a Nagy Budapesti Tűzoltóság követeléseit tartalmazó Jegyzéket is, amely 24 pontban foglalta össze azokat a főbb követeléseket, amelyek a tűzoltóság alapvető problémáinak megoldását rögzítette:

² Dr. Farkas György tűzoltó vezérőrnagy (1924-1999) 1949-ben végezte el a Tűzoltó Tiszti iskolát 1952-től 1968-ig állt a fővárosi tűzoltóság élén. 1969-től 1977-ig a BM Tűzrendészet Országos Parancsnoka.



Politikai téren a szovjet csapatok távozását, a Varsói Szerződésből való kilépést, szabad választásokat, a fegyveres harcban résztvevő tűzoltók elismerését követelték.

Szakmai követeléseik a következők voltak:

- A tűzoltóság ne legyen katonai szervezet. Feladatának és hivatásának megfelelően az élet, és nemzeti, valamint egyéni vagyon legfőbb őreként polgári jellegű testületként működjön.
- Tevékenysége határolódjon el minden más szervezettől.
- A tűzoltóság váljon le a rendőrségről; a tűzoltóság egyrészt hatósági szerv, másrészt a társhatóságok műszaki végrehajtó alakulata legyen.
- Követelték továbbá a bürokratikussá vált Országos Tűzrendészeti Parancsnokság megszüntetését, amely az indokolatlanul felduzzasztott létszámával sem volt képes a magyar tűzoltóság problémáinak megoldására.
- Követelték az országos parancsnokság vezetőinek felelősségre vonását. 15 fős Országos Tűzoltó Főparancsnokság létrehozását.
- Nagyobb hatáskör biztosítását az osztály- és alosztály parancsnokságoknak.
- A vezetők kiválasztásának ne legyenek politikai szempontjai.
- A tűzoltóság legyen politikamentes szervezet.
- Az oktatást a legkiválóbb szakemberek végezzék, politikamentesen.
- A tűznél megsérültek szolgálati időtől függetlenül kapjanak nyugdíjat.
- Az elhunytak családjáról gondoskodjanak.
- Országos Tűzoltó Szövetség megszervezését, nemzetközi kapcsolatok kiépítését szorgalmazták.
- Az egyenruha megváltoztatását.
- A tűzoltó üdülők visszaadását, 50%-os vasúti utazási kedvezmény, illetve ingyenes villamos- és autóbuszbérlet megadását.
- Az illetményrendszer korszerűsítését, a nyugdíjak rendezését, a lakásproblémák megoldását.
- A tűzrendészeti szabálysértési ügyeket a tanácsok mellett működő szabálysértési bíróságok vegyék át, a tűzoltóság az ügyekben csak szakértőként vegyen részt.



Mint látható, a forradalmi hangulat felszínre hozta mindazon problémákat – a világháborút követő gazdasági nehézségeket, a szovjet példa erőltetett másolását, a bürokratikus államgépezetet, az erőltetett politikai nyomást –, amelyek a tűzoltóságot sújtották.

Az osztály- és alosztály parancsnokságokon felfokozott volt a hangulat, tettelegességre viszont nem került sor. Az alosztályokon a forradalmi bizottságok döntően az élelmezés biztosítását végezték, illetve néhány esetben személyi kérdésekben döntöttek. A szolgálatellátást és a tűzoltást a szaktisztek irányították, néhány tisztet elküldtek, de volt példa arra is, hogy a korábbi politikai tisztek – szaktisztként – vonultak az állománnyal. Az egységek létszámát kiegészítették a tiszthelyettesi iskoláról hazaküldöttekkel (az iskolát az események miatt bezárták).

Az események idején a szolgálatellátás kizökkent a régi „kerékvágásból”, a közlekedés akadozott és ez zavarta a szolgálatba való beutazás és a hazautazás lehetőségét is. Gondot okozott a felkelők és a szovjet csapatok mozgása a városban, illetve a fegyveres harc közbeni tűzoltás, amely szinte megoldhatatlan feladat elé állította a tűzoltó egységeket

3. SZOLGÁLATELLÁTÁS A FORRADALOM ALATT

A szolgálatellátás biztosítása érdekében a budapesti osztályparancsnok, Farkas György alezredes a bizonytalan helyzetben 1956. október 23-án este megbízta Totzl Károlyt³, a tűzoltási csoport vezetőjét a főváros tűzoltási szolgálatának folyamatos biztosítására. A megbízást Dr. Marinovich Endre, a forradalmi tanács által választott parancsnok is megerősítette, aki négy

³ Totzl Károly nyugalmazott tűzoltó ezredes (1925-2015) 1949. március 17-én került kinevezésre az Állami Tűzoltóság hivatásos állományába, alhadnagyi rendfokozattal. Még ez évben elvégezte a Tűzoltó Tiszti iskolát, majd a Budapesti Tűzoltó Osztályparancsnokságon személyzeti előadói beosztást kapott. 1950-től oktatási előadóként, 1953-tól – a Vegyipari Technikumi végzettségének megszerzésével – laboratóriumi vezetőként dolgozott. Tűzoltási csoportvezetői beosztásban 1954. november 01-től, a szolgálat felső korhatárának elérésével 1980. december 31-i hatállyal történt nyugállományba vonulásáig látott el szolgálatot.



tűzoltási csoportot szervezett, és így – a rendkívüli helyzet miatt – az eseményekhez minden esetben tűzoltási csoport is vonult.

Ez a szolgálat

- csoport: Totzl Károly,
- csoport: Rákosi József,
- csoport: Petőfi József,
- csoport: Schusztér Ferenc vezetésével október 24-től 29-én 7.30.-ig működött.



Addigra valamennyire rendeződött a helyzet, a szabadnapos állomány nagyobb része már be tudott jönni a szolgálatba, ezért október 29-től a négy csoport váltással (naponta 2-2- csoport) teljesített szolgálatot november 4-ig. November 4-étől (a szovjet támadástól) a szolgálatban lévő teljes állomány november 9-ig folyamatosan szolgálatban volt

A Budapesti Tűzoltóság 1956-ban a budapesti rendőrfőkapitány irányítása alá tartozott. A rendőrfőkapitány október 24-én a veszélyhelyzetre tekintettel, a tűzoltó egységek részére fegyverek kiadásáról intézkedett. Ezt a rendkívül veszélyes, a főváros tűzvédelmét megbénítható rendelkezését sikerült visszavonatni.

A fecskendőkön nemzeti, szovjet és fehér zászlót is elhelyeztek annak érdekében, hogy senki ne kifogásolhassa a tűzoltó egység pártatlanságát. A vonulás, a tűzoltási, mentési feladatok végzése gyakran harci cselekmények között történt. Alapvetően a felkelők és a szovjet csapatok is segítették a kivonult egység munkáját, azonban nem egyszer előfordult, hogy a szovjet csapatok megállították, és – fegyver után kutatva – átvizsgálták a fecskendőket. A felkelők pedig néhány alkalommal a tűzoltókat is felszólították az ellenség elleni tevékenységre (pince elárasztással az ott harcolók kiűzésére), amelyben a tűzoltók vonakodva vettek részt, és az első



adandó alkalommal bevonultak. A folyamatos szolgálatellátáshoz szükséges élelmiszerellátást központilag a Kun utcából, illetve külön beszerző utakon biztosították.

4. JELENTŐSEBB TŰZESETEK

1956. október 23 – november 10. között közel 250 vonulás történt, amely valójában 800-900 beavatkozást jelentett, mivel egy-egy riasztás több kárhelyi beavatkozást igényelt.

4.1. A Magyar Rádió ostrománál a tűzoltást állandó lövöldözés közben végezték, a tűzoltásra felvonuló tűzoltókat a tömeg megtámadta, az egyik szer parancsnokát megverték, a felszereléseket szétdobálták, mivel az ÁVH a fecskendőket használta tömegoszlatásra. Petőfi József százados a Tűzoltási Csoport vezetője megpróbálta meggyőzni a tömeget a tűzoltás szükségességéről, felvette a kapcsolatot a különböző csoportok vezetőivel, ezután kezdődhetett meg a tűzoltás; a tűzoltás befejezésével az állomány összeszedte a szétdobált felszereléseket (ebben sok civil is segített), majd bevonultak.

4.2. A Lenin krt. 64. szám alatti Horizont könyvesbolt tüze úgy keletkezett, hogy a felhevült tömeg a könyvesboltban a kommunista szerzők könyveit összedobálta és meggyújtotta. Mivel a tűz már áterjedt az épületszerkezetre is, égtek az ablakok és a tetőszerkezet, az egyik tűzoltó rábeszélte őket, hogy a könyveket az utca közepén égessék, ne veszélyeztessék a lakásokat. Az emeleti lakásokra és az épület tetőszerkezetére áterjedt tüzet a VI. alosztály fecskendője és a roham 4 sugárral oltotta el.

4.3. A Rákóczi úton lévő volt Alkalmi Áruház raktártüzeit és az eladótérben lévő tüzet a roham-, a VII. és a VIII. alosztály fecskendő állományával 7 E sugárral kb. 3 óra alatt oltották el. A tűzoltás alatt a Rákóczi úton erős tűzharc folyt, két esetben az égő áruházba is beelöltek tankágyúval. Bevonulás közben a tűzoltási csoport gépkocsijának jobb hátsó kerekét kilőtték.



4.4. A Magyar Rádió szomszédságában, fontos katonai felvonulási útvonalak közelében álló **Nemzeti Múzeum**, vastag falakkal rendelkező, monumentális épülete stratégiai jelentőséggel bírt. A Nemzeti Múzeum ásványtárának és Afrika kiállításának, valamint az Óslénytár és a Széchenyi Könyvtár tüzéhez 11 esetben történt riasztás. Október 23-án a heves harcok miatt a riasztott hat egység közül csak a XI/1-es ért ki a kárhelyre, és Papp Sándor főhadnagy vezetésével eloltotta a 2. emeleten lévő tüzet. Október 24-én és 25-én újabb 3 jelzés érkezett, de az állandó harcok miatt az egységek a kárhelyet nem tudták megközelíteni, végül 25-én 02.36-kor a tűzoltási csoport és a roham-, valamint a más káreseteknél működő fecskendők átirányításával végül elkezdődhetett a tűzoltás. Ekkor a Múzeumkertben álló szovjet harckocsi egység segítette a tűzoltók munkáját. A tűzoltás során 5 harci szakaszt alakítottak ki. A tűzoltás megkezdése előtt a harcolóknak szabad elvonulást ajánlottak fel, a harcok elcsitulásával kezdődhetett meg a tűz oltása. Végre két egység megkezdhette a múzeum második emeletén az ásvány- és kőzettári rész, valamint a harmadik emeleten az afrikai kiállítás oltását, de fő céljuk a tűz Széchenyi Könyvtár felé történő terjedésének meggátlása volt. Ezt a feladatot mindössze kilenc tűzoltó oldotta meg hat "E" sugárral, porlasztott és habosított víz alkalmazásával. Egy másik "harcis szakasz" a tetőtűzet szorította vissza, miközben a tűzharc nem szünetelt. A harmadik harci szakasz az ásvány- és kőzettani részen az égő szekrények lefeketítését kapta feladatul Totzl Károly főhadnagytól, a tűzoltás vezetőjétől. Ez a szakasz igen veszélyes helyzetbe került, mert ezt a részt gépfegyver- és géppisztoly-sorozatokkal pásztázták és csak kúszva közlekedhettek. Ennek ellenére meggátolták a tűz terjedését.



A más kárhelyekről ide irányított fecskendők bevetésére csak a tűzoltás megkezdésétől számított 60 perc múlva kerülhetett sor. Az afrikai kiállítás tűzének oltását végzők is igen veszélyes helyzetben voltak, mert minden mozdulatukra lőtték ezt a részt. Itt négy sugárral dolgoztak. Háromórás megfeszített munkával a rendkívül bonyolult tüzet lokalizálták, ám a végleges oltáshoz még kb. 30-40 percnyi működésükre lett volna szükség, és még másfél-két órát igényelt volna a helyszín alapos átvizsgálása. Akkor azonban az oltást abbahagyták és a kifejlődött tűzharc alatt a tűzoltók a légópincében voltak kénytelenek várakozni. Eközben a tűz újraéledt, és a tetőtűz oltását haladéktalanul folytatni kellett. Az oltás során 16 sugár folyamatosan működött, egy tolólétra segítette a tűzoltást. Az oltást 26-án 03.50- fejezték be. A tűz miatt a múzeum jelentős károsodást szenvedett, ez alól csak a Széchenyi könyvtár volt kivétel, bravúros beavatkozással a könyvtár nagy részét sikerült megmenteni.

A tüzről a rádió 1956. október 25-én 6 óra 53 perckor számolt be. *Most felolvassuk a budapesti tűzoltó parancsnokság tájékoztatóját a fővárosban keletkezett tüzek oltásáról ... Jelenleg rendkívüli küzdelem folyik a Nemzeti Múzeum komoly tűzének elfojtásáért! ... A tűzoltók azonnal a helyszínre indultak. A Nemzeti Múzeum környékéről azonban a tűzoltóságnak kétszer is vissza kellett fordulnia és csak harmadszorra sikerült megközelítenie a helyszínt és hozzálátni a tűz oltásához. A tűz elfojtásának kemény küzdelme még folyik. A felbecsülhetetlenül nagy nemzeti értékre való tekintettel a tűzoltó parancsnokság utasítást adott az egységeknek, hogy a tűz oltásánál a legnagyobb elővigyázatossággal, határozottsággal kell eljárni. Ugyanakkor a város több pontján kisebb-nagyob tüzek eloltásán dolgozik a tűzoltóság.*⁴

4.5. A Bókay János gyermekklinika tüze: a klinika több belővést kapott, és az első emeleti csecsemő kórterem kigyulladt, a tűz átterjedt a tetőre is. A tűzoltást nehezítette, hogy a Hámán Kató út felől folyamatosan géppuskával lőtték a tűzoltókat, és egy tankágyú szétlőtte a lépcsőházat is, ettől az I. emelet és a földszint közötti lépcsőház leszakadt. A beteg gyermekeket a lövöldözés közben lepedőkben és ruháskosarakban létrán keresztül tudták kimenteni. A gyermekek mentését a ködsugarak szakaszos működtetésével biztosították. Az életmentés után

⁴ Baják László – Lengyel Beatrix: ÉG A NEMZETI MÚZEUM! (1956. OKTÓBER 24-26.)
[HTTPS://MNMU.HU/HU/CIKK/EG-NEMZETI-MUZEUM-1956-OKTOBER-24-26](https://mnmu.hu/cikk/eg-nemzeti-muzeum-1956-oktober-24-26)



a klinika tüzét 4 sugárral oltották el, mindeközben egy szovjet harckocsi biztosította a mentést és a tűzoltást.





4.6. A Ruggyanta Kerékpárgumi üzemben november 5-én két emeleten, mintegy 100 m² területen égett a nyersanyag és készáru. A tüzet 7 hab-vízköd sugárral 5 óra alatt oltották el. A tűzoltást itt is szovjet harckocsi biztosította.



4.7. A Köztársaság téri pártház ostrománál az épülettűz oltását a nagy tömeg vegyes érzelmekkel fogadta. A tűzoltók végül a második emeleti tűz oltását tudták megkezdni, eközben a tűzoltást végzők között több kiskatonára el tudott menekülni.

4.8. A Mezőgazdasági Múzeum november 7-én két alkalommal is kigyulladt, az állandó harcok miatt a XIII. ker. alosztályról a két fecskendő állománya önként jelentkezett a tűzoltásra.

4.9. A Természettudományi Múzeum. November 5-én a Kálvin tér felől gyújtóbomba csapódott be az Állattár Baross utcai épületének legfelső emeletén található hullók és kételtűek gyűjteményébe. Itt az üvegben, alkoholban tárolt anyagok pillanatok alatt lángtengerré változtatták az egész emeletet.⁵A tüzről csak annak keletkezését követő 25-30 óra égés után

⁵ Nagy Enikő: Magyar Természettudományi Múzeum tragédiája 1956-ban. Ujkor.hu <https://ujkor.hu/content/a-magyar-termeszettudomanyi-muzeum-tragediaja-1956-ban>



kaptak jelzést a tűzoltók. A tűzoltást a roham- és az V. alosztály állományával két óra alatt 4 E sugárral végezték el.



4.10. Az **Országos levéltár** épülete, amelyen 1956-ban még láthatók voltak a második világháborús sérülések, több találatot kapott, de komolyabb károkat november 6-án délutánig nem szenvedett. Ekkor már heves harcok dúltak a levéltár környékén. Egyes vélemények szerint a levéltárból is tüzeltek a szovjet csapatokra, a Margitszigeten álló üteg ezért lőtte célzottan az épületet. Egy becsapódó gyújtógránát tüzet okozott, ami gyorsan továbbterjedt, napokon át tombolt, és hatalmas pusztítást vitt véghez mind a berendezésben, mind az iratanyagban.⁶

1956. november 6-án 16 órakor az I. kerületi alosztály kapott utasítást a hírközpontból, hogy az Országos Levéltárhoz vonuljanak a levéltár pótolhatatlan értékeinek megmentésére. A levéltár tüzéhez a riasztott pesti raj nem tudott feljutni a Várba, a Széna térnél folyó harcok miatt. Az egység a Bécsi-kapunál egy kilőtt gépjármű és egy kőtorlasz eltávolítása után jutott el a levéltárhoz, aminek akkor már az egész negyedik emeleti része égett. A megszerelt négy „E” sugárral csak a tűz terjedését igyekeztek meggátolni mintegy két órán keresztül. Az óriási hőterhelés következtében a IV. emelet lángban álló nagyterme azonban leszakadt, a sugarakat át kellett helyezni a III. emeletre. Ekkor a harci cselekmények miatt az összes alapvezeték megsérült (a szovjet páncélosok láncfalpai elvágták a tömlőket), leállt a tűzoltás. Ezután az

⁶ Ólmosi Zoltán: TŰZVÉSZ A MAGYAR ORSZÁGOS LEVÉLTÁRBAN. ARCHIVNET 6. ÉVF 2006, 6. SZÁM https://www.archivnet.hu/kuriozumok/tuzvesz_a_magyar_orszagos_leveltarban.html



egység az iratok mentésében segédkezett, a többször is kért segítség a harcok miatt nem tudott eljutni a levéltárhoz. A tűzben 8767,5 folyóméter levéltári anyag semmisült meg.



5. HŐSI HALOTTAK

A november 4-én történt szovjet támadás tovább nehezítette a fővárosi tűzoltók szolgálatellátását, a tűzoltási és mentési feladatok végrehajtását. Ezt követően történtek azok a tragikus események is, amelyek tűzoltó áldozatokat is követeltek.

A Kun utcai laktanyában történt események 5 tűzoltó (Hartmann József fhdgy., Hidas Gyula ftörm., Éliás Rezső törm., Tóth II. Ferenc törm. és Csernus Tibor szk.) halálához vezettek.



November 7-én a szovjet harcoló alakulatot támadás érte a Fiumei úton. A szovjetek a támadókat keresve a környező épületekbe behatoltak, így kerültek a VIII ker. alosztály, illetve az osztályparancsnokság épületébe is. Sikerült velük megértetni, hogy a tűzoltóknak nincs fegyverük, emiatt a lövéseket sem ők adták le. A teljes állományt kiállították a laktanya elé, az épületet átkutatták, de csak egy vadászfegyvert találtak szekrénybe zárva. Az állomány tagjai közül néhányan – látva az állomány felsorakoztatását, ami felidézte II. világháborús negatív



emlékeiket – az OTI épületen keresztül próbáltak kimenekülni az épületből. Miután a szovjet katonákat sikerült meggyőzni, hogy a lövéseket valószínűleg az OTI épületből adták le, a szovjet katonák a tűzoltók közül kiválasztottak egy tisztet, Hartmann József főhadnagyot, aki az ismerte átjárót, és elindultak az OTI épületébe. Valószínűleg ekkor történt a tragédia a szovjet katonák a menekülő tűzoltókat látva tüzet nyitottak és lelőtték őket, eközben esett áldozatul Hartmann József is. A felsorakozott tűzoltókat a Keleti Pályaudvar mellett lévő harcálláspontra akarták kísélni, de miután a Fiumei utat tűz alatt tartották, ezért a temetőn keresztül mentek. A tűzoltókat, mintegy 200 főt, köztük Dr. Marinovich Endrét, átkísérték a temetőbe, ahol viszont egy másik szovjet egység volt. Velük újból meg kellett értetni a helyzetet, ebben egy érkező járőr segített, amelynek parancsnoka november 5-én biztosította harcokcsival a Ruggyanta tűzének oltását. Ezt követően kísérték őket a Keleti pu. mellett lévő harcálláspontra. Eközben a hírközpont személyzet nélkül maradt, és mintegy két napon keresztül a 05 vonalon a tűzjelzéseket nem fogadta senki. Az épületben lévő lakásokban megbúvó Horváth Nándor fényképész és Kádár András híradós felmerészkedve a lakásokból, a hírközpontban azt tapasztalták, hogy a gépek nem működnek, szinte valamennyi vonal lámpája hívást jelez, ezért a gépeket nagy nehezen elindítva a belvárosi központtal tudták a kapcsolatot felvenni és hírül adni, hogy az állományt a szovjet katonák elvitték, a hírközpont nem él, tűzjelzéseket nem tudnak fogadni. Időközben sikerült kapcsolatot találni a felső politikai irányítókkal, akik intézkedtek a tűzoltók elengedéséről. A tűzoltóállomány tudomást szerzett az osztály, az osztálytörzs és a VIII. ker. alosztály állományának elviteléről, ezért néhányan elhagyták szolgálati helyüket. Az állomány visszaérkezését követően a hírközpont működése helyreállt.⁷

Virágh István őrmester a Nemzeti Színházban vesztette életét. Virágh a színház nézőteréről mozgást észlelt, majd járőrtársa figyelmeztetése ellenére leszólt a színpadról, hogy ki van ott, ekkor érte halálos lövés.

Csicsmanecz Ferenc őrmester október 26-án szolgálati helyét engedéllyel elhagyta, családját akarta meglátogatni, a marhavágóhíd előtt az utcán holtan találták.

⁷ Horváth Nándor visszaemlékezése. Katasztrófavédelem Központi Múzeumának hang archívuma. Budapest, 2019.



A tűzoltók temetése

A halálesetek mellett sebesülésekről is maradtak fenn dokumentumok: Ruzicska Ferenc szakaszvezető engedéllyel szolgálati helyét elhagyva családját kívánta meglátogatni, amikor a Ludovika mellett lövés érte.

Somodi Pál tizedest szintén lövés érte, amikor október 24-én egy fegyveres csoport a XXI. ker.-i alosztályra behatolt, és kényszerítették az egységet, hogy a Tanácsház téren lévő épület pincéjét áraszák el vízzel.

6. MEGTORLÁS

Az eseményeket követően, november 10-e után Farkas György alezredes visszavette a parancsnokság irányítását, Dr. Marinovich Endrét pedig – nem fegyelmivel – nyugdíjazták.

A forradalom leverését követően, 1957. február és március hónapban megkezdődtek a vizsgálatok. Az alosztályparancsnokok feladatuk kapták az „ellenforradalomban” elítélhető



cselekmények vizsgálatát, a fegyelmi, illetve egyéb módon történő elbocsátások kezdeményezését. A rendelkezésre álló hivatalos dokumentumok alapján megállapítható, hogy fegyelmileg összesen 43 főt bocsátottak el, az egyéb okból elbocsátottak száma nem ismert. Létszámfelettiként való elbocsátásra tett javaslatot, valamint néhány fő disszidálására vonatkozóan is találhatunk utalást.⁸

1956. nagyon közelről érintette meg a tűzoltó társadalmat. Hivatásukat az adott körülmények között, amikor Budapest szinte lángokban állt, kimagaslóan végezték. Megszámlálhatatlan emberi élet, anyagi javak, levéltári dokumentumok, értékek megmentése kötődik nevükhöz.

GLORIA VICTIS – DICSŐSÉG A HŐSÖKNEK!

Dr. Berki Imre igazgató

Katasztrófavédelem Központi Múzeuma, Budapest

imre.dr.berki@katved.gov.hu

ORCID: 0000-0001-8144-4751

⁸ Jelentés az 1956-os események tiszteletére szervezett emlékülés előkészítéséről. Katasztrófavédelem Központi Múzeumának archívuma. Budapest, 2006.