

# MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY



# Impresszum

## Műszaki Katonai Közlöny

Nemzeti Közszerkesztési Egység Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztályának elektronikus (online) megjelenésű tudományos folyóirata.

ISSN 2063-4986

## Szerkesztőbizottság elnöke

Dr. Kovács Zoltán

## Szerkesztőbizottság

Dr. Árpád Lőrincz

Dr. Hornyacsek Júlia

Dr. Horváth Tibor

Dr. Kovács Tibor

Dr. Kuti Rajmund

Dr. Nagy Rudolf

Prof. Dr. Padányi József

Dr. Pavel Manas

Dr. Tóth Rudolf

## Főszerkesztő

Dr. Kovács Zoltán

## Szerkesztőség címe

Nemzeti Közszerkesztési Egység, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar,  
Művelési Támogató Tanszék

1101 Budapest, Hungária krt. 9–11. A. épület, 949. iroda

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf. 15.

E-mail: [kovacs.zoltan@uni-nke.hu](mailto:kovacs.zoltan@uni-nke.hu)

Telefon: +36 1 432 9000/29 539 • HM 02-22-9539

## Kiadó

Nordex Nonprofit Kft. – Dialóg Campus Kiadó

[www.dialogcampus.hu](http://www.dialogcampus.hu) • [www.uni-nke.hu](http://www.uni-nke.hu)

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

[kiado@uni-nke.hu](mailto:kiado@uni-nke.hu)

A kiadásért felel: Petró Ildikó ügyvezető

Olvasószerkesztők: Balla Nóra, Resofszi Ágnes

Angol nyelvű olvasószerkesztő: Gergely Zsuzsanna

Tördelőszerkesztő: Gyapjas Anikó



# Tartalom

|  |     |
|--|-----|
| Urbán Anett<br>The Characteristics of the Firefighter's Protective Equipment . . . . .   | 5   |
| Tóth András – Muhoray Árpád – Pellérdi Rezső<br>Magyarország jelentősebb ipari katasztrófái a veszélyhelyzet-tervezés<br>és -kezelés szempontjából . . . . . | 21  |
| Nagy Andor – Lakatos István<br>Rendkívüli események baleset-elhárításának háttere a földalatti vasutak esetében . . . . .                                    | 41  |
| Karches Tamás – Salamon Endre – Berek Tamás<br>Estimation of Attached Growth Process Aeration Requirement in Wastewater Treatment . . . . .                  | 49  |
| Papp Csongor<br>Nagyvasúti dízel vontatójárművek károsanyag-kibocsátás csökkentésének lehetőségei<br>a dízelmotor tranzienis üzemében . . . . .              | 59  |
| Kretz András<br>Környezettudatos építkezés a védelmi szférában . . . . .   | 69  |
| Görbe Polina<br>Árvízi védekezést lezáró logisztikai műveletek elemzése . . . . .  | 83  |
| Kocsis Bence<br>Az additív és szubsztraktív technológia katonai vonatkozású alkalmazási lehetőségeinek<br>összehasonlító vizsgálata . . . . .                | 95  |
| Koch Dániel – Schneck Tamás – Zsuffa István<br>Árhullámmérések a Kelet-Mecsekben . . . . .   | 105 |
| Kovács Gergely – Hornyacsek Júlia<br>Korszerű oktatási eszközök és módszerek alkalmazása a polgári védelmi felkészítésben . . . . .                          | 117 |

|   |     |
|---|-----|
| Dobó Kristóf  |     |
| A hazai árvízvédelmi stratégia főbb irányai . . . . .                               | 133 |
| Hadas Ádám  |     |
| Felsővezeték- és áramszedő-meghibásodások hatása a vasút működésére . . . . .       | 145 |
| László Gabriella  |     |
| Lakófunkciójú épületek általános tűzterhelésének változása Magyarországon . . . . . | 155 |

Urbán Anett<sup>1</sup>

# The Characteristics of the Firefighter's Protective Equipment<sup>2</sup>

## A tűzoltók védelmét szolgáló eszközök

*During fire service interventions, firefighters have to perform a wide variety of tasks, but in many cases this diversity is accompanied by an increased hazard level. The protection and safety of the intervening staff of disaster management have always played a prominent role. Firefighters can only be expected to work the most efficiently if, during the interventions, they have every opportunity to preserve their own health. In order to process this topic, in addition to reviewing European and Hungarian standards, historical overviews, literature and related statistics, the author consulted with members of the intervening staff of disaster management, who regularly use personal protective equipment, to deepen her knowledge about the topic.*

**Keywords:** *personal protective equipment, protective clothing, fireman, disaster management*

*A tűzoltói beavatkozások alkalmával széles körű, változatos feladatokat kell ellátnia a tűzoltóknak, sok esetben azonban ez a változatosság a veszélyességi szint növekedésével is párosul. A katasztrófavédelem beavatkozó állományának védelme és biztonsága mindig kiemelten fontos szerepet játszott. A tűzoltóktól csak abban az esetben várható el, hogy a leghatékonyabban végezzék a munkájukat, ha a beavatkozások közben számukra minden lehetőség biztosítva van a saját egészségük megőrzésére is. A téma feldolgozásához az európai és magyar szabványok a történi áttekintések, szakirodalmi anyagok és a témakörhöz szorosan kapcsolódó statisztikák feldolgozásán túl a téma pontos megismeréséhez a szerző konzultációkat folytatott az egyéni védőeszközöket rendszeresen használó a katasztrófavédelem vonulós állományában szolgálatot ellátó személyekkel.*

<sup>1</sup> National University of Public Service, Doctoral School of Military Sciences, PhD student, e-mail: [urban.anett@uni-nke.hu](mailto:urban.anett@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0001-8934-0172

<sup>2</sup> The work was created in commission of the National University of Public Service under the priority project PACSDOP-2.1.2-CCHOP-15-2016-00001 entitled "Public Service Development Establishing Good Governance" in the Concha Győző Doctoral Program.

*A szerző célja a katasztrófavédelem szervezete által használt és rendszeresített egyéni védőeszközök bemutatása, rendszerezése.*

**Kulcsszavak:** *egyéni védőeszköz, tűzoltók, katasztrófavédelem*

## Introduction

Every time firefighters answer a call, it is a race against time. Whether it is night or day, summer heat or winter cold, they have exactly 120 seconds to leave their station. Every work-type and workplace has their own unique traits; and in case of some professions, employees could meet threats to their health, safety or even life threatening situations. In order to minimise such risks strict guidelines, orders and even laws govern the steps of performing such tasks. So it is in case of firefighters. The intervening staff has to perform mechanical safety and lifesaving actions at sites of fires, road and railroad accidents, accidents involving hazardous chemicals or manage the aftermath of natural disasters. There are no two similar cases, the circumstances of the work environment are determined by the work site.<sup>3</sup> Tasks during interventions often lie close to the upper limits of the capabilities of the human body and soul. Every intervention has its main factor of risk; however, these factors often surface with others, amplified by them, or coupled, or one after the other.

Such factors could be: high temperature, smoke, poisonous (chemical) gases, falling objects, collapsing buildings, slippery and/or jagged surfaces, adverse visual conditions, sudden and extreme change of temperature. We also need to consider unforeseen, but emerging events like explosions, or when working high above or underground (unexpected gusts of wind, landslides etc.). Moreover, the tiring firefighter's lapse of concentration can also lead to accidents.<sup>4</sup>

Workers in Hungary have a right to safe and healthy working conditions.<sup>5</sup> In order to reduce the above mentioned risks to the intervening staff, they are provided with modern protective equipment, which within reason, provide the maximum possible safety to the personnel. However, since safe and healthy working conditions cannot be provided to firefighters by collective measures (hence the diverse risks like mechanical damage, poison hazard, extreme heat load and unexpected events), it has to be achieved by individual protective equipment.

By the 39/2011. (XI. 15.) BM (Ministry of the Interior) directive, which details the general rules of firefighting and technical rescue, we can determine the tasks of firefighters which cover a wide range of events in Hungary.<sup>6</sup>

"Technical rescue is securing life and property in case of:

- a) building damage, accidents at buildings
- b) traffic accidents
- c) accidents occurring on natural waters
- d) accidents occurring in canals, wells and other reservoirs

<sup>3</sup> DALLOS 2017.

<sup>4</sup> KUTI 2010, 1–7.

<sup>5</sup> PÁNTYA 2017.

<sup>6</sup> Directive 39/2011. (XI. 15.) BM.

- e) malfunction and accidents involving public utilities
- f) accidents occurring in height or underground (caves and ravines included)
- g) hazardous materials breaching containment, or nuclear accidents
- h) natural disasters and any similar events."<sup>7</sup>

Besides the above, professional disaster management performs radiological, biological or chemical reconnaissance and decontamination, if it proves necessary by indication with regards to the site or on-site scouting.

Every intervention has risks. Therefore, we have to protect our firefighters by all active and passive means.

The intervention staff of the disaster management is the primary actor, after the alert, they are, in most cases, first on site to begin reconnaissance, rescue and damage management operations. Interventions are diverse and risky. It is not an exaggeration to say that there are no two similar ones. The goal of the author is to assess the individual protective equipment of firefighters and the possibilities of lowering the loads they are exposed to.

## Individual Protective Equipment

The individual protective equipment used in Hungary is defined by the 1<sup>st</sup> appendix of the 6/2016. (VI. 24.) BM OKF directive: "Employed by fire stations, certified by BM OKF, issued to individuals, its function is to protect the wearer from one or more simultaneously affecting risk factors."<sup>8</sup>

Related to the directive, we need to mention the responsibilities of both employer and employee. It is the responsibility of the employer to provide the properly certified protective equipment to the employee and to train the employee for correct and safe use and maintenance of it. Twice a year it has to provide work safety training for the 24/48 shift personnel.<sup>9</sup> In case of new equipment, it is a must to have additional training above that is mandatory. Work safety trainings have to be properly documented adhering to the official guidelines.

It is the responsibility of the employee to inspect and maintain their issued personal equipment, to adhere to the work safety directives, and to wear and use the issued protective equipment. They have to know how to properly use the equipment, which of them provide protection against what risks, what are the limitations of each, as well as it is an employee obligation to report any limiting factor affecting the safety and usability of the issued equipment.<sup>10</sup>

The 18/2008. (XII. 3.) SZMM directive categorises individual protective equipment into three categories, based on the level of protection they are able to provide.

- 1<sup>st</sup> category: that protective equipment of which their manufacturer can assume that the user is able to correctly judge the level of protection provided by it with sufficient certainty, and judge the necessity of its use in the correct time and able to properly utilise it.

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> Directive 6/2016. (VI. 24.) BM OKF.

<sup>9</sup> KOK s. a.

<sup>10</sup> Protective equipment s. a.

The level of protection can be certified by the manufacturer via an EK sufficiency statement, providing a user manual is also available.

- 2<sup>nd</sup> category: all equipment not fitting into the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> categories.
- 3<sup>rd</sup> category: equipment that require complex design, which is used for protection against fatal accidents, severe, permanent injuries, of which the manufacturer may assume the user would not be able to judge direct effects in time.<sup>11</sup>

Which is the mandatory individual protective equipment in case of the intervention staff of disaster management? The mandatory protective equipment for the professional staff is defined by the 84/2011BM OKF directorial directive. In the appendix of the directive the following equipment is listed:<sup>12</sup>

- firefighter protective clothing (coat and pants)
- firefighter protective helmet (with faceplate and helmet): the faceplate is anatomically designed and can hinge downwards, the helmet is flame resistant and replaceable, hingeable protective glasses could be applied to it with a possibility of attachment of further protective equipment. They can be sourced from multiple manufacturers, they only differ in design and attachments. Suggested time of wear: 5–15 years.<sup>13</sup>
- protective hood: Can be sourced from various manufacturers, heat resistant protective hoods which also serve well in cold. An important feature to consider that they must not cause skin irritation. Suggested time of wear: 5 years.
- firefighter protective boots: It has to be comfortable to wear, needs to be breathable, to be quickly put on and taken off, it has to protect from cuts and punctures, provide traction and protection against chemicals. Suggested time of wear: 5 years.
- firefighter protective gloves: It can be said that firefighters dislike wearing protective gloves because of their bulkiness. But work safety regulations are mandatory and so are wearing gloves. They provide protection against mechanical and thermal injuries. Fortunately, chemical protection is rarely needed, but they offer no space for argument about wearing gloves either. Suggested time of wear: standard protective gloves 1 year, chemical protective gloves 3 years.<sup>14</sup>
- climbing harness with utilities (hand axe, hose holder rope): Provides security in heights by anchoring, but it can also be used to attach various pieces of equipment. Comes handy underground or entering closed spaces in smoke, but proves most useful when others or the firefighter needs saving from height. Loadbearing and ease of use are the most important attributes, they come in various sizes just like conventional belts. Suggested time of wear: 5 years.
- breathing mask: The mask itself is hardly separable from the complete breathing apparatus formed by the harness, the pressure vessel, pressure regulators and other systems (e.g. bodyguard system). The mask provides a steady flow of pressurised

<sup>11</sup> Directive 18/2008. (XII. 3.) SZMM.

<sup>12</sup> Directorial directive 84/2011BM OKF.

<sup>13</sup> KÖVÉR s. a.

<sup>14</sup> MSZ EN 469:2014



air to the firefighter from the pressure vessel, guaranteeing proper pressure over the protected area regardless of external circumstances. Important features are good and distortionless view, proper fitting, decondensation, ease of vocal communication and easy but secure attachability. The overpressure within the mask provides safety in case of imperfect fit by rather venting some of the air than letting potentially dangerous external air in. An added benefit is that it makes breathing easier because of the relative pressure difference. Suggested time of wear: 5 years.<sup>15</sup>

- safety gloves (for technical rescue)
- ear protection: Is used mostly during technical rescues, when the sounds generated by applied machinery used on site can be harmful to hearing. It is a simple and cheap piece of equipment offering good protection.

The table containing the fire and disaster management equipment in service can be found on the website of the OKF. Firefighting and technical rescue guidelines for equipment to use is detailed by the 15/2010. (V. 12.) ÖM directive and 84/2011 directive of the Director of BM ÖKF.<sup>16</sup> The phrase in service is a criterion detailing which equipment can be used by professionals at disaster management. What is excluded from the table, is considered forbidden to use. In my opinion, this table had its importance before 2012 in the period of the local governmental firefighting; nowadays, procurement is centralised and supervised, so only equipment deemed fit can get to the members of the intervention staff. Regardless, we need to keep in mind to double check equipment from the pre-2012 period, to make sure they are certified and still fit for service today.

Such inspection obligations are contained in the 1<sup>st</sup> appendix of the 15/2010. (V. 12.) ÖM directive of "use of fire protection equipment during activities of firefighting and technical rescue", often citing articles of law and user manuals of manufacturers.<sup>17</sup>

In accordance with work safety regulations, the 29/2012 directorial directive contains all the equipment that needs to be provided for the intervention staff, which they are obliged to wear and use.

"Individual protective equipment is any sort of equipment which can be worn or carried by an individual person and which would protect the person from one or multiple dangers which would threaten the health or safety of the person. Individual protective equipment prevents or mitigates the effect of dangerous factors and its effect only protects the user."<sup>18</sup>

The use of individual protective equipment is justified when the work involves such dangers which cannot be countered by any other technical means.

---

<sup>15</sup> Protective equipment s. a.

<sup>16</sup> Directorial directive 84/2011BM OKF; Directive 15/2010. (V. 12.) ÖM.

<sup>17</sup> Directive 15/2010. (V. 12.) ÖM.

<sup>18</sup> NAGY s. a.

## Dangerous and Harmful Factors

While doing work, the human body is exposed to such external stimuli, which can prove to be harmful to the worker's health. Such factors are classified into groups and subgroups. The main groups are numbered from 1 to 9. Subgroups contained in the main groups are also strictly numbered from 1 to 0.<sup>19</sup>

Main groups of harmful and dangerous factors:

- Mechanical
- Material
- Bad quality, contaminated air
- Radiations
- Cold and heat
- Noise
- Vibration
- Electrical phenomena
- Biological factors<sup>20</sup>

## Classifying of protective equipment based on the direction of protection

The use of contemporary protective equipment is diverse, however their purpose and function are very similar. Their main purpose is the protection of personal safety and health, providing protection against external threats, mitigating the effects of threats and preventing them altogether. Protective equipment can also be classified by their function. Based on this, there are the following groups:

Main groups of protective equipment:

- Head protection
- Face protection
- Eye protection
- Respiratory protection
- Hearing protection
- Protective clothing
- Full body protection
- Hand protection
- Leg protection
- Other protective equipment

The staff has to be trained for their use. Firefighters have to inspect their equipment both upon starting their shifts and before use. In case of faults and malfunctions they are obliged to report it.

---

<sup>19</sup> URBÁN 2017.

<sup>20</sup> Ibid.

Levels of individual protection:

- "A level" protection: fully closed, heavy type of protective clothing, closed cycle pressurised breathing apparatus, protective helmet, communication device.
- "B level" protection: insulating or filtering type of protective clothing, closed cycle pressurised breathing apparatus with full face mask, protective helmet, protective boots, protective gloves (dual layered), communication device.
- "C level" protection: insulating or filtering type of protective clothing, gas mask with appropriate filter, protective helmet, protective boots, protective gloves (dual layered), communication device.
- "D level" protection: light insulating or filtering type of protective clothing, gas mask with appropriate filter or half mask with protective goggles, protective boots, protective gloves.<sup>21</sup>

The protection of the body of firefighters, as well as civilian workers, is of utmost importance. However, during some interventions it is unavoidable that the body surface of the intervention staff gets into contact with fire, red-hot and hot objects (occasionally with objects without any visual sign of heat) during repairs; while during technical rescues sharp and jagged objects can cause injuries. In order to mitigate or prevent this from happening, the intervention staff is obliged to wear protective clothing during intervention calls.

## General Requirements of On-Call Protective Clothing

The most important requirements of on-call protective clothing are defined by the MSZ EN 469 standard.<sup>22</sup>

The most important from these are:

- The protective clothing must provide protection for the firefighters' upper and lower body, including the neck and limbs, excluding the head, hands and feet.
- The clothing can consist of one or two pieces.
- The clothing has to be designed to fit other pieces of protective equipment (e.g. gloves) and to constrict the wearer's movement as little as possible.
- The clothing has to have visibility stripes in accordance with its use in the day (day and night).
- The protective clothing should be as light as possible while maintaining the required level of protection. Its design and material should ease cleaning and maintenance.
- The material of the protective clothing should prevent the spreading of fire. None of its materials should melt, drip, nor catch on fire and decrease in size more than 5%.
- The protective clothing should provide appropriate resistance to chemicals.

---

<sup>21</sup> NAGY s. a.

<sup>22</sup> MSZ EN 469:2014.

- It should be watertight while be breathable to water vapour and provide ventilation for the comfort of the wearer.<sup>23</sup>

## Other Requirements for Protective Clothing

Requirements for chemical resistance: The innermost layer of the protective clothing must not be reached by 20°C sodium hydroxide (NaOH) at 40% density; hydrochloric acid (HCl) at 36% density; sulphuric acid ( $H_2SO_4$ ) at 30% density and petroleum ether. These substances must be kept away from it by an additional or multiple layers.<sup>24</sup>

Requirements for radiative heat (conductive heat) protection: When examining resistance to radiating heat, the sample material is heated from the direction of its outermost layer. A sensor on the opposite side of the sample measures the heating and the time it takes for the temperature to raise to 24°C. If the time is found not within the pre-specified threshold, the material is deemed insufficient for use.

Requirements for flame resistance and flame spreading: Protective clothing for firemen with regards to flame resistance and flame spreading examined under standard heat stress has to fulfil the following requirements: The material of the clothing must not combust on any side or edge. It must not puncture, except for the outermost layer in case of multi-layered clothing. Flaming or melting parts cannot peel off of it. Average time of after flaming and afterglow cannot exceed 2 seconds.

The firefighter protective clothing has progressively changed through time. Both in protective and resistance capabilities, but their most important task was to protect the wearer. In the following, the author will describe in temporal order the standardised protective clothing of the past twenty years in Hungary.

Regulations of use for protective clothing:

- Fire approaching activities in protective clothing can only be performed by trained and medically fit personnel.
- Protective clothing can only be worn in conjunction with compressed air respiratory protection gear.
- Continuous use of protective clothing cannot exceed 20 minutes. After 20 minutes it must be taken off and the wearer must be provided 20 minutes of rest. During this time the clothing must be cooled (ventilated).
- For wearing underneath the protective clothing, natural or polypropylene-wool clothing is recommended.
- Damaged protective clothing is not to be repaired, further use is not allowed.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> MSZ EN 469:2014.

<sup>24</sup> MSZ EN 469:2014.

<sup>25</sup> Protective equipment M-8 s. a.

## Use of Protective Clothing

Protective clothing provides full body protection against 93°C environmental heat. For a short period, it is capable to withstand 1093°C radiative heat.

Based on measurements, protective clothing provides its protection in dry working conditions as shown in Table 1.

Table 1. Degrees of protection of protective clothing

| Contact heat | 100 °C              | 150 °C | 200 °C | 250 °C              | 300°C  | 350 °C                | 400 °C | 500 °C |
|--------------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|-----------------------|--------|--------|
| Time of use  | 226 sec             | 80 sec | 51 sec | 40 sec              | 29 sec | 26 sec                | 23 sec | 19 sec |
| Radiant heat | 2 W/cm <sup>2</sup> |        |        | 3 W/cm <sup>2</sup> |        | 4.2 W/cm <sup>2</sup> |        |        |
| Time of use  | 50 sec              |        |        | 20 sec              |        | 10 sec                |        |        |

Source: KANYÓ 2008

The use of various protective equipment hinders the work of the intervention staff as itself exerts their bodies. Even just wearing the protective clothing greatly reduces the heat regulatory (perspiratory) capability of the body. The protective clothing and its accessories can more easily snag in objects and structures. Respiratory protective equipment adds additional weight, restrict the range of motion and provide even more surface for snagging. When wearing a face mask, the wearer may experience a reduced hearing, visual acuity and a decreased field of view and intelligibility of speech.

However, despite all of the above, performing firefighter duties is unimaginable without such protective equipment. As the on-site circumstances may exert extreme stress on the intervention staff from fires that can be put out in the matter of minutes, up until cases which can last several hours. Also, in some cases facing extreme heat may prove entirely unavoidable.

In light of the above, in the following section the author will discuss the effects of heat on the human body, the risk factors of firefighting and the possibilities of reduction of these risks and stresses.

The primary source of stress affecting working firefighters is external stress.

External stress is the summary of factors which affect the form of labour, its intensity, its duration and circumstances and trigger functional reactions of the human body.

The two main types of external stress are:

- Related to human activity:
  - physical stress (dynamic and static muscle work or combination of the two)
  - mental stress (stress caused by information processing)

- Related to the site:
  - heat stress
  - chemical stress caused by poisonous or corrosive materials, coupled by emerging mental stress due to improper pre-assessment of the situation<sup>26</sup>

The requisite of effective use of human resources challenges greatly the fire departments of several countries. It is very important that the personal strength of fire departments should consist of people in appropriate number, who are ready and able to do their jobs, so they are well-trained, specially skilled and motivated professionals. At the scene of the damage the intervention – which can be a 1–2-minute long fire up to a many-hours-long duty – sets the firefighters' organism to an inordinate physical pressure. Human organism – depending on age, physical and toughness level – adapts differently to the pressure on it. In case of firefighters, we have to pay attention to extreme heat effects, spasms and circular problems caused by liquid- and salt deficiency. As a result of these, even death might occur.<sup>27</sup>

## The Effect of Heat on the Human Organism

Humans are one of the most tolerant creatures on Earth, so we can hustle for longer periods even between  $-30$  and  $45^{\circ}\text{C}$ .<sup>28</sup> Despite the extremes, the sustainability of operability of our organism is possible between certain temperature boundaries. The organism can only partly compensate the changes with its body temperature level keeping mechanism. Under circumstances warmer than our body temperature ( $36.3$ – $36.8^{\circ}\text{C}$ ), the body has to increase heat egress, while during colder circumstances, it has to decrease it. Further temperature increase or decrease without adequate defence might lead to death. In case of overheating, the body tolerates by heat egress. This time the veins of the skin expanse, more warm blood gets on the surface of the body, sweating starts, which is a cooling mechanism. During this process, our body distracts blood and liquid from other parts of the body, which worsens the performance.<sup>29</sup>

If the environmental temperature rises above the neutral zone, besides the oxygen consumption, the heat production rises as well. This fact obviously is not ideal from the heat conditioning point of view, because the sustainment of constant body temperature really charges the organism. The reason for this phenomenon is said to be found in the so called Van't Hoff (empirical) rule, which says that by the increase of temperature by  $10^{\circ}\text{C}$ , the speed of reaction grows up by 2–4 times.<sup>30</sup>

In case of firefighters, this is really important, as during an operation a bad decision might result in the death of their own or their partners or the civilians.

---

<sup>26</sup> DETRE s. a.

<sup>27</sup> LITS s. a.

<sup>28</sup> FEJES–KÓRÓDI 2014.

<sup>29</sup> COHEN 1912.

<sup>30</sup> NFPA s. a.

## Contingencies while Firefighting

Basically there are two sorts of heat dangers threatening the firefighters: burnings and heat load. Outer heat effects and work load do not influence body temperature equally. Outer heat first has to get through clothes and skin, before influencing the body temperature, while work load first increases the inner temperature of the body before leaving through the skin. If the environmental temperature is higher than the body temperature, the heat surplus can only be egressed by sweating. The evaporation should take care of the compensation of outer temperature. According to American statistics, only 10% of accidents during firefighting are burns. During firefighting, the number of deaths is very high, 48%. More than 50% of the victims die because of heart attack, and only 12% because of burning. By estimations, with 80–90% the cause of accidents is false positioning, as you could see with the Van't Hoff-rule. So it is assumable that most of the accidents are caused directly or indirectly by the overheating of the body.<sup>31</sup>

## Circumstances during Firefighting

It is an essential rule that warmer body egress heat to colder ones, with which its own body temperature decreases, and the colder one's increases. Organisms produce heat during their functioning: approximately 80 W while sleeping, and more than 1000 W during intensive work. The bodies of firefighters produce 300–500 W heat during work, and they can egress it by breathing, by dry heat conveyance and by evaporation. At room temperature and 50% relative moisture (RH) the egress leaves 20% by evaporation, 25% by conveyance, 45% by heat radiation and 10% by breathing. If the environmental temperature reaches 35°C, the only way of cooling the body is evaporation. Evaporation is a very effective method, because one litre evaporated sweat takes 672 W out of the body. The amount of evaporated sweat decreases as time goes by. If the body is affected by heat charge, sweat becomes stronger at the trunk.<sup>32</sup> The higher the body temperature is, the lower skin temperature is needed to start sweating. During firefighting, the protective clothes strongly insulate, so the body is not in a heat balance with the environment and a part of the produced heat piles up in the body. In addition to observing the burn injuries, it has also been observed how much heat charge does the firefighter equipment cause to the firefighters' organism. The results strongly differ from each other depending on outer conditions of the measurements (temperature, moisture) and the quality – and vapour permeability of the clothes. The quantity of the clothes also has to be taken into consideration (a 24 kg heavy equipment reduces the person's performance by 25%), as well as the fact that moving in such equipment how much more heat production it causes in the organism. By knowing the allowed maximum body temperature, in principle, it can be counted to each equipment that after how much work should the person stop to prevent any dangerous situation. We also have to take into consideration that body temperature keeps rising for minutes even after stopping work. But the fact that circumstances during the

<sup>31</sup> FAHY et al. 2018; LORENZ et al. 2007; FÁBIÁN et al. 1989.

<sup>32</sup> FAHY et al. 2018.

firefighters' work change very quickly and the evaporation speed depends on age, physical state etc. make calculation very difficult or almost impossible.<sup>33</sup>

Developments in the field of firefighter safety equipment are continuous throughout the world. Despite this, the interventional staffs have to suffer a great amount of heat charge during a long-lasting intervention, or during wearing heavy gas protective equipment at the presence of dangerous materials. The goal of the author is to present the possibilities that can decrease temperature during firefighter interventions.

## Adaptable Temperature Decreasing Clothing

### Heat egress solutions by evaporation

At evaporation from the surface of the liquid molecules leave, which increase the steam-capacity of the room above the liquid. So evaporation is quite similar to boiling, because in both cases liquid turns into steam. The difference is that during evaporation molecules can leave only from the surface of the liquid, while at boiling steam-bubbles can appear throughout the whole volume of the liquid which leads to the intense movement of the whole liquid.<sup>34</sup>

The reason of the evaporation is that the molecules on the surface of the liquid move inordinately. Because of their anomalous impacts, they sometimes have such big kinetic energy that they can defeat their neighbour's magnetic interference and split from the surface of the liquid.<sup>35</sup> Only those particles can do it, that have the greatest kinetic energy, so they take energy away from the liquid. In other words, the average amount of energy of the rest of the particles decreases if those with the greatest level leave. Its consequence is that during evaporation the energy of the liquid decreases which is shown by the decrease of its temperature.<sup>36</sup>

The evaporation, the transformation of liquid into gas draws away a lot of energy. There are certain clothes that are made from special material and use this evaporation as cooling. Their material takes in a certain quantity of water, while thanks to their water resistant tarnish, the dress stays dry after wiping. Due to the evaporation of the water, the dress becomes 5–7°C cooler than its environment, and it can hold up to it for 5–10 hours long; we can achieve this only by dipping it into water for 1–3 minutes.<sup>37</sup>

### Setting heat-capacitors that draw away much heat on cryogenic surface

We need significant heat quantity for dissolving the crystal state of crystallisable materials, in other words for melting. They have another feature that until melting utterly happens, their temperature remains constant. By using this knowledge Kovox Ltd. developed such a cooled piece of clothing that contains small cryogenic blocks. These cryogenic bags melt at 14°C,

---

<sup>33</sup> LORENZ et al. 2007.

<sup>34</sup> PAVLIK 2013, 32–35.

<sup>35</sup> KÓRÓDI 2013.

<sup>36</sup> KANYÓ 2014, 84–88.

<sup>37</sup> GRIBOVSKY 2010.



at a lower temperature than this, they ensure a 14°C temperature for three hours long during their melting. The producer offers his clothes having appropriate aggregate changer cooling solutions for steel factories and firefighter interventions. According to this, among the developed variations of clothes, you can find the flameproof cooled vest, as well.<sup>38</sup>

### **The circulation of liquid that is cooler than the environment in tubing built into clothes**

Though clothes heated by electricity have been produced for a long time, a few years ago a Hungarian developer team came up with an entirely new solution. In the dress, designed by the Hungarian inventors, liquid circulates through narrow silicon tubes and its temperature can be set between 35 and 55°C by the user.<sup>39</sup>

The 'liquid circulated clothes' can be used in a wider field than the electronic ones, because with this invention its wearer cannot only be heated, but cooled, as well. The Thermoflash electronics system controls that with the help of small pumps circulating a special liquid in the tubing of the dress. This liquid is absolutely harmless to health, it is a monopropylene-glycol based, environmentally sound and not poisonous bio freezing-mixture. In the dress, the tubes are placed in a way to cover all the most significant parts of the body, and the designers also paid great attention to the fact that the whole surface of the body should be reached by the generated cold or warm properties.

During hot weather – more or less according to the individual makings – every person's stamina decreases. Even above 20°C we can sense such body reactions that not only obstruct the performance, but increase the intensive strain. At interventions, firefighters have to do hard physical work under extreme circumstances. This is especially true for firefighters because a badly judged decision might cost his own or his partner's or the to-be-rescued civilians' lives.

Each firefighting intervention is risky. That is why our firefighters have to pay great attention to both their active and passive defence. With the use of the clothes presented by the author, we can increase the effectiveness of the interventions and the protection of our staff.

### **Summary**

As we could see, firefighters face diverse dangers while on duty. During performing their tasks, not only the recognition of risks factors but protection against them are not just important, but indispensable. During such tasks, these risks have to be mitigated to acceptable levels by utilising personal protective equipment at hand. It is the firefighters' own interest and duty to use such equipment properly, and to report any damages to them since damaged equipment cannot fulfil its function. Since external risks can never be fully avoided, personal protective equipment has to provide the relative safety to firefighters so that they can perform their

---

<sup>38</sup> Kovox Kft. s. a.

<sup>39</sup> HOLLENBERGER-SZÁLLÁS 2010, 19–20.

duties. Every intervention has its risks, hence we need to protect our firefighters by all active and passive means.

This safety rests on three pillars:

- firstly, they need appropriate equipment (tools and protective clothing)
- secondly, well-defined tasks and appropriate work management are required to tackle on-site damage cases
- thirdly, the intervention staff must be trained and prepared for handling expected and unexpected on-site events

If we keep these in mind and take safety measures, spend the time and effort on the theoretical and practical training of the staff, then we could raise the effectiveness of interventions, as well as the safety of the personnel.

## References

- COHEN, Stuart (1912): A study of temperature-coefficients and Van't Hoff's rule. *KNAW Proceedings*, Vol. 14, No. 2. 1159–1173.
- DALLOS Tamás (2017): *Védőeszközök*. Available: [www.langlovagok.hu/azs/46\\_vedoeszkozok](http://www.langlovagok.hu/azs/46_vedoeszkozok) (Downloaded: 16.08.2018.)
- DETRE Zoltán (s. a.): *A megszokottól eltérő környezet hatása az emberi szervezetre, különös tekintettel a hőmérséklet változásaira*. Available: <http://docplayer.hu/2447819-A-megszokottol-elteri-kornyezet-hatasa-az-emberi-szervezetre-kulonos-tekintettel-a-himerseklet-valtozasaira.html> (Downloaded: 09.09.2018.)
- FAHY, Rita F. – LEBLANC, Paul R. – MOLIS, Joseph L. (2018): *Firefighter deaths by cause and nature of injury, NFPA*. Available: [www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Emergency-Responders/Firefighter-fatalities-in-the-United-States/Firefighter-deaths-by-cause-and-nature-of-injury](http://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Emergency-Responders/Firefighter-fatalities-in-the-United-States/Firefighter-deaths-by-cause-and-nature-of-injury) (Downloaded: 03.12.2018.)
- FÁBIÁN Gyula – NÁDORI László – DERZSI Béla – OZSVÁTH Károly – RIGLER Endre – ZSIDEGH Miklós (1989): *Sportképességek mérése*. Budapest, Sport. 300–312.
- FEJES Zsolt – KÓRÓDI Gyula (2014): Analysis of upper respiratory tract infections in mission circumstances. *AARMS*, Vol. 13, No. 1. 47–52. Available: [www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-vol-13\\_-issue-1\\_-2014.original.pdf](http://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-vol-13_-issue-1_-2014.original.pdf) (Downloaded: 06.04.2018.)
- GRIBOVSKY Zoltán (2010): *A vízrendezés, mint a komplex vízgazdálkodás része: Hidrológiai és hidraulikai alapok*. Available: [www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_MGIN7/ch01s04.htm](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MGIN7/ch01s04.htm) (Downloaded: 12.11.2016.)
- HOLLENBERGER Melinda – SZÁLLÁS György (2010): Hazai védőruha sikere Lipcsében. *Védelem*, Vol. 12, No. 4. 19–20. Available: [www.vedelem.hu/letoltes/ujzag/v201004.pdf?13](http://www.vedelem.hu/letoltes/ujzag/v201004.pdf?13) (Downloaded: 16.07.2018.)
- KANYÓ Ferenc (2008): *A tűzoltók fizikai alkalmasságának felmérése az új évezredben: Laboratóriumi és pályavizsgáló teljesítménydiagnosztikai eljárások alkalmazási lehetőségei a tűzoltók teljesítménymérésében*. Available: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9911/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (Downloaded: 04.09.2018.)
- KANYÓ Ferenc (2014): *A beavatkozó tűzoltók élettani paramétereit monitorozó telemetriás rendszer alkalmazási lehetőségei veszélyes anyag jelenlétében történő beavatkozásoknál*. Budapest, Konferencia-kiadvány: Katasztrófavédelmi Díj Tudományos konferencia 2014. 84–88.
- KOK (s. a.): *Védőeszközök*. Katasztrófavédelmi Oktatási Központ. Available: [http://fejer.katasztrofavedelem.hu/letoltes/document/fejer/document\\_73.pdf](http://fejer.katasztrofavedelem.hu/letoltes/document/fejer/document_73.pdf) (Downloaded: 02.03.2017.)

- KÓRÓDI Gyula (2013): Health screening examinations in cardiovascular risk estimation. *AARMS*, Vol. 12, No. 1. 39–44. Available: <https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-20131-korodi.original.pdf> (Downloaded: 14.09.2018.)
- Kovox Kft. (s. a.). Available: [www.kovox.hu/html/huto.futo.ruhazat.html#hutott](http://www.kovox.hu/html/huto.futo.ruhazat.html#hutott) (Downloaded: 12.10.2016.)
- KÖVÉR Tamás (s. a.): *Munka és tűzvédelmi oktatás*. Available: <http://fox.klte.hu/~beneg/oraianyagok/1.,%20Munkavedelemrol%20altalaban,%20Kornyezetvedelem.pdf> (Downloaded: 04.03.2017.)
- KUTI Rajmund (2010): *Komplex műszaki mentések tervezésének lehetőségei*. Védelem Online: Tűz-és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár. 1–7. Available: [www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/233-komplex-muszaki-mentesek-tervezesenek-lehetosegei.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/233-komplex-muszaki-mentesek-tervezesenek-lehetosegei.pdf) (Downloaded: 02.07.2018.)
- LITS Gábor (s. a.): A szélsőséges időjárási körülmények hatása az emberi szervezetre. *Folyóiratszemle*. Available: [http://epa.oszk.hu/02700/02735/00064/pdf/EPA02735\\_katonai\\_logisztika\\_2007\\_4\\_223-244.pdf](http://epa.oszk.hu/02700/02735/00064/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2007_4_223-244.pdf) (Downloaded: 09.09.2018.)
- LORENZ, R. – FRANZ, K. – KRIEGER, S. – ZEILBERGER, K. – JESCHKE, D. (2007): Dynamische Leistungsfähigkeit bei reduzierter Wärmeabgabe in Feuerweherschutanzügen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, Vol. 58, No. 5. 132–137.
- NAGY Zsolt (s. a.): *Egyéni ABV védelem és mentésítés katasztrófa helyzetekben*. Available: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/537-egyeni-abv-vedelem-es-mentesites-katasztrofa-helyzetekben.pdf> (Downloaded: 16.04.2017.)
- NFPA (s. a.): National Fire Protection Association: *Firefighter activities, injuries, and deaths*. Available: [www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/osffinjuries.pdf](http://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/osffinjuries.pdf) (Downloaded: 03.06.2018.)
- PAVLIK Gábor (2013): *Élettan – Sportélettan*. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. 32–35.
- PÁNTYA Péter (2017): A katasztrófavédelem és a tűzoltóságok hazai és nemzetközi tevékenysége, a beavatkozások keretei, a biztonság és hatékonyság megjelenése. *Hadmérnök*, Vol. 12, No. 2. 201–213. Available: [http://hadmernok.hu/172\\_16\\_pantya.pdf](http://hadmernok.hu/172_16_pantya.pdf) (Downloaded: 02.08.2018.)
- Protective equipment (s. a.): *A tűzvédelem és veszélyelhárítás védőeszközei*. Available: [www.fajltube.com/gazdasag/gepeszet/A-TUZVEDELEM-ES-VESZELYELHARIT65255.php](http://www.fajltube.com/gazdasag/gepeszet/A-TUZVEDELEM-ES-VESZELYELHARIT65255.php) (Downloaded: 02.04.2017.)
- Protective equipment M-8 (s. a.): *Védőeszközök M-8*. Available: <https://tuzoltotudas.hu/wpcontent/uploads/2016/02/Vedoeszkozok.doc> (Downloaded: 03.09.2018.)
- URBÁN Anett (2017): A katasztrófavédelem tűzoltó egységeinél rendszeresített védőruházatok vizsgálata. *Műszaki Katonai Közlöny*, Vol. 27, No. 4. 103–122.

## Legal References

- 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0800018.SMM&timeshift=20170101&txrefere=00000003.TXT> (Downloaded: 04.03.2017.)
- 15/2010. (V. 12.) ÖM rendelet a tűzoltási, műszaki mentési tevékenységhez kapcsolódó tűzvédelmi technika alkalmazhatóságáról. Available: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a1000015.onm](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a1000015.onm) (Downloaded: 02.03.2017.)
- 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól. [BM Regulation. General rules of the fire extinguishing and technical rescue operation activity of the fire department service.] Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100039.bm> (Downloaded: 03.05.2018.)
- 84/2011. számú BM OKF Főigazgatói Intézkedés a személyi állomány egyéni védőeszközzel történő ellátásáról. Available: <https://docplayer.hu/18726585-A-bm-orszagos-katasztrofavedelmi-foigazgatosag-foigazgatojanak-84-2011-szamu-intezkedese.html> (Downloaded: 02.03.2017.)

- 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról. [BM OKF Regulation of the Rules of the Firefighting-tactics and Technical Rescue Operations.] Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A16U0006.OKF&txtrefer=00000001.TXT> (Downloaded: 18.07.2018.)
- MSZ EN 469:2014: *Védőruházat tűzoltók részére. Tűzoltók védőruházatának teljesítménykövetelményei.* Magyar Szabványügyi Testület. Available: [www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=F3C50719BBFE9F6CE2296461FD4D740D?p\\_p\\_id=msztwebsiteshop\\_WAR\\_MsztWAportlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=-column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_msztwebshop\\_WAR\\_MsztWAportlet\\_ref=158768&\\_msztwebsiteshop\\_WAR\\_MsztWAportlet\\_javax.portlet.action=search](http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=F3C50719BBFE9F6CE2296461FD4D740D?p_p_id=msztwebsiteshop_WAR_MsztWAportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=-column-1&p_p_col_count=1&_msztwebshop_WAR_MsztWAportlet_ref=158768&_msztwebsiteshop_WAR_MsztWAportlet_javax.portlet.action=search) (Downloaded: 15.04.2017.)

Tóth András<sup>1</sup> – Muhoray Árpád<sup>2</sup> – Pellerdi Rezső<sup>3</sup>

# Magyarország jelentősebb ipari katasztrófái a veszélyhelyzet-tervezés és -kezelés szempontjából

## Hungary's Most Significant Industrial Disasters from the Viewpoints of Planning for and Managing a Dangerous Situation

*E tanulmány Magyarország jelentősebb nukleáris, illetve szénhidrogénipari eseményeit veszi számba kiegészítve egy TNT-gyár balesetével, amelyet a vonatkozó katasztrófavédelmi szempontok alapján a veszélyhelyzet tervezés és -kezelés oldaláról elemez. Cikksorozatunk korábbi részeiben megvizsgáltuk a jól bevált külföldi módszereket és honosításuk lehetőségét a katasztrófavédelem tervezési, prognóziskészítési, megelőzési, tevékenységében. Az ember mint biztonsági tényező és mint biztonsági kockázat is megjelenik a nukleáris anyagok kezelése és felhasználása során, ugyanakkor a szénhidrogén feldolgozása kapcsán is jelentős felelősség hárul rá. Az ipari katasztrófák megelőzésének, a kockázatok csökkentésének és a biztonság növelésének lehetősége a kutatásaink alapvető célja, amely kiterjed a veszélyhelyzet-tervezés és -kezelés továbbfejlesztésére, a kockázatot jelentő események, emberek kizárására, a kritikus területről, a veszélyek csökkentésére, a folyamatok biztonságosabbá tételére.*

**Kulcsszavak:** katasztrófavédelem, nukleáris veszély, szénhidrogén-feldolgozás, veszélyhelyzet-kezelés

*This study examines Hungary's most significant nuclear events, as well as hydrocarbon industry accidents and an incident in a TNT factory, and also analyses them from the related disaster manager viewpoints and from the standpoints of scheming and managing a dangerous situation. In our previous*

<sup>1</sup> Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: [Andras.Toth@katved.gov.hu](mailto:Andras.Toth@katved.gov.hu), ORCID:0000-0002-7365-6620

<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, egyetemi docens, e-mail: [Muhoray.Arpad@uni-nke.hu](mailto:Muhoray.Arpad@uni-nke.hu), ORCID: 0000-003-3832-293x

<sup>3</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, egyetemi docens, e-mail: [Pellerdi.Rezso@uni-nke.hu](mailto:Pellerdi.Rezso@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-3445-7654

*parts of our articles, we have investigated working methods from abroad and the possibilities for them to be applied in Hungary in the disaster management's planning, prognosis making and prevention activities. Humans appear as a safety factor, as well as a safety risk during the handling and processing of nuclear materials, and at the same time carry great responsibility during hydrocarbon processing. At the end of the article, we analyse the possibilities of prevention of industrial disasters, reducing risks and improving safety. The ultimate aim is to improve the planning for and the management of dangerous situations, excluding events and people that carry risks from the critical places, reducing hazards and making the processes safer.*

**Keywords:** *disaster management, nuclear hazard, hydrocarbon processing, handling dangerous situations*

## Bevezetés

A cikk a magyarországi ipari katasztrófák speciális eseteit kutatja, azon belül is az emberi tényező, a szándékosság és a biztonság szemszögéből. Az itt leírt események, káresetek feltárása kapcsán arra törekszünk, hogy a múlt hibáinak megismerését, kielemezését követve a későbbi balesetek kockázati szintjének csökkentésén keresztül alapozzuk meg a jövő biztonságát.

Az ember egyik legfontosabb tulajdonsága a tudatos munkavégzés, amely megkülönbözteti minden más élőlénytől. A kezdeti időszak emberét minden olyan veszély, amelyet nem ismert, babonás félelemmel töltötte el, ami elsősorban a természeti csapásokra vonatkozott, de igaz volt ez a primitív munkavégzés során fellépő veszélyekre is.

Az emberek örök igyekezete, hogy legyőzzék ezeket a veszélyeket, ami arra készítette őket, hogy gondoljanak a védekezés lehetőségére. Ösztönösen igyekeztek ellenállni a sérüléseknek, baleseteknek, egyszerűen a biztonságra törekedtek.

Az 1. táblázatban hazánk civilizációs eredetű katasztrófaveszélyeit csoportosítottuk. A tanulmány a civilizációs eredetű veszélyek közül kiemeli a nukleáris és vegyi baleseteket, a szénhidrogén-feldolgozással kapcsolatos ipari baleseteket, katasztrófákat.

1. táblázat. Magyarország lehetséges civilizációs katasztrófatípusai és veszélyei

| Civilizációs eredetű veszélyek                       | Tűzesetek                   |
|--|-----------------------------|
| Nukleáris baleset                                    | Tűz                         |
| Vegyi baleset  | Erdőtűz                     |
| Közlekedési balesetek – Veszélyes anyagok szállítása | Épülettűz                   |
| Közlekedési balesetek                                | Szabadtéri tűz              |
| Járványok  | Tömegrendezvények veszélyei |
| Biológiai veszélyek                                  |                             |
| Szűnyoginvázió                                       |                             |

Forrás: Magyarország katasztrófaveszélyeztetettsége alapján szerkesztette Tóth András

A BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (továbbiakban: BM OKF) honlapján a veszélyes üzemekről létrehozott adatbázis elemzése kapcsán megállapítható, hogy az itt szereplő cégek jelentős része az olaj- és vegyiparban, illetve a gáziparban és kereskedelemben aktív.<sup>4</sup>

## Védekezés az ipari katasztrófák ellen

Az iparban jelenlévő veszélyes anyagok tárolása, feldolgozása, felhasználása magában hordozza a balesetek kialakulásának kockázatát. Szerencsére ilyen súlyos balesetek Magyarországon ritkán fordulnak elő. A katasztrófavédelem iparbiztonsági és polgári védelmi hatóságai jelentős előrelépéseket tettek a belső és külső védelmi tervezéssel és tervek begyakorlásával kapcsolatos szakfeladatok teljesítésében.<sup>5</sup>

A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. (katasztrófavédelmi) törvényt és a végrehajtását szolgáló a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendeletet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleseti veszélyek ellenőrzéséről szóló 2012/18/EU Tanácsi Irányelvvel (SEVESO III. irányelvvel) összhangban dolgozták ki.

Kátai-Urbán Irina Szergejevna doktori értekezésében megállapította: „A katasztrófavédelem belső és külső védelmi tervezéssel és tervek begyakorlásával kapcsolatos szakfeladatai teljesítési gyakorlatának egységesítése érdekében szükség van a vonatkozó joggyakorlat, az eljárásrend, a módszertan áttekintésére és egységesítésére. A belső védelmi tervek értékelése és a begyakorlásuk tapasztalatai alapján megállapítottam, hogy a tervben a súlyos baleseti eseménysorok leírását minőségileg és mennyiségileg is el kell végezni.”<sup>6</sup>

## Védekezés a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek ellen

A hivatásos katasztrófavédelmi szervek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel kapcsolatos hazai jogi szabályozás alapján a BM OKF honlapján megtalálható utolsó adatközlés szerint 2016-ban 122 darab felső küszöbértékű, 132 darab alsó küszöbértékű, valamint 377 darab küszöbérték alatti veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem hatósági felügyeletét látták el, továbbá közel 950 darab veszélyes anyagok gyártását, tárolását, feldolgozását végző gazdálkodó szervezet üzemazonosítását hajtották végre. Egy esetben jártak el veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset, 28 esetben veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavar kivizsgálásánál. Felmérték és minősítették az üzemeltető megelőzési tevékenységét, szükség szerint műszaki/technológiai változtatások megtételére kötelezték az üzemeltetőt.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> *Magyarország jelenleg működő veszélyes ipari üzemei.* Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso\\_vuzem\\_index](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso_vuzem_index) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 12.)

<sup>5</sup> KÁTAI-URBÁN 2017b.

<sup>6</sup> KÁTAI-URBÁN 2017a, 141.

<sup>7</sup> *SEVESO Eredmények 2016.* Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso\\_eredmenyek\\_reszletek&ev=2016](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso_eredmenyek_reszletek&ev=2016) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 13.)

## Magyarországi nukleáris veszélyeztető források

A nukleáris balesetek bekövetkezésének valószínűsége rendkívül kicsi, de nem kizárható, ezért az atomenergia alkalmazása során fel kell készülni rá. A nukleáris veszélyből eredő legkisebb kockázat elérése a cél, amelynek fontos eleme a lakosságvédelmi feladatok végrehajtása.

Nukleáris veszélyeztetés alakulhat ki: üzemeltetési baleset, nukleáris fegyver véletlen balesete, országhatáron túli nukleáris létesítmény balesete esetén. A hazai vagy külföldi nukleáris veszélyhelyzet esetén a lakosság részére sürgős óvintézkedések elrendelésére kerülhet sor a baleset kezdeti szakaszában (elzárkózás, jód-profilaxis, kimenekítés).<sup>8</sup>

Magyarország nukleáris létesítményei: a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Kutatóreaktora (továbbiakban: BME), a Budapesti Kutatóreaktor (továbbiakban: BKR), a Paksi Atomerőmű, Püspökszilágy feldolgozó, Bataapáti tároló.

A BME legnagyobb értéket képviselő oktatási-kutatási célú nagyberendezése az 1971 óta működő, 100 kW maximális teljesítményű, medencetípusú oktató- és kutatóreaktor. Hűtőközege és moderátora könnyűvíz, reflektora víz és grafit.

A szovjet gyártmányú BKR 1959 óta üzemel Csillebércen. Üzembe helyezése óta kétszer korszerűsítették, a reaktor teljesítménye 10 MW-ra nőtt. 2000-ben hidegneutron forrást helyeztek üzembe neutronfizikai kísérletek hatékonyságának növelésére.

A Paksi Atomerőmű: a világ 30 legbiztonságosabb erőművei között szerepel: földregéssz-biztonsággal, nukleáris balesetelhárító szervezettel rendelkezik. Itt található a Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója – az atomerőmű elhasznált (kiegészítő) fűtőelemeinek biztonságos, végleges kezelését megelőző, műszaki okokból elengedhetetlen átmeneti, 50 éves tárolására szolgál.

Püspökszilágyon – a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) – az intézményi eredetű radioaktív hulladékok átvételére és elhelyezésére szolgál. A legtöbb radioaktív hulladék – az elhasznált zárt sugárforrásokat is ide számítva – az orvosi, ipari és kutatási alkalmazásokból származik. A két leggyakrabban használt izotóp, amelyekből jelentős készletek vannak, a Co-60 (kobalt) és az Ir-192 (irídium), amelyeket az orvosi és az ipari radiográfiában használnak.

Bataapátiban – a Nemzeti Radioaktív Hulladék-Tároló (NRHT) – az erőművi eredetű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezésének megoldására lett megépítve.

## Paksi „súlyos üzemzavar”

Az üzemzavar 2003. április 11-én éjszaka történt a Paksi Atomerőmű PAKS-2 reaktorblokkjában. Egy hibásan megtervezett tisztítótartályban összetört 30 darab fűtőelem-kazetta, valamint radioaktív anyaggal telített gázok a levegőbe, majd a szabadba kerültek. A kibocsátási szint meghaladta

<sup>8</sup> A nukleáris veszély fogalma. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?%20pageid=lakossag\\_kattipus\\_nuklearis\\_baleset](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?%20pageid=lakossag_kattipus_nuklearis_baleset) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 16.)



az engedélyezett napi és havi értékeket is. A hétfokozatú Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála (továbbiakban: INES)<sup>9</sup> szerint hármás, azaz már súlyosnak minősülő üzemzavar után több mint egy évig nem működött a PAKS-2 reaktorblokk, csak 2004-ben indult újra.<sup>10</sup>

## Paksi „üzemzavar”

2009. május 5-én a karbantartás alatt álló PAKS-4 reaktorblokk reaktorcsarnokában daruval emeltek egy neutron-fluxusmérő<sup>11</sup> műszert, amely a daru kötelének elszakadása következtében lezuhant. Senki sem sérült meg, személyi dóziskorlát-túllépés, radioaktív kibocsátás nem történt. „Ezt az eseményt – mivel a dózisteljesítmény a mérőlánctól 1 m távolságra meghaladta az 50 mSv/óra értéket – az atomerőmű szakemberei az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóságának (OAH NBI) egyetértésével a INES skálán kettes fokozatba, »üzemzavarba« sorolták.”<sup>12</sup>

A két komolyabb üzemzavart követően a Paksi Atomerőműben nem történt biztonsági kockázattal járó esemény. Az OAH NBI előírása alapján az erőmű internetes honlapján 2015 óta negyedévente tájékoztatják a lakosságot és a világháló olvasóit a skála alatti, azaz INES 0 besorolású üzemi eseményekről is. A tájékoztatás szerint évente 16-18 ilyen esemény történik, ami biztonsági szempontból megnyugtató, de mégis elgondolkodtató.

## Az iparbiztonság mint biztonság tudomány és a terrorcselekmények kapcsolata

Az iparbiztonsági szabályozásnak a katasztrófavédelem rendszerében történő fejlődése több mint 20 éves múltra tekint vissza Magyarországon. A veszélyes tevékenységek és a veszélyes áruszállítás felügyeletén túl megjelentek a létfontosságú rendszerelemekkel kapcsolatos katasztrófavédelmi feladatok is.<sup>13</sup>

Az „iparbiztonság” mint önálló biztonsági szakterület fogalmát Kátai-Urbán Lajos fogalmazta meg: „Mindazon veszélyforrás (üzem) specifikus jog-, intézmény- és feladatrendszer, eljárás- és eszközrendszer, illetve módszertan, amely a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel, a veszélyesáru-szállítással, a nukleáris balesetek elhárításával, valamint a létfontosságú rendszerek és létesítmények biztonságával kapcsolatos üzemeltetői, hatósági és önkormányzati feladatok teljesítése útján a lakosság életének, és egészségének, a környezetnek és a létfenntartáshoz szükséges anyagi javaknak a magas szintű védelmét szolgálja.”<sup>14</sup>

<sup>9</sup> Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (röviden: INES-skála). Országos Atomenergia Hivatal. Elérhető: [www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2\\_6\\_1](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_1) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 16.)

<sup>10</sup> Ma 15 éve történt a legsúlyosabb paksi üzemzavar, azóta is sok a nyitott kérdés. HVG, 2018. 04. 11. Elérhető: [https://hvg.hu/gazdasag/20180411\\_Ma\\_15\\_eve\\_tortent\\_a\\_legsulyosabb\\_paksi\\_uzemzavar\\_azota\\_is\\_sok\\_a\\_nyitott\\_kerdés](https://hvg.hu/gazdasag/20180411_Ma_15_eve_tortent_a_legsulyosabb_paksi_uzemzavar_azota_is_sok_a_nyitott_kerdés) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 16.)

<sup>11</sup> A neutron-fluxusmérőt a reaktor teljesítményének mérésére és a neutron energia eloszlás közelítő meghatározására használják.

<sup>12</sup> Üzemzavar a paksi atomerőműben. Index, 2009. 05. 05. Elérhető: [https://index.hu/belfold/2009/05/05/baleset\\_a\\_paksi\\_atomeromuben/](https://index.hu/belfold/2009/05/05/baleset_a_paksi_atomeromuben/) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 17.)

<sup>13</sup> HOFFMAN et al. (é. n.)

<sup>14</sup> KÁTAI-URBÁN 2014, 44.

2005. évtől a veszélyesáru-szállítási nemzetközi szabályzatok kiegészültek közbiztonsági előírásokkal is (ADR, RID, ADN 1.10 fejezetei), amelyek célja, hogy megakadályozzák a veszélyes anyagok jogosulatlan birtokba kerülését, az azokkal való visszaéléseket, különös tekintettel a terrorcselekményekben történő felhasználhatóságukra.<sup>15</sup>

„A közkeletű terroristakép megfoghatatlan. A terrorista fogalma azonban ennél bonyolultabb, meglehetősen szerteágazó és személye nem annyira a származásáról vagy vallásáról, mint inkább motivációjáról és az ehhez választott eszközrendszeréről ismerhető meg.”<sup>16</sup>

## Nukleáris biztonsági kockázatok

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség kategorizálta a nukleáris biztonsági kockázatokat a következők szerint:<sup>17</sup>

- a meglévő nukleáris fegyverek eltulajdonítása;
- a nukleáris létesítmények, azok szállítóeszközei ellen elkövetett támadás;
- szabotázs következtében kialakult radiológiai veszélyhelyzet;
- a primitív nukleáris fegyverek előállításához szükséges nukleáris anyagok megszerzése;
- sugárzó anyagok radiológiai diszperziós eszközként „piszkos bombaként”<sup>18</sup> való alkalmazása.

A fenti biztonsági kockázatok napjainkban életszerűek és valóságosak, ugyanakkor előfordulásuk valószínűsége eltérő, így például a nukleáris fegyverek terroristák által történő megszerzésének és alkalmazásának a valószínűsége viszonylag csekély, azonban a radiológiai diszperziós eszközök (továbbiakban: RDE<sup>19</sup>) bevetése komoly kockázati tényezőt hordoz.

## Az RDE előállítására alkalmas radioaktív anyagok vizsgálata

Különböző radioaktív anyagokat széleskörűen alkalmaznak az energiatermelés, az ipar, a gyógyászat, a tudományos kutatás területein (1. ábra). Ezen anyagok közül azok alkalmasak RDE előállítására, amelyek hordozhatók és viszonylag nagy aktivitással rendelkeznek. Az ipar különböző radioaktív anyagok tucatjait használja fel sugárforrásként, közülük kilenc izotópnak lehet szerepe az RDE előállításakor: Am-241, Cf-252, Cs-137, Co-60, Ir-192, Pu-238, Po-210, Ra-226, Sr-90.<sup>20</sup>

<sup>15</sup> KÁTAI-URBÁN-KOZMA-VASS 2015.

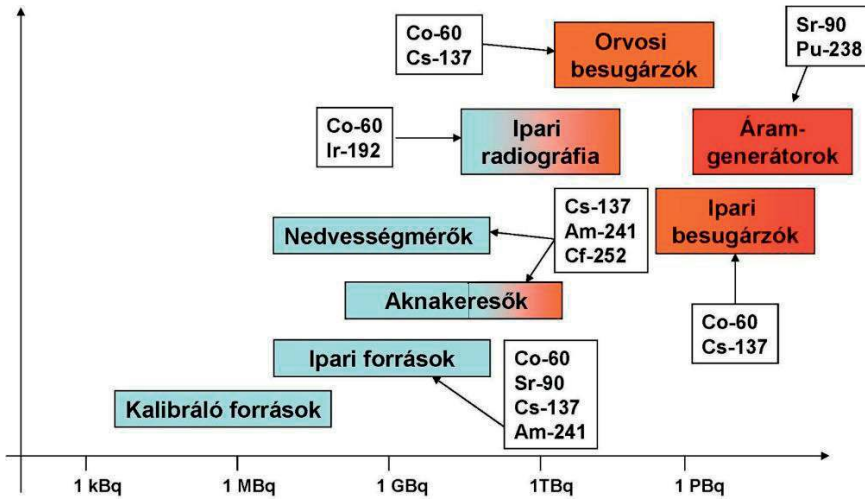
<sup>16</sup> Katasztrófatípusok – Terrortámadás. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság\\_kattipus\\_terrortamadas](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság_kattipus_terrortamadas) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 20.)

<sup>17</sup> EL-BARADEI 2005.

<sup>18</sup> A „piszkos bomba” ötlete az ötvenes évekből származik, és egy katonai kifejezést takar. Olyan fegyvereket értenek alatta, amelyek hagyományos robbanószert használnak, ám a robbanás segítségével az ellenfél területét lakhatatlanná tevő anyagokat (radioaktív vagy mérgező) szórnak szét. „Egy ilyen bombához nem szükséges nagy mennyiségű sugárzó anyag.”

<sup>19</sup> Az RDE olyan fegyverek, melyek káros radioaktív anyagok szétterjesztésével szennyezik az embereket, létesítményeket, terepet. Az RDE hagyományos robbanóanyagot (dinamit, semtex, TNT), gyújtóanyagot (termit) és radioaktív anyagot tartalmaz. A hagyományos robbanóanyag detonációja diszpergálja a sugárzó anyagot, a gyújtóanyag égése ugyanakkor a további szétterjedést segíti elő.

<sup>20</sup> FERGUSON-KAZI-PERERA 2013, 4–6.



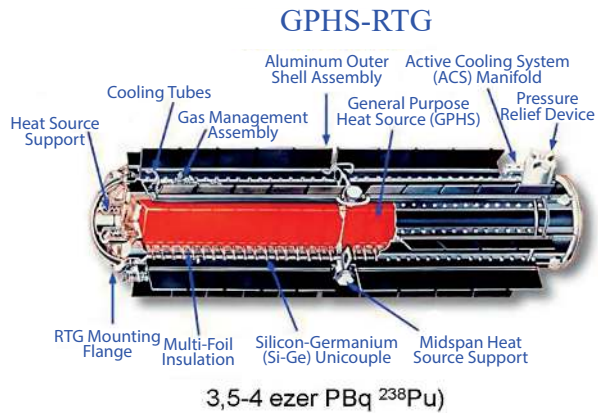
1. ábra. Radioaktív izotópok aktivitása és felhasználása

Forrás: szerkesztette Pellérdi Rezső

Az Sr-90 béta-sugárzó elsősorban belső sugárterhelést okoz, amelynek ipari, kereskedelmi használata nem jelentős. A volt Szovjetunióban használt radiotermikus generátoroknál (RTG) azonban potenciális veszélyt jelent (2. ábra).



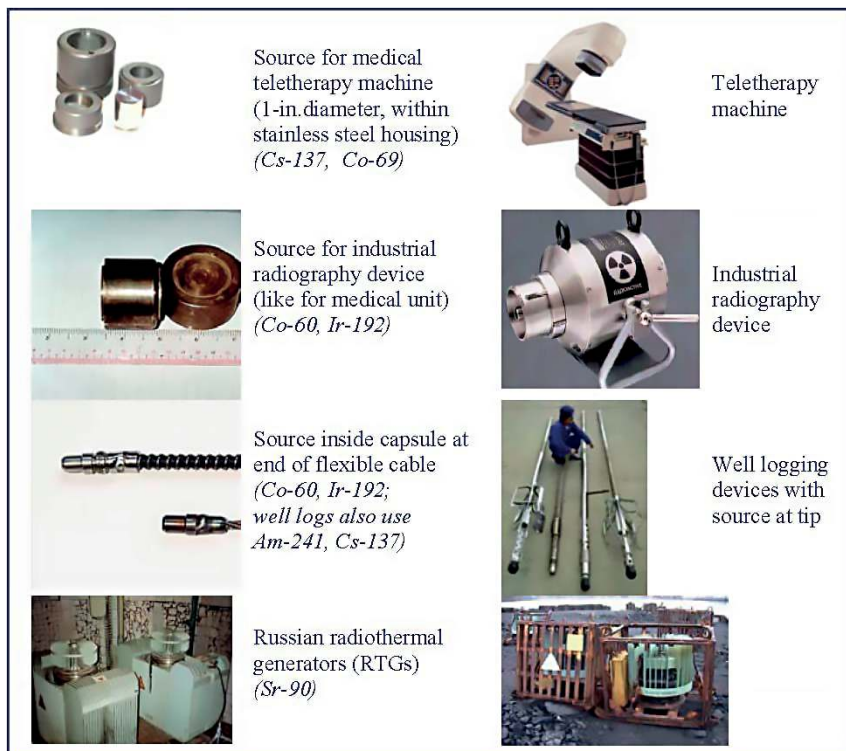
Orosz RTG : 100-500 kCi  
= 3.7 – 15 TBq <sup>90</sup>Sr



2. ábra. Radiotermikus generátorok (RTG)

Forrás: szerkesztette Pellérdi Rezső

A kilenc izotópból három (Cs-137, Co-60, Ir-192) erős gamma-sugárzó, így az ezekkel való – árnyékolás nélküli – manipuláció különös veszélyt jelent a kezelők (potenciális terroristák) számára. Éppen a gamma-sugárzást hasznosítják az iparban (hegesztési varratok roncsolásmentes ellenőrzése, élelmiszerek sterilizációja, mérőműszerek alkalmazása), vagy éppen a gyógyászatban (rákos sejtek roncsolása) (3. ábra).



3. ábra. Radioaktív izotópok ipari, gyógyászati, energetikai felhasználása

Forrás: Argonne National Laboratory: Radiological Dispersal Device (RDD) (2015)

A fennmaradó izotópok (Am-241, Cf-232, Pu-238, Po-210, Ra-226) alapvetően alfa-sugárzók, külső sugárterhelésük elhanyagolható, azonban a szervezetbe jutva komoly egészségkárosodást okozhatnak. Különös aktualitást ad a Po-210 izotóp veszélyességének bemutatására a 2006-ban történt egykori KGB-ügynök, Alexander Litvinenko esete, amely során a férfi halálát okozta a szervezetébe került polónium.

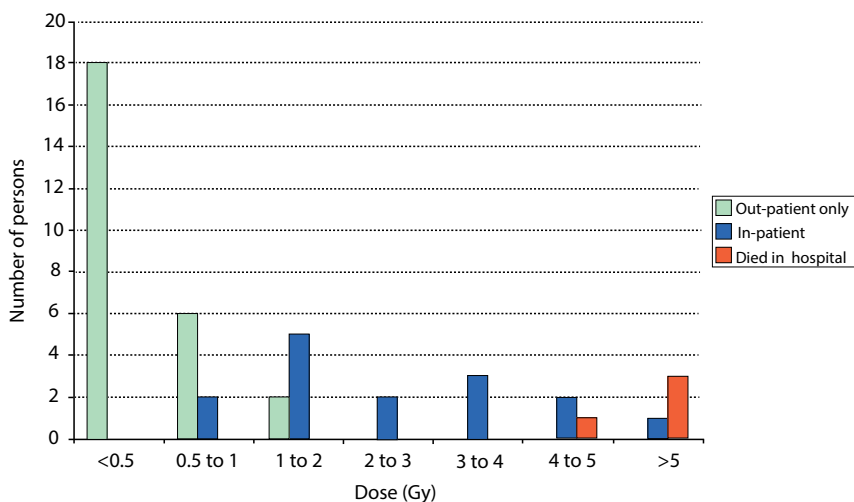
## RDE-támadás után fogantató szabályok

1. Felderítés, értékelés (felmérés)
2. Hiteles tájékoztatás
3. A terület lezárása, kimenekítés
4. Szennyezett személyek gyülekeztetése, szennyezett ruházat begyűjtése, fürdetés (személyi mentesítés)
5. Orvosi ellátás (sérülések, pszichiáterek)
6. Terület mentesítése
7. A médiahatás kezelése
8. Tömegpszichózis és hipochondria kezelése

## Néhány jelentősebb RDE-esettanulmány

Goiania-i Cs-137 forrással történt radiológiai baleset

Braziliában 1987-ben egy őrizetlenül hagyott kórházból elloptak, majd szétszereltek egy orvosi besugárzó készüléket, amely Cs-137 izotópot tartalmazott (51 TBq) és hulladékként értékesítették. A szennyeződés 100 km távolságra is eljutott. 250 fő kapott sugárterhelést, 85 ház szennyezetté vált, 41-et lebontottak, és 3000 m<sup>3</sup> radioaktív hulladék keletkezett (4. ábra).



4. ábra. Goiania-i Cs-137 forrással történt radiológiai baleset áldozatainak megoszlása

*Forrás: Goiania Nuclear Accident*

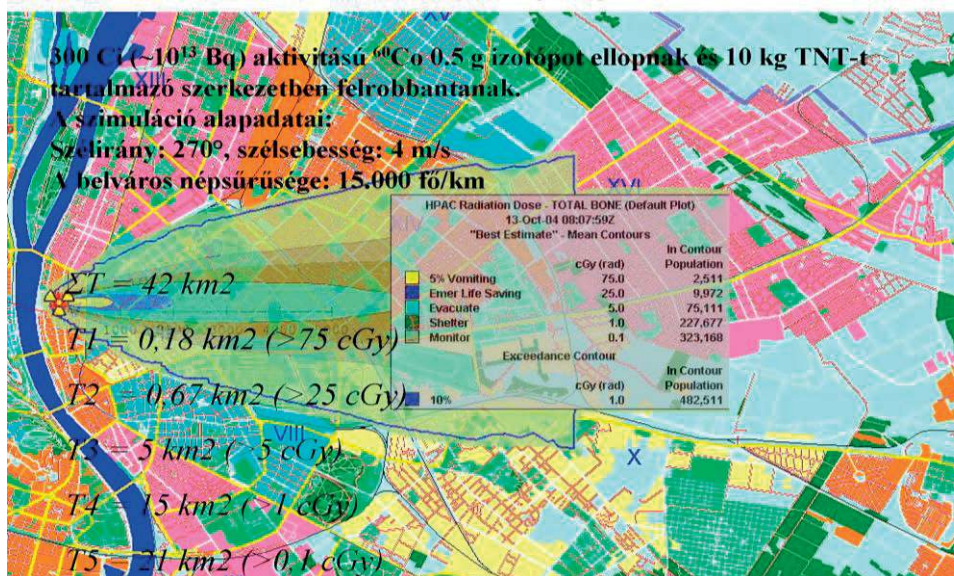
Látható, hogy a radioaktív eszközök nem megfelelő kezekbe kerülése esetén milyen nagy veszélynek vagyunk kitéve. Az emberi tényező, az emberi felelősség szerepe itt egyértelműen megállapítható.

**Meghiúsított nukleáris terrorista akció**

Moszkvában 1995. novemberében csecsen terroristák Cs-137 radioaktív izotópot tartalmazó radiológiai diszperziós eszközt („piszkos bombát”) akartak felrobbantani az Izmajlovskij parkban, azonban az orosz titkosszolgálat leleplezte és megghiúsította az akciót.

**Terjedési szimuláció**

Az MH GAVIK<sup>21</sup> terjedési szimulációt hajtott végre a Kossuth téren felrobbantott Co-60 alapú „piszkos bombára” a HPAC program alkalmazásával (5. ábra).



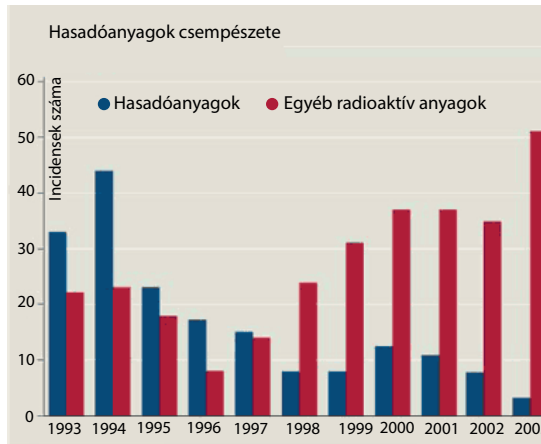
5. ábra. A Kossuth téri szimulációs elemzés

*Forrás: szerkesztette Pellérdi Rezső*

<sup>21</sup> MH Görgei Artúr Vegyvédelmi Információs Központ. Rendeltetése, állami feladatként ellátandó alaptevékenysége a vegyi, biológiai és sugárhelyzetre, a katonai környezetbiztonságra vonatkozó információk gyűjtése, nyilvántartása, folyamatos elemzése, a káros következmények előrejelzése és értékelése, a Magyar Honvédség felső vezetésének tájékoztatása a döntések megalapozása céljából.

A NAÜ adatai alapján 1993 és 2004 között 650 nukleáris anyag csempészése történt világszerte, amelynek jelentős része radioaktív izotópokat érintett, ezek felhasználhatók nukleáris fegyverek, valamint radiológiai diszperziós eszközök gyártására.<sup>22</sup>

A nukleáris technológia illegális átadása, eladása is jelentős veszélyt jelent, amelyre jó példa Abdul Qadeer Khan pakisztáni atomfizikus és Líbia között lebonyolított üzlet. Khan 1974-ben ellopta az uránium dúsítására használt centrifugák technológiáját, a cinkosságok láncolatán Líbia, Irán és Észak-Korea, titkos utakon centrifugákhoz jutottak.



6. ábra. A hasadóanyagok csempészete 1993–2003 között

*Forrás: szerkesztette Pellérdi Rezső*

Egy radiológiai támadás gazdasági és pénzügyi következményei katasztrófálisak. A sugármentesítés több hétig, esetleg hónapokig eltarthat, és egyben költségei horribilisek. Ha egyes épületek, épületcsoportok olyan mértékben szennyeződtek, hogy nincs hatékony mentesítési eljárás az előírt sugárvédelmi normatívák elérésére, azokat le kell bontani. Egy London típusú nagyváros esetén a következmények felszámolásának költségei elérhetik az 1 milliárd dollárt.<sup>23</sup> A „piszkos bomba” felrobbantásával való terroristafenyegetés ráirányította a figyelmet a prevencióra és arra, hogy fokozottan szem előtt tartsuk, hogy egy ilyen esemény súlyossága a körülményektől, a sugárzó anyag típusától és mennyiségétől, a besugárzás időtartamától és a diszperzió módjától is függ. Az Európai Unió és a NATO a nukleáris terrorizmust korunk fő kockázati tényezőjeként jellemezte. Ezen a téren tett nemzeti erőfeszítéseket nagymértékben erősítik a kétoldalú és nemzetközi együttműködések.<sup>24</sup>

<sup>22</sup> ORLOV 2014.

<sup>23</sup> BARNABY 2015.

<sup>24</sup> PELLÉRDI 2007.

## Magyarország legnagyobb ipari katasztrófái

### Répcelaki tárolótartály-robbanás

1969. január 2-án 14 óra 23 perckor a Szénsavtermelő Vállalat répcelaki telepén bekövetkezett a magyar olajipar legtöbb áldozatot – 9 ember halálát – követelő tárolótartály-robbanással járó műszaki balesete, tragédiája. Hatan súlyosan, tizennégyen könnyebben sérültek.<sup>25</sup>

A robbanás oka: a tartályok anyaga elridegedett és „ridegtörés”<sup>26</sup> történt. Ez a baleset is rámutatott arra, hogy elengedhetetlen a hegesztők és közép-káderek egységes képzési rendszerének kidolgozása és jogszabályi keretek közé rendezése. A répcelaki robbanás hatására született meg a 3/1969. (VII. 29.) KGM számú rendelet, amely előírta a hegesztő szakmunkások hazai minősítését és a hegesztő szakemberek továbbképzését. A rendelet szerint a minősített hegesztő szakmunkások munkájának előkészítésére és ellenőrzésére műszaki hegesztő szakembert (közép-kádert) kellett alkalmazni. Megalakult a Hegesztő Minősítő Bizottság, amelynek titkársági feladatait és szakmai irányítását a Gépipari Technológiai Intézet Hegesztési Szakosztálya látta el.<sup>27</sup>

### Sajóbábonyi TNT<sup>28</sup>-gyár egyik üzemszéke felrobbanása

Óriási robbanás rázta meg 1979. június 1-jén az Észak-magyarországi Vegyiművek sajóbábonyi üzemét. Magyarország legnagyobb ipari balesetében 13 dolgozó hunyt el, amikor felrobbant a TNT-gyár egyik üzemszéke. A detonációban több mint 10 tonna TNT robbant fel.<sup>29</sup> A robbanás a késő délutáni órákban, ismeretlen okból következett be. A detonáció helyéről egy 20 kilométerre ellátású gombafelhő emelkedett fel, a hanghatást pedig 30 kilométeres körzetben lehetett érzékelni.

A TNT-t gyártó épület megsemmisült, a helyén mindössze egy kráter maradt. A telepen több helyszínen tüzek lobbantak fel, veszélyeztetve az ott raktározott robbanóanyagokat, vegyi anyagokat. A telepen főként a kiszáradt fű égett, a fűben pedig a gyártósorról kiszóródott TNT és a gépsor darabjai hevertek. Fokozta a nehézségeket, hogy a hadiüzemet fegyveres őrség védte, akik a helyszínre vonuló tűzoltókat megérkezésük után nem akarták beengedni a gyár területére. A tűzoltóknak végül nagy nehézségek árán egy leomlott TNT-t tároló raktárépülettel pár méterre sikerült megfékezniük a lángokat. A katasztrófa által érintett A1 üzemépületben nem volt már mit menteni. A létesítményből jóformán semmi sem maradt, az ott felhalmozott vagyon menthetetlen volt. Nem volt szükség a dolgozók kimentésére és sebesültek ellátására sem.<sup>30</sup>

<sup>25</sup> KURUCZ 2009.

<sup>26</sup> A ridegtörés elsősorban a hegesztett acélszerkezeteket, azokon belül is a vastag lemezből készült és alacsony hőmérsékleten is üzemelő szerkezeteket veszélyezteti. Ilyen építőmérnöki szerkezetek a hidak, daruk és tartályok.

<sup>27</sup> GÁTI–KOVÁCS 2010, 53–65.

<sup>28</sup> TNT (trinitro-touol): kristályos szerkezetű, világossárga-világosbarna színű, enyhén keserű ízű, szagtalan, nem higroszkopikus anyag. Vízben oldhatatlan, kémiaiilag stabil. Sárga lánggal erősen kormozva ég.

<sup>29</sup> 37 éve robbant fel a sajóbábonyi TNT gyár. (2016) Faktor. Elérhető: <http://faktor.hu/faktor-sajobabonyi-tnt-robbanas> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)

<sup>30</sup> JUHÁSZ-LÉHI 2016.



## Nagylengyel, 282/A jelű olajkút gázkitörés

1998. november 14-éről 15-ére virradó éjszaka Zala megyében a nagylengyeli kőolajmező 282/A jelzésű kútja az egyik karbantartási munkafázis közben meghibásodott. Ez az esemény a magyarországi kőolaj- és földgázkitörések sorában a 17. volt.

Az iszonyatos erővel felszínre törő széndioxid folyamatosan töltötte be a talajközeli légteret és a nyílás környékén mindent csontkeménységűre fagyasztott. Először a MOL kiterészátló csapata menekült el a helyszínről, majd riasztásukra a környék három falujából a lakosságot is kitelepítették. A 2–2,5 kilométer mélységben a földfelszín alatt található kőolaj kitermelését jelentősen megkönnyíti egy úgynevezett gázsapka, amely az olaj felett helyezkedik el. Ez a gáz habosítja és így könnyebben kitermelhetővé teszi az olajat. A nagylengyeli olajmezőnél ez a gáztömeg hiányzott, ezért azt mesterségesen pótolták CO<sub>2</sub> lejuttatásával. Az 1951-ben felfedezett nagylengyeli kőolajmező a szénhidrogén vagyont tekintve jelenleg a második legdúsabb hazánkban. A térség hosszan az ország legjelentősebb kőolajellátója volt, ahol több mint 400 mélyfúrt kútból a mai napig is folyik a termelés.

A kitermelés segítésére a mélységbe juttatott szén-dioxid szintelen, önmagában szagtalan, a levegőnél nehezebb és nem éghető gáz. Veszélyt ezért csak a talaj felett összegyűlve jelent, mivel fajsúlyánál fogva a levegőt zárt térben maga alól kiszorítja. Kénhidrogén-tartalma miatt jellegzetesen záptojás szagú, ami alapján könnyen felismerhető. A gondot most az is jelentette, hogy 282/A jelzésű kút egy domb magasságának felső harmadában volt található. Emiatt az onnan felszínre törő széndioxid a dombról lefelé hömpölyögve összegyűlt abban a kis völgyben, amelyben három falu Bak, Bocfölde és Sárhida fekszik. A térség lakossága egy úgynevezett „anti-havaria” terv alapján fel volt készítve arra, hogy egy esetleges gázkitörés alkalmával mit tegyen, és hogyan hagyja el a lehető legrövidebb idő alatt otthonát.

A kitörés oka leginkább az volt, hogy kútkarbantartás, egy kisebb hiba kijavítása során egy packer<sup>31</sup> a kútszerelvényből kicsúszott, illetve kicsúszhatott a tömítés is, mindez 2000 méter mélységben. Először a gáz a felette lévő vizet kezdte el kipréselni a csövön át. Ez volt az a momentum, amelyet a karbantartók észleltek. A vizet a gáz követte. A csapat azonnal megpróbált egy kiterészátló szerkezetet a kút szájára helyezni, de rögzíteni már nem tudta a nagy erővel feltörő széndioxid miatt.

Az óriási nyomás alól kiszabaduló gáz a légtérbe érve azonnal megfagyasztotta a felszínre került vizet és a levegő páratartalmát, amely így –30–33 °C-ra csökkent a kút nyílásánál. A jég leolvasztása érdekében a két forró levegőt ontó turbófúvóra pont ezért volt szükség az elhárítási munkálatoknál, hogy a kővé fagyott acélszerkezeteket felmelegítse és a jégből kiolvassza.

<sup>31</sup> A javítás egy vagy két tömítőelem (packer) elhelyezésével történik a megfelelő mélységszinteken. Az ilyen módon hidraulikai értelemben is elválasztott szakaszon belül elhelyezkedő, és a fúrócsőoszlopba beépített, lyukakkal vagy résekkel ellátott elem (perforált cső) keresztül megteremthető a kapcsolat a réteg és a felszín között.

A kitöréstől számított három és fél nap után sikerült „elzárni” a kutat. A Zalaegerszegre kitelepítettek zöme a negyedik éjszakát is a befogadó családoknál, vagy a Városi Sportcsarnokban töltötte. Több mint 200 embert azonban turistaszálláson és a megyei kórház betegektől elkülönített szobáiban volt kénytelen elhelyezni az önkormányzat. A hatodik napon már valamennyien visszaköltözhetek otthonaikba.

Kihívás volt, hogy a 20. századi hazai katasztrófák között korábban sosem volt szükség ilyen méretű kimenekítésre. A kitörés oka akkor ismeretlen volt. Az akkori szakértések szerint lehetett anyaghiba, de ugyanígy a karbantartási munkálatok során elkövetett technológiai szabálysértés is. A Pécsi Bányakapitányság a baleset napján helyszíni szemlét tartott, utána pedig a vizsgálati tervek alapján folytatta a nyomozást, amelyhez „újabb kútmunkálatok kellettek”.

Az események, a riasztás és a mentés sorrendje az alábbi volt:

- A szakemberek karbantartották a helyszínen, érzékelték, hogy nagy baj van, a kitörés-elhárítókat riasztották Nagykanizsáról. Gond: jégképződés a kúton, tűzoltókat RST alapján helyszínre riasztották.
- Riasztás vétele, az illetékesek, rendőrség, polgármesterek, HVB, MVB, tűzoltóság, polgári védelem értesítése.
- A CO<sub>2</sub> az oxigénnél nehezebb, ezért hömpölygött a domboldalon lefelé, 3 település lakosságának életveszélyét előidézve.
- Az MVB döntött: a 3 település kitelepítését haladéktalanul végre kell hajtani. Befogadóhely: Zalaegerszeg, a megyeszékhely sportcsarnoka 3500 fő részére 3 településről.
- Volánbuszok helyszínre rendelése a települések polgármesteri hivatalai elé, a lakosság riasztása, elszállítása.
- A kitelepített lakosság ellátásának megszervezése.
- A 3 település és környezetének zárt területté nyilvánítása, amelyet a rendőrség őrzött.
- Állatállomány ellátásának megszervezése.
- A levegő szennyezettségének, károsanyag-tartalmának mérésére 6 darab veszélyhelyzeti felderítő csoport (VFCS) helyszínre vezénylése a Polgári Védelem országos parancsnoka által. Állandó mérések végzése, káros egészségügyi határérték, területi lehatárolás végrehajtása.
- MVB ülései, HVB ülései. Belügyminiszter, állami vezetők a helyszínen.
- Vizsgálat, gondolkodás: mi történhetett? Neves szakértők véleményének kikérése, Buda Ernő.
- Turbóreaktív oltók Szegedről történő kirendelése, olvasztás, kitörésgátló javítás, packer helyzetétele, kárfelszámolás.
- Lakosság visszatelepítésének megszervezése.
- Elemzés-értékelés, a MOL kitörés-elhárítás, a védelmi igazgatás, a tűzoltóság, a polgári védelem jól vizsgázott.

A magyar kőolaj- és gázkutak ugyan idősek, de folyamatosan karbantartják őket. Azt azonban nem lehet megjósolni, hogy mikor lesz a következő, vagy hogy lesz-e még valaha kútkitörés Magyarországon.

## A Vörösiszap<sup>32</sup>-katasztrófa

Magyarország eddigi legnagyobb ökológiai következményekkel járó ipari katasztrófája 2010. október 4-én 12 óra után történt, amikor egy magántulajdonú vállalat a MAL Magyar Alumínium Zrt. (továbbiakban: MAL Zrt.) területén a X. számú vörösiszap-tároló kazetta nyugati gátja átszakadt. A gátszakadás következtében közel 1,7 millió köbméter vörösiszap és lúgos víz elegye a Torna-patakon keresztül lezúdulva elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit, valamint szennyezte Somlójenő, Tüskevár és Apácatorna külső területeit.

A vörösiszap jól köti a nehézfémeket, ám ezek savas környezetben kioldódnak. Amíg a lúg rövid távon fejt ki romboló hatását, addig a nehézfémek hosszú távon okozhatnak egészségkárosodást, környezetrombolást. A króm, a higany, az arzén rákkeltő anyagok, ezek felhalmozódnak a növényekben, az állatokban és az emberi szervezetben egyaránt. A megszáradt vörösiszap porát ráadásul elhordja a szél a környékbeli településekre, így akár a Somló hegyi bortermelő vidékekre is. Az iszapáradat miatt életét veszítette 10 kolontári lakos, míg az érintett településeken 286 fő szorult egészségügyi ellátásra, közülük 120-an hosszabb kezelésre, amelyből 64 személy állapota volt kritikus. A beavatkozás folyamán 8 tűzoltó, 1 katona és 8 rendőr szenvedett első-, másodfokú égési sérüléseket, illetve légúti károsodást.

Az elsődleges felmérések szerint az iszapkár Kolontár 2 utcájában 47 lakóingatlant és 2 önkormányzati épületet, Devecseren 18 utcában 268 lakóingatlant, Somlóvásárhelyen 21 lakóingatlant érintett. A károsultak összlétszáma elérte a 731 főt. Mezőgazdasági területen 1017 hektár került elöntésre az iszap miatt. A kialakult anyagi kár nagyságára jellemző volt, sérüléseik alapján a 307 darab lakóingatlanból Devecserben 270-et, Kolontáron 34-et, Somlóvásárhelyen 3-at lebontottak. Ezenfelül súlyosan károsodott 22 darab vállalkozási, 4 darab önkormányzati és 1 darab egyházi ingatlan, ugyanakkor kazettákhoz visszaszállított bontási törmelékek mennyisége 2011. december végéig 164 743 köbméter volt.

A kormányzat felelősen intézkedett a kialakult helyzetben, a katasztrófavédelem és a tűzoltóság erőin kívül a rendőrség, a honvédség és a mentőszolgálat állománya mentette a bajbajutott lakosságot. Nagyszámban önkéntes segítő és a karitatív szervek, de egyszerű állampolgárok is tevékenykedtek a kárhelyeken. A környezeti szennyezés lokalizálására a vízügyi és környezetvédelmi hatóságok tették meg a szükséges lépéseket, gipszadagolással meggátolták a szennyezés eljutását a Dunáig. A kormány tagjai, az érintett országos hatáskörű szervek vezetői a helyszínen irányították, ellenőrizték a feladatokat, hozták meg a szükséges döntéseket, tájékoztatták a hazai és nemzetközi médiát. 2010. október 9-én újabb gátszakadás veszélye állt fenn, ezért a kormány elrendelte Kolontár teljes lakosságának kitelepítését, Devecsernek pedig a kitelepítésre

<sup>32</sup> A vörösiszap az alumínium-előállítás során használt eljárás (timföld köztitermék gyártása) mellékterméke. Amikor a nyersanyagból, a bauxitból lúggal kivonják az alumíniumtartalmú anyagokat, az ekkor visszamaradó maradék a nátronlúg oldattal alkotja az úgynevezett vörösiszapot. A nevét az iszapszerű állagáról és a színéről kapta, amit a bauxitban jelenlevő vas-oxid okoz. A vas-oxidot számos célra, például vörös festékek színezőanyagaként használják. Főbb ásványos összetevői: vas-oxidok és -hidroxidok, alumínium-hidroxidok, nátrium-szilikátok, kalcium-karbonát, kvarc, gipsz.

való felkészítését. Az újabb gátszakadás azonban nem következett be, ám időközben elkészült a Kolontár védelmét szolgáló több mint 600 méter hosszú körgát 3,5 méteres védőmagassága, ezért a bevezetett lakosságvédelmi rendszabályokat visszavonták.

A mentést-mentesítést követően már 2010. december 6-tól először Kolontáron, majd 2011. január 10-től Devecseren is megkezdődött az új lakóparkok építése, amelyek fővállalkozó (VeszprémBer Zrt.) általi kivitelezésben Kolontáron határidő előtt, illetve Devecseren határidőben (2011. június 30.) elkészültek. Folyamatos volt a Vidékfejlesztési Minisztérium szervezésében a külterületek mentesítése, takarítása. A KKB Tudományos Tanács állásfoglalása szerint figyelemmel a külterületi szennyezések mértékére 267 hektárt kellett takarítani, amely területekről beleszámítva az előtött települések köz- és magánterületeit is, december 31-ig 1 091 343 köbméter szennyezett földet szállítottak el. A katasztrófa bekövetkezése óta a kárenyhítésben-újjaépítésben 2011. december 30-ig bezárólag összesen 146 878 fő és 59 171 technikai eszköz vett részt.

A mentés, kárfelszámolás, újjáépítés, bontás irányítására az OKF Főigazgatója közvetlen alárendeltségében Katasztrófavédelmi Operatív Törzs, Lakosságvédelmi és Helyreállítási-újjáépítési Felügyelő, 2010. november 4-től Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ, majd 2011. július 1-től október 14-ig Újjáépítési Katasztrófavédelmi Törzs működött a katasztrófavédelem tábornokainak vezetésével a helyszínen. 2011. október 15-től december 31-ig a Veszprém Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Újjáépítési Operatív Csoportja (ÚOCS) irányította az áthúzódó feladatok befejezését, alapvetően a másodlagos károk rendezését.

A védelemigazgatás, a megyei és helyi védelmi bizottságok a kezdetektől végezték a jogszabályban rájuk háruló feladataikat a térség és települések lakosságvédelmének szervezése érdekében. A lakosság kárenyhítését jogilag támogatási szerződések megkötésével oldották meg, amelynek során 110-en választották az új építésű ingatlant, 121-en használt ingatlant vásároltak és 121-en pénzbeli megváltást kértek, amely utóbbi magában foglalta 53 esetben a helyreállítás pénzbeli támogatását is. Az ingósági kárenyhítést viszonylag hosszú idő felhasználásával, az önkormányzatok szervezésében valósították meg, a kiadott kormányhatározatok és a katasztrófavédelmi célelőirányzat felhasználását szabályzó BM rendelet alapján alkotott önkormányzati rendeletek szerint. Mindösszesen 596 szerződést kötöttek meg 333 rászoruló állampolgárral.

A 2010. október 4-én bekövetkezett iszapkatasztrófa hazánk újkori történelmének legnagyobb ipari szerencsétlensége volt. Halálos áldozatait, sérültjeit, az elszenvedett emberi és anyagi károkat tekintve felülemelkedett a természeti csapások okozta országunkat ért pusztításokon is. Az események kezelése során határozott, szolidáris kormányzati intézkedések alapján a KKB, a belügyminisztérium és katasztrófavédelem országos vezetésének irányításával a mentés szakszerűen valósult meg. Az ivóvízbázisok és a Duna nem szennyeződtek, az esetleges újabb gátszakadás által okozható katasztrófák megelőzésére megbízható védművek épültek, a külterületek és lakott településrészek szennyezése, építési és bontási törmeléke visszaszállításra került a MAL Zrt. kazettáihoz.

Körültekintő kormányzati gondoskodást tükrözve kezdődött meg a helyreállítás, újjáépítés, ingósági kárenyhítés megszervezése, amelynek hatékony kivitelezését az Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ folyamatosan biztosította. Az események kezelése során mindvégig

magas szintű volt a minisztériumok, az ágazatok, országos hatáskörű szervek együttműködése, a tudomány részvétele. A katasztrófavédelmi feladatok kormányzati koordinációja jól működött. A katasztrófa igen jelentős társadalmi összefogást, a segítő akarat megnyilvánulását eredményezte, úgy hazai, mint nemzetközi téren.

Létrejött a társadalmi és karitatív szervezetek új típusú együttműködése az emberekről való gondoskodásban, az adományok továbbításában. Hatékonyan megvalósult a katasztrófát okozó magánvállalat, a MAL Zrt. állami felügyelete a katasztrófavédelem országos vezetője személyében kijelölt kormánybiztos által. A mentésben részt vevők, tűzoltók, katasztrófavédelem, polgári védelem, rendőrség, mentőszolgálat, vízügyi igazgatóságok, környezetvédelem munkatársai, de egyszerű állampolgárok is nagyfokú bátorságról, önfeláldozó képességről tettek tanúbizonyságot.<sup>33</sup>

2011. október 4-re elkészült az előtött városrész helyén Devecserben a városrehabilitációt is szolgáló Emlékpark, Kolontáron a vörösiszap-katasztrófa áldozatainak Nemzeti Emlékhelye, az év végére pedig 376 esetben a bejelentett és jogosan elfogadható másodlagos károk rendezésére is intézkedett a BM OKF.

2019. február elején másodszor született elsőfokú ítélet Magyarország egyik legnagyobb, 10 halálos áldozatot követelő ipari katasztrófája ügyében. A vörösiszapperben a korábbi, a vádlottak számára felmentést hozó ítélet megsemmisítése után egy újabb bíróság bűnösnek ítélte ugyan a tározót üzemeltető MAL Zrt. egykori vezérkarának érintett tagjait, azonban a vád súlyához mérten viszonylag csekély büntetéseket szabott ki.

## Következtetések

A cikkben áttekintettük a Magyarországon bekövetkezett jelentősebb nukleáris üzemzavarokat és a szénhidrogénipari-, valamint a robbanóanyag-gyártat érintő baleseteket. A feldolgozott eseményekkel kapcsolatban megállapítjuk, hogy az ipari katasztrófák következményei kihatnak az emberi környezetre, a légkörre, a felszíni vizekre, a talajvízre és a termőtalajra.

A múlt tragikus eseményeinek feltárása kapcsán sok esetben tapasztalhatjuk, hogy az érintettek sok mindent elhallgattak, kozmetikáztak, megszépítettek, és a teljes igazság sokszor csak évtizedek múlva derült, illetve derül ki oknyomozó riportok eredményeképpen.

A nukleáris terrorizmus nemzetközi és hazai tapasztalatai rámutatnak arra a tényre, hogy az RDE alkalmazása hiteles és jelentős fenyegetés. A nukleáris terrorizmus céljaira is felhasználható radioaktív anyagokat alkalmazó, tároló létesítmények száma több ezer világszerte, amelyekből sok nem elégíti ki a Nemzeti Atomenergia Ügynökség (NAÜ) által előírt biztonsági követelményeket.

Összehasonlítva a nukleáris fegyverek és a radiológiai diszperziós eszközök hatását megállapítható, hogy a halálos esetek száma az RDE-támadáskor elenyésző, azonban a nagyobb lakott területek (40–50 km<sup>2</sup>) sugárszennyezettsége meghaladhatja az egészségügyi és sugárvédelmi normatívákat.

<sup>33</sup> MUHORAY 2012.

A „piszkos bomba” nagyvárosok elleni alkalmazása során városrészek válhatnak olyan mértékben szennyezetté, amely megköveteli az evakuációt. Az azonnali kitelepítés nagy ember-tömegek számára valós terrorhelyzetet idéz elő még abban az esetben is, ha a sugárveszteség alacsony.

Beláthatjuk, hogy egy nukleáris vagy ipari katasztrófa, mint például a vörösiszap-katasztrófa ökológiai katasztrófává válik és a katasztrófavédelem veszélyhelyzeti feladatai közé tartozik a felszámolás és az újjáépítés.<sup>34</sup>

A zalai gázkitörés kapcsán a lakosság védelme érdekében hozott és megvalósított intézkedések sorozata már a létrehozandó katasztrófavédelem feladatrendszerét körvonalazta. A jogalkotó az egységes kialakítás érdekében a jogszabályi feltételeket átformálta és vonatkozó rendelet kiadásával a további ipari balesetek elkerülését megalapozta.

A szénhidrogén-ipari baleset feldolgozása mérőföldkő volt a hegesztő szakemberképzésben is. A jogalkotó a jogszabályi feltételeket átformálta és vonatkozó rendelet kiadásával a további ipari balesetek elkerülését megalapozta.

## Felhasznált irodalom

- AMBRUSZ József – MUHORAY Árpád (2015): A vörösiszap-katasztrófa következményeinek felszámolása, a keletkezett károk helyreállítása. *Bolyai Szemle*, 24. évf. 4. sz. 67–85.
- Argonne National Laboratory: Radiological Dispersal Device (RDD) (2015). EVS Human Health Fact Sheet.
- BARNABY, Frank (2015): *Dirty Bomb and Primitive Nuclear Weapons*. Oxford Research Group.
- EL-BARADEI, Mohamed (2005): *Nuclear Terrorism; Identifying and Combating the Risk*. International Conference on Nuclear Security, IAEA.
- FERGUSON, Charles D. – KAZI, Tahseen – PERERA, Judith (2013): *Commercial Radioactive Sources Surveying the Security Risks*. Center for Nonproliferation Studies, Monterey Institute of International Studies.
- GÁTI József – KOVÁCS Miklós (2010): A hegesztő műszaki szakembertől a nemzetközi hegesztő-technológus képzésig az Óbudai Egyetem Bánki Donát karán. *25. Jubileumi Hegesztési Konferencia*, Budapest. 53–65. Elérhető: [http://hegkonf2010.uni-obuda.hu/5\\_Gati\\_Kovacs\\_Hegkonf2010.pdf](http://hegkonf2010.uni-obuda.hu/5_Gati_Kovacs_Hegkonf2010.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)
- KÁTAI-URBÁN Irina Szergejevna (2017a): *Ipari- és környezeti katasztrófák következményei elhárítására történő felkészüléséhez kapcsolódó eljárás, műszaki és személyi feltételek kutatása, különös tekintettel a lakosságvédelem hatékonyságának növelésére*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszerológiai Egyetem. Elérhető: <https://hbk.uni-nke.hu/document/hhk-uni-nke-hu/Katai-Urbán%20Irina%20doktori%20értekezés%20tervezet%20MV.pdf> (A letöltés dátuma: 2019. 03. 11.)
- KÁTAI-URBÁN Irina Szergejevna (2017b): Súlyos balesetek következményeinek, és a védelmi intézkedéseinek rendszerbe foglalása. *Hadmérnök*, 12. évf. 1. sz. 122–137. Elérhető: [http://hadmernok.hu/171\\_10\\_katai.pdf](http://hadmernok.hu/171_10_katai.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 11.)
- KÁTAI-URBÁN Lajos – KOZMA Sándor – VASS Gyula (2015): Veszélyes szállítmányok felügyeletével kapcsolatos jog- és intézményfejlesztési tapasztalatok értékelése. *Hadmérnök*, 10. évf. 3. sz. Elérhető: [http://hadmernok.hu/153\\_08\\_katayul\\_ks\\_vgy.pdf](http://hadmernok.hu/153_08_katayul_ks_vgy.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 20.)
- KÁTAI-URBÁN Lajos (2014): *Veszélyes üzemekkel kapcsolatos iparbiztonsági jog-, és intézmény és eszközrendszer fejlesztése Magyarországon*. Budapest, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Habilitációs Tézisek.
- KURUCZ István (2009): *Indulatok nélkül, a répcelaki robbanásról*. Zalaegerszeg, Magyar Olajipari Múzeum Közleményei 40.

<sup>34</sup> AMBRUSZ–MUHORAY 2015.

- MUHORAY Árpád (2012): Előadás a Vidékfejlesztési Minisztérium Környezetügyért Felelős Államtitkárságának; 2012. 03. 06-i évindító államtitkári értekezleten, 11:55–12:10.
- ORLOV, Vladimir A. (2014): What is Nuclear Trafficking? *IAEA Bulletin*, Vol. 48, No. 1.
- PELLÉRDI Rezső (2007): *Korunk kockázata: a nukleáris terrorizmus*. Tavasz Szél, Konferencia Kiadvány 2007. Társadalomtudományok.

## Internetes források

- 37 éve robbant fel a sajobábonyi TNT gyár.* (2016) Faktor. Elérhető: <http://faktor.hu/faktor-sajobabony-tnt-robbanas> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)
- A nukleáris veszély fogalma. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság\\_kattipus\\_nuklearis\\_baleset](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság_kattipus_nuklearis_baleset) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 16.)
- Goiania Nuclear Accident. Elérhető: [www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub815\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub815_web.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)
- HOFFMANN Imre – LÉVAI Zoltán – KÁTAI-URBÁN Lajos – VASS Gyula (é. n.): *Iparbiztonság Magyarországon*. Elérhető: [www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/549-dr-hoffmann-imre-dr-levai-zoltan-dr-katai-urban-lajos-dr-vass-gyula.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/549-dr-hoffmann-imre-dr-levai-zoltan-dr-katai-urban-lajos-dr-vass-gyula.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 19.)
- JUHÁSZ-LÉHI István (2016): *1979. június 1., péntek – Amikor feketébe öltözött Sajóbáony*. Elérhető: [www.boon.hu/1979-junius-1-amikor-feketebe-oltozott-sajobabony/3077799](http://www.boon.hu/1979-junius-1-amikor-feketebe-oltozott-sajobabony/3077799) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 19.)
- Katasztrófatípusok – Terrortámadás. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság\\_kattipus\\_terrortamadas](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság_kattipus_terrortamadas) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 20.)
- Ma 15 éve történt a legsúlyosabb paksi üzemzavar, azóta is sok a nyitott kérdés.* HVG, 2018. 04. 11. Elérhető: [https://hvg.hu/gazdasag/20180411\\_Ma\\_15\\_eve\\_tortent\\_a\\_legsulyosabb\\_paksi\\_uzemzavar\\_azota\\_is\\_sok\\_a\\_nyitott\\_kerdes](https://hvg.hu/gazdasag/20180411_Ma_15_eve_tortent_a_legsulyosabb_paksi_uzemzavar_azota_is_sok_a_nyitott_kerdes) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 16.)
- Magyarország jelenleg működő veszélyes ipari üzei. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso\\_vuzem\\_index](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso_vuzem_index) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 12.)
- Nemzetközi Nukleáris és Radiológiai Esemény Skála (röviden: INES-skála). Országos Atomenergia Hivatal. Elérhető: [www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2\\_6\\_1](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_1) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 16.)
- SEVESO Eredmények 2016. Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso\\_eredmenyek\\_reszletek&ev=2016](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=seveso_eredmenyek_reszletek&ev=2016) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 13.)
- Üzemzavar a paksi atomerőműben.* Index, 2009. 05. 05. Elérhető: [https://index.hu/belfold/2009/05/05/baleset\\_a\\_paksi\\_atomeromuben/](https://index.hu/belfold/2009/05/05/baleset_a_paksi_atomeromuben/) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 17.)

## Jogforrások

2011. évi CXCVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról 2012/18/EU (Seveso III.) Irányelv az Európai Parlament és a Tanács a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről
- 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről





Nagy Andor<sup>1</sup> – Lakatos István<sup>2</sup>

# Rendkívüli események baleset- elhárításának háttere a földalatti vasutak esetében

## The Background of Handling the Irregular Operational Conditions in Terms of Underground Railway Systems

*A földalatti vasutak esetében a személyek (utasok és társasági munkavállalók) mentése, valamint a műszaki mentés az infrastruktúra különleges tulajdonságai miatt eltér, illetve nehezebb az általánosan bevett vasúti gyakorlattól. A hely szűke, a vontatási energia hozzáférése, a szellőzés bekorlátozása, a látási viszonyok tulajdonságai, a föld felszíne alatti kiépítés, a vonatok továbbításának rendje, a jármű technikai kialakításai mind-mind olyan változók, amelyeket figyelembe kell venni egy esetleges terrorcselekmény, fatális/közfeltűnést keltő műszaki meghibásodás, vagy tömegszerencsétlenség esetén végrehajtott mentési eljárásnál. A téma aktualitása időszerű, de olyan cikk még nem íródott, amelyet az ebben a környezetben dolgozó személy írt. A célkitűzés, hogy a már ismert rendszerre tapasztalati úton nyugvó variációkat mutassunk be, a földalatti vasúti hálózatban való mentés sajátosságairól. Ennek különlegességeiről, és gyakorlati kivitelezéséről szólunk.*

**Kulcsszavak:** földalatti vasút, mentés, baleset, alagút, metró

*The rescue operations regarding persons (passengers and staff) and the technical obstacle prevention differs from the normal railway systems, due to the extreme conditions of its infrastructure. The lack of space, the traction power supply, the limited possibilities for ventilation, the restricted visibility conditions, the underground layout are all the extreme conditions to be considered, upon planning the rescue operations upon a fatal/public technical malfunction, or mass catastrophe. The actuality*

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, egyetemi tanársegéd, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, e-mail: [nagy.andor@sze.hu](mailto:nagy.andor@sze.hu), ORCID: 0000-0001-5247-1881

<sup>2</sup> Széchenyi István Egyetem, egyetemi tanár, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, e-mail: [lakatos@sze.hu](mailto:lakatos@sze.hu), ORCID: 0000-0002-3855-7379

*of the article lays upon the fact, that there was not any article written in this matter by people who are actually working in these conditions. The aim is to present the additions to all the theoretical information that exists about the matter, from the pen of a practical user, who gained experience on the job itself. We will write about the specialities of the rescue in the subway system, and its execution.*

**Keywords:** *underground railway, rescue, accident, tunnel, subway*

## Bevezető

Hazánkban több földalatti vasútvonal üzemel. Ezeknek a mentési és egyéb műszaki vonatkozásai kevésbé ismertek a nagyközönség előtt, és tudományos vonatkozásban is igen kevés munka született a témában, az elmúlt 10 évben – márpedig az elmúlt időszak meghatározó volt a vonalak számára, mivel ebben az időszakban zajlott le mindegyiken egy átfogó rekonstrukció, így a korábbi szakirodalom meglehetősen aktualitását veszítette. Mentés és balesetvizsgálat tekintetében mutatjuk be az aktuális állapotokat a klasszikus metróvonalakat tekintve, utalva különbségekre is az automatikus vezérlésű metróra.

## A budapesti metróvonalak általános jellemzése mentés szempontjából

Budapesten 2 klasszikus, 1 kéreg alatti, és 1 automata metróvonal üzemel. Klasszikusnak tekintem azokat a vonalakat, amelyek rendelkeznek mélyvezetésű szakasszal (szakaszokkal), ember vezeti vagy felügyeli a működést, és végzi a jármű felügyeletét vagy vezetését. Ilyen az M2 (kelet–nyugati) és az M3 (észak–déli) metróvonal. Kéreg alattinak tekintjük a kontinens első metróvonalát (M1 – Millenniumi Földalatti Vasút), mert gyakorlatilag egy elzárt pályán közlekedő föld alatti alacsony padlós villamosról beszélhetünk az esetében. Az automata metrónk az M4 (Dél-Buda–Rákospalota) vonal. Itt a szerelvények a felügyelő-berendezés irányításával, járművezető nélkül közlekednek, központi vonatfelügyelettel, és számos védelmi automatikával.

Az M1 metróvonal állomásai közel fekszenek egymáshoz, gyakorlatilag közvetlenül a felszín alatt, behatárolt keresztmetszetű alagútban, amelyre egyedileg gyártották a járművet is. (A keresztmetszetet az egyik budapesti főgyűjtő csatorna mérete határolta be, mert csak így tudták elvezetni a közelében az alagutat.) Az alagútnak csak statikus szellőzése van, az egyes állomásokon kialakított személyzeti és műszaki helyiségeket ellátták dinamikus szellőzéssel is, de ezek az esetlegesen keletkező füst elvezetésére alkalmatlanok. A jármű kisiklása esetén igen szűk a rendelkezésre álló hely a vágányra emeléshez.

Az M2, M3 metróvonalak, vegyes alagúthálózattal rendelkeznek. Az M2 vonal Örs Vezér tere és Pillangó utca állomások között felszíni, Pillangó utca és Puskás Ferenc Stadion (korábban: Népstadion) állomások között felszín alatti, majd pedig mélyvezetésű, kör keresztmetszetű magánalagútban közlekednek a Déli pályaudvar mélyvezetésű kihúzójáig. A vonal mentén minden állomáson kialakítottak egy állomási főszellőző, az állomások között vonali főszellőzők, valamint a mélyállomásokon a mozgólépcső lejtaknában úgynevezett jet-ventilátor, amely a menekülési útvonal füstmentesen tartásáról gondoskodik. Az M3 metróvonal Kőbánya-Kispest és Határ út állomások között felszíni vezetésű, majd az M2 vonalhoz hasonlóan, iker-keretalagútban halad

tovább, amely Nagyvárad tér után válik ketté két mélyvezetésű magánalagútra, amelyek egészen a Lehel térig (korábban: Élmunkás tér) haladnak. A Lehel tértől Újpest-Központ állomásig ismételten iker-keretalagútban halad a metró. A vonal tervezett meghosszabbításának része már a különösen hosszú kihúzó vágány, amelynek végén már megtalálható a következő állomáshoz vezető szakasz első térközjelzője, amely megépítése óta „Megállj!” állásban van.

Az M4 metró teljes hosszában mélyvezetésű magánalagútban halad, ez alól az állomásai kivételek, ugyanis az állomások úgynevezett résfalas-doboz szerkezettel készültek. Ez nem jellemző sem az M2, sem az M3 metróvonalak mélyállomásaira, amelyek ugyancsak bányászati módszerekkel épültek a föld alatt. Az M4 metróvonalnak nincsen felszíni szakasza, mindkét végállomáson az alagútban történik az automatikus vonatfordítás. A Keleti pályaudvar állomáson már kiépítették a vonal esetleges rákospalotai meghosszabbításának kihúzott elkerülő vágányát, amelyen jelenleg csak szerelvénytárolást végeznek. A vonalalagutak között, a két végállomást kivéve a Szent Gellért téren van csak vágánykapcsolat. Érdekeség még, hogy vonali szellőzőket nem építettek be, csak állomási szellőzőket.

Az M2 és M3 metróvonalakon a vonalalagutak mentén, több, épületgépészeti és polgári védelmi objektumot építettek, amelyek csak ezekre a vonalakra jellemzőek. Az M4 metróvonalon kiépítettek egy csurgalékvíz-elvezetőt, és elektromos berendezések céljára kialakított úgynevezett áttöréseket a két vonalalagút között. A vontatási energia hozzávezetése mind az M2, az M3 és az M4 metróvonalakon azonos, harmadik sínes hozzávezetési rendszer, amely 750V névleges egyenfeszültséggel látja el a járműveket. A négy metróvonal megegyezik abban, hogy az alagút falán elektromos és távközlési, valamint tűzvízvezetékeket helyeztek el. (Az M1 esetében az alagútban csak az állomásokon építettek ki tűzvízvezetéküket.) Az elektromos, távközlési és vízvételvezési, és tűzvízelosztási lehetőségek ismerete kiemelten fontos a mentés megszervezésénél, ahogyan az alagútba, illetve állomásokra való belépés biztonságos megvalósítása is.

## Belépés és tájékozódás

A metróvonalakon általánosságban a belépés szabályai megegyeznek. Mivel mentésről, és nem hibaelhárításról beszélünk, a vontatási energia jelenléte nem engedhető meg a mentés helyszínén, illetve az azt megközelítő útvonalakon. Az állomások területére belépni csak a közösségi közlekedést igénybe vevőkkel azonos helyen lehetséges, illetve extrém esetekben az állomási főszellőző aknákon át is megoldható, de az ilyen módú megközelítés jóval nehezebb. Az állomási belépés alkalmával – attól függetlenül, hogy az állomást vagy a vonalalagutat közelítik meg – az állomási személyzet bocsátja be a mentőegységeket a metró területére. A beléptetés alkalmával a neveket és a létszámot rögzítik, és a mentőegységek parancsnokának rendelkezésére bocsátják a vontatási energia kikapcsolt, és a rendszer földelt állapotáról szóló nyilatkozatot. A főszellőzőkön keresztül való megközelítésre műszaki, illetve tűzeseti mentés alkalmával még nem volt példa, ez a lehetőség inkább a katonai, illetve terrorelhárítási beavatkozó egységek esetében lehetséges. Az aknákon való gyors leereszkedés alpinista módszereket igényel, mert a kiépített acéllétrákon és járdákon a bejutás meglehetősen lassú, és megvilágítása is gyér. A kiépített útvonalakon egyszerre egy személy fér el, csak egyes oszlopban lehetséges a közlekedés, sok esetben lehajolva vagy guggoló testhelyzetben. A metró polgári védelmi üzemmódban való üzemelése

esetén sem használatosak ezek a járatok a kiszolgáló személyzeten kívül mások által. A mentőegységek érkezését az állomás műszaki ügyeletes várja, amennyiben lehetséges az ügyeletes társasági vasútbiztonsági tiszt jelenlétében. A műszaki ügyeletes, vagy akadályoztatása esetén a vasútbiztonsági tiszt feladata az, hogy a beavatkozó egységeket útba igazítsa, illetve kísérje a mentés helyére. Amennyiben ehhez légzőkészülék szükséges, azzal csak a műszaki ügyeletes rendelkezik, ilyen esetben az esemény elhárításának idejére ő van felhatalmazva a metró üzeme részéről kárhelyparancsnoki feladatokkal. Az állomási helyiségek számozott ajtókkal vannak megjelölve, amelyek kulcsaiból egy példány található a forgalmi, egy pedig a műszaki ügyeleten a tűzkazettában. Az ajtószámok minden ajtón kívül is felfestésre kerültek, többszintes állomás esetében a kulcsok száma mindig három számjegyű, az első számjegy mindig az utas-peronhoz viszonyított felfelé irányuló emelet számát jelöli. (Például a P+1 szinten lévő 34. sz. ajtó kulcsa a 134. sz. kulcs lesz.) A mozgólépcsők üzemeltetését az állomási forgalmi ügyeletes a mentést végzők igényei szerint képes alakítani. Az M2 és M3 metróvonalakon a mozgólépcső lejtagnán kívül nincs más lehetőség a peronszintre lejutni, de az M4 metróvonalon kialakítottak úgynevezett füstmentes lépcsőházakat, ahol a mozgólépcsők és liftek üzemképtelensége esetén is lehetséges füstmentes térben a közlekedés a felszín alatti aluljáró és a peron alatti szint között. Az állomásokon a vágányokat jobb és bal vágányként azonosítjuk, attól függően, hogy a vágányon közlekedő vonat a kezdőpont vagy a végpont felé halad rajta. A vonal kezdőpontja mindig az az építéskori végállomás, amelyik közelebb volt a 0 kilométerhez. A vágány elején található utascsere megfigyelésére szolgáló tükrön is ki van ragasztva az állomás neve mellett, hogy az adott vágány a bal vagy a jobb vágány (például Nagyváradi tér állomás jobb vágánya a Klinikák felé haladó vonat vágánya). Az állomáson kívül, jobb vagy bal alagutat különböztünk meg, az állomási vágányoknak megfelelően. Ezen belül a pontos helymeghatározást úgynevezett szelvény számmal lehet tenni. A vonal teljes hosszában szelvényekre van osztva, 100 méterenként. A szelvény számok egy áttörés (két vonalalagút közötti összekötő vágat) esetében nem biztos, hogy ugyanazok, az eltérő vonalvezetésből adódó különbségek miatt. Tehát ha a bal vágányon, a 34. és 35. szelvények között lévő olyan helyet szeretnénk megjelölni, amely a 34. szelvény táblától 25 méterre található, akkor szimplán így írjuk: Bal 34+25. Ezekkel az információkkal bárhová oda lehet találni a vonalalagutakban, illetve az állomásokon. Az épületgépészeti és polgári védelmi létesítményekben való tájékozódást az üzemeltető kárhelyparancsnoka fogja segíteni, amennyiben arra nem kiképzett egységek érkeznek beavatkozásra.

## Mentést segítő létesítmények a metróban

A metró úgy tervezték, hogy békeidőben gyors és pontos tömegközlekedési forma legyen, háborús időkben – a közönséges romteherviselésre tervezett, saját gépészeti infrastruktúrával nem rendelkező, úgynevezett légópincékkel ellentétben, ezek kettős rendeltetésű létesítmények, III. és IV. osztályba sorolt, minősített óvóhelyek.<sup>3</sup> A metró több szektorra osztották, amely vonalanként más és más, de általánosságban véve ezek több funkciót ellátni képes szektorok. A szektorok 4 üzemmódban üzemelhetnek: betelepüléses, légzőkésvédtett, gáz- és sugárvédett,

<sup>3</sup> MÓROCZA–PELLÉRDI 2013, 105.

teljes elzárkózásos.<sup>4</sup> Az általános kialakítást egy fiktív ábrával Mórocza–Pellérdi mutatja be, amelyet az 1. ábrán láthatunk.



1. ábra. Példa egy szektor kialakítására

Forrás: MÓROCZA–PELLÉRDİ 2013, 106.

Mivel a cikk az óvóhely funkcióval és a polgári védelmi vonatkozással nem foglalkozik, csak a mentés céljára felhasználható létesítmények ismertetésére szorítkozom. Állomások esetében az állomás könnyen megközelíthető a mozgólépcső lejtakna nyilvánosság által is használt részén keresztül, mert ebben a jet-ventilátorok füstmentes környezetet biztosítanak, ugyanis egy esetleges mentést a füst nagyban hátráltat.<sup>5</sup> A gyors, pontos megközelítés a tüzek oltásában is szerepet játszik.<sup>6</sup> Akadályoztatás esetén, az M4 esetében a füstmentes lépcsőházakat, az M2, M3 esetében a mozgólépcső-lejtakna mozgólépcső-gépházból megközelíthető lépcsősorain át lehetséges lejutni az alsó feszítőkamrába, amennyiben a mozgólépcső szerkezete nem átjárható. Végső esetben a vonalalagúton is meg lehet közelíteni egy állomást. Az M1 metró esetében az állomások közvetlenül a felszín alatt helyezkednek el, így azokat néhány lépcsőn át el lehet érni, és a vágánytér átjárható, amennyiben az egyik lépcsősor nem lenne az. Amennyiben alagútban rekedt, tűzesetes szerelvényen tartózkodók mentése szükséges, feltétlenül meg kell említeni az M2 és M3 metróvonalak esetében a magánalagutakban található összekötő alagutakat (áttörések), ahol légtérelő ajtók segítségével a légáramlás is szabályozható, illetve a többféleképpen konfigurálható szellőzőrendszer segítségével a menekítés irányát közel füstmentessé lehet tenni. Az M4 metró esetében a szerelvény felett és az alagút állomási bejáratánál elhelyezett úgynevezett vízfüggönnyel lehetséges a mentésre szoruló személyektől távol tartani

<sup>4</sup> MÓROCZA–PELLÉRDİ 2013, 105.

<sup>5</sup> KUTI–ZÓLYOMI 2018, 67–76.

<sup>6</sup> KUTI 2014, 1–7.

a füstöt. Extrém esetekben az óvóhely szektorainak elzárását biztosító kapuk bezárásával is lehet irányítani a füst áramlását, vagy a tűzfészket elzárni a külvilág, égést tápláló oxigénjétől. Az óvóhelyek üzemi helyiségei személyek tűz elleni védelmére korlátozottan alkalmasak, mert üzembe helyezésük időigényes.

Általánosan elmondható, hogy bármely helyszín többféleképp megközelíthető, még a mélyvezetésű magánalagutakban is. Egy adott pontot megközelíthetünk a fentiek szerint, a saját vonal alagútjában bármely állomás felől, a szomszédos vonalalagút felől, az áttöréseken való áttérés segítségével, illetve akár a vonali főszellőző felhasználásával, valamint ezek kombinálásával is.

## Mozgás az állomásokon és az alagútban

Az állomások területén a mozgás járművel nem lehetséges, mivel azokat rendkívül időigényes odajuttatni (például önjáró emelőkosár), és az odajuttatásuk csak az alagúton keresztül, speciális sima rakfelületű kocsikkal megoldható, saját célú vasúti járművek igénybevételével. A mozgólépcső kocsikon lehetséges speciális kézikocsi lejuttatása az állomásba, ahol azok akadálymentesen guríthatók, mivel a padlóban a peronszinten nincsenek akadályok. A peronról a pályaszintre juttatni őket azonban rámpák hiányában nem lehetséges, csak kézi emeléssel. A pálya és a vonalalagutak közötti járművel nem járhatók, csak kételtű, vagy tisztán vasúti járművekkel, illetve kézikocsikat lehetséges rajta gurítani, amennyiben nyomkarimás kerekekkel szereltek. Minden egyéb szállításra alkalmas a metró saját célú vasúti hálózata, és járművei. A vontató járművek dízel üzeműek, különféle rakfelületű vontatott járművek továbbítására alkalmasak. Amennyiben műszaki mentésre van szükség, a legcélszerűbb az eszközöket vasúton a helyszínre szállítani, mivel a kételtű járművek közül sem fér el mind az úrszelvényben, amely szűkebb, mint az általános vasúti normál nyomtávú úrszelvény. A berakodást a járműtelepeken lehet a legkönnyebben elvégezni.

## Összegzés

A metró különleges körülményei különlegesen felkészült személyzetet igényelnek. Az itteni viszonyok leginkább a bányauzemhez hasonlíthatók, de a bánya szállítása és létesítményei meg sem közelítik azt az összetettséget, amit a földalatti vasút képvisel. Triviális, hogy a teljes mentési szervezetet lehetetlen és szükségtelen kiképezni ezeknek a körülményeknek az ismeretére, azonban elengedhetetlen néhány olyan parancsnoki beosztású személy kiképzése, akik mentést irányíthatnak a metró területén. Az együttműködés az üzemeltetővel ugyancsak esszenciális, hiszen csak az üzemeltető rendelkezik naprakész információkkal, és a mentés helyén üzemelő rendszerek teljes körű ismeretével, amelynek akár a mentést végző személyek személyi biztonságát is érinthetik. A beléptetés, a helyszíni kalauzolás, a helyi adottságok ismeretéről való tájékoztatás mind olyan segítségek, amelyek lehetővé teszik a mentés irányítójának a legmegfelelőbb stratégia kialakítását, hogy a lehető legsikeresebben hajtsa végre mentési feladatát, és minimalizálja a mentés közben okozott károkat, hogy a metró közlekedése a mentést követően a lehető legrövidebb időn belül újra beindulhasson.

## Felhasznált irodalom

- KUTI Rajmund – ZÓLYOMI Géza (2018): A tüzesetek során képződő füst veszélyei. *Védelemtudomány*, 3. évf. 2. sz. 67-76. Elérhető: [www.vedelemtudomany.hu/articles/05-kuti-zolyomi.pdf](http://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-kuti-zolyomi.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 12. 17.)
- KUTI Rajmund (2014): Alagutakban keletkezett tüzek oltásának módszerei, technikai eszközei I. Beépített tűzvédelmi berendezések. *Védelem*, Paper tan500. 1–7. Elérhető: [www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/500-alagutakban-keletkezett-tuzek-oltasanak-modszerei-technikai-eszkozoi-i-beepített-tuzvedelmi-berendezesek.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/500-alagutakban-keletkezett-tuzek-oltasanak-modszerei-technikai-eszkozoi-i-beepített-tuzvedelmi-berendezesek.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 12. 17.)
- MÓROCZA Árpád – PELLÉRDI Rezső (2013): A metró mint kritikus infrastruktúra. *Hadmérnök*, 8. évf. 3. sz. 105–106.





Karches Tamás<sup>1</sup> – Salamon Endre<sup>2</sup> – Berek Tamás<sup>3</sup>

# Estimation of Attached Growth Process Aeration Requirement in Wastewater Treatment<sup>4</sup>

## Kötött biomassát alkalmazó szennyvíztisztítási eljárások levegőigényének számítása

*Attached growth process in wastewater treatment is widely used in order to achieve the sufficient biodegradation of organic matter and nutrient removal. Since the biofilm is attached to a carrier in this process, the substrate and oxygen shall be transported to the biomass surface and reach the deeper layer of the biofilm via diffusion. The driving force of the process is the dissolved oxygen (DO) concentration difference, therefore at least 4–5 mg/L DO is required in this system, which is relatively high compared to activated sludge, where the DO is 1.8–2.5 mg/L. In the attached growth systems, where the suspended matter concentration is low, the relative oxygen diffusion rate ( $\alpha$ ) is about 0.7–0.8, which is an elevated value compared to the activated sludge system, where alpha is 0.4–0.5. The aim of this paper is to estimate the aeration requirement of the wastewater system applying biofilm; the above mentioned two properties are to be taken into account and the results will be compared to the conventional activated sludge system aeration need.*

**Keywords:** activated sludge, aeration, attached growth, biofilm, wastewater treatment

<sup>1</sup> National University of Public Service, Associate Professor, e-mail: [Karches.Tamas@uni-nke.hu](mailto:Karches.Tamas@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0003-2347-3559

<sup>2</sup> National University of Public Service, Assistant Lecturer, e-mail: [Salamon.Endre@uni-nke.hu](mailto:Salamon.Endre@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-3856-1941

<sup>3</sup> National University of Public Service, Associate Professor, e-mail: [Berek.Tamas@uni-nke.hu](mailto:Berek.Tamas@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0001-8358-6139

<sup>4</sup> This work has been undertaken as a part of a project founded by EFOP-3.6.1-16-2016-00025 aiming the development of water management in higher education in the frame of intelligent specialization.

*A kötött biomasszát alkalmazó szennyvíztisztítási módszerek egyre elterjedtebbek, segítségükkel a befogadóra előírt szervesanyag és növényi tápanyageltávolítás megvalósítható. Mivel a biofilm hordozóanyaghoz kötött, a biomassa szubsztráttal és oxigénnel való ellátottságáról gondoskodnunk kell; el kell juttatni a biofilm felületéig, majd diffúzió segítségével a mélyebb biofilm rétegekbe, amelynek hajtóereje az oldott oxigénkoncentráció (DO) különbség. Biofilmes rendszerekben ennek értéke 4–5 mg/l, amely viszonylag magas az eleveniszapos rendszerek 1,8–2,5 mg/l-es koncentrációértékéhez képest. Kötött biomasszát alkalmazó rendszerekben a lebegőanyag-koncentráció nem számottevő, ezért a relatív oxigén beoldódás ( $\alpha=0,7-0,8$ ) is jobb az eleveniszapos rendszerek 0,4–0,5-es értékeihez képest. A tanulmány célja, hogy a biofilmes rendszerek oxigénigényét meghatározza és összehasonlítsa a hagyományos eleveniszapos rendszerrel.*

**Kulcsszavak:** biofilm, eleveniszap, kötött biomassa, levegőztetés, szennyvíztisztítás

## Introduction

In urban water cycle, wastewater treatment has a significant role in securing the quality of the receiving water bodies. Many technologies have been developed to close the water cycle and besides the treated effluent, the sludge produced can be utilised similarly to a system where biomass is utilised.<sup>5</sup> Sustainable water management is in the centre of all technological advancements.<sup>6</sup>

Pollution of water supplies can influence water both on the surface of the ground and under the ground. Besides anthropogenic polluting activities, the signs of climate change are also visible in the characteristics of future water supplies.<sup>7</sup>

It happens more and more often that extremely low levels of water are coupled with periods of dryness. As a result, the amount of usable water declines. Smaller flow in the water bed results in the deterioration of water quality and slower storage filling; the longer presence in the storages can induce further deterioration of the water quality.<sup>8</sup>

To establish sustainable water supply is also a requirement. To keep the water supply secure, besides building proper control regulations into the water supply, it is necessary to pay special attention to the security of some special activities that are necessary to ensure the proper quality of drinking water. Besides minimalising the pollution of the raw water, the lessening or removal of the pollution guarantees the meeting of national and communal water quality guidelines and regulations. One of these regulations includes the properly sized and established waste water cleaning technology. The choice of the adequate waste water cleaning technology for the pollutants is of key importance to protect the health of the user.<sup>9</sup>

---

<sup>5</sup> BEREK 2016.

<sup>6</sup> SOMLYÓDY 2011.

<sup>7</sup> GLATZ 2009.

<sup>8</sup> SALAMON et al. 2018.

<sup>9</sup> HAUBER 2016.

In the future, the majority of our population will live in an urban environment. The high population density, the shrinking living space, and climate change will bring many difficulties that need to be addressed through innovative solutions to mitigate the effects. Increasing residential water consumption in growing cities will increase the volume of waste water. In addition to the growing demand for high-quality clean drinking water, there is an increasing pressure on water resources. Improving the efficiency of different water treatment technologies is therefore crucial. Biofilm technology is a popular method of wastewater treatment. The biofilm, which functions as a reaction surface, is a complex system that allows the degradation of substances with different properties through its different layers of properties. The use of biological wastewater treatment technologies is not new. The development of certain elements of waste water treatment in the last 100 years has been the appearance of plastics and the development of methods for significantly increasing the stability and effective surface of the biofilm. In addition, it is important to determine the aeration needs of different biofilm systems in order to optimise the amount of oxygen that provides aerobic processes and the economy of the water purification process. Due to the increasing load of decreasing high quality water resources, it is necessary to study and develop different wastewater treatment technologies for sustainable water management.

Biodegradation of organic matter in wastewater treatment technologies is based on microorganisms, which favour the aerobic conditions. The liquid phase of the wastewater has a certain amount of dissolved oxygen due to the Henry law, but this is not enough in intensified technologies, where microorganisms consume more than it can be dissolved naturally and may result in anaerobic conditions. As a consequence, an aeration system needs to be installed and oxygen needs to be provided at high efficiency. Aeration is useful for the bioprocesses, but it may also improve the hydraulic conditions within the reactor volume; the introduction of external energy helps in mixing.<sup>10</sup>

Activated sludge systems use a highly concentrated suspended biomass, the MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) is 3.5–5.5 g/L, resulting small reactor volume for the treatment of a certain amount of wastewater discharge. In ideal cases this biomass is perfectly homogenised, the same concentration could be measured at each location within the basin. The biomass forms flocs, which shape and process properties could be determined by environmental factors such as substrate loading, temperature, pH, shearing conditions, etc.

Key parameter in process sizing is the sludge residence time (SRT), which represents the average age of the biomass and determines the rate of degradation. If only organic matter degradation is concerned, SRT of 3–4 days is enough at wastewater temperature of 12°C, but if full nitrification and denitrification also needs to be taken into account, this value is increased to 10 and 14 days respectively.<sup>11</sup> In order to ensure the desirable SRT recirculation of biomass is used; part of the settled sludge is reverted back to the aerated basin.

---

<sup>10</sup> GRADY et al. 2011.

<sup>11</sup> CLARA et al. 2005.

In attached growth process, the biomass is bound to a carrier. This carrier can be moving or stationary. Moving Biofilm Bed Reactors (MBBR) are a good approach to upgrade an existing wastewater treatment plant capacity without building new basins, thus reactor volumes and land area are saved.<sup>12</sup> But it should be noted that the carriers also occupy some water volume. If the carrier is fixed and the biomass does not move, the substrate shall reach the biomass. In this case aeration has to cover the process oxygen demand, as well as the appropriate mixing conditions should be satisfied. It means that the main wastewater flow should transport the substrate evenly to the biofilm. The transport process induced by the main flow is a conductive transport, whereas the transport through the various biofilm layers is a diffusive transport process.

The technologies can apply purely attached biomass and in this case the suspended biomass is negligible or can be hybrid biofilm-activated sludge systems. In this paper, the aeration demand of pure biofilm system is investigated. The starting point of the calculation is the biological oxygen demand, then the influence of environmental parameters is considered in attached growth system, which may provide guideline for process engineers.

## Oxygen Transport Processes

Oxygen demand is independent from the type of biomass, it is the same for the activated sludge and biofilm processes. For the dissolved oxygen concentration, a scalar transport equation can be formulated as follows:

$$\frac{\partial DO}{\partial t} = KLa * (DO_{sat} - DO) - r_m$$

where:

KLa: oxygen transfer coefficient [1/s]

DO: dissolved oxygen concentration [g/m<sup>3</sup>]

DO<sub>sat</sub>: saturation dissolved oxygen concentration [g/m<sup>3</sup>]

r<sub>m</sub>: oxygen consumption by microorganisms [g/(m<sup>3</sup>s)]

The oxygen transfer coefficient determines the magnitude of the oxygen transfer rate and it has a direct effect on aeration efficiency. Various methodologies have been developed to measure the actual value of KLa online by intermittent or continuous approaches.<sup>13</sup> KLa reflects the diffusion between the gas phase and liquid phase, which has dependence on many factors, but the most significant is the free surface area between the two phases. That fact led the aeration system manufacturers to invent devices, which creates relatively small bubbles with high surface area. In wastewater treatment, fine bubbles with 1 to 3 mm diameter are applied for oxygenation, and

<sup>12</sup> ANDREOTTOLA et al. 2003.

<sup>13</sup> SUNDARAMURTHY et al. 2009.

coarse bubbles with a diameter of 5 to 8 mm are applied, when oxygen transfer is not important and the aeration is applied only for mixing purposes.

Standard  $K_La$  measurements are performed in clean water in order to predict the aeration efficiency of the installed mechanical equipment at field conditions. The initial dissolved oxygen is used up by chemicals then the recovery of DO is detected and a concentration curve in function with time is registered. From this curve the diffusion rate and thus the  $K_La$  can be predicted.<sup>14</sup>

The free surface area is reduced if suspended solid concentration is high, since the small floc size particles are "clogging" the air bubbles surface. Since the difference in oxygen transfer is detectable between clean water and wastewater, an alpha factor is introduced, which shows the ratio of  $K_La$  in wastewater and clean water. Its value is 0.4–0.5 in activated sludge systems and 0.7–0.8 in attached growth system. This value could be further reduced if surfactant concentration is elevated in a biological reactor, therefore the effective fat, oil and grease removal has an importance prior the biological processes, practically in grit chambers.

The driving force of the diffusion is the difference of the saturation DO and the actual DO concentration. The saturation concentration is in function with salinity, temperature and pressure. The description of the dependence on these factors can be found in the literature.<sup>15</sup> The microorganism oxygen uptake will be detailed in the next section.

## Biological Oxygen Demand

Microorganisms in wastewater treatment consumes dissolved or chemically bound oxygen. For the degradation of organic matter, the dissolved form is necessary. The amount of the oxygen required is based on the influent primary treated wastewater constituents. If BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand measured for 5 days) load is known, with the help of specific oxygen demand of organic matter, the total oxygen (O<sub>Uc</sub>) demand per day can be determined.

Autotrophic bacteria are responsible for nitrification, which consumes a relatively high amount of oxygen. If the TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) in the incoming wastewater is 1000 kg/d, the oxygen requirement is 4.3 times higher, 4,300 kg/d. The two-step nitrification process is the most common procedure to transform ammonium to nitrate and then with the use of heterotrophic denitrifying bacteria, the nitrate can be converted to gaseous nitrogen by a reduction.<sup>16</sup> This latter process applies the chemically bound oxygen and by the conversion from nitrate to nitrogen releases oxygen, therefore it is gained (2.9 times the denitrifying nitrogen amount) in the mass balance equation as follows:

$$OC = (f_c \cdot (OU_c - OU_d) + f_n \cdot OU_n)$$

<sup>14</sup> HEIJNEN et al. 1980.

<sup>15</sup> TCHOBANOGLOUS et al. 2014.

<sup>16</sup> OH-SILVERSTEIN 1999.

where:

OC: total biomass oxygen demand [kg/d]

OU<sub>c</sub>: oxygen demand for organic matter biodegradation [kg/d]

OU<sub>d</sub>: oxygen gained via denitrification [kg/d]

OU<sub>n</sub>: oxygen demand for nitrification [kg/d]

f<sub>c</sub>: safety factor of heterotrophic organisms [-]

f<sub>n</sub>: safety factor for autotrophic organisms [-]

The safety factors are determined by SRT and the incoming load based on ATV-131, a German guideline for wastewater treatment sizing.<sup>17</sup> The logic behind the role of the incoming load is that the diurnal pattern of the receiving raw wastewater from a large agglomerate is more evenly compared to a small size plant, where the load may show huge variability.

## Aeration Requirement in Attached Growth System

Whereas the biological oxygen demand is the same in suspended growth and attached growth processes, the difference in aeration need is in the environmental factors. The biological oxygen demand calculated in the previous sections is the amount of oxygen that the biomass should uptake. The microorganisms could only take oxygen, which is in water phase, but our aeration system introduces bubbles and not exactly at the location where the biomass is. Therefore, the transport of oxygen consists of the following:

- oxygen transfer between the gas and liquid phase
- oxygen transport by fluid flow
- oxygen transfer between the liquid phase and microorganisms

Each process works at different efficiencies and many environmental factors affect the overall transfer process. It can be seen that more oxygen needs to be introduced compared to what is theoretically required. The following formula shows the relation between the theoretical and actual oxygen requirement:

$$AOTR = SOTR \cdot \beta \cdot \frac{DO_s - DO}{DO_s} \cdot 1.024^{T-20} \cdot \alpha \cdot F$$

where:

AOTR: Actual Oxygen Transfer Rate [kg/d]

SOTR: Standard Oxygen Transfer Rate [kg/d]

β: ratio of saturation dissolved oxygen concentration in wastewater and clean water (0.95)

T: wastewater temperature [°C]

α: oxygen diffusion rate [-]

F: fouling coefficient

<sup>17</sup> ATV-DVWK-A 131 2000.

AOTR is the daily amount of oxygen needed for the biology (calculated in the previous section), SOTR is the oxygen amount that needs to be provided by the aeration system. In the equation there is a temperature correction factor, the impact of DO and  $\alpha$  are already detailed previously. The fouling coefficient depends on the free surface of the diffuser element, where the bubbles are released. If the diffuser is clean, its value is generally 0.9, but if clogging occurs, the value can be reduced significantly.<sup>18</sup>

The estimation of oxygen demand in attached growth system can be performed in relation to the conventional activated sludge (CAS) system as follows:

$$\frac{SOTR_{biofilm}}{SOTR_{CAS}} = \frac{(DO_s - DO)_{CAS}}{(DO_s - DO)_{biofilm}} \cdot \frac{\alpha_{CAS}}{\alpha_{biofilm}}$$

Assuming DOs of 9.0 mg/L and substituting DO: 2 mg/L for CAS and 5 mg/L for biofilm, and the previously discussed alpha values, it can be predicted that, theoretically, the biofilm system has a 10–15% less oxygen demand. This estimation assumes the process oxygen need and does not take into account the requirement of mixing.<sup>19</sup>

As the next step, the oxygen need can be converted to actual airflow need by applying the SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency). This parameter reflects the amount of oxygen dissolved in 1 m of the rising bubble. General practice is to assume 5–6 %/m, which means 25–30% oxygen transfer efficiency if 5 m deep reactor is assumed.<sup>20</sup> However, state-of-the-art researches revealed that SOTE can be 8–9%/m in novel aeration systems.<sup>21</sup> SOTE does not only has dependence on the equipment itself, but diffuser density also has a significant role. The following formula presents the calculation of actual air flow:

$$Q_{air} = \frac{SOTR}{SOTE \cdot \rho_{air}}$$

where:

$Q_{air}$ : aeration demand [ $m^3/h$ ]

SOTE: Standard Oxygen Transfer Efficiency [-]

$\rho_{air}$ : air density [ $kg/m^3$ ]

The calculated air flow is an average airflow for the process, an indicative number. The diurnal and seasonal patterns also have to be incorporated in the design. This result is appropriate for blower sizing, but the distribution of diffusers, the exact location should be known for diffuser sizing since the oxygen consumption is not even. At the beginning of the reactors, oxygen uptake is rapid since the heterotrophic organism is responsible for organic matter degradation,

<sup>18</sup> KIM-BOYLE 1993.

<sup>19</sup> KARCHES 2018a.

<sup>20</sup> KARCHES 2018b.

<sup>21</sup> BEHNISCH et al. 2018, 195–196.

whereas in the second half of the reactor, the nitrification is the dominating process, which speed is slower compared to the biodegradation of organic compounds.

The actual value shall be set at on-site by observing the field parameters and the treated wastewater quality. The control of aeration can be performed by DO control or ammonium control, which is a high level of automation and provides economically sound aeration systems.

## Conclusion

In this paper a calculation procedure was presented in order to help practitioners in wastewater industry to predict the aeration demand of fixed biofilm systems. Since the biological process does not show difference compared to conventional systems, the guidelines elaborated for activated sludge systems can be applied as a basis. The biofilm systems differ from CAS systems in two ways: an increased diffusion driving force is needed, which increases the applicable DO concentration, but as the suspended matter is not present, the oxygen transfer between gas and liquid is more efficient. In this study both phenomena were taken into account and as a result it can be stated that from a process point of view, the biofilm system needs 10–15% less air compared to CAS system. The specialities in hydraulics in biofilm systems were mentioned, but it is simplified in this study. As a next step, the reactor hydraulics will be detailed and its effect on aeration demand will be investigated.

## References

- ANDREOTTOLA, G. – FOLADORI, P. – GATTI, G. – NARDELLI, P. – PETTENA, M. – RAGAZZI, M. (2003): Upgrading of a Small Overloaded Activated Sludge Plant Using a MBBR System. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, Vol. 38, No. 10. 2317–2328. DOI: <https://doi.org/10.1081/ESE-120023388>
- ATV-DVWK-A 131 (2000): *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*. s. l., Seidel-Przywecki Press.
- BEHNISCH, Justus – GANZAUGE, Anja – WAGNER, Martin (2018): *Development of Fine Bubble Aeration Diffusers: Results of Clean Water Tests of the Last 27 Years*. 14<sup>th</sup> Young Water Professionals Conference Book of Abstracts. 195–196.
- BEREK Tamás (2016): A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. [The Role of Water Safety Planning in Sustainable Water Management.] *Műszaki Katonai Közlöny*, Vol. 26, No. 2. 32–48. Available: [http://193.224.76.2/downloads/konyvtar/digitgy/tartalomjegyz/muszaki\\_katonai\\_kozlony\\_2016\\_2.pdf](http://193.224.76.2/downloads/konyvtar/digitgy/tartalomjegyz/muszaki_katonai_kozlony_2016_2.pdf) (Downloaded: 10.12.2018.)
- CLARA, Manfred – KREUZINGER, Norbert – STRENN, Birgit – GANS, Oliver – KROISS, Helmut (2005): The solids retention time – a suitable design parameter to evaluate the capacity of wastewater treatment plants to remove micropollutants. *Water Research*, Vol. 39, No. 1. 97–106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.08.036>
- GLATZ Ferenc (2009): *Vízgazdálkodás a Kárpát-medencében. Vezetői összefoglaló*. [Water Management in the Carpathian Basin. Leadership Summary.] Budapest, MTA Társadalomkutató Központ. Available: [http://real.mtak.hu/35487/1/2009\\_Glatz\\_Vizgazdalkodas\\_a\\_Karpat\\_medenceben\\_u.pdf](http://real.mtak.hu/35487/1/2009_Glatz_Vizgazdalkodas_a_Karpat_medenceben_u.pdf) (Downloaded: 25.09.2015.)
- GRADY, Leslie C. P., Jr. – DAIGGER, Glen T. – LOVE, Nancy G. – FILIPE, Carlos D. M. (2011): *Biological Wastewater Treatment*. London, CRC Press.
- HAUBER György (2016): A biomassza mint a kistérségi energiaellátás egy lehetséges alternatívája. [Biomass: The Possible Alternative for Local Energy Supply.] *Bolyai Szemle*, Vol. 25, No. 4. 101–110.



Available: <https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2016-04.original.pdf> (Downloaded: 10.12.2018.)

- HEIJNEN, J. J. – RIET, K. Van't – WOLTHUIS, A. J. (1980): Influence of very small bubbles on the dynamic  $K_{La}$  measurement in viscous gas–liquid systems. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 22, No. 9. 1945–1956. DOI: <https://doi.org/10.1002/bit.260220912>
- KARCHES Tamás (2018a): Kaszkádolás szerepe a rögzített biofilm hordozót alkalmazó szennyvíztisztítási technológiákban. *Hidrológiai Közlöny*, Vol. 98, No. 2. 57–63.
- KARCHES, Tamás (2018b): Effect of aeration on residence time in biological wastewater treatment. *Pollack Periodica*, Vol. 13, No. 2. 97–106. DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2018.13.2.10>
- KIM, Yeong-Kwan – BOYLE, William C. (1993): Mechanisms of Fouling in Fine-Pore Diffuser Aeration. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 119, No. 6. 1119–1138. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1993\)119:6\(1119\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1993)119:6(1119))
- OH, Jeill – SILVERSTEIN, Joann (1999): Oxygen inhibition of activated sludge denitrification. *Water Research*, Vol. 33, No. 8. 1925–1937. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00365-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00365-0)
- SALAMON, Endre – GODA, Zoltán – BEREK, Tamás (2018): Analysis of reverse osmosis filter permeability. *Pollack Periodica*, Vol. 13, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2018.13.3.21>
- SOMLYÓDY László ed. (2011): *Köztisztítási Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok.* [Water Management in Hungary: Current Situation and Strategic Tasks.] Budapest, Magyar Tudományos Akadémia.
- SUNDARAMURTHY, Suresh – SRIVASTAVA, Vimal Chandra – MISHRA, Indramani (2009): Techniques for oxygen transfer measurement in bioreactors: A review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, Vol. 84, No. 8. 1091–1103. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.2154>
- TCHOBANOGLIOUS, George – STENSEL, David, H. – TSUCHIHASHI, Ryujiro – BURTON, Franklin L. – ABU-ORF, Mohammad – BOWDEN, Gregory – PFRANG, William (2014): *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.* New York, McGraw-Hill.



Papp Csongor<sup>1</sup>

# Nagyvasúti dízel vontatójárművek károsanyag-kibocsátás csökkentésének lehetőségei a dízelmotor tranziens üzemében

## Possibilities of Reducing the Emission of Normal Gauge Diesel Locomotives during the Transient Operation of the Diesel Engine

*Napjainkban a járműgyártókra és üzemeltetőkre egyre nagyobb terhet ró a szigorodó környezetvédelmi irányelvek rendszere, a társadalmi elvárás a minél magasabb színvonalú környezetvédelem felé. Egyre több kutatás mutat rá, hogy milyen fontos hatással bír a gyorsítandó dízelmotor tranziens üzemállapotában tapasztalható károsanyag-emisszió túllépés. A nagyvasúti vontatójárművek és egyéb nagy teljesítményű dízelmotorok területén a környezetvédelmi kutatások és fejlesztések elmaradnak a személygépjárművekétől. A kutatás célja, hogy ezt a hiányt pótolja és olyan károsanyag-kibocsátás csökkentésének lehetőségét tárja fel, ami a dízelmotor átalakítása nélkül, a hajtásvezérlésbe beavatkozva csökkentett felfuttatási sebességgel, valamint energiatárolóval történő bővítésével segíti a nagyvasúti dízel vontatójárművek károsanyag-emissziójának csökkentését. Jelen cikkben irodalomkutatásra alapozva kívánja a szerző feltérképezni, milyen elven/elveken lehetséges beavatkozni a vontatásba a tranziens károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében. A lehetséges beavatkozási módszerek ismerete irányt ad a kutatás további folytatására, hosszú távon elősegíti olyan módszer kidolgozását, ami környezetkímélőbb járművek közlekedtetését teszi lehetővé a vasútvállalatok számára.*

**Kulcsszavak:** dízelmozdony, károsanyag-kibocsátás, környezetvédelem, erőátviteli rendszerek, dízel tranziens

---

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, PhD-hallgató, e-mail: [pappcsongor@gmail.com](mailto:pappcsongor@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5903-5369

*Nowadays, the vehicle manufacturers and operators are facing strict environmental protection regulations, and growing social pressure for higher level of environmental protection. More studies point out the considerable effect the transient operation of the diesel engine has regarding emission. The researches and development in the field of locomotive engines and other high power engines are slower than in the car industry area. The aim of the actual research is to fill this gap and reveal such emission reducing methods that can be carried out without significant modifications on the diesel engine, by intervening in the power-train system. The scope of this article is to find a principle of intervening regarding emission reduction through literature research. The knowledge of plausible ways of intervening points the way of the further research, and will help to develop such a method which makes available operating eco-friendlier locomotives for the railway companies.*

**Keywords:** diesel-locomotive, emission, environmental protection, power-trains, diesel-transient

## Bevezetés

Az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások és elvárások egyre nagyobb terhet rónak a közlekedésben érdekelt vállalatok terhére. A személygépkocsi-gyártás mellett gyakran háttérbe szorulnak a kötöttpályás, köztük az általánosan vizsgált nagyvasúti vontatójárművek. Általánosságban elmondható, hogy míg a személygépjárművek motorjára irányuló kutatás és fejlesztés igen dinamikus, addig a nagy teljesítményű, hosszú élettartamú erőgépek esetében ez jóval lassabb, ugyanakkor a különböző előírások késéssel, de ugyanúgy szigorodnak ezekre a járművekre is. Emellett miközben személygépjárművek esetében a benzinüzemanyaggal hajtott motorok környezetkímélőbb alternatívát nyújthatnak a dízelmotorokkal szemben, addig nagyvasúti és egyéb nagy teljesítményigényű alkalmazásban a dízelerőforrás megkerülhetetlen.

Vasúti szakterületen is megjelent a hibridizáció (például dízel-villamos erőátvitelű mozdonyok akkumulátoros hajtással), vagy a hidrogén üzemanyagcellás járművek. Amennyiben régi mozdonyunkat szeretnénk felújítani és környezetbarátabbá tenni ezen új utak igen nehézkesen, sok erőforrást felemészítve valósíthatók meg.

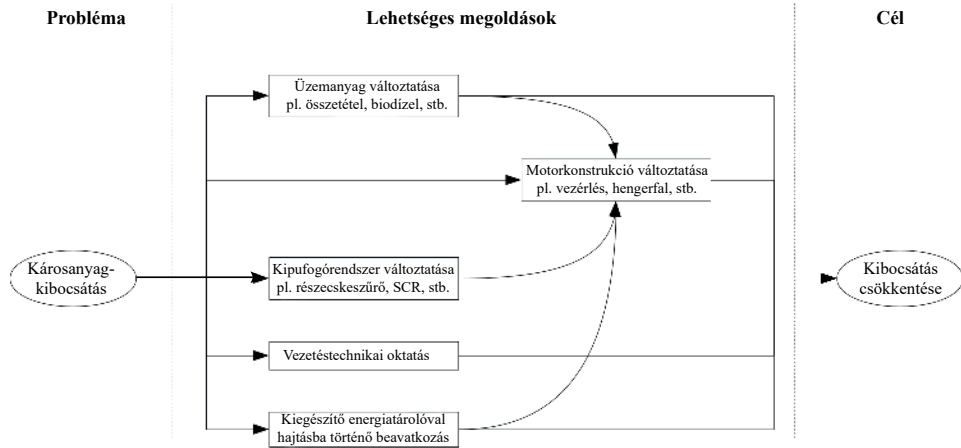
A kutatás motivációját az adja, hogy olyan károsanyag-emisszió csökkentési módszert találjunk, ami a motor, illetve a hajtáslánc teljes konstrukciós megváltoztatása nélkül, kisebb módosításokkal (például a hajtáslánc kiegészítése és megfelelő vezérléssel ellátása) megvalósítható.

## Károsanyag-kibocsátás csökkentése

### Károsanyag-kibocsátási stratégiák

Dízelüzemanyagú belsőégésű motorok emissziójának csökkentésére számos lehetőséget dolgoztak ki. Ezek közül néhányat mutat be az 1. ábra. Elsődleges lehetőségként kínálgatik a jármű energiaforrásának megváltoztatása, olyan üzemanyag alkalmazása, amelynek égése a hagyományos üzemanyagnál kevesebb károsanyagot eredményez.<sup>2</sup> Ennek a módszernek az alkalmazására az üzemanyag-előállítóknak van lehetősége, így ezzel jelen kutatásban nem foglalkozok tovább.

<sup>2</sup> SHI et al. 2006, SHI et al. 2005.



1. ábra. Emissziócsökkentési stratégiák

Forrás: a szerző saját szerkesztése

A motorkonstrukció megváltoztatása nehézkes feladat, mivel egy nagyon komplex és kifinomult rendszer működésébe kell beavatkozni valamilyen módon. Tanulmányok foglalkoznak a különböző motorparaméterek finomhangolásával, hogy optimális kibocsátás-fogyasztás értékeket kapjunk.<sup>3</sup> Hatékony megoldás lehet a common-rail rendszerű befecskendezés kiépítése és elő-, illetve utóbefecskendezési stratégia alkalmazása.<sup>4</sup> Ezek magas szintű belsőégésű motorról való ismereteket, és komoly motorikus beavatkozást jelentenek. A motorvezérlésbe történő beavatkozás már jóval egyszerűbb, és az optimális beállítások könnyebben kikísérletezhetők.

A kipufogórendszer megváltoztatása a már létrejött káros égéstermék szűrésére, közömbösítésére irányulhat. Ennek kivitelezése már jóval egyszerűbb üzemeltetői oldalról is, mivel itt már nem egy komplex rendszert kell megváltoztatni. Megfelelő részecskeszűrő alkalmazása vasúti felhasználás esetén is könnyen kivitelezhető,<sup>5</sup> de közúti járművek esetében elterjedt módszer még az úgynevezett SCR<sup>6</sup>-módszer, amely során a kipufogógázba olyan anyagot kevernek, amely kémiai reakció útján segít csökkenteni a károsanyag-kibocsátást.

*Üzemeltetői szempontból legkönnyebben kivitelezhető lehetne a járművezetők megfelelő oktatása a környezetbarátabb vezetéstechnikából. Ennek legnagyobb problémája a menetrend be nem tarthatósága, illetve a kötöttpályás közlekedés azon sajátossága, hogy egy kismértékű késés is több vonatot érinthet.*

<sup>3</sup> ALONSO et al. 2007.

<sup>4</sup> HORVÁTH 2017.

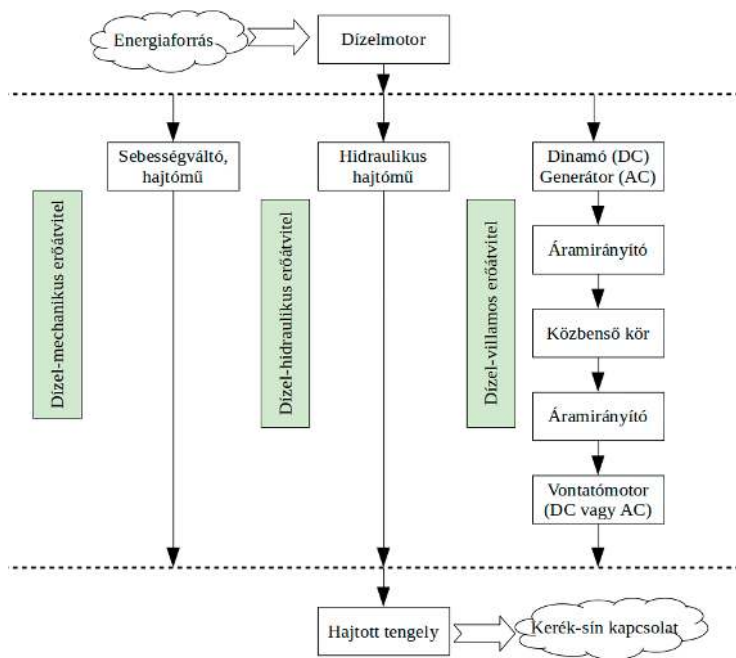
<sup>5</sup> HORVÁTH 2017.

<sup>6</sup> SCR = Selective Catalytic Reduction (Szelektív Katalitikus Redukálás).

Az emisszió csökkenésére be lehetne avatkozni a jármű vezérlésébe és a hajtásába is oly módon, hogy jelentősen lecsökkentett töltésráadási sebességet alkalmazunk, amely már elfogadható emissziót eredményez, továbbá energiatárolót alkalmazunk, amelyből szükség esetén extra segédenergia – a dízelmotorból átmenetileg le nem vett – nyerhető a vontatáshoz is. Lényegében ezt a megoldást láthatjuk a különböző hibrid személygépjárművek esetében is, és a kutatás szempontjából ez az a módszer, amely az optimális megoldás lehetőségét hordozza.

## Dízelmozdonyok erőátviteli rendszerei

Ahhoz, hogy milyen kibocsátáscsökkentési stratégiát választok, szükséges ismerni a nagyvasúti vontatójárművekben alkalmazott erőátviteli rendszereket. A következő három alapvető erőátviteli rendszert különböztetjük meg (2. ábra).<sup>7</sup>



2. ábra. Dízelmozdony erőátviteli rendszerek

Forrás: a szerző szerkesztése

- Dízel-mechanikus erőátvitel esetében a dízelmotor főtengelye egy mechanikus hajtóművet hajt, amely egyben sebességváltó mechanizmust is tartalmazhat. A hajtómű kimenete kardántengely-fogaskerék áttétel segítségével hajtja a jármű hajtott tengelyeit.

<sup>7</sup> JANICKI–REINHARD–RÜFFER 2013, 210–252.; LOVAS–MEZEI 1986, 20–177.

- Dízel-hidraulikus erőátvitel esetén a dízelmotor főtengelye egy hidraulikus (többnyire hidrodinamikus) hajtóművet hajt, annak kimenete kardántengely-fogaskerék hajtáson keresztül hajtja a tengelyeket.
- Dízel-villamos erőátvitel esetében legindirektebb a motor-kerék kapcsolat. A jármű dízel erőforrása egy áramfejlesztőt (egyen- vagy váltakozó áramú generátort) hajt meg, amelynek kimenete villamos mennyiség. A kimeneti villamos energiát a generátor gerjesztésszabályozásával állítjuk be a közbenső egyenáramú villamiskör számára megfelelő feszültségszintre. A közbenső körben történik az energia akkumulátorokban történő tárolása, az energia továbbítása, illetve bizonyos fogyasztók ellátása is történhet innen. A villamos energia vontatáshoz történő felhasználása miatt, váltakozóáramú hajtásban, azt újra át kell alakítani a vontatómotoroknak és a vontatási igénynek megfelelően. Ezt újabb áramirányító végzi. A vontatómotorok fogaskerék kapcsolattal hajtják meg a hajtott tengelyeket.

A dízel-mechanikus és -hidraulikus erőátvitelek nagyfokú egyszerűséget mutatnak, mivel sokkal kevesebb energiaátalakítás történik a motor és a hajtott kerekek között. Jobban megvizsgálva azt találjuk, hogy ezekben az esetekben a károsanyag-emisszió csökkentése, alkalmas energiatárolás hiányában leginkább a jármű dízelmotorjába, kipufogórendszerébe, illetve az üzemanyagba történő beavatkozással valósítható meg.

Dízel-villamos erőátvitel esetében az előző lehetőségen túl adja magát, hogy valamilyen villamosenergia-tárolót helyezünk el a rendszerben, amelyből felhasználható vontatási energiához juthatunk, így csökkentve a motortól elvárt vontatási teljesítményt, ezáltal is csökkentve a káros égéstermékek kibocsátását. Ugyan ez a rendszer a legindirektebb, ennek ellenére a korszerű villamosenergia-tárolók, a teljesítmény elektronikai alkatrészek és vezérlési rendszerek segítségével itt lehet a legkönnyebb, leghatékonyabb a beavatkozás. Elkerülhető a komplex dízelmotor módosítása is. Ezen erőátviteli rendszerre vonatkoztatott kutatások ígérkeznek a legcélszerűbbnek.

## Dízelmotor tranziens üzemállapota

A motorokat legtöbbször statikus üzemállapotukban, tehát egy stabil munkapontban vizsgálják. Napjainkban egyre több kutatás mutat rá, hogy a tranziens üzemállapot – tehát az egyik stabil munkapontból a másikba történő átmenet – vizsgálata is fontos a kibocsátás szempontjából. A témát behatóan vizsgálja Rakopoulos és szerzőtársai,<sup>8</sup> akik eredményei a következőket mutatják:

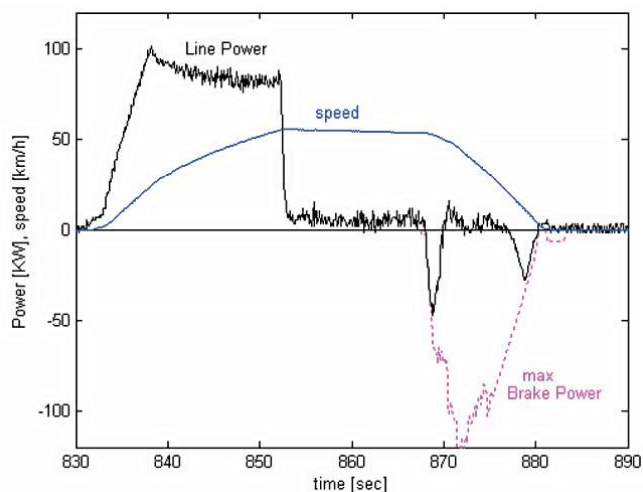
- A motor károsanyag-kibocsátása beálláskor lengő, és függ a motor terhelésétől, a gyorsítás mértékétől.
- A tranziens üzemállapotot a rendszerben található nagyfokú késleltetések okozzák. A gyorsításhoz az üzemanyag-szivattyú növeli a hengerfejbe befecskendezett üzemanyag mennyiségét. A motor fordulatszámának emelkedése, valamint a turbófeltöltő a megnövekedett üzemanyag-mennyiségre nagyfokú késéssel reagál, így a tranziens alatt magasabb üzemanyag-levegő aránynál történik az égés, ami rontja a károsanyag-emissziót.

<sup>8</sup> RAKOPOULOS et al. 2009.

(Oxigénszegény állapotban a kibocsátott szilárd részecske szám, és valamennyi káros összetevő aránya növekszik meg.)

- A keletkező égéstermékek összetételét a henger hőmérséklet-állapota is nagyban befolyásolja, így például a hengerpersely összetétele, hővezetése, a hűtővíz hőfoka.

Jelen kutatás szempontjából a dízel-tranziens állapot figyelembevételét indokoltá teszi az is, hogy a járművek mozgásállapotának megváltoztatása nagyobb energiafelhasználással jár, mint a mozgásállapot fenntartása (3. ábra). Ezt mutatja meg Steiner és szerzőtársai tanulmánya,<sup>9</sup> amelyben egy villamos meghajtású LRV<sup>10</sup> energiafelhasználását vizsgálták. Ők az energiafelhasználás csökkentésére ultrakapacitásokat helyeztek el a járművön, ami rövid idő alatt képes felszabadítani nagy mennyiségű villamos energiát, így 50%-kal csökkentették a jármű gyorsításakor energiá felhasználást. A kapacitásokat rekuperációs fékezés megvalósításával újratölthetjük.



3. ábra. Energiafelhasználás vontatás során

Forrás: STEINER–KLOHR–PAGIELA 2007

Dittus és szerzőtársai tanulmánya<sup>11</sup> *dízel-motorvonatok fogyasztás és károsanyag-kibocsátás csökkentésének lehetőségét vizsgálja. A szerzők eredményeinek alapján is a jármű gyorsítása jár a legnagyobb energiaszükséglettel. Vizsgálataik során kidolgoztak egy olyan hibrid járműhajtást, amelyben kétrétegű kondenzátorokat alkalmaznak villamosenergia-tárolóként. A szimulációk és a kis léptékben megvalósított próbapadi modell-vizsgálatok alapján módszerükkel 6-13% energiamegtakarítás eredményezhető.*

<sup>9</sup> STEINER–KLOHR–PAGIELA 2007.

<sup>10</sup> LRV = Light Rail Vehicle (Könnyű Vasúti Jármű).

<sup>11</sup> DITTUS–HÜLSEBUSCH–UNGETHÜM 2011.



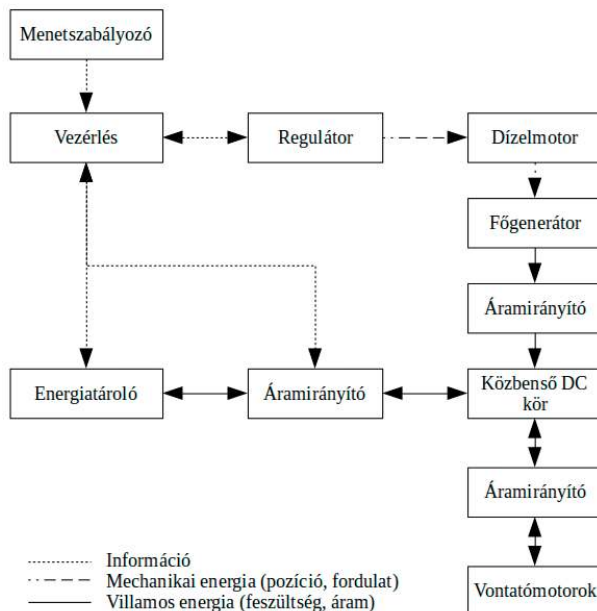
Célszerű a dízel-tranziens üzemállapotra koncentrálni a további kutatások során, mivel ekkor csak gyorsítások közben kell segíteni a dízelmotort. Steiner és szerzőtársai tanulmánya alapján azért is célszerű itt beavatkozni, mert külső energiátárolóként kondenzátor telep használható fel, és nem szükséges nagy akkumulátortelepek alkalmazása, ami a tömeg- és helyigényes lehet, főleg ha a jármű teljes mozgása során használni kívánjuk a benne tárolt energiát.

## Kibocsátáscsökkentés elve dízel-villamos erőátvitel esetében

Az előző fejezetekben ismertetett módszerek alapján a kutatás további irányát a következő pontok alapján határozom meg:

- Dízel-villamos erőátvitelű járművekre szűkítjük a vizsgálati területet, mivel ennek az erőátvitelnek az esetében lehet a legkönnyebben villamosenergia-tárolók útján bekapcsolódni a vontatásba és tehermentesíteni a motort.
- A dízel-tranziens üzemállapotú kutatások rámutattak arra, hogy a dízelmotor felfutásának sebessége hogyan növeli a káros égéstermékek kibocsátását. Emellett látható, hogy a jármű gyorsítása jóval nagyobb energiaszükséglettel rendelkezik, mint a mozgásállapot fenntartása.

A meghatározott vezérlési elvet ábrázolja a 4. ábra.



4. ábra. Vontatásvezérlés blokkdiagramja

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Mivel Rakopoulos szerzőtársaival<sup>12</sup> megmutatta, hogy a dízel-tranziensek során komoly befolyása van az üzemanyag beállása és a motorfordulat felfutása közötti időnek, ezért célszerűen az üzemanyag beállási idejét alkalmas vezérléssel növelni kell. A regulátor pillanatnyi pozíciójának értékét a mozdonyvezető az úgynevezett menetszabályozó segítségével állítja be. A menetszabályozó kar állásához különböző motorteljesítmény-állapotok vannak rendelve. A regulátor szükséges helyzetét a vezérlés, a kar állásának megfelelően állítja be.

Az üzemanyag befeckendezés felfutásának lassulása a dízelmotor fordulatszám növekedésének, így a főgenerátor kapocsfeszültség, illetve a motoráram felfutásának lassulását okozza, ami a vontatott elegy csökkent gyorsítását eredményezi. Ezt elkerülendő, a korlátozás nyomán elveszett vontatási teljesítményt pótolni kell. Egy külön erre a célra rendszeresített villamosenergia-tároló egységből (akkumulátoros vagy ultrakapacitásos) a vontatási energia hiány pótolható. A járművezérlés a dízelmotor üzemanyag-korlátozásának mértékéből kiszámítja mekkora villamos energiára van szükség, és ennek megfelelően vezérli az energiatároló áramirányítóját. A csak tranziens üzemben történő beavatkozás előnye, hogy nem kell folytonosan villamos energiát biztosítani a teljes vontatás során, így az energiatároló telep mérete elfogadhatóan kicsi lehet.

A felhasznált villamos energiát pótolni kell. Az energiatároló töltése történhet egyrészt a főgenerátorról. Ekkor a tároló töltésének idejére a vontatáshoz szükséges energián túl a töltési energiát is biztosítani kell a dízelmotornak. Ehhez a töltés idejére a dízelmotort egy kissé magasabb teljesítményen kell járatni, mint azt a vontatási feladat indokolná.

Másik módszer a telepek töltésére, hogy a járművet rekuperációs fékezésre alkalmassá tesszük. Modern mozdonyok erre a feladatra alkalmasabbak, de például a magyar vonatkozásban elterjedt soros gerjesztésű egyenáramú vontatómotorok alkalmazása mellett további átalakításokat igényel a korszerű vezérlés illesztése a rendszerhez, illetve a vontatómotorok külső gerjesztésűvé alakítása. A rekuperációs fékezés nagy előnye, hogy a jármű megállításához szükséges fékenergia jó hatásokkal visszanyerhető villamos energiává, így a dízelmotort töltésre nem, vagy jóval kevesebbet kell használni.

A rekuperációs fékezés alapvetően azt feltételezi, hogy egy-egy gyorsítási ciklust mindig egy lassítás követ, amely csaknem teljesen képes visszatölteni az energiatárolót. Ez városi kötőpályás járművek esetében (például földalatti, villamos) jobban közelíti a valóságot. Nagyvasúti alkalmazásokban jóval gyakrabban előfordul, hogy egymást követően több gyorsítási ciklus is lehet visszatápláló fékezés nélkül, illetve a visszatápláló fékezés csak a jármű lassítását szolgálja – így nem töltve teljesen vissza a felhasznált energiát –, ami után újabb gyorsítás következik. A fentiek alapján a dízelmotor töltésre történő felhasználása elkerülhetetlen, de csökkenthető ezen üzem aránya.

A jármű vezérlésével szemben támasztott követelmények:

- A menetszabályozó kar új állásából és a regulátor jelenlegi állásából (amely információt közvetlenül a regulátor helyzetének érzékelésével, vagy a menetszabályozó előző állásából számítva nyerheti) kiszámítja, hogyan kell a regulátornak, illetve a dízelmotor-nak beállnia az új állapotba. A számításhoz figyelembe kell venni a motor károsanyag-

<sup>12</sup> RAKOPOULOS et al. 2009.

kibocsátási karakterisztikáját és olyan felfutást kell találni, amivel a kibocsátásfelfutás optimális értéken tartható (tehát a lehető legkisebb kibocsátás mellett a lehető leggyorsabb felfutás).

- A vontatási teljesítményszükségletből (menetszabályozó kar állása) és a regulátor felfutásából képes legyen meghatározni, hogy mekkora vontatási energiát kell pótolni annak érdekében, hogy a jármű gyorsulása megfelelő maradjon. Az ehhez szükséges energiát a villamos energiatároló berendezésből, az áramirányító alkalmas vezérlésével pótolja.
- Az energiatároló töltöttségi szintjének függvényében képes legyen meghatározni, hogy szükség van-e a dízelmotor által segített töltésre, illetve szükség esetén – ha az energiaszint túl alacsony – a dízelmotort normál üzemben működtesse, felfutási korlátozás nélkül.

## Következtetések

Vizsgálataim során arra a következtetésre jutottam, hogy a kutatási cél megvalósítására, tehát a nagyvasúti járművek dízelmotorjának égéstermék-kibocsátás csökkentésére a legjobb megoldást az adja, ha dízel-villamos jármű erőátviteli rendszerében viszünk véghez módosításokat. Ezt az indokolja, hogy a villamos rendszerben végzett módosítások jóval egyszerűbben kivitelezhetők, illetve a villamos rendszerek hatásfoka sokkal jobb. A beavatkozást alkalmas vezérléssel kell végezni, amely a menetszabályozó állása alapján meghatározott, kívánt vontatási teljesítményt képes beállítani a dízelmotor regulátorának és egy villamosenergia-tároló áramirányítójának megfelelő irányításával.

A károsanyag-emisszió csökkentése a dízelmotor felgyorsítása közben (tranzienst üzemi állapot) történik oly módon, hogy az üzemanyag befecskendező (regulátor) felfutását a vezérlés korlátozza. A korlátozás során veszített dízelmotor teljesítményt villamos energiatárolók alkalmazásával kell pótolni.

Amennyiben a villamosenergia-tároló töltöttségi szintje megkívánja, úgy annak töltésébe a vezérlés a rekuperációs fékezésen túl, vagy helyette bevonja a dízelmotort. Ha az energiatároló nem képes ellátni a funkcióját, akkor a vezérlésnek képesnek kell lennie arra, hogy a dízelmotort normál üzemben működtesse, esetlegesen mindenféle felfutás-korlátozás nélkül.

## Összefoglalás

Írásomban rámutattam arra, milyen elven lehetne beavatkozni egy nagyvasúti dízel-villamos erőátviteli rendszerű mozdony rendszerébe, annak érdekében, hogy csökkentjük a jármű dízelmotorjának károsanyag-kibocsátását. Meg lett határozva néhány irányelv, amelyek mentén szükséges a vezérlést megalkotni.

A jelen írásban leírtak további kutatásokat tesznek szükségessé a rendszer működőképességének érdekében. A további kutatások a következők:

- Meg kell vizsgálni, milyen energiaforrás alkalmazása a legmegfelelőbb adott feladathoz. Szóba jöhet valamilyen akkumulátortelep felhasználása, amely nagyobb energiamennyiség tárolására alkalmas, viszont azt lassabban képes felszabadítani, mint például egy

ultracapacitás telep. Meg kell vizsgálni, hogy nagyvasúti jármű gyorsításához szükséges-e egy akkumulátortelep kapacitása, illetve elegendő-e annak energiafelszabadítási sebessége, vagy elegendő egy kisebb kapacitású, de gyorsabb energiafelszabadítású ultracapacitás telep. Az eredmények alapján egy energiatároló modellt kell alkotni.

- Meg kell vizsgálni legalább egy dízelmotor kibocsátásregulátor felfutás karakterisztikáját, és az adatokból meg kell állapítani, hogyan lehet értelmesen korlátozni a felfutási sebességet ahhoz, hogy a lehető legoptimálisabb károsanyag-emissziót kapjunk. Az eredmények alapján egy kibocsátási modellt kell alkotni.
- A fenti pontok vizsgálatát követően meg kell határozni azon függvényt, amely alapján a vezérlés beállítja a regulátor állapotát és a villamosenergia-tárolóból felszabadított energiát. Az így megalkotott rendszert modellezni és szimulálni kell, hogy ellenőrizzük a kapott eredmények ténylegesen kielégítik a kutatás céljait.

## Felhasznált irodalom

- ALONSO, José M. – ALVARRUIZ, Fernando – DESANTES, José M. – HERNÁNDEZ, Leonor – HERNÁNDEZ, Vicente – MOLTÓ, Germán (2007): Combining Neural Networks and Genetic Algorithms to Predict and Reduce Diesel Engine Emissions. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 11, No. 1. 46–55. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEVC.2006.876364>
- DITTS, Holger – HÜLSEBUSCH, Dirk – UNGETHÜM, Jörg (2011): Reducing DMU fuel consumption by means of hybrid energy storage. *European Transport Research Review*, Vol. 3, No. 3. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12544-011-0053-6>
- HORVÁTH András – JAKABFALVY Zoltán – BERECZKY Ákos – KOVÁCS Károly (2017): A hazai dízelmotor fejlesztés legújabb eredményei. *Vasútgépészet*, 3. sz. 25–30.
- JANICKI, Jürgen – REINHARD, Horst – RÜFFER, Michael (2013): *Schienefahrzeugtechnik*. 3. Auflage, Berlin, Bahn Fachverlag GmbH.
- LOVAS József – MEZEI István (1986): *Vasúti dízeljármű-vezetők zsebkönyve*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó. 20–177.
- RAKOPOULOS, Constantine D. – DIMARATOS, Athanasios M. – GIAKUMIS, Evangelos G. – RAKOPOULOS, Dimitrios C. (2009): Exhaust emissions estimation during transient turbocharged diesel engine operation using a two-zone combustion model. *International Journal of Vehicle Design*, Vol. 49, No. 1/2/3/4. 125–149. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJVD.2009.024244>
- SHI, Xiaoyan – PANG, Xiaobing – MU, Yujing – HE, Hong – SHUAI, Shijin – WANG, Jianxin – CHEN, Hu – LI, Rulong (2006): Emission reduction potential of using ethanol-biodiesel-diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine. *Atmospheric Environment*, Vol. 40, No. 14. 2567–2574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.12.026>
- SHI, Xiaoyan – YU, Yunbo – HE, Hong – SHUAI, Shijin – WANG, Jianxin – LI, Rulong (2005): Emission characteristics using methyl soyate-ethanol-diesel fuel blends on a diesel engine. *Fuel*, Vol. 84, No. 12–13. 1543–1549. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2005.03.001>
- STEINER, Myles – KLOHR, Markus – PAGIELA, S. (2007): *Energy storage system with ultracaps on board of railway vehicles*. 2007 European Conference on Power Electronics and Applications, Aalborg. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1109/EPE.2007.4417400>

Kretz András<sup>1</sup>

# Környezettudatos építkezés a védelmi szférában

## Environmentally Conscious Construction in the Defence Area

*Napjaink egyik legfőbb problémája, hogy csökkentsük a környezetünk terhelését és biztosítani tudjuk a környezetünk megfelelő védelmét. Ez a törekvés itthon és a világ minden táján a védelmi szférában, így a katonai területen is megjelenik. A katonai objektumok építészeti megoldásaiban jól érzékelhető a környezettudatosság, hiszen számos olyan eljárást, módszert fejlesztettek ki, amelyek alkalmazásával a környezetet kevésbé terheljük, mint a hagyományos technológiákkal. Felmerül a kérdés, hogy milyen megoldások segíthetik a védelmi szféra meglévő objektumait energiahatékonyabbá tenni, illetve hogy az új építkezéseknél milyen módszerekkel csökkenthető a környezet terhelése. A cikkben a szerző vizsgálja, hogy milyen környezettudatos módszerek alkalmazhatók a védelmi szféra objektumainak létesítése során.*

**Kulcsszavak:** védelmi szféra, honvédelem, katasztrófavédelem, környezettudatos építészeti, környezet terhelése

*One of the major problems of our time is to reduce the burden on our environment and to ensure the protection of our environment. This endeavour is all over the world in the defence sphere, so it also appears in the military field. Environmental consciousness is well perceived in the architectural solutions of military objects. A number of procedures and methods have been developed that use the environment less burdensome than conventional technologies. The question arises as to what solutions can help to make existing objects in the defence sector more energy efficient, and how to reduce the environmental impact of new constructions. In this article, the author examines what environmentally conscious methods can be used to create objects in the defence sphere.*

**Keywords:** defence sphere, home defence, disaster management, environmentally conscious architecture, environmental load

---

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, PhD-hallgató, e-mail: [andras.kretz@gmail.com](mailto:andras.kretz@gmail.com), ORCID:0000-0002-5096-6298

## Bevezetés

Ahogy egyre nyilvánvalóbbá válik a természeti környezet pusztulása, terhelése, úgy kerül fokozatosan előtérbe a környezettudatosság. A környezettudatosság lényege, hogy igyekszünk olyan életmódot folytatni, amely tekintettel van a környezetre, óvja, védi a Föld természeti kincseit, csökkenti a környezetkárosító tevékenységeket. A környezettudatos életmód a hosszú távú gondolkodásról szól: úgy éljünk ma, hogy az utódaink számára biztosítani tudjuk a természeti környezet fennmaradását, csökkentjük a sérülékenységet. Számos kutatás igazolta, hogy az állampolgárok az alapvető életfeltételek biztosítása érdekében, a gazdasági élet szereplői a profit érdekében jelentősen terhelik a környezetet. Igaz ez a lakhatással összefüggő épületek kialakítására és működtetésére, valamint a mindennapi élettel járó tevékenységekkel összefüggő terhelés csökkentésére, mint például a hulladék kezelése stb. is.<sup>2</sup>

A kutatók, tudósok, építészek számtalan megoldást fejlesztettek már ki, amelyekkel a környezet védelme az építkezések és épületfenntartás során hatékonyabban valósulhat meg.<sup>3</sup>

Nyilvánvaló, hogy ha az egyes ember élete magával vonja a környezet terhelését, akkor a védelmi tevékenységet folytató szervezetek elhelyezését szolgáló épületek létesítése és fenntartása szintén felvethet környezetvédelmi kérdéseket.<sup>4</sup>

Ezek a szervezetek jogszabályban rögzített feladatokat végeznek, amely során törekszenek ugyan a környezetvédelmi alapelvek és jogszabályok betartására, a tevékenységükből adódóan azonban nem mindig van lehetőség a környezetkárosítás kiküszöbölésére. Egy tűz oltásánál óhatatlanul van környezetterhelés is, vagy egy katonai cselekmény során a harc megvívásának érdekében számolni kell környezetkárosító hatásokkal is. A védelmi szféra szervezeteit szerte a világban különböző speciális objektumokban helyezik el, amelyek létesítése és fenntartása szintén hatással van a környezetre. Ebből adódóan, maguk a védelmi tevékenységet folytató szervezetek igyekeznek a leginkább megfelelni annak a társadalmi elvárásnak, hogy a tevékenységük, főként a „lakhatásuk” minél kisebb mértékben vegye igénybe a környezetet.

A környezettudatos szemlélet a civil szférában az építészetben, az épületek tervezésében és létrehozásában is megmutatkozik, de megjelenik az üzemeltetési alapelvekben is. A fenntarthatóság szempontjainak figyelembevétele, az épületek környezetterhelésének csökkentése és a működés optimalizálása által csökkenthető az energijafelhasználás, a szennyezőanyag-kibocsátás, valamint a fenntartással járó környezeti károk is.

Felmerül a kérdés, hogy a védelmi szervezetek objektumainak létesítése hogyan lehetne optimálisabb környezetvédelmi szempontból, és mely eljárások azok, amelyek a civil szférában már jól beváltak, és adaptálhatók lennének a védelmi területen is. Annak érdekében, hogy javaslatot tudjak tenni a védelmi szféra szervezeteinek elhelyezését szolgáló épületegyüttesek létesítésének környezettudatos formáira, elemzem két nagy terület, a honvédelem és a katasztrófavédelem feladatrendszerét, valamint az elhelyezésüket szolgáló objektumokkal szembeni elvárásokat, majd azokat a módszereket, amelyek jó eséllyel szolgálhatják a környezettudatosság megvalósulását.

<sup>2</sup> HEGEDŰS 2017; BUKOVICS et al. 2014, 178.; HORNYACSEK–LÁSZLÓ 2015.

<sup>3</sup> MEDGYASSZAY 2004; NOVÁK 2001; HANKÓ 2013; FÖLDI–HANKÓ 2013.

<sup>4</sup> HEGEDŰS 2018.

Ennek keretében bemutatom a környezettudatos építészet alapjait, az alkalmazott környezettudatos megoldásokat. Vizsgálom, hogy miként valósítható meg a katonai és katasztrófavédelmi objektumok környezettudatos tervezése, építése, illetve hogy lehet a már meglévő épületeket átalakítani úgy, hogy ezek fenntartásával, üzemeltetésével a környezetet a lehető legkisebb mértékben terheljük.

## A védelmi szervek fő feladatai és annak hatása a környezetre

A hazai védelmi rendszerben több feladatcsoport jelenik meg, ezek között kiemelt két alapvető terület a honvédelem és a katasztrófavédelem. A tevékenység mindkét területen állami feladat, ezért részt vesznek benne az adott terület hivatásos szervei, további védelmi alapfeladatot ellátó közreműködők, valamint a civil- és humanitárius szervezetek és az állampolgárok egyaránt. Ezeknek a csoportoknak a teljes körű vizsgálatát a tanulmány terjedelme nem teszi lehetővé, ezért a témánk szempontjából a hivatásos katasztrófavédelmi szervek és a katonai szervek tevékenységét kell megvizsgálnom.

A *hivatásos katonai szervezetek* Európában állami szervezetek, amelyek független rendszerben működnek, és rendszerint civil kontroll alatt állnak. Az adott ország védelmi céljainak megfelelő feladatokat látnak el. A Magyar Honvédség feladataihoz például az alábbiak tartoznak:

„36. § (1) A Honvédség fegyverhasználati joggal látja el a következő feladatokat:

- a) a Magyarország függetlenségének, területének, légtérének, lakosságának és anyagi javainak külső támadással szembeni fegyveres védelme,
- b) a Szent Korona és a hozzá tartozó egyes jelvények őrzése és védelme,
- c) a szövetségi és nemzetközi szerződésből eredő egyéb katonai kötelezettségek – különösen a kollektív védelmi, békefenntartó, válságkezelési és humanitárius feladatok – teljesítése,
- d) a honvédelem szempontjából fokozott védelmet igénylő létesítmények őrzése és védelme,
- e) egyes kijelölt létesítmények őrzése és védelme,
- f) felhasználás,
- g) talált robbanótestek tűzszerészeti mentesítése, és egyéb tűzszerészeti feladatok térítés ellenében való végrehajtása,
- h) a menedékjogról szóló törvény szerinti tömeges bevándorlás okozta válsághelyzet idején közreműködés az államhatár őrzésében, az államhatár rendjét közvetlenül veszélyeztető konfliktushelyzet és a tömeges méretű migráció kezeléséhez szükséges intézkedések végrehajtásában, valamint az államhatár rendje ellen irányuló erőszakos cselekmények elhárításában,
- i) – a hatályos nemzetközi normák betartásával – közreműködik a magyar állampolgárok életét, testi épségét Magyarország területén kívül közvetlenül fenyegető háborús cselekmények, fegyveres konfliktusok esetén a bajba jutott magyar állampolgárok mentésében, hazatérésük biztosításában, az evakuálás végrehajtásában,
- j) honvédelmi veszélyhelyzet idején az államhatár ellenőrzésében való részvétel.

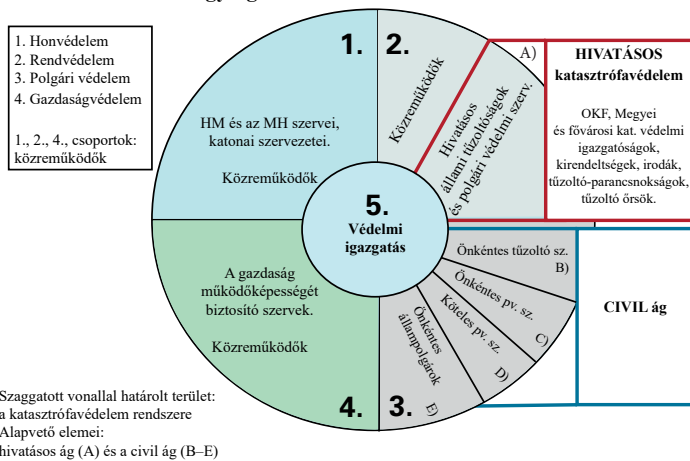
(2) A Honvédség fegyverhasználati jog nélkül látja el a következő feladatokat:

- a) közreműködés a katasztrófavédelemmel összefüggő feladatok végrehajtásában,
- b) katonai szakértelmet és speciális eszközöket igénylő feladatok ellátása,
- c) részvétel az állami protokolláris feladatok teljesítésében,
- d) közreműködés a nemzetközi megállapodásban vagy jogszabályban meghatározott hadisírok, katonai és hősi emlékművek fenntartásával kapcsolatos feladatok végrehajtásában és a kegyeleti tevékenységben,
- e) közreműködés az állami közfoglalkoztatás feladatainak végrehajtásában,
- f) az élet, az anyagi javak és objektumok oltalmazása érdekében az elektromágneses spektrumot kihasználó támadó, információszerző, felderítő eszközök elleni aktív elektromágneses műveletek végzése.<sup>5</sup>

A szervezet kiterjedt objektumvagyonnal rendelkezik, amelyek közül sok korábbi építésű, és a honvédelem rendszerének átalakítása, a fenti feladatoknak, valamint a NATO-elvárásoknak való megfelelés feltételezi, hogy a jövőben is épülnek katonai objektumok.

A hivatásos katasztrófavédelem szervezeti elemei a hazai védelmi rendszerben a rendvédelem és a polgári védelem határterületén a polgári védelem és a tűzoltóság szervezeteinek összevonásával alakultak ki.

**A katasztrófavédelem szervezeti elemeinek helye hazánk egységes védelmi rendszerében**



1. ábra. A katasztrófavédelem szervezeti elemeinek helye hazánk egységes védelmi rendszerében

Forrás: HORNYACSEK 2017

<sup>5</sup> 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezetendő intézkedésekről.



A hivatásos katasztrófavédelmi szervek állami szervezetek, amelyek fő rendeltetése a katasztrófa-elhárítási feladatokban való részvétel.

„A katasztrófa-elhárítási feladatok mindazon elvek és módszerek, továbbá olyan tervezési, szervezési, irányítási és végrehajtási feladatok, tevékenységek összessége, amelyeket a védekezés megelőzési, mentési és helyreállítási időszakaiban, a lakosság életének, az anyagi javainak mentése, a katasztrófák kialakulásának megelőzése, a közvetlen veszélyek elhárítása, a pusztító hatások csökkentése, a következmények felszámolása, valamint az életfeltételek biztosítása érdekében kell végrehajtani.”<sup>6</sup>

Feladataik közé tartozik még a lakosságvédelem, az életet és a létfenntartáshoz szükséges anyagi javakat veszélyeztető hatások elhárítása, az ennek érdekében szükséges szervező és felkészítő munka. Ezen túlmenően a tüzesetek, balesetek, egyéb károk esetén a gyors, hatékony, biztonságos beavatkozás, a tűzvizsgálatok, valamint a veszélyes üzemekkel kapcsolatos hatósági engedélyezési, felügyeleti, ellenőrzési feladatok.<sup>7</sup>

A hivatásos katonai és a katasztrófavédelmi szervek, szervezetek feladataik ellátásához speciális felszerelésekkel, eszközökkel és elhelyezési feltételekkel rendelkeznek. Az objektumok (laktanyák, kirendeltségek, intézmények stb.) rendeltetése a munkatársak, a technikai eszközök, gépek, anyagok, dokumentációk elhelyezésének biztosítása, a dolgozók kiképzéséhez, biztonságos munkavégzéséhez, a szakfeladatok ellátásához szükséges, valamint a kötelező adminisztratív és dokumentációs stb. tevékenység feltételeinek biztosítása. Ebből a széles tevékenységi körből adódóan, az adott objektum tervezését és létesítését meghatározott szabályok mentén úgy kell végrehajtani, hogy a szakfeladatok ellátása biztosított legyen. Ezen túlmenően társadalmi elvárás, hogy feleljen meg a környezetvédelmi előírásoknak, és tegye lehetővé a környezetterhelés csökkentését. Ahogy a mindennapi életünkben a lakóházak, középületek megépítésénél, úgy a védelmi szervezetek objektumainál is egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezettudatosság.

Az új épületek tervezésénél, kialakításánál könnyebb dolgunk van, hiszen itt már kezdettől fogva tudjuk alkalmazni a különböző környezetkímélő, energiahatékony módszereket, eljárásokat. A meglévő épületek környezetbaráttá tételénél azonban már nehezebb a helyzet, hiszen a régi technológiák, megoldások korszerűsítése általában sok időbe kerül. Emellett sok esetben jelentős költségekkel is számolnunk kell.

A környezettudatos létesítés és üzemeltetés nélkül azonban nem valósulhat meg a fenntartható fejlődés elve. Vizsgáljuk meg, hogy mit jelent a környezettudatos létesítés!

## A környezettudatos létesítés alapjai

A téma vizsgálatánál mindenképpen szót kell ejteni a fenntartható fejlődés fogalmköréről, hisz mindez olyan rendszert jelent, amely a természeti értékeket megőrzi a jelen és a jövő nemzedékek számára, a természeti erőforrásokat takarékosan és célszerűen használja, ökológiai szempontból hosszú távon biztosítja az életminőség javítását és a sokféleség megőrzését.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> HORNYACSEK 2017, 105.

<sup>7</sup> Polgári védelem. Tűzoltóság. Iparbiztonság. Elérhető: [www.katasztrófavédelem.hu/](http://www.katasztrófavédelem.hu/) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 03.)

<sup>8</sup> 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól.

A fenntartható fejlődés három alappilléren nyugszik, ez a szociális, a gazdasági és a környezeti pillér. Mindháromat együttesen, kölcsönhatásaik figyelembevételével kell mérlegelni, a különböző fejlesztési stratégiák, programok kidolgozása során, illetve a konkrét intézkedésekben, cselekvési tervekben.<sup>9</sup>

Mindezekhez hozzátartozik a környezetbiztonság fogalma is, amely az Európai Közösség azon képességét jelenti, hogy a környezeti erőforrások szűkössége és a környezeti károsodás elkerülésével képes fejlődését biztosítani.<sup>10</sup> A fejlődés alapvető célja tehát a szociális jólét, a méltányos életfeltételek lehetőségének biztosítása a jelenlegi és a jövőbeli nemzedékek számára, ami csak úgy lehetséges, ha közben fenntartható módon hasznosítjuk a természeti erőforrásokat, elkerüljük a káros hatásokat, s különösen a környezet állapotában bekövetkező visszafordíthatatlan változásokat.

A fenntartható építés, esetünkben létesítés fogalomkörben a cél egy egészséges, épített környezet kialakítása és felelős fenntartása, az erőforrások hatékony kihasználásával, az ökológiai elvek alapján. A fenntartható építés új követelményeket támaszt a települések, épületek, épületszerkezetek tervezése, építése, üzemeltetése és utóélete vonatkozásában. Fontossá váltak a különböző környezetre gyakorolt hatások: az építésökológia szempontjainak megjelenése, számszerűsítése, különféle indikátorainak kidolgozása és indikátor-értékeinek megállapítása. Az épületek üzemeltetése során pedig az alapvető kihívások és követelmények mellett, az éghajlatváltozás várható hatása miatt fokozott szerep jut a gépészeti energiaigényt csökkenteni képes épületszerkezeti tervezésnek. Jó tervezéssel ugyanis a téli és a nyári időszak alatt lényegesen csökkenthető a gépészeti energiaigény úgy, hogy a belső hőkomfort biztosítása megvalósul.<sup>11</sup>

A környezettudatos építkezés palettája mára már rendkívül széles, mind az alkotói szellemiséget, mind a technikai részleteket tekintve. A környezettudatos építészet alapvetően szemléletmód, amely építészeti stílustól független, és alapvetően az alkotó hozzáállásban jelenik meg. Az így készülő épületeknél az egyik fő szempont a természeti és kulturális értékek megőrzésére irányuló törekvés.<sup>12</sup>

Korunk környezetbarát épületei is rendkívüli sokszínűséget mutatnak. Általánosságban elmondható, hogy a környezettudatos építészetnek három jól elkülöníthető típusa határozható meg:

- *Low-tech*: alapelve az egyszerűség, a természeti környezet és a helyi építési hagyomány érzékeny figyelembevétele, újraértelmezése és továbbvitele, amely leginkább az anyagválasztásban és a hagyományos építési technikák alkalmazásában fejeződik ki. A hagyományos anyagoknak és építési technikáknak köszönhetően az épületek létrehozásához szükséges emberi munka aránya jellemzően magas.
- *Smart-tech*: Az épületek szellemiségükben sok ponton kapcsolódnak a bekezdés fejezetépületeihez: meghatározó alapelvük az egyszerűség, a racionalitás, és az építéshely adottságainak és karakterének tiszteletben tartása. Gyakran találkozunk ugyanakkor

<sup>9</sup> MEDVÉNÉ DR. SZABAD 2010.

<sup>10</sup> FÖLDI-HALÁSZ 2009.

<sup>11</sup> MEDGYASSZAY 2007.

<sup>12</sup> LEPENYE 2014.

modern épületszerkezetekkel is. A modern homlokzati anyagok, nagy üvegfelületek a smart-tech épületeknek elválaszthatatlan alkotóelemei.

- *High-tech*: szellemiségüket tekintve az épületek gyökeresen különböznek az előző két csoport épületeitől: míg azoknál a hely és a hagyomány lényeges, az épületet döntően meghatározó tényezők, addig a high-tech az építészeti alkotást alapvetően a technika és a produktivitás oldaláról közelíti meg. A high-tech alkotási folyamata rendkívül komplex, sok területet érint, és az informatikai lehetőségeket maximálisan kihasználja, legyen szó számítógépes tervezésről, számítógépes szimulációkról, vagy az épületelemgyártást támogató technológiákról.<sup>13</sup>

Az épített környezet fenntarthatósága négy területen jelenik meg:

- a klimatikus fenntarthatóság,
- az energetikai fenntarthatóság,
- a fenntartható vízellátás, szennyvíz- és hulladékkezelés és
- a fenntartható közlekedés.<sup>14</sup>

Az alábbiakban ezeket a környezettudatos módszereket, eljárásokat elemzem az építési megoldásokban.

## Környezettudatos építési megoldások

A környezettudatos építés során átfogó megközelítést kell szem előtt tartani. A gondolkodásnak a megfelelő építészeti módszer kiválasztásán túl ki kell terjednie a tájolásra, az alkalmazott anyagokra, az építési gépekre és technikákra stb. Nézzünk néhány lehetséges megoldást!

### Passzívház

A passzívház olyan épületet jelent, amelynek belső klímája télen-nyáron kellemes érzést biztosít hagyományos fűtési rendszer nélkül, és 90%-kal kevesebb fűtőenergiát használ fel, mint egy hagyományos ház. Az épületben optimális összhangban kell lennie a fal, a padló, a tető és az ablakok hőszigetelő képességének, az épületek tájolásának, az alkalmazandó anyagok minőségének, a belső higiénikus klímát előállító állandó friss levegőről gondoskodó hőszivattyús fűtési eljárásnak, valamint a természetből nyerhető egyéb energiaforrások kihasználásának (például napenergia, szélenergia).

Ez az egyik legismertebb törekvése napjaink környezettudatos építészetének. A koncepció lényege, hogy az épület teljes energiafelhasználása nem lehet több évi 15 kWh/m<sup>2</sup>-nél. A passzívház a gyakorlatban 30–35 cm vastagságú hőszigetelést, 3 rétegű hőszigetelő üvegezésű nyílászárókat, gondosan tervezett hőhidmentes szerkezeti csomópontokat, kitűnő légzarást és hatékonyan mű-

<sup>13</sup> LEPENYE 2014.

<sup>14</sup> LÁNYI 2010.

ködő hővisszanyerős szellőztetést jelent.<sup>15</sup> Legfőbb előny mégis az, hogy ennek eredményeképpen az épület szén-dioxid kibocsátása a közvetlen környezetére nulla. A szén-dioxid a legfőbb üvegházhatást okozó gáz, amelynek kibocsátásáért csaknem 50%-ban a lakóépületek a felelősök. Környezetünk megóvása a legfontosabb szemponttá vált azon európai polgárok számára, akik a környezettudatos gondolkodásban és életmódban hisznek.<sup>16</sup>



2. ábra. Passzívház

Forrás: <http://epiteszforum.hu/passzivhazak-magyarorszagon> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 04.)

A védelmi szervezeteknél ennek alkalmazása azért lenne hasznos, mert így az épületek fenntartási költségét jelentős mértékben le lehetne redukálni, azonban ezen módszer alkalmazása egy meglévő épületnél már okozhat problémákat, ugyanis a passzívházak kialakítása, tervezése egy komplex folyamat. Több tényezőt is figyelembe kell venni, többek között az üvegfelületek arányát, illetve elhelyezését az épületen belül, a hőhidmentes kialakítást, megfelelő szellőzést. Egy meglévő épület átalakítása jelentős költségekkel járna.

## Zöldtetők

A zöldtető-építészet hagyományai az ókorig nyúlnak vissza, legismertebb példája a babiloni függőkert. A hagyományos gyepvel fedett tetőkre jellemző a nagyon hatékony hőtároló és -szigetelő képesség. Ez a tőzeggel, homokkal és gyepvel fedett tető télen kiegészítő fűtés nélkül is lakhatóvá teszi a házakat, a főzés és az emberek által kibocsátott hő megőrzésével.

A zöldtetőket funkciójuk, kezelésük és a talajréteg vastagsága alapján két csoportba lehet sorolni.

- *Extenzív zöldtetők:* viszonylag könnyű szerkezetű, a talajréteg minimális vastagsága 6–8 cm. Nemcsak lapos, hanem akár 33%-os lejtésű tetőn is kialakítható. Általában nincs szükség a tetőszerkezet megerősítésére. Az átlagos súlya egy vízzel teljesen telített ex-

<sup>15</sup> LEPENYE 2014.

<sup>16</sup> BME Építészmérnöki Kar Épületszerkeztani Tanszék (2013)

tenzív zöldtetőnek négyzetméterenként 7–8 kg, ami összemérhető a hagyományos lapostetők kavicsborításának súlyával. A szélsőséges környezeti feltételek miatt csak szárazságtűrő, kisméretű, önfenntartó állományt kialakítani képes növényfajokat lehet ide telepíteni. Az ilyen tetők nem igényelnek rendszeres gondozást, öntözést, ezért fenntartási költségük minimális. Ezeket a tetőket nem emberi tartózkodásra és rekreációra szánják, kialakításukat leggyakrabban a kedvező vizuális hatás indokolja

- **Intenzív zöldtetők:** a talajréteg vastagsága legalább 15–20 cm. Kialakítására csak a lapos vagy igen kis (3% alatti) lejtésű tetők alkalmasak. A vastagabb talajréteg és a kiegészítő berendezések miatt itt már megerősített tetőszerkezetet kell kialakítani. A vastagabb talajréteg miatt ide többféle növény telepíthető, amelyek vízigényét öntözéssel elégítik ki. Ezekben a kertekben általában szükség van a rendszeres ápolásra, tápanyag-utánpótlásra. Az ösvényekkel, nagyobb bokrokkal, fákkal és esetleg kisebb patakokkal, tavakkal díszített kerteket emberi tartózkodásra, pihenésre szánják.<sup>17</sup>



3. ábra. Zöldtetős faház

Forrás: <http://zoldtetokft.hu/budapest-fahaz?Itemid> (A letöltés dátuma: 2018. 12. 01.)

A védelmi szervezetek objektumainál nehézséget jelenthet a tetőszerkezetek dőlési szöge, hiszen nem minden típusú tetőn lehet létrehozni ezen megoldásokat. A számos előnye mellett azonban nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy ezek a tetők rendszeres gondozást, öntözést, trágyázást stb. igényelnek.

<sup>17</sup> PÁL 2015.

## Okosotthon

Az úgynevezett okosotthon technikai megoldások együttese, amelyek többé-kevésbé egymással együttműködve lehetővé teszik a házban működő különböző rendszerek és alrendszerek központi irányítását. A technikai megoldások alapulhatnak elektronikán, építészeti megoldásokon, automatizáción, informatikán, távközlésen stb., ezek segítségével irányíthatják akár távolról, az interneten keresztül a hűtő- és fűtőrendszert, a garázsajtót, az ablakredőnyt, a különböző háztartási gépeket, a biztonsági rendszert. Az okosotthon egy komplex számítógépes rendszer, amely képes érzékelni a környezetét, valamint a belső állapotokat, és a ház különféle elektromos rendszereit úgy irányítani, hogy azok a lehető leghatékonyabban működjenek, ezáltal csökkentve a környezet terhelését.<sup>18</sup>

## Tájolás, elhelyezés

Az épületek tájolásával sok előnyt lehet kovácsolni, hiszen a hőmérséklet jól befolyásolható vele, így csökken a klimatizálási szükséglet, valamint a fűtési igény, illetve a fényviszonyok is befolyásolhatók, így a világítás például észszerűsíthető. Ezáltal egy helyesen tájolt épület fűtési és hűtési rezsije, azaz energiaköltsége is jóval alacsonyabb lehet, mint egy rosszul tájolt épületé. A tájolás az épületek telken belüli elhelyezését, helyiségeinek és nyílászárói irányának meghatározását mutatja meg. A jó tájolással a ház energiafelhasználása is csökkenthető, csakúgy, mint a karbantartási költségek, s növelhető az épület élettartama.

## Korszerű anyagok

Az építésnél alkalmazott anyagok nagyban befolyásolják a későbbi fenntartást, de az építési időt csökkenthetik, azaz erre is hatással vannak. A környezetbarát építőanyagok előállítási, gyártási és megsemmisítési energiaszükséglete a hagyományosan használt anyagokéhoz képest csekély, nem keletkeznek káros anyagok, illetve az anyagok újrahasznosíthatók vagy a természet körfolyamataiba visszaforgathatók. A környezetbarát építőanyag megtakarítást jelent anyagban, energiában, élő munkában vagy más természetes egységben, az anyag előállítása és használata a környezetet nem terheli jelentős mértékben.<sup>19</sup>

Az építőanyagok tekintetében is megfigyelhető egy nagy változás, amelynek célja, hogy modernebb, környezetbarát, energiatakarékos anyagokat tudjunk felhasználni az építkezés során. Az alábbi táblázatban (1. táblázat) bemutatom néhány hagyományos és korszerű építőanyagok egy-egy előnyét, illetve hátrányait.

<sup>18</sup> [www.okos-otthon.hu/tudjon-meg-tobbet/](http://www.okos-otthon.hu/tudjon-meg-tobbet/) (A letöltés dátuma: 2018. 11. 24.)

<sup>19</sup> TIDERENCZL 2004.

1. táblázat. Építőanyagok előnyei, hátrányai

| Építőanyag                                   | Előnye  | Hátránya  |
|--|---|---|
| hagyományos téglá                            | szilárdabb  | nehezen vágható                                   |
| korszerű téglá                               | porózusabb, jobban szigetel   | könnyebben törik, kevésbé terhelhető              |
| hagyományos szigetelőanyag                   | olcsó, könnyen formálható   | rossz a páraáteresztése                           |
| korszerű szigetelőanyag                      | újrahasznosított alapanyagból van, jobb a szigetelési hatások           | drága, élettartama rövidebb                       |
| faablak                                      | légáteresztő  | kevesbé jól szigetel, könnyebben deformálódik     |
| műanyag ablak                                | jól szigetel, nem deformálódik  | nincs minimális szellőzés se; penészesedés        |
| hagyományos vakolat (mész, cement)           | jó páraszabályozó   | hőingadozást nem bírja, nehezebb az alkalmazása   |
| zsákos készvakolat                           | egyszerű alkalmazás, fix összetételű                                    | kevesbé ellenálló a fizikai hatásoknak            |
| hagyományos hidegburkolat (csempé, járólapp) | olcsóbb   | könnyen törik, nehezebb egységes felületet elérni |
| önthető burkolat                             | könnyebb egységes felületet elérni, előállítás kevésbé környezetterhelő | könnyebben sérül, nehéz a javítása, drágább       |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A táblázatból is jól látszik, hogy számtalan példát lehetne hozni az építőanyagok fejlődésére. A védelmi szervek objektumainak építésénél fontos szempont, hogy feleljenek meg a szervezet alaprendeltetéséből adódó feladatoknak, bővíthetők és többrendeltetésűvé alakíthatók legyenek. Ehhez kell a legmegfelelőbb anyagot és technikát kiválasztani. A felújításnál pedig fontos, hogy a korszerű anyagokból azokat válasszák, amelyek ötvözhetőek a korábbiakkal. A legtöbb esetben meg kell vizsgálni, hogy ezen anyagok milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, mi a használatuk előnye, illetve hátránya. Példaként megemlíthető a fa nyílászáró, amely bizonyos szinten légáteresztő, tehát nem engedte, hogy a helyiség, az épületek befülledjenek, penészesedjenek, viszont sok esetben ez is a hátránya, hiszen anyagának köszönhetően könnyen deformálódik,

nem illeszkedik olyan jól, így a szigetelés sem lesz tökéletes, több a fűtési igény. Ezzel szemben a ma széles körben alkalmazott műanyag ablakok, ajtók tökéletesen szigetelnek, legtöbbször többretegű, többkamrás megoldással készül, amelyekkel az energiafelhasználás csökkenthető. Ezek használata mellett ügyelni kell azonban a rendszeres szellőztetésre és a páraelszívásra is, mert gyorsabban előfordul penészesedés, de nyílt égésterű fűtés esetén megvan a fulladás veszélye is.

A hagyományos építőanyagok között meg kell említeni a téglát, amelynek előnye, hogy szilárd, ezáltal viszont nehezebben is vágható, formálható, speciális formák kialakításához nehezen használható. A modern téglák könnyebben formálhatók, de az áruk sokkal magasabb. Ugyanakkor kialakításuk révén sokszor nem is kell külön szigetelni az épületeket, hiszen a téglá ellátja ezt a funkciót is. Könnyebb továbbá a vakolásuk, kevesebb az anyagszükséglet.

A hagyományos csempék, járólapok előnyeként lehet megemlíteni, hogy sérülés, törés esetén elég azt a darabot felszedni, és kicserélni. Ezzel szemben a napjainkban elterjedt önálló burkolatok, például műgyanta padló vagy önterülő beton használatánál egy sérülés esetén már nehezebb a javítás, és az elkészítése is gondos előkészületeket igényel. Ugyanakkor egységesebb, jobban terhelhető felületet ad, és a tisztítása is jól megoldható.

A hagyományos szigetelőanyagoknál gyakran alkalmazták az üvegyapotot, amelynek előnye, hogy könnyen formálható, jó hőszigetelő, anyaga tűzálló, viszont egyáltalán nem környezetkímélő és a párára is érzékeny. Széles körben alkalmazzák a kőzetgyapotot is, amely anyaga rugalmas, jó hő- és hangszigetelő, páraáteresztő, így biztosítja az épületek légzését, de az üvegyapothoz hasonlóan belélegzése veszélyes.

Általánosságban elmondható, hogy a korszerű építőanyagok ára jóval magasabb, mint a hagyományos anyagoké, viszont hosszú távon ez a költség megtérül, hiszen ezen anyagok alkalmazása nagymértékben csökkenti az épület fenntartásánál felmerülő költségeket.

## Környezetkímélő korszerű gépek

Az építés során alkalmazott gépek is környezetterhelő tényezők. Több szempontból is fontosak, egyrészt az üzemanyag-felhasználás miatt, másrészt az építési idő kapcsán, továbbá a környezetből feltétlenül felhasznált terület nagysága és a szennyezés szempontjából. A gázüzemű, villamos üzemű gépek környezetkímélőbbek, mint a benzinnel működő gépek, ugyanis utóbbi szén-dioxidot bocsát ki, amely káros a környezetünkre. A manapság alkalmazott gépek, daruk stb. sokszor már elektromosak, akkumulátorral működnek, amelyek nagy előnye, hogy környezetkímélők, nincs szükség a működésükhöz benzinre vagy olajra. Viszont pont az akkumulátor használata miatt az áruk is magasabb a többi gépéhez képest, és a használt akkumulátorok környezetszennyezők. Ez az üzemeltetési forma azonban elterjedt az építőiparban használatos gépeknél is, mint például daruknál, markolóknál, emelő- és rakodógépeknél is, ugyanakkor már találkoztunk alternatív energiát használó gépekkel is.

A fent említett megoldások a védelmi szervek objektumainak kialakításakor jól alkalmazhatók, és az építés minden fázisában és területén célszerű megtalálni azokat a korszerű anyagokat, eljárásokat és módszereket, amelyekkel a kívánt cél elérhető, ugyanakkor a környezetterhelés is csökkenthető.



## Összegzés

Egy katonai laktanya korszerűsítésénél a fentebb felsorolt környezetkímélő megoldások közül számos módszert lehet alkalmazni. Egy meglévő lapos tetős épületnél viszonylag kisebb átalakítással létre lehet hozni zöldtetőt, amely a modern szigetelőanyagok alkalmazásával összhangban egy jól szigetelt, energiahatékony épület kialakításához segít hozzá. Mindezek mellett a műanyag ablakok használata is az energiafelhasználás csökkenését eredményezi. Viszonylag nagyobb átalakítást, illetve korszerűsítést igényel, ha egy épületet „okossá” szeretnénk tenni. Ilyen esetben ki kell építeni az épület elektronikai rendszerét, amely összeköttetésben áll a fűtő-hűtő rendszerrel, különböző háztartási gépekkel, illetve a biztonsági rendszerrel is.

A fentiekben bemutatott, és a civil szférában kifejlesztett környezettudatos építés és annak minden formája, így a korszerű építési megoldások, mint például passzívházak, okosotthonok kialakítása, zöldtetők alkalmazása hozzájárulhat a környezetterhelés csökkentéséhez a védelmi területen is. Napjaink gyakorlatában sok új eljárást, anyagot, technikát alkalmaznak, és ezek kiválasztásánál figyelembe kell venni a védelmi terület specialitásait, az épületekkel szembeni elvárásokat, mint a jelentős terhelésnek való kitettség, funkcióváltásra való képesség, kettős rendeltetésre való áttállás képessége stb. A jövő fejlesztéseinél célszerű tehát ezeknek megfelelő, és a környezetet is kímélő megoldásokat keresni.

## Felhasznált irodalom

- BME Építészmérnöki Kar Épületszerkezzetani Tanszék (2013): *Alacsony energiájú épületek és passzívházak szerkezetei*. Budapest, Egyetemi jegyzet.
- BUKOVICS István – BESENYEI Mónika – FÖLDI László – REITH András (2014): *Zölden és takarékosan, Környezetbarát üzemeltetés és (köz)beszerzés*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Magyar Program.
- FÖLDI László – HALÁSZ László (2009): *Környezetbiztonság*. Budapest, Complex Kiadó.
- FÖLDI László – HANKÓ Márta (2013): Passive houses, as possible answers of environmental directed building for the challenge of climate change. *Hadmérnök*, 8. évf. 2. sz. 173–181.
- HANKÓ Márta (2013): *Az éghajlatváltozás hatásaira adott lehetséges válaszok, különös tekintettel a Magyar Honvédség speciális igényeire*. Doktori értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem. DOI: <https://doi.org/10.17625/NKE.2013.020>
- HEGEDŰS Hajnalka (2017): A Magyar Honvédség fenntarthatósági törekvései a hulladékgazdálkodás terén. *Műszaki Katonai Közlöny*, 27. évf. 3. sz. 224–238.
- HEGEDŰS Hajnalka (2018): Auswirkung von Feuerwehrtechnischen eingriffen auf die Natur. *Hadmérnök*, 13. évf. Kőfop szám. 62–76.
- HORNACSEK Júlia – LÁSZLÓ Erika (2015): A hulladéklerakás környezetterhelő hatásai és az ellene való védekezés lehetőségei a településeken és a védelmi szférában. *Bolyai Szemle*, 24. évf. 2. sz. 153–172.
- HORNACSEK Júlia (2017): A biztonságunkat veszélyeztető tényezők, és a katasztrófák elleni védekezés átfogó megközelítése. *Hadmérnök*, 12. évf. 1. sz. 84–114.
- LÁNYI Erzsébet (2010): *Környezettudatos épített környezet. A modellváltás elvei és építészeti eszközei*. Doktori értekezés. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- LEPENYE Zoltán (2014): *Hagyományos környezettudatosság*. Doktori értekezés. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- MEDGYASSZAY Péter (2004): Fenntarthatóság az építészetben. In NOVÁK Ágnes et al.: *Világváros vagy világfalu – avagy fenntartható építés és településfejlesztés Budapesten és az agglomerációban. Építészi szeminárium*. Budapest, Független Ökológiai Központ Alapítvány. 9–19.

- MEDGYASSZAY Péter (2007): *A földépítés optimalizált alkalmazási lehetőségei Magyarországon – különös tekintettel az építésökölógiai és az energiatudatos épülettervezés szempontjaira*. Doktori értekezés. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- MEDVÉNÉ Dr. SZABAD Katalin (2010): *A fenntartható fejlődés gazdaságtana*. Budapesti Gazdasági Főiskola, 2010.
- NOVÁK Ágnes (2001): *Kaland a ház körül, avagy az elég jó ház*. Budapest, Az épített környezetért Alapítvány Kiadó, Szent István Egyetem.
- PÁL János (2015): *Zöldtetők és zöldhomlokzatok*. Budapest, Levegő Munkacsoport Kiadó.
- Polgári védelem. Tűzoltóság. Iparbiztonság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/](http://www.katasztrofavedelem.hu/) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 03.)
- TIDERENCZL Gábor (2004): A fenntartható lakásépítés hazai kérdései. In NOVÁK Ágnes et al.: *Világváros vagy világfalu – avagy fenntartható építés és településfejlesztés Budapesten és az agglomerációban. Építész szeminárium*. Budapest, Független Ökológiai Központ Alapítvány. 53–68.

## Internetes források

- <http://epiteszforum.hu/passzivhazak-magyarorszagon> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 04.)
- <http://zoldtetokft.hu/budapest-fahaz?Itemid> (A letöltés dátuma: 2018. 12. 01.)
- [www.okos-otthon.hu/tudjon-meg-tobbet/](http://www.okos-otthon.hu/tudjon-meg-tobbet/) (A letöltés dátuma: 2018. 11. 24.)

## Jogforrások

1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről

Görbe Polina<sup>1</sup>

# Árvízi védekezést lezáró logisztikai műveletek elemzése

## Analysis of Logistic Operations Closing Flood Protection

*Az árvízi védekezések során rendkívül összetett logisztikai feladatokat kell végrehajtani, amelyeknek a sikeres kárelhárításban kiemelkedő jelentőségük van. A védekezési munkálatok után a logisztikai tevékenységet továbbra is folytatni kell, ugyanis a helyreállításban és a védelmi készletek feltöltésében is kiemelt helyen állnak ezek a feladatok. Ezekkel a kiegészítő, vagy utólogisztikai folyamatokkal a jelenleg elérhető szakirodalom keveset foglalkozik. Írásomban áttekintem az árvízi védekezéssel kapcsolatos logisztikai folyamatokat, célkitűzésem rámutatni a szervezett logisztikai utómunkálatok fontosságára. Konkrét esemény elemzésével megvizsgálom a gyakorlati alkalmazások logisztikai hátterét. A kutatási eredményeimmel a jövőbeni logisztikai utómunkálatok sikeres elvégzéséhez kívánok hozzájárulni.*

**Kulcsszavak:** árvízi védekezés, kárelhárítás, logisztika, logisztikai utómunkálatok

*During flood control there are remarkably complex tasks to be completed which are of high importance for successful damage protection. After the flood protection, the logistic activities have to be continued, as these tasks are essential in restoration and filling up the defence supply. The currently available literature deals with these additional or post-logistic processes only to a little extent. In my work, I survey the logistic processes in connection with flood control, and my aim is to emphasise the importance of organised logistic additional work. I examine the logistic background of practical applications by analysing a specific occurrence. With the results of my research, I intend to contribute to the successful completion of future logistics additional work.*

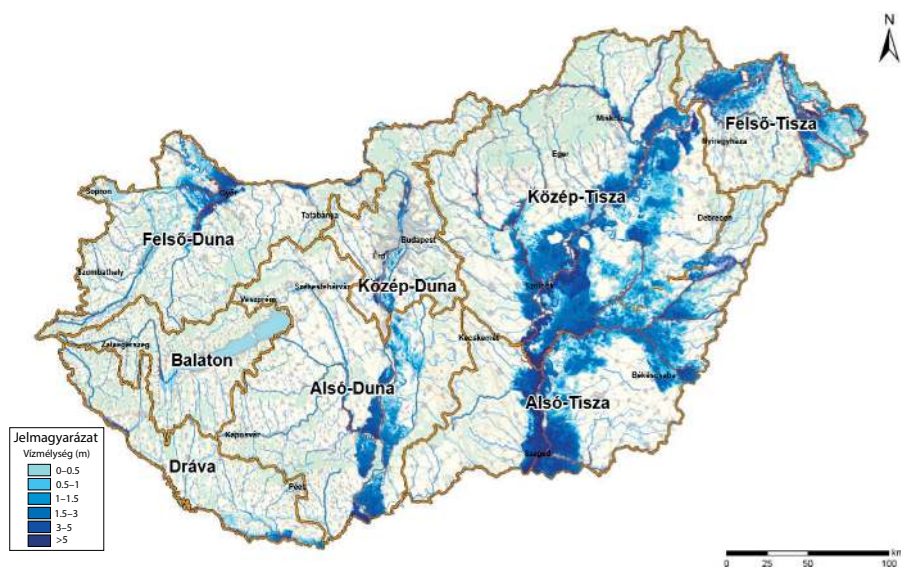
**Keywords:** flood protection, damage control, logistics, logistic post-production

---

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, AHJK, Logisztikai mérnöki MSc, e-mail: [gorbe.polina@gmail.com](mailto:gorbe.polina@gmail.com), ORCID: 0000-0001-8067-4432

## Bevezetés

Hazánk egyik legnagyobb természeti kincse a víz. Bővelkedünk felszíni vizekben is, bár a folyóinkon levonuló árvizek okozták a legnagyobb pusztítással járó veszélyhelyzeteket az utóbbi években. A természeti eredetű katasztrófák gyakorisága napjainkban egyre nagyobb mértéket ölt. A természeti események, mint az ár- és belvizek száma, intenzitása folyamatosan emelkedik a heves zivatarok és a rövid időn belül lehulló nagymennyiségű csapadék hatására.<sup>2</sup> Hazánk közel 50%-át veszélyezteti többletvíz, mind árvizek, mind belvizek formájában. A következő ábrán látható elöntési térkép jól szemlélteti az előbbieket.



1. ábra. Országos 1‰-es elöntési térkép

Forrás: Országos 1‰-es valószínűségű potenciális elöntési térkép. 2007

A lakosság és anyagi javainak védelme érdekében a hatályos jogi szabályozás mellett egyre fontosabb az olyan beruházások kivitelezése, amelyek biztosítják az ár- és belvízhelyzet okozta kihívások megoldását. A hatékony árvízi védekezés kulcsa a megfelelő felkészülés, amelyet a következő idézet is alátámaszt: „Ami bekövetkezhet, arra fel kell készülni, ami pedig még soha nem fordult elő, arra számítani kell!”<sup>3</sup> Az eddigi tapasztalatok alapján a bekövetkező árvízveszélyre folyamatosan készülnünk kell különböző vízrendezési műveletekkel és árvízvédelmi rendszerek technikai, valamint technológiai fejlesztésével. Hazánk nagykiterjedésű

<sup>2</sup> FÖLDI–KUTI 2014.

<sup>3</sup> TOKOVICZ et al. 2012, 11.

sík területei gyakori árvízi veszélyeztetésnek vannak kitéve a domborzati és vízfolyási viszonyok miatt. 89 folyó szeli át határainkat, mivel hazánk a Kárpát-medence legmélyebben fekvő területén helyezkedik el, így az év bármely szakaszában kialakulhatnak árvizek. A folyók a környező országokból hozzánk szállítják az esőzésből, hóolvadásból származó vizet. Európán belül Magyarország árvíz-veszélyeztetettsége a legnagyobb. Statisztikák szerint hazánkban 2–3 évente kis- vagy közepes, 5–6 évente jelentős, 10–12 évente rendkívüli árvizek kialakulása jellemző.<sup>4</sup> De a statisztikákra nem minden esetben lehet hagyatkozni az utóbbi években, ugyanis a globális éghajlatváltozás negatív hatásai következményeként is kialakulhatnak árvizek.<sup>5</sup> Bizonyos szabályosság azonban megfigyelhető. A két fő árvízveszélyes időszakban az alábbi két áradástípus alakulhat ki:

- jeges ár: jégzajlás, jégtorlódás és hóolvadás miatt,
- zöldrár: a tavaszi olvadás, valamint a korai nyári esőzések hatására.

A téma aktualitását adja, hogy a globális éghajlatváltozás hatására megjelenő özvívízserű esőzések villámárvizeket okozhatnak, amelyek hatása elleni védekezés rendkívül összetett folyamat.

A teljes árvízi védekezési folyamat fontos eleme a logisztika. Számos cikk és tanulmány foglalkozik Magyarország árvízi helyzetével, a megtörtént árvízi védekezések tapasztalatainak feldolgozásával, viszont a műveleteket lezáró logisztikai feladatok véleményem szerint nem kaptak kellő figyelmet. Hiánypótló jelleggel írásomban az árvízi védekezéshez kapcsolódó logisztikai kihívásokat és feladatokat vizsgálom meg, hangsúlyt helyezve a védekezést lezáró logisztikai műveletekre.

## **Az árvízi védekezés logisztikai kihívásai/a logisztika szerepe az árvízi védekezésben**

A logisztika napjainkban minden területen jelen van, így a katasztrófavédelemben is. Magyarországon 2012-ben állították fel az új katasztrófavédelmi szervezetet, amelynek működési alapjait a 2011. évi CXXVIII. törvény (továbbiakban: Kat.) tartalmazza. Az új katasztrófavédelmi szabályozás is külön foglalkozik azzal, hogy katasztrófa-helyzet esetén, milyen logisztikai és háttérfeladatokat kell ellátni a gördülékeny elhárítás támogatásához. Ahhoz, hogy a folyamatok megfelelően irányítva legyenek és a logisztika is támogatni tudja azokat, a katasztrófavédelmi szervezetrendszer határozza meg a feladatköröket. (Kat.)

A logisztikai folyamatokat nem kapcsolják külön szervezethez, de fontos eleme a speciális feladatokat ellátó területi besorolású szervezeteknek. Ezeknek a szervezeteknek a legfőbb feladata a folyamatok logisztikai támogatása, valamint a felkészítés, az oktatás.

A szabályozást tovább vizsgálva megtalálható, hogy a polgári védelmi szervezetek egységeinek megalakításán belül felállítottak logisztikai egységeket, amelyek feladatai a következők:

- a polgári védelmi szervezetek működéséhez szükséges anyagi-technikai feltételek biztosítása,
- a polgári védelmi szervezetek és az ideiglenes ellátatlanná vált lakosság ellátása,

<sup>4</sup> PETRÓ 2017, 226.

<sup>5</sup> KUTI-NAGY 2015.

- a szállítási feladatok végrehajtása,
- a védelmi célú építmények és a kettős rendeltetésű építmények rendeltetészerű használatának, valamint a tartózkodási szabályok betartásának biztosítása,
- a fővárosi metró élet- és vagyonvédelmi létesítményként alkalmazható szakaszaiban a védelem feltételeinek biztosítása, valamint
- szükséggyógyintézet logisztikai támogatása. (Kat.)

Fentiekből megállapítható, hogy a logisztika kiemelkedő szerepet játszik a katasztrófák elleni védekezésben. A BM OKF (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság) Gazdasági Ellátó Központja foglalkozik a rendkívüli helyzetek logisztikai biztosításával. Központi raktárbázist üzemeltetnek, amelynek legfőbb célja a készletezés és eszközraktározás. Ezekben a raktárakban homokzsákok, védőruhák, reflektorok, fáklyák, fektető anyagok, sátrak, mentesítő eszközök, sáncszerszámok kerülnek készletre, amelyek rendkívüli helyzetben szükségessé válnak. A bázis Budapest és Pest megyében elsődleges kiszolgálást biztosít, országos viszonylatban rásegítő, valamint visszapotló szerepet játszik.

Ahhoz, hogy a raktárbázisról az esemény helyszínére kiszállítsák a felszereléseket a Gazdasági Ellátó Központ jelentős szállítási kapacitással rendelkezik. Különbéféle teherautók, konténerszállítók, utánfutók, munkagépek, csónakszállítók és speciális körülmények között bevezethető gépjárművek állnak rendelkezésre. Ezzel lefedik a logisztika fuvarozási szállítmányozási szegmensét. További speciális eszközök állnak készen bevetésekre. Ilyenek a sebesültszállító busz, konténer konyha, áramfejlesztők, szivattyúk, lakosságtájékoztató eszközök, amelyek a háttér- vagy humánlogisztikát szolgálják ki.

Már a védekezés során is logisztikai kihívásokkal állunk szemben. Sokszor problémát jelent a nagymennyiségű homok védekezési helyszínre való szállítása. Ennek egyik oka, hogy az áradás eléri az utakat, ami többek között megakadályozza a tehergépjárművek célbaérését. A katasztrófavédelem és a honvédség is biztosít megfelelő tehergépjárműveket ezekhez a munkálatokhoz.

2013-ban Győrújfalunál helikoptert is be kellett vetni, ugyanis a gátak védett oldalán olyan mértékben felázott a talaj, hogy a honvédségi lánctalpas járművek sem tudták megközelíteni azokat a pontokat, ahol a homokzsákokat a gátszakaszok megerősítésére fel kívánták használni.

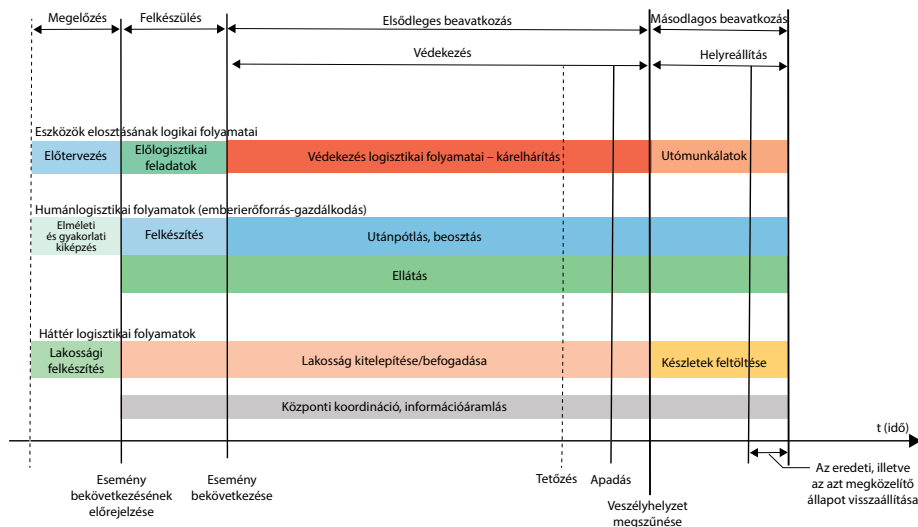


2. ábra. Védekezés Győrújfalunál az állami védvonalon

*Forrás: KUTI 2015*

A különleges járművek és szállítóeszközök helyszíni folyamatos üzemeltetése, ezzel a szállítókapa-  
citás biztosítása szintén további logisztikai erőfeszítéseket kíván, humán és technikai  
oldalról egyaránt.

Fentiekből egyértelműen következnek, hogy a logisztikai feladatok az árvízi védekezés fel-  
adatrendszerének minden egyes eleméhez szervesen kapcsolódnak, amelyet a következő ábra  
szemléltet.



3. ábra. Az árvízi védekezés logisztikai feladatai

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Az árvízi védekezés logisztikai feladatainak részletes ismertetése meghaladja a cikk terjedelmi  
korlátait, ezért a későbbiekben a célkitűzésnek megfelelően csak az utólogisztikai feladatokat  
mutatom be.

## Logisztikai utómunkálatok vizsgálata

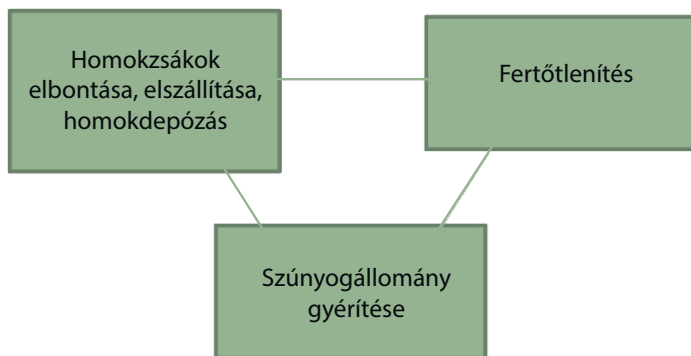
Az árvízi utómunkálatok részletes bemutatásához, egy 2013. évi eseményt emelnék ki. 2013 jú-  
niusában volt a 2006-os nagy árvízet követően az elmúlt évek eddigi legnagyobb dunai áradása. Győr  
közelében, Nagybajcson található az egyik mérési pont. 2002-ben a „legnagyobb víz” 872 cm volt és ezt  
az adatot regisztrálták. 2013-ban 908 cm-en tetőzött a Duna Nagybajcson, azóta ez a legnagyobb  
vizállás (LNV).<sup>6</sup> Az eddigi legnagyobb vízhozammal járó árvíz rengeteg kárt tett az infrastruktúrában,  
az épületekben és a természetben.

<sup>6</sup> [www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&map-Data=Idosor#mapData](http://www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&map-Data=Idosor#mapData) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 05.)

Az ár elvonulásával, valamint az árvíz elleni védekezés végeztével azonnal megkezdődtek az árvízzel érintett településeken a helyreállítási munkálatok. Helyreállítás során a városokban és a falvakban elbontották a védműveket, ahol szükséges volt, ott fertőtlenítést hajtottak végre.<sup>7</sup> A megfelelő fertőtlenítő anyagok folyamatos biztosítása a helyszíneken szintén logisztikai feladat.<sup>8</sup>

A fertőtlenítésen túl egy harmadik utómunkálattal is számolni kellett. Az áradást követően nagymértékben elszaporodott a szúnyogállomány, amelyet ritkítani, irtani volt szükséges. A Duna mentén több ütemben gyérítették a szúnyogállományt. A helyreállítási munkálatok az ország nagy részén nem egészen egy hónap alatt megvalósultak.

Az árvízi védekezés, valamint a helyreállítás során a katasztrófavédelem hivatásos tűzoltó egységei, a társszervek munkatársai és az önkéntes tűzoltó egyesületek, mentőszervezetek vettek részt. Mindezek mellett nagy szükség volt a civil összefogásra is.<sup>9</sup> Az előbbieken részletezett utómunkálatokat, amelyeket a következő ábra is szemléltet több helyszínen egymással párhuzamosan végeztek.



4. ábra. Utómunkálatok a 2013. júniusi árvízi védekezést követően

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A védekezés során a homokzsákokat az árvízi töltések megerősítésére, továbbá buzgárok elfogására, valamint lakóépületek védelmére is felhasználták. Az árvíz levonultával ezeket az ideiglenes védműveket el kellett bontani. Az alábbi táblázatban látható, hogy a 2013-as árvízi védekezés során mennyi homokot és homokzsákokot használtak fel a gátak és a védművek építésére és megerősítésére.

<sup>7</sup> KUTI 2007.

<sup>8</sup> KUTI-GRÓSZ 2016.

<sup>9</sup> Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Hírlevél (2013)



1. táblázat. Árvízi védekezésre felhasznált homokzsák és homok

|   |                        |
|---|------------------------|
| Ideiglenes gátakba, védművekbe épített homokzsákok száma:   | 10 179 000 zsák        |
| Helyreállítás során visszabontott homokzsákok száma:        | 9 606 000 zsák         |
| A védművek megépítéséhez felhasznált homok köbméterben:     | 242 500 m <sup>3</sup> |
| A védművek visszabontásánál eltávolított homok köbméterben: | 228 850 m <sup>3</sup> |

Forrás: [www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&-mapData=Idosor#mapData](http://www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&-mapData=Idosor#mapData) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 05.) adatai alapján a szerző szerkesztése

A táblázatból látható, hogy komoly mennyiségű homokra és homokzsákra volt szükség a védekezés során. A védekezéshez felhasznált homokot minden esetben el kell szállítani a felhasználás helyszínéről. Ahogy az adatok is mutatják, ugyanannyi homokot nem tudtak elszállítani, mint amennyit a védekezéshez felhasználtak. Ennek oka, hogy az áradás bizonyos mennyiséget magával mosott. A homokzsákok nagy része átázott, fontos feladat volt meghatározni, hogy mi legyen a további sorsuk. A visszabontott homokzsákokat legtöbb esetben kiszáritják, ha nem sérültek meg, újra felhasználhatók. A homokot elszállítják, majd depózzák. Amennyiben olyan helyen építették be a homokzsákokat, ahol fertőzésveszély következett be, akkor azok az elbontás után a továbbiakban nem használhatók fel, meg kell semmisíteni, a belőlük kiöntött homokot elássák, a területet pedig a munkálatok végeztével fertőtlenítik. Logisztikai kihívás tehát maga a homokzsákok és a homok eltávolítása, ehhez a humán erőforrás biztosítása, szállítójárművek biztosítása, előre meghatározni hova szállítsák, és miként járjanak el az anyagokkal. Mindezek nyomán követése és dokumentálása is fontos feladat és egyben kihívás is a folyamatok egyidejű végrehajtása közben.

A fertőzésveszély nagy kockázatot jelent, és nem csak a homokzsákok esetében kell erre odafigyelni. A szennyeződött homokzsákok mellett az elöntött területen visszamaradt iszap és hulladékok szintén biológiai veszélyt jelenthetnek. A magas vízállás miatt a nagy mennyiségű víz betörhet a szennyvízgyűjtőkbe és a szennyvízhálózatba és mindezek mellett az ár magával hozhat vegyi anyagokat, háztartási hulladékot és állati tetemekeket, amelyek nagy mennyiségben tartalmazhatnak olyan kórokozókat, amelyek fertőzést okozhatnak. Ez közvetlen veszélyt jelent mind a lakosság, mind a védekezésben és a helyreállításban részt vevők egészségére.<sup>10</sup>

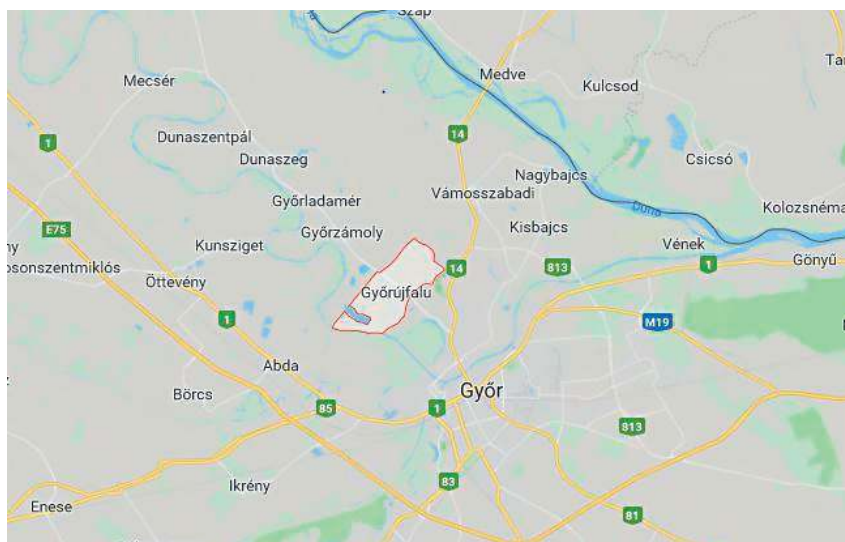
Az árvíz utáni takarításhoz és a fertőtlenítéshez biztosítani kell speciális gépjárműveket. A lakosságot és a helyreállítást végző személyeket fertőtlenítő szerekkel kell ellátni. A fertőtlenítő szerek biztosítása fontos elem, amelyben az ÁNTSZ is közreműködik. Minden esetben fel kell készülni az árvizeket követő utómunkálatok esetén szükséges fertőtlenítéshez és egy biztonsági készletet kell felhalmozni, amit rendelkezés esetén biztosítani lehet az árvízkárosult helyszíneken. Természetesen ezt a biztonsági készletet is úgy kell meghatározni, hogy túl sok anyag ne legyen feleslegesen felhalmozva, így ez is egy logisztikai kihívásnak tekinthető, hiszen a felkészültséghez tartozó optimumot kell megtalálni. Ebben az előző árvízi védekezések tapasztalatai tudnak támpontot nyújtani. A harmadik intézkedés, amiről fontos beszélni a tavaszi-nyári árvizeket követően a szűnyögállomány gyérítése. A tavaszi-nyári időszakban az önkormányzatok

<sup>10</sup> KUTI–GRÓSZ 2016.

elvégzik a szúnyoggyérítést, de az áradást követően is kiemelten fontos folyamat. Az árhullám elvonulása után a pangó vizek a meleggel párosulva nagyon jó közeget biztosítanak a fejlődő szúnyoglárvának. A gyérítés történhet földi- és légi kémiai kezeléssel is. Általánosságban a helyi önkormányzatok feladata a szúnyogállomány féken tartása, de mint ahogy a 2013. évi júniusi árvíz esetében is, az árvízi utómunkálatok során a katasztrófavédelem is segítséget nyújtott.<sup>11</sup>

Jól látható, hogy ahogy az árvízi védekezés során is, úgy a védekezést követő utómunkálatok során is nagyon fontos a szervezetek összefogása. A folyamatok komplexitása miatt nem elképzelhető, hogy mindent egy szervezet vegyen a vállára. Kiemelten fontos a kommunikáció, a jó információáramlás, hogy a különböző szervezetek minél jobban együtt tudjanak működni, valamint az utasítások is megfelelően célt érjenek.

A rekordnagyságú árvizek során szükség lehet az érintett településeken lakók kitelepítésére, majd egy biztonságos településen a befogadásukra, ami szintén összetett logisztikai feladat. A 2013. júniusi árvíz során több településen is szükséges volt a lakosság teljes vagy részleges kitelepítése. Sok esetben ez 1-1 családot jelentett, vagy egy kisebb község/városrészt, de Győrújfalun esetében a teljes lakosságot szükséges volt kitelepíteni. Győrújfalun Győr-Moson-Sopron megyében, Győr közvetlen szomszédságában fekszik a Mosoni-Duna partján. Az alábbi térképrészleten is látható, hogy több oldalról is veszélyezteti az árhullám a települést, de ez ugyancsak elmondható a környező Mosoni-Duna parti településekről is, mint Mecser, Dunaszentpál, Dunaszeg, Győrladamér, Győrzámoly, Győrújfalun, Vámoszabadi, Kisbajcs, Vénék, Gönyű, Kolozsnéma, Csicsó, Nagybajcs, Medve, Kulcsod, Tan...<sup>12</sup> Az alábbi térképrészlet segíti a pontos behatárolást.



5. ábra. Térképrészlet Győrújfalun behatárolásához

*Forrás: Google Maps*

<sup>11</sup> Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Hírlevél (2013)

<sup>12</sup> KUTI 2015.

Győrújfalun és környékén az árvízvédekezés során körülbelül 2 millió homokzsákot építettek be a Mosoni-Duna melletti védművekbe. A 2 millió homokzsák megtöltéséhez valamivel több mint 35 714 m<sup>3</sup> homok kellett, amit a környékbeli bányákból szállítottak a helyszínekre. Az árvíz elvonulása után ennek a homokzsákmennyiségnek a visszabontásában a büntetés-végrehajtási szervezetek (BV) is segítséget nyújtottak.

Ahogy az általam készített árvízi logisztikai folyamatok ábrán is látható (2. ábra), háttérlogisztikai feladatként még a megelőzés során a lakosság felkészítése történik. Főleg árvíz által veszélyeztetett területek településeinél fontos, hogy a lakosság teljes mértékben fel legyen készítve, ezzel is csökkentve a személyi sérülések és a káresemények kockázatát. Felkészítés során tájékoztatják a lakosságot az árvízi védekezés folyamatairól, technikákról és az esetleges kilakoltatás és visszatelepítés menetéről.<sup>13</sup> Győrújfalu lakosságának kitelepítése, ellátása szervezeten megtörtént. Miután elvonult az ár és biztonságossá vált a település, megkezdődött a lakosság visszatelepítése. Ahol szükséges volt, ott a lakosság közreműködésével valósult meg a fertőtlenítés. Mint ahogy fentebb is írtam, a lakóépületek fertőtlenítése minden esetben kötelező, így amennyiben az ár elérte az épületet, csak azt követően költözhetnek vissza a lakók. A felkészültségnek és a szervezettségnek köszönhetően Győrújfalu esetében a lakosság biztonságban átvészelte a 2013-as nagy dunai áradást. Az emberek megtapasztalták a védekezés ezen szélsőséges formáját is, így egy későbbi hasonlóan nagymértékű áradás esetén is számíthatunk aktív közreműködésükre.

## Javaslatok a logisztikai rendszer fejlesztésére

Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy az árvízi védekezést bizonyos logisztikai hiányosságok hátráltatták. Négy terület köré csoportosíthatók a védekezés során felmerülő logisztikai problémák.

1. A jogszabályi rendelkezésekkel összefüggő hiányosságok és azok okai.
2. A lakosság, valamint a védekezésben részt vevő állomány elhelyezése, ellátása során felmerült problémák és azok okai.
3. A védekezéshez szükséges anyagok beszerzése, szállítása és az ehhez szükséges szállítóeszközök biztosításával kapcsolatos hiányosságok és azok okai.
4. A védekezés logisztikai támogatását megalósító, különböző logisztikai szervezetek együttműködésének problémái és azok okai.<sup>14</sup>

Az új katasztrófavédelmi törvény rendezi a hiányosságokat, valamint egyértelműsíti a feladatokat. A továbbiakban csak a fizikai feladatokkal kapcsolatos fejlesztési lehetőségekre igyekszem javaslatokat tenni.

A védekezéshez szükséges anyagok beszerzésével kapcsolatos problémák kiküszöböléséhez nagyobb készletek tárolására van szükség, hogy káresemény esetén rendelkezésre álljanak a szükséges eszközök, anyagok. Szállítóeszközök hiányának problémája megoldható civil logisztikai szolgáltatók bevonásával is. A központi raktárbázis mellett érdemes lehet több regionális rak-

<sup>13</sup> KUTI 2018.

<sup>14</sup> BONNYAI-RÁCZ 2012.

tárt is létesíteni, hogy ne egy raktárból kelljen a védekezési helyszínekre szállítani a szükséges eszközöket, anyagokat.

A védekezést megelőzően a hatékonyság fenntartásához szükséges meghatározni, hogy az árvíz által fenyegetett területekre honnan és miként lehet homokot szállítani szükség esetén. Minden esetben előny, ha a homokbányák üzemeltetőivel van megállapodás, hogy árvízi védekezés során biztosítsanak homokot, amit a védművekbe lehet beépíteni. Mindemellett előkészített és raktárban tárolt homokzsákok is elősegítik a munkát. Jó példa erre Győr, ahol a Győrszol Zrt. folyamatosan raktároz 8000 darab homokzsákot és 4 környékbeli homokbányával van a városnak megállapodása az esetlegesen szükséges homok biztosítása érdekében.

Az események mindig változók, következtetni tudunk mi várható a jövőben, de 100%-ban nem lehet előrejelezni, hogy mi, hol és milyen mértékben fog bekövetkezni. Fontos, hogy mindig minden eshetőségre felkészüljünk, a logisztika segítségével pedig optimalizálni tudjuk a folyamatokat már a felkészülés során, de azt követően az árvízi védekezés kapcsán is. Szükséges a katasztrófavédelmi logisztikai ellátórendszer folyamatos fejlesztése és támogatása.

Mindezen logisztikai problémák mellett szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a helyreállítás szakaszában is javítani szükséges a logisztikai folyamatokat. Írásomban bemutattam, hogy milyen logisztikai folyamatok zajlanak le árvízi védekezést követően, amelyekről nagyon kevés irodalom található. Ezen logisztikai folyamatok megszervezése, javítása, optimalizálása is folyamatosan szükséges.

A helyreállítás során nem csupán az árvíz által érintett területekre, településekre, épületekre kell gondolnunk. Számomra felmerült a kérdés, hogy a védekezés és a helyreállítás során kiosztott eszközöket visszagyűjtik-e, megvalósul-e a folyamat teljes adminisztrációja, és hogy milyen mértékben tudják visszakövetni az eszközök útját. Célszerű visszagyűjteni az eszközöket, hiszen fertőtlenítést követően ismételten nagy részük felhasználható a későbbi események során. Így a raktárak feltöltése minimális utánpótlással járhat.

Helyreállítás után bizonyos mennyiségű homokzsák és eszközök tárolása mellett figyelmet kell fordítani a munkagépekre, védekezést és mentést segítő járművekre is. Bizonyos járművek használatban vannak védekezést megelőzően és követően is. A speciális, védekezést támogató járművek ütemezett karbantartását és tárolását kell megvalósítani. Ebben az esetben is, amennyiben van rá lehetőség ne egy központi bázison történjen a járművek tárolása, hanem a kritikus területek közelében is, így szükség esetén azok gyorsabban igénybe vehetők.

Ahogy az árvízi védekezés során, úgy az utómunkálatok során is fontos, hogy a központi koordináció, az együttműködés, valamint az információáramlás megfelelően legyen kialakítva.



6. ábra. Az árvízi védekezés körfolyamata

*Forrás: A Kat. alapján a szerző szerkesztése*

Mindez azért fontos, mert egy szervezet önmagában nem képes ellátni az árvízi védekezés folyamatait. Minden egyes szervezet a saját specializációjában erős, megfelelő koordinációval, együttműködéssel és jól kialakított információáramlással közösen érhető el az árvízi védekezés sikeres véghezvitele. A szervezetek egymást segítve, megfelelő felkészültséggel a körfolyamat elemei során elősegíthetik a logisztikai feladatok gördülékenységét. Az összehangolás során csökkenhetnek bizonyos feladatok és azok megfelelő kiosztásával megfelelő személyek/szervezetek hajtják végre a munkálatokat az általuk birtokolt legjobb szaktudással.

## Összefoglalás

Cikkemben arra kívántam felhívni a figyelmet, hogy hazánkban az árvízi védekezést lezáró logisztikai folyamatokkal nagyon keveset foglalkozik a szakirodalom és véleményem szerint a tevékenység nem kap elég figyelmet. Rávilágítva a feladatok fontosságára, saját készítésű ábra segítségével bemutattam, hogy mikor milyen logisztikai műveletek zajlanak az árvízi védekezés során. Kutatási célkitűzéseimnek megfelelően a helyreállítás folyamatán belül a logisztikai utómunkálatokat elemeztem, és kiemeltem a fejlesztési lehetőségeket. Fontosnak tartom, hogy ezzel a témakörrel a továbbiakban is részletesebben kell foglalkozni, megfelelő szervezéssel és koordinációval, továbbá a logisztikai folyamatok optimalizálásával a sikeres árvízi védekezést követően sokkal gyorsabban állítható vissza az eredeti, vagy az azt megközelítő állapot.

A későbbiekben tovább tervezem vizsgálni a helyreállítás során felmerülő logisztikai kihívásokat. Egyes események kapcsán kockázatanalízis készítését tervezem elvégezni, egyszerűsítve, átláthatóbbá téve az egyes részfolyamatokat. Mindezek mellett szeretném felhívni a figyelmet a háttér és a humánlogisztikai folyamatok fontosságára is, ami a sikeres védekezésekhez nagyban hozzájárul. Véleményem szerint a téma kutatása aktuális feladat. Bízom benne, hogy kutatási eredményeimnek köszönhetően a későbbiekben további figyelmet kapnak az árvízi utómunkálatok, és további kutatások kezdődnek a témával kapcsolatban hazai szinten.

## Felhasznált irodalom

- Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Hírlevél (2013): A sikeres árvízi védekezést legalább ennyire eredményes helyreállítás követte. Elérhető: [http://bte.hu/files/BM\\_OKF\\_Hirlevel\\_2013\\_07ho.pdf](http://bte.hu/files/BM_OKF_Hirlevel_2013_07ho.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 08.)
- BONNYAI Tünde – RÁCZ Réka (2012): *Az új katasztrófavédelmi szabályozás*. Budapest BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság kiadványa. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/lakossag/kiv/11/jegyzet.pdf](http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/lakossag/kiv/11/jegyzet.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 09.)
- FÖLDI, László – KUTI, Rajmund (2014): Extreme weather phenomena 2. The process of remediation. *Hadmérnök*, 19. évf. 2. sz. 250–256. Elérhető: [http://hadmernok.hu/142\\_23\\_foldil\\_kr.pdf](http://hadmernok.hu/142_23_foldil_kr.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 02. 26.)
- KUTI Rajmund – GRÓSZ Zoltán (2016): Biológiai eredetű veszélyhelyzetek kezelése, előtérben a mentesítési feladatok. *Hadmérnök*, 11. évf. 1. sz. 125–132. Elérhető: [www.hadmernok.hu/161\\_13\\_kutir\\_gz.pdf](http://www.hadmernok.hu/161_13_kutir_gz.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 08.)
- KUTI Rajmund – NAGY Ágnes (2015): Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. *AARMS*, Vol. 14, No. 4. 299–306. Elérhető: <https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-2015-4-kuti.original.pdf> (A letöltés dátuma: 2019. 03. 03.)
- KUTI Rajmund (2007): Mentésítési feladatok új dimenziói. *Bolyai Szemle*, 16. évf. 1. sz. 62–67.
- KUTI Rajmund (2015): *Magyarország katasztrófa-veszélyeztetettsége*. Tansegédlet. Győr, Széchenyi István Egyetem.
- KUTI Rajmund (2018): A katasztrófavédelmi felkészítés és a vidékbiztonság kapcsolata. *Hadmérnök*, 13. évf. 4. sz. 214–220. Elérhető: [www.hadmernok.hu/184\\_17\\_kuti.pdf](http://www.hadmernok.hu/184_17_kuti.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 08.)
- Országos 1‰-es valószínűségű potenciális elöntési térkép.* (2007) Elérhető: [www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/B91A47EC-E3B8-4D58-A15F-3E522958BEE8/Orszagos\\_elontes\\_1e\\_web.pdf](http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/B91A47EC-E3B8-4D58-A15F-3E522958BEE8/Orszagos_elontes_1e_web.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 02. 22.)
- PETRÓ Tibor (2017): *A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatszerző rendszer új szerző megközelítése*. Doktori értekezés, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- TOKOVICZ József – KÁDÁR Pál – SÜLE Attila – BORSOS József – JUHÁSZ László – PETNEHÁZI Ferenc – MOLNÁR László (2012): *A Magyar Honvédség képességei és a katasztrófaelhárítás kihívásai. 2000–2011*. Budapest, Zrínyi Média.

## Internetes forrás

[www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&-mapData=Idosor#mapData](http://www.vizugy.hu/?mapModule=OpGrafikon&AllomasVOA=16495FDB-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&-mapData=Idosor#mapData) (A letöltés dátuma: 2019. 04. 05.)

## Jogforrás

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. Elérhető: [www.njt.hu/cgi\\_bin/njt\\_doc.cgi?docid=139408.223487](http://www.njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=139408.223487) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 03.)

Kocsis Bence<sup>1</sup>

# Az additív és szubsztraktív technológia katonai vonatkozású alkalmazási lehetőségeinek összehasonlító vizsgálata<sup>2</sup>

## Comparative Examination of Additive and Subtractive Technology for Military Application

*A katonai célú fejlesztések mindig az élvonalat képviselik az innováció és technológia területén. Az additív technológia a 21. századi gyártástechnológia egy új és egyre meghatározóbb elemévé vált napjainkra. A tervezői szabadság és a feldolgozható anyagösszetételek új tárháza megannyi innovatív alkalmazási lehetőséget rejt magában mind a hétköznapi, mind pedig a katonai célú felhasználások területén. Ebben a hiánypótló tanulmányban ismertetem a technológia nyújtotta lehetőségeket, néhány ipari példán keresztül bemutatva azt, illetve összehasonlító vizsgálatot végzek az additív<sup>3</sup> és szubsztraktív<sup>4</sup> gyártástechnológia között. Végezetül pedig javaslatot teszek ezen új technológia implementálására néhány katonai eszköz esetében.*

**Kulcsszavak:** additív technológia, fém 3D nyomtatás, súlycsökkentés, katonai alkalmazások, nyomtatott alkatrészek

*Military developments are always at the forefront of innovation and technology. Additive technology has become a new and increasingly important element of the 21<sup>st</sup> century manufacturing technology. The design freedom and opportunities of workable material compositions offer many innovative applications in both everyday and military applications. In this supplementary study, I present the possibilities offered by this technology, showing it through some industrial examples and doing*

<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, járműmérnök PhD-hallgató, e-mail: [kocsis.bence@sze.hu](mailto:kocsis.bence@sze.hu), ORCID: 0000-0003-4751-5071

<sup>2</sup> Jelen kutatás az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 projekt támogatásával valósult meg.

<sup>3</sup> Additív technológia: a formázó és leválasztó eljárásokkal ellentétben ez egy felépítő eljárás, mely hulladék keletkezése nélkül építi fel rétegről rétegre a munkadarabot.

<sup>4</sup> Szubsztraktív technológia: a formázó és leválasztó eljárások tartoznak ebbe a csoportba, amelyek során jellemzően valamilyen előgyártmányból anyagleválasztás útján érjük el a kívánt geometriát.

*a comparative study between additive and subtractive manufacturing technology. Finally, I propose the implementation of this new technology for the production of some military devices.*

**Keywords:** additive technology, metal 3D printing, weight reduction, military applications, printed parts

## Bevezetés

A hadviselés az emberiséggel egyidős cselekvés, amelynek fejlesztésére és korszerűsítésére mindig komoly erőforrásokat különítettek el az uralkodó személyek, kormányok, államok. Számos történelmi jelentőségű háború ismert, amelyeket egy-egy új fejlesztésű fegyver, katonai jármű vagy védelmi eszköz bevetése akár sorsdöntően befolyásolt. Jelen tanulmányban egy ilyen lehetséges fejlesztési irányként egy újszerű gyártástechnológia alkalmazási lehetőségeit vizsgáltam, amely a hadviselés szinte minden területén alkalmazható, a járműgyártástól kezdve, a gyalogsági felszerelés súlycsökkentésén át egészen az elsősegélynyújtásig. Ez a technológia az additív gyártástechnológia elnevezést kapta, mivel anyag hozzáadásával rétegről rétegre építi fel az eljárás során a munkadarabot, szemben az eddig használt szubsztraktív, azaz lebontó eljárásokkal, ahol a felesleges anyagmennyiséget forgácsolással, marással stb. távolítják el. A következőkben bemutatom ezen technológia alkalmazási lehetőségeit a hadiiparban, néhány alkalmazási példán keresztül.<sup>5</sup>

## Additív technológia (AM) ismertetése

A gyors prototípusgyártási technológiák 1983. március 9. óta állnak rendelkezésünkre, amikor is a 3D Systems munkatársa, Charles W. Hull bemutatta az első felépítő eljárást alkalmazó berendezését, az SLA-1-et (SLA – Stereolithography Apparatus).<sup>6</sup> Az első ilyen technológiát UV-fényre érzékeny folyékony polimerek feldolgozására fejlesztették ki. Az 1. táblázat foglalja össze az eddig ismert AM (Additive Manufacturing)-technológiákat. Alkalmazását tekintve ezeket két csoportra bonthatjuk. Készíthetünk velük prototípust, amelyek vizuális modellként szolgálnak a tervezés korai fázisában, vagy pedig funkcionális modelleket alkothatunk velük, ahol a modell nemcsak geometriai méreteiben, de fizikai tulajdonságainak egy részében is megegyezik a termékkel. Funkcionális modell alkalmazását tekintve lehet késztermék, szerszám vagy indirekt módon történő szerszámgyártás mesterdarabja.

Az additív gyártás alkalmazásának hatása egészen a tervezési folyamatig nyúlik vissza. Egyrészt a tervező kezébe ad egyfajta tervezési szabadságot azzal, hogy a klasszikus megmunkálási eljárások szabta korlátokkal nem kell foglalkoznia, használhat például íves, formakövető furatokat, üreges szerkezeteket belső merevítő szerkezettel ellátva, nem szabványos, vagy változó paraméterű méreteket (például furatátmérő, menetemelkedés), terhelésre optimalizált és könnyített szerkezeteket stb.<sup>7</sup>

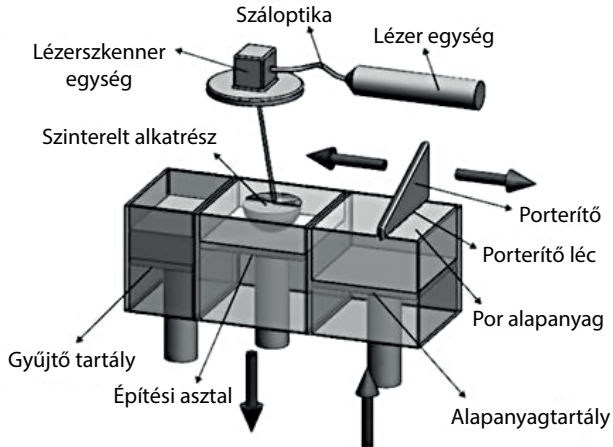
<sup>5</sup> HORVÁTH et al. 2018.

<sup>6</sup> HULL 1986.

<sup>7</sup> HATOS–KOC SIS–HARGITAI 2018.



Részletesebben a közvetlen lézer szinterezési eljárást – Direct Metal Laser Sintering – mutatom be, amelynek elvi felépítését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. DMLS-berendezés felépítése

Forrás: LONGHITANO et al. 2015

1. táblázat. Additív technológiák csoportosítása a felhasznált alapanyag tekintetében

| Alapanyag   | Eljárás     | Előkészítés                  | Rétegtépzési technika                        | Fázisváltozás                        | Jellemző anyagok                         | Alkalmazás                          |
|-------------|-------------|------------------------------|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Folyadék    | SLA         | Folyékony gyanta tartályban. | Lézer szkennelés/fényvetítés.                | Fotopolimerizáció.                   | UV-reagens anyagok, kerámia-szuszenziók. | Prototípustermékek, öntőszerszámok. |
|             | MJM         | Folyékony polimer fúvókában. | Polimersugaras nyomtatás.                    | Hűtés és fotopolimerizáció.          | UV-reagens akril polimer, viasz.         | Prototípustermékek, öntőszerszámok. |
|             | CLA         | Folyékony gyanta tartályban. | Aktuális metszeti perspektíva, fényvetítése. | Fotopolimerizáció.                   | UV-reagens polimer gyanták.              | Prototípustermékek.                 |
|             | RFP         | Folyékony cseppek fúvókában. | Cseppek felrakása.                           | Szilárdulás dermedés révén.          | Víz.                                     | Prototípustermékek, öntőszerszámok. |
| Szál/pasztá | FDM         | Olvadtszál fúvókában.        | Folyamatos extrúzió és felépítés.            | Hűtés általi megszilárdulás.         | Termoplasztikus polimerek, viasz.        | Prototípustermékek, öntőszerszámok. |
|             | Robocasting | Pasztá fúvókában.            | Folyamatos extrúzió.                         | –                                    | Kerámiapaszták.                          | Funkcionális prototípus.            |
|             | FEF         | Pasztá fúvókában.            | Folyamatos extrúzió.                         | Szilárdulás hűlés és befagyás révén. | Kerámiapaszták.                          | Funkcionális prototípus.            |

| Alapanyag   | Eljárás | Előkészítés                         | Rétegtévképzési technika                 | Fázisváltozás         | Jellemző anyagok   | Alkalmazás   |
|-------------|---------|-------------------------------------|--|-----------------------|--|--|
| Por         | SLS     | Por tartályban.                     | Lézerszkennelés.                         | Részleges megolvadás. | Termoplasztikus polimerek, viasz, fém vagy kerámiaporok. | Prototípuskészítések, termékek, mesterminták, kerámiaformák. |
|             | SLM     | Por tartályban.                     | Lézerszkennelés.                         | Teljes átolvadás.     | Fémpor.  | Szerszámozás, funkcionális prototípus.                       |
|             | EBM     | Por tartályban.                     | Elektronnyaláb szkennelés.               | Teljes átolvadás.     | Fémpor.  | Szerszámozás, funkcionális prototípus.                       |
|             | LOM     | Porfecskenedezés fűvókán keresztül. | Porfecskenedezés és megolvadás lézerrel. | Teljes átolvadás.     | Fémpor.  | Szerszámozás, alkatrészjavítás, funkcionális prototípus.     |
|             | 3DP     | Por tartályban.                     | Szelektív csepegtetés.                   | -                     | Polimer-, fém- vagy kerámiapor.                          | Prototípus, szerzámozás.                                     |
| Szilárd lap | LOM     | Lézervágás.                         | Lapdagolás és adhéziós ragasztás.        | -                     | Papír-, műanyag-, fémlemezek.                            | Prototípus, öntőminták.                                      |

*Forrás: GUO–LEU 2013*

Az eljárás lényege, hogy az adott szemcseméret-tartományba eső fémpor alapanyagból a nagy energiájú lézer segítségével közvetlenül előállíthatjuk a 3D-s terméket. A portartályba elhelyezett alapanyagból egy adott mennyiséget a porteretítő minden ciklus elején egyenletesen elteríti a munkasztalon, majd pedig a nagyenergiájú lézer a 3D-s modell adott szelete alapján végigpáztazza a munkaterület megfelelő részeit. A felesleges pormennyiséget a porteretítő a harmadik térrészbe húzza, ahol a többlet por tárolására szolgáló tartály található. A teljes építési folyamat végeztével a munkasztalról el kell távolítani a meg nem olvadt port, amelyet az alapanyagtartályba egy szitán keresztül azonnal vissza is lehet juttatni. A munkadarab leválasztása a munkasztalról történhet manuálisan, vagy valamilyen CNC-berendezés segítségével. A támaszok letörését és az esetleges utómunkálatokat követően az alkatrészt használatba is lehet helyezni. Az így előállított alkatrész teljes mértékben azonos tulajdonságokkal rendelkezik, mint a hagyományos módon előállítottak, hőkezelhetők, hegeszthetők, forgácsolhatók, bevonatolhatók.<sup>8</sup>

## Technológiák összehasonlítása

A felépítő gyártástechnológia folyamatosan formálja át a gyártás világát, amelyben egyre nagyobb szerepet kap. Hatása egészen a tervezés fázisáig nyúlik vissza. Egyrészt a konvencionálisan nem, vagy csak nehezen megmunkálható alkatrészek is könnyedén legyárthatóvá váltak, másrészt a tervezőnek nem kell rendelkeznie gyártástechnológiai tudással. Elegendő néhány ökol-szabályt ismernie, mint például a legkisebb még nyomtatható furatátmérő vagy falvastagság,

<sup>8</sup> HATOS et al. 2018; HATOS–ZSOLDOS 2013.

alátámasztás nélkül még nyomtatható alámetszések. Ezenfelül további előnye, hogy a gyártást közvetlenül csak a tervezés előzi meg, amely végeztével közvetlenül a 3D-modellből lehetséges a gyártás, mindössze annyit kell tenni, hogy a modellt a megfelelő formátumban kell kimenteni, a rétegvastagsággal megegyező szeletekre kell feldarabolni és alapanyagot kell választani. Ezeket a lépéseket sok esetben már a nyomtató szoftverében, egy programon belül meg lehet tenni. Ezzel némiképp a tervezési és gyártási folyamat is egyszerűsödik, felgyorsul. Az eljárás nem igényel szerszámozást, készülékgyártást és egyéb járulékos eszközöket, emberi jelenlét is jellemzően csak a berendezés kezdeti beállításához és a folyamat végén a kész munkadarab eltávolításához, a gép alaphelyzetbe állításához szükséges. A gyártási idő nagyon bonyolult, forgácsolással nehezen megmunkálható, illetve kisméretű és nagy darabszámú alkatrészek esetében rövidebb vagy közel azonos, mint a klasszikus technológiák esetében, azonban nagyobb térfogatú és egyszerűbb daraboknál ez már nem mondható el. Kompenzálásként a gyártógépek darabszáma növelhető, amely nem törvényszerűen növeli az ellátó személyzet létszámát is.

A 2. táblázatban részletesen összehasonlítottam a két technológia meghatározó paramétereit.

2. táblázat. Összehasonlító táblázat a hagyományos és additív technológia különböző paramétereiről

|   | Hagyományos  | Additív  |
|---|--|--|
| Alapanyag   | Előgyártmány (tömb vagy kör keresztmetszetű).                              | Por, gyanta, filament.                               |
| Gyártást megelőző lépések                         | Gyárthatóság ellenőrzése, gyártásterv készítése, CNC-pálya generálása.     | Támaszanyag generálása, modell felszeletelése.       |
| Termékgeometria kialakítása                       | Rétegről rétegre történő anyagleválasztással történik.                     | Rétegről rétegre történő anyagfelhordással történik. |
| Szerszámozást/készülékezést igényel a technológia | Igen.  | Nem.   |
| Utómunkálás szükséges                             | Igen.  | Igen.  |
| Alapanyag újrahasznosítható                       | Nem.   | Igen.  |
| Gépkezelő személyzet                              | Szakképzett.   | Nem igényel szakképzett munkaerőt.                   |
| Gép felügyeletének igénye                         | Személyes jelenlét.  | Online monitoring.                                   |
| Munkadarabcseré                                   | Tokmány/készülék oлдása, szerszámcsere (igény esetén), nullpont felvétele. | Munkalap kicserélése.                                |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A gyors, egyénre szabott és a helyszíni utánpótlás-kritériumok teljesítésére tökéletes megoldásként jelen tudásunk szerint csak az additív technológiák felelnek meg. Legyen szó az elsősegélynyújtásról, fegyver vagy lőszergyártásról, járműalkatrész gyártásáról stb.

## Katonai vonatkozású alkalmazási példák

Az egészségügy területén sok helyen már rutinszerűen alkalmazzák a 3D-nyomatás technológiáját, mint például szájszéjszeti vagy ízületi implantátumok egyedi gyártására. Léteznek azonban már biokompatibilis vagy esetleg organikus anyagok nyomtatására alkalmas berendezések is. A legújabb tanulmányok szerint már képesek biokompatibilis emberi fület vagy élő sejtet nyomtató berendezéssel például vesét vagy méhet nyomtatni. Transzplantációról még nem tudni, de hasonló módon ültettek már be például húgyhólyagot. Egy nemrég publikált tanulmány szerint pedig emberi bőrt is lehetséges nyomtatni. A bioprinter képes mintavétel alapján az egyén saját sejtjeiből felépített anyagból pótolni az égett bőrszövet hiányzó részeit egy szkenneléssel létrehozott modell alapján. Ezt megelőzően biopszia útján mintát kell venni a dermális fibroblaszt és a felhám keratinsejtjeiből. Az így kapott minta alapján a bionyomtató képes a páciens saját szövetszerkezetének megfelelő bőrral pótolni az égett seb felületét. Ez azért nagyon fontos, mert az egyik fő kockázati tényező a nagyobb égési sérülések esetén a kilökődés és elfertőződés veszélye.

A fent említett egészségügyi példák egy része a jövőben talán a katonai elsősegélynyújtás elemei lesznek.

A másik nagyon célszerű katonai alkalmazása az additív technológiának a helyszíni cserealkatrész biztosítása jelentősebb logisztikai költség és szállítási idő nélkül. Ennek feltétele, hogy rendelkezünk az adott alkatrész 3D-s modelljével. Amennyiben a hadsereg rendelkezik az eszközeinek 3D-s összeállítási modelljével, akkor minden alkatrészt a megfelelő por alapanyag segítségével elő tudják állítani a gép méretkorlátain belül. Ez nagy előnyt jelent az alapanyag utánpótlását illetően, mivel standard csomagolású, egységes morfológiájú por az alapanyag, így nem kell azzal bajlódni, hogy milyen geometriájú és méretű előgyártmányokat kell a rakományhoz készíteni. Nem mellékes az sem, hogy az így a hadszíntérre szállított por szinte teljes egészében valamilyen alkatrészekbe fog beépülni és csak elenyésző mennyiségű hulladékpor keletkezik. Számos alkalmazási példát publikáltak már, például az Amerikai Egyesült Államok Hadseregének Fegyverzet Kutatási, Fejlesztési és Mérnöki Központja (ARDEC) is, ahol többek között az alábbi képen látható RAMBO típusú gránátvetőt nyomtatták ki polimer és fém 3D-nyomtatóberendezések segítségével. A gránátvetőhöz nyomtattak töltényeket is, amelyekkel aztán tesztelték is a nyomtatott fegyvert.



2. ábra. Az első ARDEC által készített 3D-nyomatott gránátvető, amelyből 3D-nyomatott lőszeret sütöttek el

*Forrás: SEUNG-JAMES 2017*

A gránátvető mellé lőszeret is készítettek, amelyek a 3. ábra bal oldalán láthatók. A 3. ábra jobb oldali képén pedig az egyik alkatrész hagyományos (alsó) és additív (felső) módon előállított prototípusa látható. A nyomtatással készült minta előnye, hogy egyszerre készültek az alkatrészei ugyanazon a gépen, alig 35 óra alatt, számos részegysége cserélhető, egyénre szabható és a költsége is messze a hagyományosan készített gránátvetőé alatt maradt. A fegyver alkatrészeinek 90%-a készült nyomtatással.



3. ábra. 3D-nyomatott lőszer (bal) és egy 3D-nyomatott és az eredeti alkatrész összehasonlító képe látható

*Forrás: SEUNG-JAMES 2017*

A technológia terjedésével egyidejűleg egyre szélesebb a spektruma az elérhető alapanyagoknak is. Az Egyesült Államok Hadserege CCDC kutatóközpontjának fejlesztése például az AF96 acélpor, amely 50%-kal jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a kereskedelmi

forgalomban elérhető anyagok. Ezen anyagok tesztelése és éles bevetésen történő alkalmazása még folyamatban van, de a tesztüzemük, hadgyakorlatokon történő alkalmazásuk sikerrel zárult. Az ipari beszállítók is egyre nyitottabbak az AM-technológia alkalmazására, ilyen például a General Electric Aviaton csoport, amely az Egyesült Államok hadseregének beszállítója. Egy korábbi T700-as motort fejlesztettek tovább, amelyet T901-es névre kereszteltek, amit többek között a Boeing AH-64 Apache és Sikorsky UH-60 Black Hawk helikopterekbe szerelnek.



4. ábra. GE Aviation T901-GE-900-as motorja

Forrás: [www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine](http://www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.)

A T901-es motor gyártásánál számos technológia mellett az additív gyártás adta lehetőségeket is kiaknázták a GE mérnökei. Ennek eredményeként a 4. ábrán látható új költséghatékony koncepció készült el rövidebb fejlesztési idő alatt, mint elődei, kisebb üzemanyagfogyasztással bír, köszönhetően a súlycsökkentésnek. Mindezek mellett az élettartamtesztek is jobb eredményt hoztak, mint az előző típusnál. A gyártó által közölt adatok alapján a korábbi T700-as motorba beépülő 51 alkatrészt a T901-es motornál már egyetlen nyomtatott alkatrészként sikerült legyártani, aminek köszönhetően 20%-kal csökkent az alkatrész tömege.

## Összefoglalás

Írásomban bemutattam az additív technológia jelenlegi lehetséges megvalósításait és kategorizáltam azokat. Részletesen bemutattam a Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén megtalálható EOS M270-es lézerszinterező berendezés működését. Összehasonlítottam a szubsztraktív és additív gyártástechnológiákat, katonai vonatkozásukat

helyezve előtérbe. Áttekintettem az elérhető szakirodalmi forrásokat és megállapítottam, hogy bár ismert és egyre elterjedtebb technológia a legtöbb iparágban az additív módon történő gyártás, a katonai vonatkozású alkalmazásai még csak most kezdenek megjelenni. Javaslatot tettem néhány jövőbeli katonai alkalmazási példára, bemutattam a hadiipari additív technológia aktuális megoldásait, azok előnyeire fókuszálva, néhány ily módon készült eszközön. Kutatásommal elő szeretném segíteni a technológia hazai terjedését, szélesebb körökben történő alkalmazását és ismeretét, hogy már a tervezés fázisában kiaknázhassák előnyeiket.

## Felhasznált irodalom

- ALBANNA, Mohammed et al. (2019): In Situ Bioprinting of Autologous Skin Cells Accelerates Wound Healing of Extensive Excisional Full-Thickness Wounds. *Scientific Reports*, Vol. 9. Elérhető: [www.nature.com/articles/s41598-018-38366-w](http://www.nature.com/articles/s41598-018-38366-w) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.) DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38366-w>
- GUO, Nannan – LEU, Ming C. (2013): Additive manufacturing: technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, Vol. 8, No. 3. 215–243. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11465-013-0248-8>
- HATOS István – ZSOLDOS Ibolya (2013): Fémporok lézeres szinterézése. *A jövő járműve: Járműipari innováció*, Vol. 1/2, 28–30.
- HATOS, István – FEKETE, I. – IBRIKSZ, Tamás – KOCIS, Bence – NAGY, András Lajos – HARGITAI, Hajnalka (2018): Effect of locally increased melted layer thickness on the mechanical properties of laser sintered tool steel parts. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 426, No. 1. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/426/1/012014>
- HATOS, István – KOCIS, Bence – HARGITAI, Hajnalka (2018): Conformal cooling with heat-conducting inserts by direct metal laser sintering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 448, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/448/1/012027>
- HORVÁTH Péter – BALLAGI Áron – NAGY Attila – KUTI Rajmund (2018): Az exoskeleton katonai alkalmazási lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. évf. 2. sz. 35–42.
- HULL, Charles W. (1986): *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*. United States Patent.
- KULCSÁR Klaudia – KÓNIA János (2017): *Kortikális megtámasztású egyéni implantátum korszerűsítése*. XVIII. Műszaki Tudományos Ülésszak előadása, Kolozsvár. DOI: <https://doi.org/10.33895/mtk-2018.08.06>
- LARONDA, Monica M. – RUTZ, Alexandra L. – XIAO, Shuo – WHELAN, Kelly A. – DUNCAN, Francesca E. – ROTH, Eric W. – WOODRUFF, Teresa K., SHAH, Ramille N. (2017): A bioprosthetic ovary created using 3D printed microporous scaffolds restores ovarian function in sterilized mice. *Nature Communications*, Vol. 8, Article No. 15261. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms15261>
- LONGHITANO, Guilherme Arthur – LAROSA, Maria – JARDINI, André – ZAVAGLIA, Cecília – IERARDI, Maria C. (2015): Surface Finishes for Ti-6Al-4V Alloy Produced by Direct Metal Laser Sintering. *Materials Research*, Vol. 18, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.014415>
- MANNOR, Manu S. – JIANG, Ziwen – JAMES, Teena – KONG, Yong L. – MALATESTA, Karen A. – SOBOYEJO, Winston O. – GRACIAS, David – VERMA, Naveen – MCALPINE, Michael C. (2013): 3D Printed Bionic Ears. *Nano Letters*, Vol. 13, No. 6. 2634–2639. DOI: <https://doi.org/10.1021/nl4007744>

## Internetes források

- ATALA, Anthony (2011): *Printing a human kidney*. TED Ed. Elérhető: <https://ed.ted.com/lessons/printing-a-human-kidney-anthony-atala> (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.)
- MCWILLIAMS, Brandon (2019): *Researchers 3-D print ultra-strong steel parts from powder*. Elérhető: [www.arl.army.mil/www/default.cfm?article=3371](http://www.arl.army.mil/www/default.cfm?article=3371) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.)
- SEUNG, Kook B. – JAMES, Zunino (2017): *RAMBO's premier*. Elérhető: <https://asc.army.mil/web/news-alt-amj17-rambos-premiere/> (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.)
- [www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine](http://www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine) (A letöltés dátuma: 2019. 03. 01.)



Koch Dániel<sup>1</sup> – Schneck Tamás<sup>2</sup> – Zsuffa István<sup>3</sup>

# Árhullámmérések a Kelet-Mecsekben

## Flood Measurements in the East-Mecsek Mountains

*A globális klímaváltozás hatására a hegy- és dombvidéki vízgyűjtőkön bekövetkező árvízi katasztrófák számának növekedését valószínűsítjük. Ezért felmerül az igény ezen események és folyamatok pontosabb megismerésére, a várható veszélyhelyzet előrejelzésére. Mivel a csapadék és lefolyás kapcsolata egy igen bonyolult hidrológiai folyamat, megértése a befolyásoló tényezők folyamatos megfigyelését, monitoringját igényli. Ennek érdekében a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kara hallgatóival és oktatóival egy jól szervezett, gyakorlott csapatot állított fel a Völgységi-patak felső, hegyvidéki szakaszán található Várvölgyi-patak vízgyűjtőterületének vizsgálatára. A kutatócsoport munkálatait adaptív módon néhány heves csapadékeseményhez igazítottuk, így lehetőségünk nyílt a gyors lefolyású árhullámok vizsgálatára. A mérési eredményekből kiderült, hogy egy-egy csapadéktevékenység hatására, mekkora és milyen gyors lefolyású árhullámok keletkeztek. Írásunkban a vizsgálatainkból levont következtetéseinket mutatjuk be, amelyek elősegítik a térség lefolyási viszonyainak megismerését.*

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, villámárvíz, árhullám, vízgyűjtőfeltárás, monitoring

*As a result of global climate change, an increase in the number of flood disasters is predicted on hilly and mountainous catchments. Accordingly, a need has emerged for a more accurate understanding and prediction of these phenomena. Since the link between precipitation and runoff is a very complicated hydrological process, its understanding requires continuous monitoring of the influencing factors. To facilitate this, the National University of Public Service, Faculty of Water Sciences set up a well-trained team of teachers and students for exploring the catchment of the Várvölgyi creek, which can be found on the upper, mountainous part of the Völgységi creek. The activities of the research team were adaptively adjusted to some violent rainfall events, which enabled the investigation of flash floods. Based on the monitoring results, the volume, shape and*

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi tanársegéd, [koch.daniel@uni-nke.hu](mailto:koch.daniel@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-0944-1828

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, tudományos segédmunkatárs, [schneck.tamas@vituki.eu](mailto:schneck.tamas@vituki.eu), ORCID: 0000-0001-8782-5539

<sup>3</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, má. főiskolai docens, [zsuffa.istvan@uni-nke.hu](mailto:zsuffa.istvan@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-1129-8397

*runoff time of rainfall generated flood waves have been determined. Conclusions drawn from our investigations have taken us closer to fully understanding runoff conditions on the selected catchment.*

**Keywords:** *climate change, flash flood, flood, catchment exploration, monitoring*

## Bevezetés

Az utóbbi évek tapasztalatai alapján kijelenthetjük, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek száma megnőtt, amelyet a globális klímaváltozásnak tulajdonítunk.<sup>4</sup> Sajnos ezek az időjárási extrémítások egyre gyakrabban érintik Magyarországot, így káros hatásaik által okozott problémákra megoldásokat kell találnunk.<sup>5</sup> Nagy folyóinkon már működnek az előrejelző rendszerek, gyors modellekkel le tudjuk képezni a várható vízállásokat több nappal az esemény bekövetkezése előtt. A kisebb hegy- és dombvidéki vízgyűjtők úgynevezett villámárvizeinek előrejelzése még meghaladja a képességeinket.<sup>6</sup> A hegy- és dombvidéki vízgyűjtők, illetve részvízgyűjtők nagy eséssel szabályozatlan, sok esetben ösmederrel rendelkező vízfolyásai, monitoring rendszer hiányában méretlen vízgyűjtők kategóriájába tartoznak.<sup>7</sup> A patakok árhullámainak időbeli alakulása, reakcióideje a csapadékeseményekre sok esetben ismeretlen. A monitoring rendszer hiánya mellett a komplex hidrológiai, hidraulikai, talajtani és egyéb folyamatok pontos ismeretének hiányát érdemes kiemelni. Ezek nélkül a modellezés, így az előrejelzés sem valósítható meg a kívánt biztonsággal. A vízgyűjtőn keletkező árhullámokat a méretlen vízgyűjtőkön csak expedíciós mérésekből ismerhetjük meg.

A kutatási területünk a Völgységi-pataknak jelentős vízhozamú és nagy esésű mellékága a Várvölgyi-patak. A patak vízgyűjtőjén található a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karának Lászlóffy Woldemár Hidrometriai mérőtelepe és egyben kutatási területe is. A felállított mérőcsapat 2018. július 19–26. közötti időszakban hajtott végre vízgyűjtőfeltárási munkákat a Völgységi-patak felső hegyvidéki vízgyűjtőjén. A kitzűzött programot néhány heves zivatar módosította, így lehetőségünk volt a csapadékeseményekből keletkező árhullámok megfigyelésére és folyamatos mérésére. Méréseink célja a Várvölgyi-patakon kialakuló árhullámok időbeli alakulásának és a vízállás-vízhozam összefüggés felállításának. A mért és feldolgozott adatokból következtetéseket vontunk le a vízgyűjtő tározási és lefolyási viszonyairól.

## A kutatási terület bemutatása

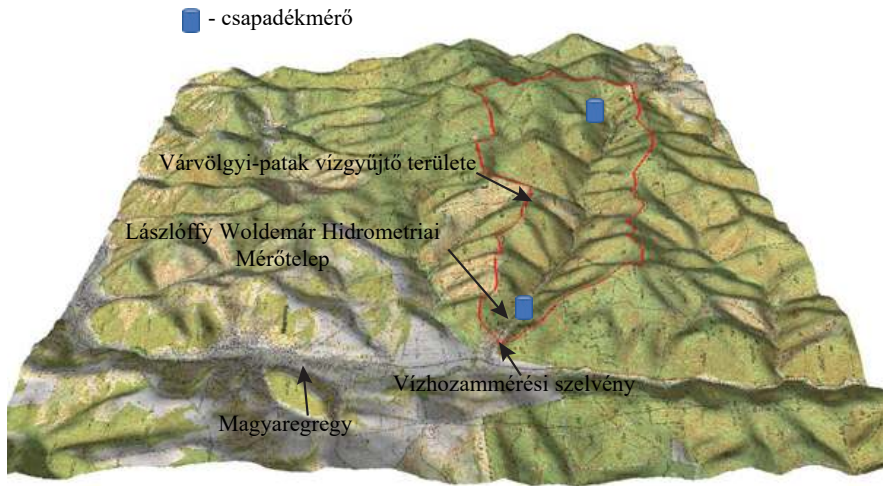
A Völgységi-patak a Kelet-Mecsekből Szászvár, Bonyhád érintésével a Sióba szállítja vizeit. A vízgyűjtő jelentős áradásokat képes produkálni, amelyek helyi vízkárokat okoznak a völgyben fekvő településeken és külterületi értékekben. A Magyarereggy felett található forrásvidéken a Völgységi-patak mellékágai közül a Várvölgyi-patak mondható a legjelentősebbnek.

<sup>4</sup> KUTI-FÖLDI 2012.

<sup>5</sup> KUTI-NAGY 2015.

<sup>6</sup> BALATONYI 2015.

<sup>7</sup> ZSUFFA 1997.



1. ábra. Várölgyi-patak vízgyűjtőterülete

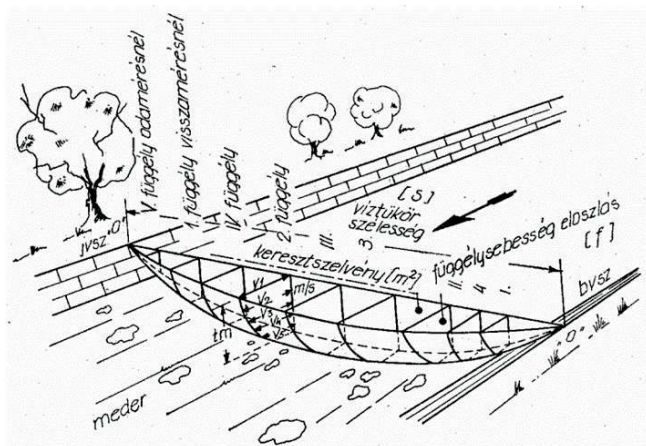
Forrás: a szerző szerkesztése

A Várölgyi-patak 4,76 km hosszú és 5,8 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtő területéről gyűjti össze a vizet. A patak forrásától a torkolatig 195,1 m szintkülönbséggel rendelkezik, így a vízfolyás esése közel 40,1%. Száraz időszakban sem szárad ki, tartós kisvize igen kicsi. Gravélius mutatója 1,518, a Horton mutató pedig 3,29. Jelentős mellékága a Somos-patak, amely 1,2 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtőjéről gyűjti a vizeket. A vízgyűjtő geológiai értelemben igen gazdag, sokféle kőzetből felépülő hegyláncok legérdekesebb része a mészkőrétegekben létrejött karszt képződmények. A felszínen az alapkőzetre rakodva a löszön középkötött agyag és agyagos vályog talajok találhatóak.<sup>8</sup>

## Anyag és módszer

Az árhullámok vízállás-vízhozam méréséhez a torkolat feletti 0+400 szelvényben választott burkolt mederszakaszt választottuk. A meder gondos kitakarítása után vízmércét telepítettünk és kialakítottuk a mérőszelvényt. A vízhozamot terület-sebesség elvén alapuló módszerrel határoztuk meg. A mérés alapelve, hogy a vízfolyás egy meghatározott szelvényében a vízhozamot annak a vízhozamtestnek a térfogata adja meg, amely a keresztmetszvény síkja, és az egyes sebességmérési pontokban felrakott mérőleges sebességkomponensek végpontjain átmenő felület határol.

<sup>8</sup> BEZDÁN 1995.



2. ábra. A vízhozammérés elvi vázlata

Forrás: SZIEBERT-TAMÁS 2015

A szelvényterületet azonos távolságokban végzett mélységmérésekkel határoztuk meg, a sebességet pedig forgóműves eszközzel mértük. A mérési pontok meghatározásához megfelelő számú és sorrendű függőlyt jelöltünk ki. A függőlyekben a vitorlaátmérő és a vízmélység függvényében határozzuk meg a mérés pontjait.

$$Q = \int_0^B f v dS = \int_0^B \int_0^M v dM dS,$$

ahol:

$Q$  – a vízfolyás vízhozama ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$f$  – a függőlysebesség-ábrák területe ( $\text{m}^2$ )

$S$  – a víztükör szélesség (m)

$v$  – a sebesség (m/s)

$M$  – a vízmélység (m)

$B$  – a szélesség (m)

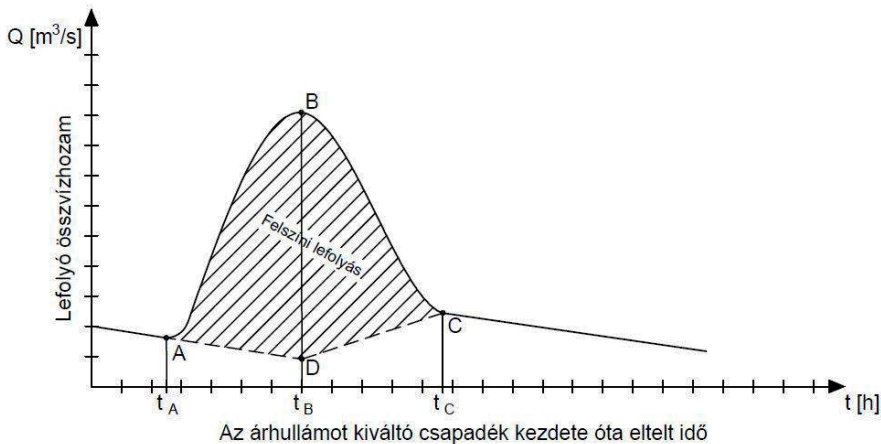
A sebességmérő műszer lényege, hogy az áramlását egy forgó résszel forgó mozgássá alakítjuk át, amelynek fordulatszama arányos a vízsebességgel. A fordulatszám és a vízsebesség kapcsolatát a hitelesítési görbe fejezi ki.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> STAROSOLSZKY–MUSZKALAY–BÖRZSÖNYI 1971; SZIEBERT–TAMÁS 2015.

Csapadékmérésre Helmann-rendszerű csapadékmérőket alkalmaztunk, amellyel az egymást követő csapadékesemények összegét mérik. A felfogó edény nyílása  $200 \text{ cm}^2$  a tároló palack  $70 \text{ mm}$  magasságú csapadék fogadására képes.<sup>10</sup> A csapadékesemény kezdetét és végét rögzítettük. A helyszínen két darab csapadékmérőt helyeztünk ki nyílt terepen, egyet a forrás és egyet a torkolat közelében.

### Árhullámok szeparálása

A csapadék egy része a felszínen lefolyik, másik része beszivárog a talajba. A talaj idővel telítetté válik és megindulnak a felszín közeli áramlási folyamatok, amelyek szintén táplálják a befogadó medret. Így egy vízfolyás vízhozamát, az alapvízhozamon kívül (amelyet a mélységi tároló rétegekből kifolyó víz biztosít), csapadékos időszakok alkalmával levonuló árhullámok esetén, a felszíni lefolyást kiegészíti egy felszín alatti hozzáfolyás is. Az árhullámok felszíni és felszín alatti vízhozamának szétválasztása az úgynevezett árhullám-szeparálási módszerekkel lehetséges. Az általunk alkalmazott módszer a vékony fedőréteggel és felszín közeli vízzáró réteggel rendelkező vízgyűjtőkre vonatkozik. Meghatározható a felszín alatti hozzáfolyás és a csapadékból közvetlenül lefolyt árhullám térfogata az ADC pontok összekötésével.<sup>11</sup>



3. ábra. Árhullámszeparáció elvi vázlata

*Forrás: a szerző szerkesztése KONTUR–KORIS–WINTER 1985 alapján*

<sup>10</sup> SZLÁVIK–SZIEBERT 2010.

<sup>11</sup> KONTUR–KORIS–WINTER 1985.

## Mérési eredmények

A 2018. július 21–23-ig tartó időszakban három méréssorozatra került sor. A csapadékeseményeket két helyszínen rögzítettük. A vízhozamméréseket a (torkolat közelében lévő) kijelölt szelvényben végeztük. Az első csapadékesemény 21-én 22 óra 25 perckor kezdődött, időtartama 5 óra 50 perc volt. Az első csapadékeseményt az 1. táblázat és ennek hatására kialakult vízállási idősort a 4. ábra mutatja.

1. táblázat. Az első csapadékesemény adatai

| Csapadékesemény adatai       | Torkolat közelében                 | Pásztor-forrásnál                    |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Csapadékösszeg [mm]:         | 35,7                               | 45                                   |
| Átlagos intenzitás [mm/h]:   | 9,2                                | 33,9                                 |
| Maximális intenzitás [mm/h]: | 19,5<br>(időtartam: 1 óra 12 perc) | 142,5<br>(időtartam: 8 perc, jégeső) |

Forrás: a szerző szerkesztése



4. ábra. Az első csapadékesemény hatására kialakult vízállási idősor

Forrás: a szerző szerkesztése

A második csapadékesemény 22-én 21 órakor kezdődött, időtartama 2 óra 47 perc volt. A második csapadékeseményt a 2. táblázat és ennek hatására kialakult vízállás idősort az 5. ábra mutatja.

2. táblázat. A második csapadékesemény adatai

| Csapadékesemény adatai:      | Torkolat közelében         | Pásztor-forrásnál |
|------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Csapadékösszeg [mm]:         | 19                         | 9,5               |
| Átlagos intenzitás [mm/h]:   | 7,6                        | 2,7               |
| Maximális intenzitás [mm/h]: | 15<br>(időtartam: 30 perc) | -                 |

Forrás: a szerző szerkesztése



5. ábra. A második csapadékesemény hatására kialakult vízállás idősor

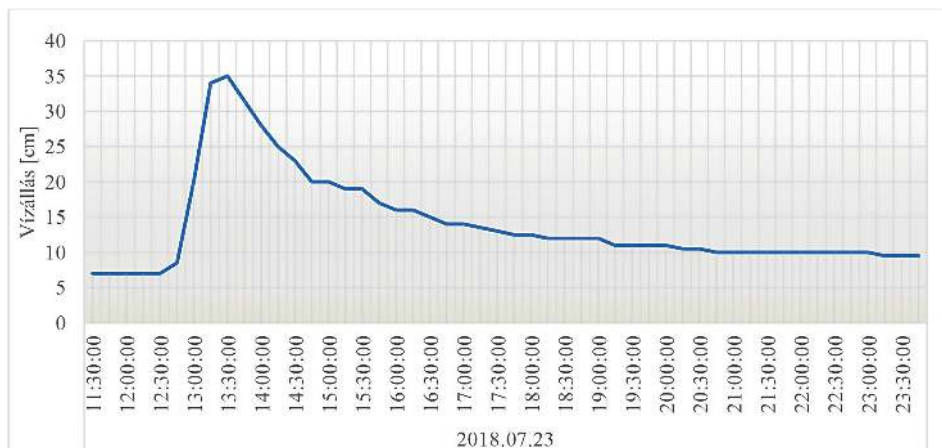
Forrás: a szerző szerkesztése

A harmadik csapadékesemény 23-án 12 óra 30 perckor kezdődött és 1 óra 29 percen keresztül tartott. A harmadik csapadékeseményt a 3. táblázat és annak hatására kialakult vízállás idősort a 6. ábra mutatja.

3. táblázat. A harmadik csapadékesemény adatai

| Csapadékesemény adatai:      | Torkolat közelében           | Pásztor-forrásnál |
|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Csapadékösszeg [mm]:         | 43,1                         | 11                |
| Átlagos intenzitás [mm/h]:   | 32,6                         | 7,9               |
| Maximális intenzitás [mm/h]: | 58,1<br>(időtartam: 29 perc) | -                 |

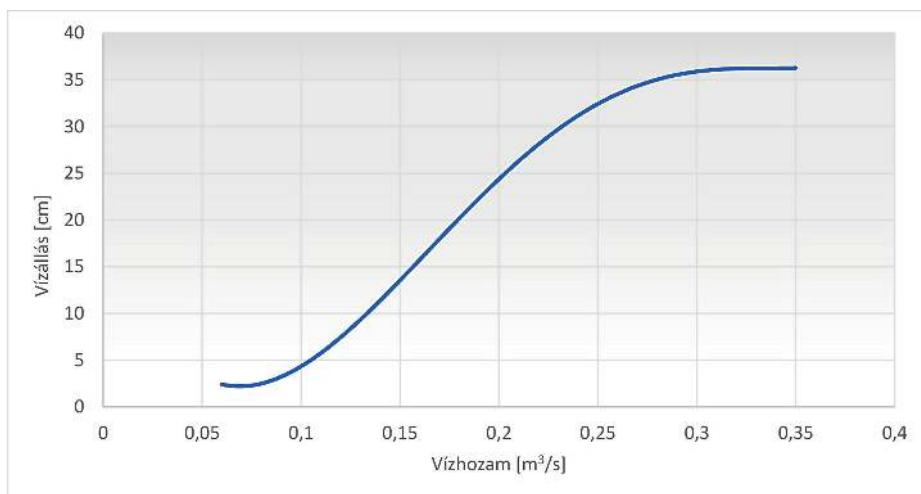
Forrás: a szerző szerkesztése



6. ábra. A harmadik csapadékesemény hatására kialakult vízállás idősor

Forrás: a szerző szerkesztése

A folyamatos vízhozam- és vízállásmérések az alábbi összefüggést adták a mérési szelvényben. Ennek segítségével a lefolyásra kerülő csapadéktömeget már jó közelítéssel megadhatjuk.



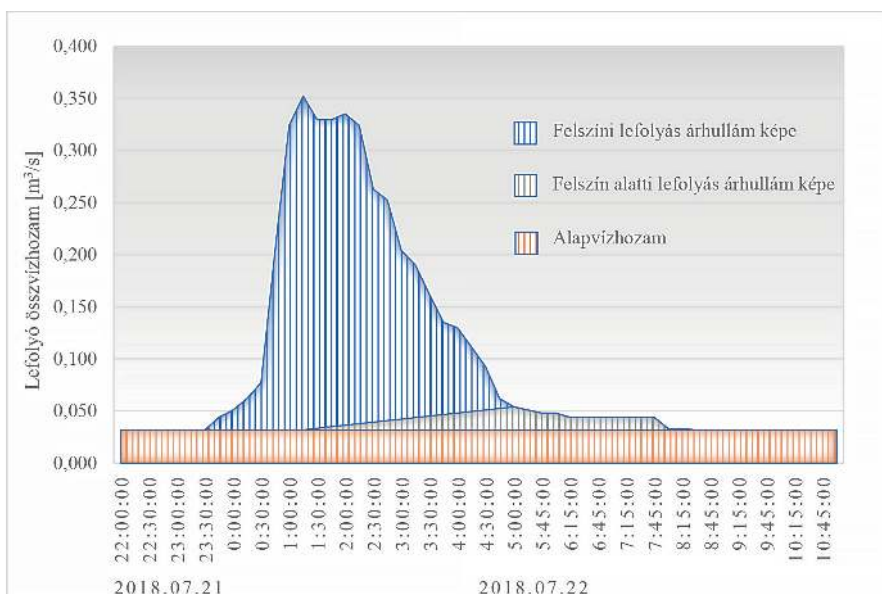
7. ábra. A felállított vízállás-vízhozam összefüggés a mérési szelvényben

Forrás: a szerző szerkesztése



## Az árhullámszeeparálás eredményei

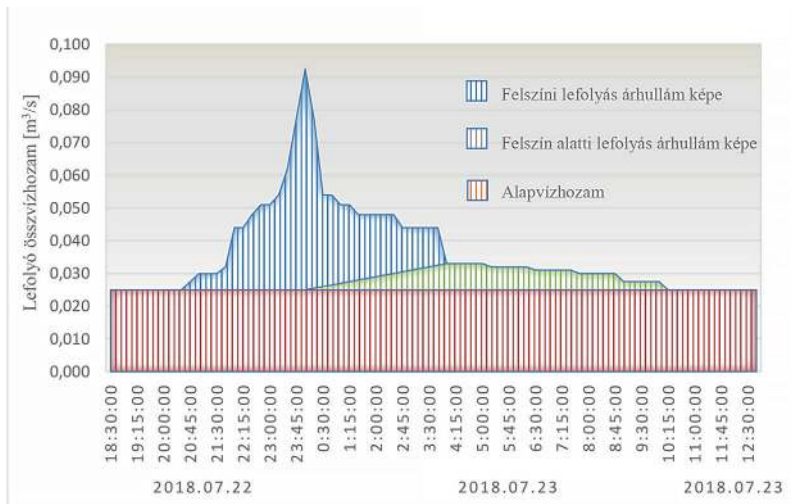
A felszíni lefolyásból 2888,4 m<sup>3</sup>, a felszín alatti hozzáfolyásból 1291,6 m<sup>3</sup> víztömeg vonult le 9 óra 45 perc alatt. Ez összesen 4180 m<sup>3</sup> árhullámtérfogatot jelent. A 0,032 m<sup>3</sup>/s alapvízhozammal összesen 5159 m<sup>3</sup> víz folyt le a vizsgált szelvényben közel 10 óra alatt. A vízgyűjtőre hulló csapadék térfogata az egyes csapadékmérőkhöz tartozó terület súlyozásával 240 220 m<sup>3</sup> volt. Ez az jelenti, hogy a növényzet felületén történő tározásra/intercepcióra, mélységi tározásra, felszíni tározásra közel 236 040 m<sup>3</sup> használódott el, amely a lehullott csapadék közel 98%-át jelenti.



8. ábra. Az első árhullám szeparálása

*Forrás: a szerző szerkesztése*

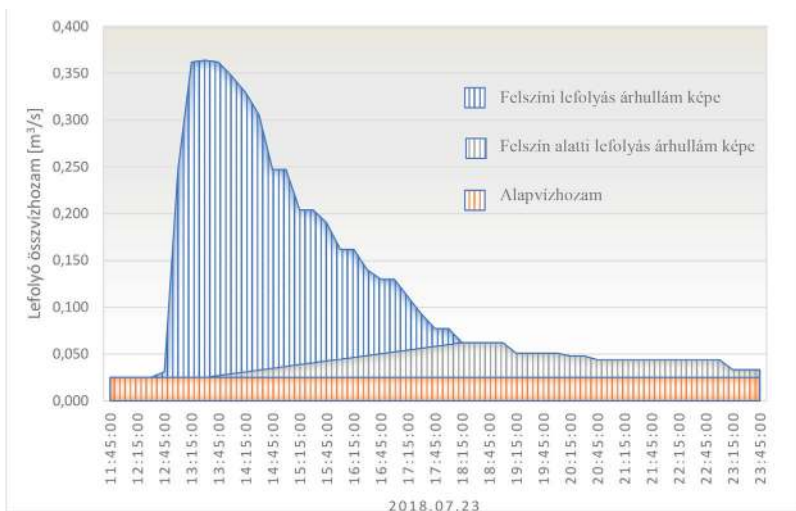
A második árhullámot kiváltó csapadék területi átlagolással 76 766 m<sup>3</sup>-re tehető. A teljes lefolyás a vizsgált szelvényben 2103 m<sup>3</sup> volt 13 óra 45 perc alatt. Az árhullám tömege 754 m<sup>3</sup>, amelyből a felszín alatti 182 m<sup>3</sup>, a felszíni folyamatok 572 m<sup>3</sup>-t tettek ki. Tározódásra 76 012 m<sup>3</sup> került, amely a lehullott csapadéktömeg 99%-át jelenti.



9. ábra. A második árhullám szeparálása

Forrás: a szerző szerkesztése

A harmadik árhullám 136 016 m<sup>3</sup> vízgyűjtőre hullott csapadékból keletkezett. A lefolyt teljes víztömeg 6216 m<sup>3</sup> volt, 25 óra alatt. A levonult árhullám teljes tömege 4237 m<sup>3</sup>, az árhullám szeparálása alapján közvetlen felszíni lefolyásból 3275 m<sup>3</sup>, még felszín alól 961 m<sup>3</sup> származott. Tározásra 131 779 m<sup>3</sup> jutott, ami a csapadéktömeg közel 97%-át jelenti.



10. ábra. A harmadik árhullám szeparálása

Forrás: a szerző szerkesztése

## Összefoglalás

A területen végzett expedíciós méréseinkkel sikerül néhány nyári csapadékjelenség hatását megvizsgálni a Várvölgyi-patak vízgyűjtőjén. Általánosságban megállapítható, hogy a patak esőzésre gyorsan reagál és elég nagy árhullámokat képes produkálni. A vízgyűjtő viszonylag hosszan ürül ki. Megállapítottuk, hogy a lehullott csapadékból nagyságrenddel kisebb árhullámtömeg vonul le. Minél nagyobb és tartósabb a csapadék intenzitása, annál nagyobb az abból keletkező árhullámtömeg. Méréseinkből látszik, hogy a hosszan elnyúló, összességében nagy csapadékmennyiséget adó csapadékesemény kevésbé veszélyes az árhullámok kialakulása szempontjából.

4. táblázat. Árhullámok időparaméterei

| Esemény | Csapadék-hullás időtartama | Csapadékmennyiség súlyozott átlaga (mm) | T késleltési idő | Összegyűlekezési idő | Áradás időtartama | Apadás időtartama | Levonulási idő    |
|---------|----------------------------|---|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1.      | 5 óra<br>50 perc           | 41,9                                    | 1 óra<br>20 perc | 2 óra<br>50 perc     | 1 óra<br>30 perc  | 8 óra<br>15 perc  | 9 óra<br>45 perc  |
| 2.      | 2 óra<br>47 perc           | 14,8                                    | 45 perc          | 2 óra<br>50 perc     | 2 óra<br>15 perc  | 11 óra<br>30 perc | 13 óra<br>45 perc |
| 3.      | 1 óra<br>29 perc           | 33,8                                    | < 30 perc        | 1 óra<br>30 perc     | 1 óra             | 24 óra            | 25 óra            |

Forrás: a szerző szerkesztése

Az árhullám-szeparálás segítségével a felszín alatti lefolyási folyamatokat sikerült számszerűsíteni. Megvizsgálva a területre hulló csapadékmennyiséget és az abból keletkező lefolyást, kiderült, hogy a tározódási folyamatoknak fontos szerepe van vízgyűjtőn.

A felállított vízhozam-vízállás összefüggés a mérési szelvényben és a megszerzett tapasztalat segíti a későbbi vízgyűjtőfeltárási munkákat. Így a jövőben kialakuló árhullámok vizsgálatához közelebb kerültünk.

## Felhasznált irodalom

- BALATONYI László (2015): Árvízhozam előrejelzés optimalizálása középhegységi és dombvidéki kis-vízgyűjtőkre. Doktori értekezés. Pécs, Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola. Elérhető: [http://old.foldrajz.ttk.pte.hu/phd/phdkoord/nv/disszert/disszertacio\\_balatonyi.pdf](http://old.foldrajz.ttk.pte.hu/phd/phdkoord/nv/disszert/disszertacio_balatonyi.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 23.)
- BEZDÁN Mária (1995): *Vízgyűjtő terület föltáráására alapozott terepgyakorlat lebonyolítási rendjének kidolgozása*. Diplomaterv. Budapest, Budapesti Műszaki Egyetem.
- KONTUR István – KORIS Kálmán – WINTER János (1985): *Hidrológiai számítások. I. kötet*. Budapest, Tankönyvkiadó.

- KUTI Rajmund – FÖLDI László (2012): Extreme weather phenomena, improvement of preparedness. *Hadmérnök*, 7. évf. 3. sz. 60–65. Elérhető: [http://hadmernok.hu/2012\\_3\\_kuti\\_foldi.pdf](http://hadmernok.hu/2012_3_kuti_foldi.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 23.)
- KUTI Rajmund – NAGY Ágnes (2015): Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. *AARMS*, 14. évf. 4. sz. 299–305.
- STAROSOLSZKY Ödön – MUSZKALAY László – BÖRZSÖNYI András (1971): *Vízhozammérés*. Budapest, VÍZDOK.
- SZIEBERT János – TAMÁS Enikő Anna (2015): *Hidrometriai mérőgyakorlat*. E-learning tananyag.
- SZLÁVIK Lajos – SZIEBERT János (2010): *Hidrológia és Meteorológia*. Főiskolai jegyzet. Baja.
- ZSUFFA István (1997): *Műszaki hidrológia II*. Budapest, Műegyetemi Kiadó.

Kovács Gergely<sup>1</sup> – Hornyacsek Júlia<sup>2</sup>

# Korszerű oktatási eszközök és módszerek alkalmazása a polgári védelmi felkészítésben

## Application of Modern Education Tools and Methods in Preparation for Civil Protection

*Napjainkban egyre többször hallunk azokról a kihívásokról, amelyek a következő évtizedben várnak ránk. A természeti katasztrófák, a migráció, a negyedik ipari forradalom, a felgyorsult világ, az óriási ütemben digitalizálódó mindennapok olyan változó környezetet teremtenek, amelyben a veszélyekkel szembeni reziliencia alapfeltétele a túlélésnek. A lakosság e területeken felmerülő kihívásokra adott válasza egyenes arányban van a rendelkezésükre álló tudásukkal, illetve a korábban elsajátított képességeikkel. A védelmi és reagálási képesség egyik alapvető feltétele a polgári védelmi felkészítés keretében folyó környezet védelmére való felkészítés. Ahhoz, hogy a jövőben a védelmi ismereteket közvetítő oktatási és képzési, valamint felkészítési rendszerek hatékonyak legyenek, elengedhetetlen olyan új módszerek és oktatási formák kutatása, amelyek megfelelnek az új kihívásoknak és a felkészítendő célcsoportoknak. A cikkben a szerző vizsgálja, hogy a modern digitális eszközök, és a korszerű képzési módszerek hogyan alkalmazhatók a veszélyhelyzeti felkészítésre és a környezet védelmével összefüggő ismeretek közvetítésére.*

**Kulcsszavak:** *veszélyhelyzet, lakosságfelkészítés, mesterséges intelligencia, játékosítás, gamifikáció, felnőttképzés, e-learning*

*These days, there is more and more discussion about the challenges that we will be facing in the next decades. Natural disasters, migration, the fourth industrial revolution, fast-paced world and the rapidly digitalised everyday events are creating a changing environment, where resilience is a consistent part*

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: [kovacs.gergely@uni-nke.hu](mailto:kovacs.gergely@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-1995-394X

<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem egyetemi docens, e-mail: [hornyacsek.julia@uni-nke.hu](mailto:hornyacsek.julia@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0002-2441-7383

*of our lives. The reaction of the civilians to the challenges arising in these areas is in correlation with their general knowledge and pre-acquired abilities. One of the basic conditions of the ability to be defensive and responsive regarding environmental protection is constant education and knowledge augmentation within the preparation of civil protection. In order to verify that these academic and educational systems are up-to-date and efficient in the future, it is essential to research new methods as this is how we can ensure that andragogy can be efficient, progressive and sustainable in the long term. The author of this article examines modern digital devices, innovative educational methods and their use from the perspective of disaster management regarding the preparation of environmental protection.*

**Keywords:** *emergency situations, preparation of the population for the disasters, artificial intelligence, gamification, andragogy, e-learning*

## Bevezetés

A körülöttünk lévő veszélyek ismerete létfontosságú napjainkban, de hasonló jelentőséggel bír a környezet védelmére való felkészítés is. Egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy nem elegendő csak a katasztrófákra vagy csak a környezet védelmére, esetleg a honvédelmi ismeretekre való felkészítés, hanem az ezeket komplexitásukban közvetítő polgári védelmi felkészítést célszerű fejleszteni. Az igazán hatékony felkészítés a gyermekkorban kezdődik, és egy életen át tartó tanulást jelent, de az elmúlt évek felkészítési gyakorlata nem hozott átütő eredményeket, ezért a felnőttek felkészítésére is nagy hangsúlyt kell fektetni, hiszen ezeket az ismereteket nem sajátították el gyermekkorban. A lakosság önvédelmi képességének növelésében, a veszélyekre való felkészítésében a felnőttképzés az egyik legnagyobb kihívás, de egyben lehetőség is. Fel kell készítenünk a felnőtteket arra, hogy a gyorsan változó világunkban és környezetünkben a különböző katasztrófákra, problémákra és kihívásokra hatékonyan legyenek képesek reagálni, és ismerjék a környezetük veszélyeinek és védelmének lehetőségeit.

Különösen igaz ez a védelmi szervezetek állományára, és a védelemben bevont civil állampolgárokra, hiszen nekik egy rendkívüli helyzetben önmaguk mentésén túlmenően a természetes és épített környezet és embertársaik mentésére is képesnek kell lenniük. Mivel hazánkban a védelmi feladatok ellátásába köteles polgári védelmi szervezetekbe sorolva, bevonják a civil állampolgárokat is, az ő felkészítésük is nagy kihívás. Napjainkra több mint százezerre tehető a polgári védelmi szervezetekbe beosztott állomány létszáma, így beláthatjuk, hogy ennek a lakosságcsoportnak a felkészítése rengeteg erőforrást igényel. A helyzetet árnyalja, hogy a következő évtizedben nemcsak hasznosítható tudást, hanem felhasználási metódust, szemléletmódot is kell közvetíteni a felnőttek számára ezen a téren, amelynek elsajátításához motiválnak és elkötelezettnek kell lenniük. Nagyon fontos és jelentős ezért, hogy a felkészítéshez felhasznált eszközök és módszerek korszerűek és hatékonyak legyenek, és megfeleljenek a célcsoport elvárásainak, az élethelyzetüknek, továbbá kellően motiválják őket az ismeretek elsajátítására. A felnőttképzés és felkészítés egyik legfontosabb alapja továbbá a költséghatékonyosság, hiszen a cél a minőségi tudás átadása mellett, az erre fordítható, adott költségvetési keret tartása, vagyis a gazdaságosság is kiemelt szereppel bír.

A korszerű oktatási modellek alkalmazása ezért óriási jelentőséggel bír egy ilyen területen. Az újfajta képzési módszerek és modern eszközök segítségével könnyebben alakítható ki készlet, pozitív viszony az új dolgok megismeréséhez, megtanulásához, alkalmazásukhoz. A digitalizálódás előtérbe kerülése lehetővé teszi azt is, hogy az elkövetkező években a védelmi célú oktatásban és a nevelésben, de a felkészítésben is, nagyobb teret kapjanak a digitális, modern megoldások, e-learning rendszerek és olyan motivációs modellek, mint például a „gamification”<sup>3</sup>. Az e-learning oktatási forma például – amely egyre elterjedtebb – hatékony eszköz lehet a felnőttképzés ezen kihívásainak kezelésére, mivel motivál és segíti a felnőtteket az aktuális életükhöz alakítani a tanulásukat. Felmerül a kérdés, hogy az e-learning, mint felkészítési forma, és a korszerű digitális eszközök hogyan és milyen módon alkalmazhatók ebben a kérdéskörben. A témával foglalkozó kutatások és jogszabályok,<sup>4</sup> átfogó képet adnak a veszélyhelyzeti felkészítési tartalmakról, célcsoportokról, de kevés kutatás köti össze a modern eszközök és a veszélyhelyzeti és környezetvédelmi felkészítés követelményeit a korszerű eszközök alkalmazásának lehetőségeivel.

Ebben a kutatásban célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a hazai és nemzetközi e-learning módszereket és a digitális oktatási eszközök felhasználási lehetőségeit a védelmi célú felkészítésben. Elemezzük a digitális oktatási eszközök (koncentrálva a VR<sup>5</sup> és a gamification megoldásokra) alkalmazási lehetőségeit az oktatásban. A vizsgálat alapja a témához köthető jogszabályok és egyéb szabályozók (például oktatási stratégiák), tanulmányok, elemzések, cikkek feldolgozása és értékelése. A következtetések levonásához a különböző hazai konferenciákon és más rendezvényeken elhangzottakra is támaszkodunk, illetve a kérdéskörben publikált tudományos munkákra. Ezen túlmenően felhasználtuk a témával kapcsolatos saját tapasztalatokat.<sup>6</sup> Vizsgáltuk és összehasonlítottuk a hagyományos oktatási módszereket, elemeztük a modern e-learning és digitális eszközök hatékonyságát a felhasználók véleménye alapján. Összehasonlítottuk a jelenlegi kutatások tükrében az *e-learning* rendszer és a *gamification* módszer motivációs erejét a hagyományos képzési módszerekkel szemben.

A feldolgozás alatt a területi korlátok miatt nem vizsgáltuk mélyebben a felnőttképzés és az e-learning azon lehetőségeit, amelyek nem a védelmi területhez és a témához kapcsolódnak.

Ezenkívül – bár fontos szerepük van a katasztrófák bekövetkezése esetén – nem elemeztük a témához kapcsolódó új digitális megoldásokat, mint például az applikációkat, az okoseszközöket és az IoT<sup>7</sup>-lehetőségeket sem, mert ezek egy további kutatás tárgyát képezik.

<sup>3</sup> Gamification – játékosítás.

<sup>4</sup> BONNYAI 2014, 62–91.; VERESNÉ HORNACSEK 2004; VERESNÉ HORNACSEK 2005, 118.; ENDRÓDI 2007, 16–24.; 1221/2016. (V. 2.) Korm. határozat a védelmi felkészítés egyes kérdéseiről; 1462/2017. (VII. 25.) Korm. határozat a védelmi felkészítés egyes kérdéseiről.

<sup>5</sup> VR: virtual reality – virtuális valóság.

<sup>6</sup> Hornyacsek Júlia a munkaköre kapcsán a lakosság veszélyhelyzeti felkészítésében, Kovács Gergely a környezetvédelmi felkészítésben szerzett gyakorlatot és tapasztalatot az elmúlt években.

<sup>7</sup> „Dolgok internete”: Az „Internet of Things”, vagy rövidítve „IoT” magyarul a „dolgok (tárgyak) internete”, amellyel a mindennapjainkban használt eszközök (például háztartási gépek, autók, mérőórák, pénztárgépek stb.), az interneten keresztül is elérhetők, és képesek egymással akár önállóan is kommunikálni. Forrás: Digitalhungary konferencia (2018)

## A biztonságunkat fenyegető veszélyek és Magyarország katasztrófaveszélyeztetettsége

Egy ország biztonsága, vagyis védettségi szintje és védekezési képessége olyan tőke, amely a gazdasági és egyéb mutatókkal együtt meghatározza az adott ország nemzetközi értékelését, élhetőségi szintjét, és ezáltal például a befektetési potenciálját is.

Ahhoz, hogy a biztonsági mutató javuljon és folyamatosan legalább szinten maradjon, a védelem komplex rendszerének is folyamatos megújulásra van szüksége, többek között alkalmazkodnia kell az évről évre változó veszélyekhez, biztonsági kockázatokhoz, valamint a társadalom és a technológia felgyorsult változásaihoz. A szakmailag jól képzett védelmi állomány mellett, e rendszer alappillére a felkészült állampolgár. A védekezés lehetőségeinek és módszereinek amúgy is gazdag eszköztárát a tudomány, különösen a digitális technológia fejlődése újabb és újabb lehetőségekkel bővíti, amelyhez a védelem rendszerének is szükséges alkalmazkodnia. A lakosságot több veszély is fenyegeti, amelyek feltérképezése nagyon fontos annak érdekében, hogy megfelelő túlélési technikákat lehessen kialakítani. A veszélyeztető tényezők között leggyakrabban a katasztrófákkal szembesül a lakosság, ezért ezeket foglaljuk össze.

Magyarország katasztrófaveszélyeztetettsége a világ többi országához képest közepes szintű. Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság honlapja szerint a Magyarországon jelenleg szóba jöhető veszélyek, katasztrófatípusok két fő csoportba sorolhatók: a természeti, illetve a civilizációs eredetű veszélyek csoportjába. Mindkettőn belül számos további veszély azonosítható be, ezeket az 1. ábra szemlélteti.<sup>8</sup>

### 1. Természeti eredetű veszélyek

- Hidrológiai
  - Árvíz
  - Belvíz
  - Hirtelen áradat
- Geológiai
  - Földrengés
  - Földcsuszamlás
- Meteorológiai
  - Szélviharok
  - Aszály
  - Hőség
  - Rendkívüli hideg
  - Téli veszélyek
  - Heves zivatar
  - Tornádó

### 2. Civilizációs eredetű veszélyek

- Nukleáris baleset
- Vegyi baleset
- Közlekedési balesetek – Veszélyes anyagok szállítása
- Közlekedési balesetek
- Járványok
- Tűzesetek
  - Tűz
  - Erdőtűz
  - Épülettűz
  - Szabadtéri tűz
- Tömegrendezvények veszélyei
- Biológiai veszélyek
  - Szúnyoginvázió
  - Méhrajbefogók országos listája

1. ábra. Magyarországon jelenleg szóba jöhető veszélyek, katasztrófatípusok

Forrás: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság\\_kattipus](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakosság_kattipus) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

<sup>8</sup> ÜVEGES 2002, 10–12., 23.



Bár hazánkban a természeti katasztrófák, ezen belül is leginkább az árvíz a legjelentősebb veszélytényező, az utóbbi évek egész világot megmozgató környezeti változásai és társadalmi-politikai jelenségei Magyarországot sem hagyják érintetlenül, így a védekezési rendszer új, vagy eddig kevésbé hangsúlyos aspektusaira terelik a figyelmet. Az egyik ilyen – kevésbé újkeletű, de egyre fenyegetőbb a globális kihívás a klímaváltozás, amely Marsai Viktor nemrégiben megjelent elemzése szerint „önmagában nem, vagy csak ritkán okoz – legalábbis jelenleg – nagyobb közösségeket megrázó társadalmi és politikai kataklizmákat, kétségtelenül felerősíti a meglévő válságokat, feszültségeket”,<sup>9</sup> ugyanakkor a mindennapjaink részévé vált. Ahogy a tanulmány kifejti, a klímaváltozás által jelenleg leginkább sújtott földrész Afrika. Itt az aszály, a természeti és mezőgazdasági erőforrások csökkenése és szűkössége, valamint az ezt még inkább felerősítő túlnépesedés okoz problémát. Így közvetve a klímaváltozás kétségtelenül elmélyíti a már meglévő társadalmi-politikai feszültségeket, fokozza a fegyveres konfliktusok lehetőségét vagy jelentős tényezőként járul hozzá azok kirobbanásához és feléledéséhez. A természeti eredetű veszélytényezőt tehát ezekben az összefüggésekben vizsgálva máris biztonságpolitikai tényezőnek kell tekinteni. Ha a további hatásait kutatjuk, akkor a migráció és a terrorizmusveszély jelenségeihez érve az is világossá válik, hogy itt nemcsak egy földrajzilag elszigetelt, hazánkat csak esetleges távoli kihatásaiban érintő változásról van szó. A migráció egészségügyi kockázatot is jelent, hiszen a rossz körülmények közül érkező bevándorlók érkezése a betegségek, járványok terjedésének veszélyét is magával hozhatja. A fenti tényezőkön túlmenően, több olyan veszély is van, amelyekkel szembe kell néznünk. Ezeket a Nemzeti Biztonsági Stratégia is nevesíti.<sup>10</sup> A stratégiában a veszélyek elleni védelem eszközeit is megtaláljuk, és minden ezzel kapcsolatos dokumentum azt hangsúlyozza, hogy a lakosságnak felkészültnek kell lennie a veszélyekre, és képesnek kell lennie az alapvető önmentésre is. A veszélyek sokrétűségéből adódik, hogy az ellenük való küzdelem, és adott esetben a túlélés is sokrétű ismereteket kíván. Ebből következően e témában az átfogó megközelítés szellemében a komplex ismeretek közvetítése a célra vezető. Az oktatási rendszerünkben a különböző tantárgyak keretében elszórtan lehetőség van ezeket az ismereteket megtárgyalni, de elmélyítésre, illetve átfogó ismeretek átadására a hazai gyakorlatban a polgári védelmi felkészítés rendszere képes. Vizsgáljuk meg a polgári védelmi felkészítés kérdéskörét!

## A polgári védelem lakosság felkészítésével és képzéssel kapcsolatos feladatai

A jelenleg hatályos törvény szerint a polgári védelem egy „olyan ösztársadalmi feladat-, eszköz- és intézkedési rendszer, amelynek célja katasztrófa, illetve fegyveres összeütközés esetén a lakosság életének megóvása, az életben maradás feltételeinek biztosítása, valamint a lakosság felkészítése azok hatásainak leküzdése és a túlélés feltételeinek megteremtése érdekében”.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> MARSAI 2018, 2.

<sup>10</sup> 1035/2012. (II. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

<sup>11</sup> 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.

A fogalomból is látszik, hogy a felkészítésnek mind a békeidőszaki veszélyekre, például katasztrófákra, mind a háborús veszélyekre ki kell terjednie.

Ahhoz, hogy a polgári védelem megfelelően szolgálja az állampolgárok és anyagi javaik védelmét és megfelelő választ tudjon adni az első fejezetben leírt problémákra vagy azok egy részére, nemcsak az államnak, hanem az állampolgároknak maguknak is közre kell működniük benne. Az ország lakosai tehát saját maguk is felelősek biztonságuk megteremtéséért. A hivatásos szervezetek egyik fontos feladata a lakosság felkészítése a különböző kihívásokra, de nemcsak a hivatásos védelmi szervek, hanem a védelmi igazgatás rendszerének minden szintjén is alapvető feladat a felkészítés.

A lakosság felkészítése keretén belül a lakosságot „a katasztrófa-küszöböt elérő és a katasztrófa-küszöböt el nem érő veszélyhelyzetekre készítik fel, itt olyan készségeket alakítanak ki bennük, melyek segítségével veszélyhelyzetekben sikeresen menthetik magukat, társaikat és az anyagi javukat. Ez a témakör magában foglalja a tűzvédelmi, a polgári védelmi, a katasztrófavédelmi és a katasztrófa-küszöböt el nem érő veszélyhelyzeti ismereteket egyaránt”.<sup>12</sup>

A lakosságfelkészítés elsősorban az úgynevezett megelőző időszaki felkészítés keretén belül zajlik. Ez azt jelenti, hogy a felkészítő tevékenységet a veszélyhelyzetet megelőző, prevenciós időszakban végzik. Ebben az időszakban az úgynevezett „vegyes” típusú felkészítési rendszer működik, amelyben a katasztrófavédelem hivatásos szervei mellett önkéntesek, civil szervezetek és a védelmi igazgatás különböző szintjei is részt vesznek a lakosság felkészítésében. A lakosságfelkészítő tevékenység koordinálását a polgármesterek és a védelmi bizottságok vezetői, a hivatásos szervek állományával együttműködve végzik. A tevékenység ismeretkövetítő, készségfejlesztő vagy vegyes típusú foglalkozásokon és gyakorlatokon folyik. A felkészítéshez ismeretterjesztő kiadványokat, tankönyveket, munkafüzeteket és egyéb hagyományos oktatási eszközöket is felhasználnak. Mivel a felkészítések munkaidőben zajlanak, napjainkban a legnagyobb kihívást a részvétel biztosítása jelenti.

Ahhoz, hogy a felkészítés folyamatának hatékonyságát vizsgáljuk, a fentiekén túl, rendkívül fontos figyelni a felkészítési célcsoportok különbözőségére, azaz a különböző földrajzi elhelyezkedésű, képzettségű, érdeklődési körű és veszélyeztetettségű emberek, illetve – ami a tanulmány szempontjából különösen döntő – az egyes korcsoportok is más-más módon, más eszközökkel érhetők el, és készíthetők fel hatékonyan a veszélyekre. Azaz a felkészítésben feltétlenül polarizálni kell a lakosságot és minden célcsoportnak a neki megfelelő módszerekkel és eszközökkel, de egyazon követelmények mentén kell közvetíteni a veszélyhelyzeti ismereteket. Ha azt vesszük figyelembe, hogy az iskolai oktatásból kikerülők iskola vagy tanfolyami keretekben való szervezett veszélyhelyzeti oktatásának megszervezése rendkívül nehézkes és költséges, akkor nem kérdéses, hogy bármilyen új oktatási forma, amelyet a felnőttek is elérhetnek, elmozdulást jelenthet ebben a kérdésben.

A hazai gyakorlatban jelenleg a honvédelmi, a rendvédelmi, és ezen belül a katasztrófavédelmi felkészítésben is részt vesznek a hivatásos szervek. Maga a tevékenység tervszerű, szervezett, és a fenti elvárásoknak megfelelő. Meg kell azonban jegyezni, hogy a felkészítő szervezetek állományának kapacitása véges, a fő feladataik mellett mellékfeladatként végzik,

<sup>12</sup> 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.

így a felkészítésben ez is korlátot jelent. További akadályozó tényező, hogy a felkészítendő állampolgárok eltérő munkarendben dolgoznak, így a felkészítéseken való részvételük nem mindig biztosított. Az elmúlt években e felkészítési eszközök fejlesztése sem szerepelt a védelmi kiadások prioritásai között. Felmerül a kérdés, hogy az e-learning képzési forma, és a modern informatikai eszközök beköthetők-e – és hogyan – a felkészítési rendszerbe, illetve a környezet-védelmi ismeretek közvetítésébe. Ehhez meg kell vizsgálnunk az e-learning jellemzőit.

## A felnőttképzés és az e-learning lehetőségei a lakosságfelkészítés területén

A lakosságfelkészítés komplex oktatási feladat: a polgári védelemben tevékenyen részt vevő állampolgárok és önkéntesek, a hivatásos katasztrófavédelmi szakemberek, valamint a „veszélyeztetettek” egyaránt érintettek benne, és az ismeretanyag és készségek különbözősége mellett más-más oktatási formát, rendszerességet igényelnek. Komplexitása folytán több más faktor mellett, hatással van rá az oktatás és ezzel összefüggésben a tanulás folyamatának és rendszerének változása, diverzifikálódása és fejlődése is. Kapcsolódik a felnőttképzés, a távoktatás, az e-learning területéhez is, amelyek természetesen egymással is kapcsolatban állnak.

A polgári védelmi feladatok végrehajtása, elsősorban a felnőtt lakosságot érinti, így a felkészítés főként rájuk vonatkozik, emiatt a felnőttoktatás, felnőttképzés területéhez kapcsolható.

A felnőttek továbbtanulásának, továbbképzésének egyik meghatározó sajátossága a közoktatási szférával szemben, hogy a munkaerőpiacra lépett felnőttek esetében a munkahelyi kötöttségek nehezítik a hagyományos oktatásban való részvételt. Így a felnőttoktatásban az e-learning révén térben és időben is rugalmasan, kényelmesen elsajátíthatók az ismeretek, és terjeszthető a tudás, ráadásul a hatékony, jó minőségű, de költséghatékony tanulási forma iránti kereslet napjainkra megnövekedett. Nem véletlen tehát, hogy az információs és kommunikációs technológiák (IKT) rohamos fejlődése során született viszonylag új – vagy ezek nyomán ugrásszerű fejlődésen átesett – oktatási lehetőségek, mint a nyitott képzés, a távoktatás, ezen belül az e-learning és az úgynevezett m-learning (mobile learning)<sup>13</sup> elsősorban a felsőoktatási és felnőttképzési formák között valósultak meg.

Ezek az oktatási formák és területek olyan igényekre születtek válaszként, amelyek egyúttal a polgári védelem lakosságfelkészítési kihívásai közt is felmerülnek. Az elektronikus távoktatás fő meghatározója a mai napig az eszközrendszere, hiszen ettől elektronikus. Magyarországon, akár a közép-kelet-európai régió többi országában, hátránnyal indult az információs társadalom kiépítése, és lassabban hódított teret az e-learning fogalma, de a fejlődés már Magyarországon is tapasztalható, még ha kicsit lassú is, és számos akadály áll is az útjába. A számítógépekhez

<sup>13</sup> Távoktatás (d-learning): hagyományos definíciója szerint olyan oktatási forma, amelyben a tanár és a diák között nagy a távolság, nem egy helyszínen vannak az oktatási folyamat során. A távoktatás ötvözheti vagy kizárólagos formában használhatja a hagyományos levelezést, az e-mailt, az egy- és kétirányú video-, illetve műholdas adásokat és az IKT-eszközöket.

E-learning: az IKT-eszközök által támogatott tanítás-tanulás.

M-learning: a távoktatás és e-learning legújabb fajtája, az egyén bárhol és bármikor tud permanens kábeles vagy hálózati kötöttségek nélkül tanulni, eszközei: laptop, noteszgép, tablet PC, PDA, mobiltelefon. Forrás: [www.sulinet.hu/ikt/docs/17\\_szakmacsoport/kozlekedes/kozlekedes\\_06.html](http://www.sulinet.hu/ikt/docs/17_szakmacsoport/kozlekedes/kozlekedes_06.html) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

és internethez még ma is jellemző a korlátozott hozzáférés, a megfelelő infrastruktúra hiánya, valamint az e-learning piac költségessége az e-learning elterjedését leginkább gátló gyakorlati tényezők. Külön odafigyelést igényel az e-learning programok bevezetése a katasztrófavédelem területén, mert itt nemcsak az elméleti tudás megszerzése a cél, hanem a gyakorlati tudás is elengedhetetlen ahhoz, hogy valaki a téma ismerőjévé váljon és alkalmazható tudást szerezzen.

A polgári védelmi felkészítés reformja, és az ehhez kapcsolódó folyamatok újratervezése az új katasztrófavédelmi igazgatás bevezetésével, a védelmi igazgatás rendszere és a honvédelmi ágazat átalakulásával már megkezdődött. A jogszabályi háttér megjelent, a katasztrófavédelmi felkészítés például a 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet VI. fejezet<sup>14</sup> szerint folyik.

A védelmi területen az állomány felkészítése egy szintén fontos kategória. Ezen a területen az e-learning képzés mindkettő formája jelen van. Létjogosultsága van az úgynevezett *szinkron* képzésnek is, ahol „a tanár és a tanuló egy időben van jelen az oktatási folyamatban”, azaz a hallgató bármikor kérdést tehet fel az oktatónak, amelyre azonnal választ kap. Továbbá jelen van az *aszinkron* képzés is „ahol a tanár és a tanuló időben és térben teljes elkülönül”,<sup>15</sup> azaz a hallgató önállóan és egyedül veszi át az ismereteket. Tekintve a védelmi szervek jelenlegi munkavállalói állományát, könnyen belátható, hogy az e-learning rendszerek bevezetése és folyamatos fejlesztése már a bevezetés pillanatában rendkívül sok előnnyel járt. Csökkenti a munkakieséssel járó napok számát, csökkenti a járulékos költségeket, mint például az utazás, szállás, étkezés költségét, nem beszélve arról, hogy az e-learning képzés esetén az oktatás helytől és időtől független. Az e-learning további előnyei között szerepel a tanárral vagy oktatóval való állandó és közvetlen, egyéni kapcsolat és a csoport többi tagjaival való együttműködési lehetőség.

A jövőben sok új módszer kipróbálására van még lehetőség mind a hivatásos állomány képzésében, mind a lakosság felkészítésében. Ez utóbbi ugyan nem képzés, hanem felkészítés, de az e-learning előnyei indokolttá teszik annak alkalmazását ebben is. Elmondhatjuk, hogy ezen a területen az e-learning lehetőséget ad a képzési költségek optimalizálására és csökkentésére, egyedül a beüzemelés igényel nagyobb kezdeti beruházást. A gazdaságosságon kívül az e-learning platformok lehetőséget adnak egyéni foglalkozás keretein belül is elsajátítani a tananyagot, ami növeli a részvételi hajlandóságot. A számítógép segítségével végzett egyéni tanulás pedig segíti a képzés hatékonyságát, mert saját haladási sebességgel, saját időzítéssel dolgozza fel a képzésben lévő tananyagot.

A környezetvédelmi felkészítés és ismeretterjesztés reneszánszát éli. Sok új program és lehetőség kínálkozik, de az e-learning alkalmazására még kevés próbálkozás van, pedig ezen a területen is jól alkalmazható lehet.

Felmerül a kérdés, hogy milyen előnyei vannak az új képzési formának, ezért az alábbi táblázatban a hagyományos képzési formát összehasonlítjuk az e-learning képzésével.

<sup>14</sup> 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól.

<sup>15</sup> LENGYEL 2007, 9., 21–23.

1. táblázat. Hagyományos és az e-learning oktatás összehasonlítása

|                    | Előnyök  | Hátrányok  |
|--------------------|--|--|
| Hagyományos képzés | Azonnali személyes visszajelzés, a tanulók személyes motiválási lehetősége; közösségi élmény, információáramlás.   | Oktatóközpontú, idő- és helyigényes, magasak a járulékos költségek, magas a tankönyvek előállításának költsége, kevésbé motiválók a hagyományos taneszközök, nem igényel nagy beruházást, lassabb bevésoedés.                              |
| E-learning képzés  | Az oktatáshoz kapcsolódó járulékos költségek alacsonyok (utazás, szállás, adminisztráció); a tanulás saját ütemben folytatható, gyors tudásátadás, a tartalom gyorsan és folyamatosan bővíthető; a tanulási folyamat nyomon követhető és a megszerzett tudás számonkérhető; izgalmas, újszerű élmények a digitális taneszközökön, játékos tanulás, gyorsabb és tartósabb bevésoedés. | Személytelenebb az oktatás; nincs tanulók közti interakció; a kezdeti beruházás és a tartalomfejlesztés költséges; nem ismert, ezért bizalmatlanság érezhető; előfordulhat információhiány; a mentornak új módszereket kell elsajátítania. |

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az iskolarendszerű oktatás módszertanában eltér a felkészítésektől, de az e-learning a védelmi felkészítéseken is jól alkalmazható lehet a polgári védelmi szervezetekbe beosztott állampolgároknál, és a felkészítésre önként vállalkozók esetében is. Az alkalmazás feltétele, hogy az adott személyek hosszabb időre kötődjenek a feladathoz, és legyenek hajlandók a hosszabb időt igénybe vevő felkészülésre. Részükre előre megküldhető az ismeretanyag, és idejük függvényében, a saját tempójukban folytathatják a felkészülést. Közben a mentorokkal való kapcsolattartás révén az esetleges elakadás megakadályozható. Ennek végén pedig következhet a begyakorlás és a gyakorlati ismeretek és az elméleti tudás összekötése, majd az ismeretek számonkérése.

Összességében megállapítható, hogy ugyan az e-learning az oktatásra kialakított ismeretnyújtási forma, de előnyeiből adódóan, létjogosultsága van a védelmi témájú felkészítéseken, így a polgári védelmi és a környezetvédelmi felkészítéseken is.

## Az új digitális megoldások bevonási lehetősége a katasztrófavédelmi felkészítésekre

A védelmi felkészítésben az érintettek motiválása fontos szempont. Erre számtalan jó megoldás van, de jó megoldást jelentenek az új digitális eszközök és módszerek is, ezért a következőkben ilyen korszerű eszközök és módszerek vizsgálatát végezzük el.

A felnőtteképzésben a digitális megoldások egyik nagy befutója lehet a *gamification*, azaz játékosítás. A játékosítás az élet különböző területein (például: tanulás, sport, munka, bevásárlás) a játékelemek és játékméchanizmusok alkalmazását jelenti. Brian Burke definíciójában már jól kitérünk ezen mechanizmus előnye az alkalmazott területen:

„A gamification az emberek – játékelemek és játékelmény digitális eszközeivel történő – motivációja és elkötelezettségének kialakítása céljaik eléréséhez.”<sup>16</sup>

A magyar kutatók közül Fromann Richárd gamifikáció-szakértő 2016-ban így fogalmazott: „A gamification a játékelményhez szükséges játékelemek, játékelemek és játékdinamikák alkalmazását jelenti az élet – játékon kívüli – területein azzal a céllal, hogy az adott folyamatokat érdekesebbé és hatékonyabbá tegye.”<sup>17</sup> Alapvető jellemzőiben rejlik az előnye:

- sajátos céltudatos tevékenység,
- önkéntes,
- szabadon választott,
- kellő komolysággal játsszák,
- örömmérzés kíséri,
- funkciógyakorlást jelent,
- kellemes élmények újraélését hozza,
- konfliktusérzésektől való szabadulást segíti.<sup>18</sup>

A módszert a környezetvédelmi ismeretek közvetítésére és a környezettudatos magatartás kialakítására is használni lehetne, mivel a környezetvédelmi oktatási tartalmak jól illeszthetők ebbe a formába.



2. ábra. Virtuális valóság földrengésszimuláció-játék Japánban, hasznos eszközök gyűjtése földrengés esetén

*Forrás: <https://virtualworld.co.kr/board/review/article/1685?exin=1> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)*

<sup>16</sup> BURKE 2014, 28.

<sup>17</sup> FROMANN 2016, 156.

<sup>18</sup> [www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/jatekpedagogia/32\\_a\\_jtk\\_fogalma\\_s\\_jellemzi.html](http://www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/jatekpedagogia/32_a_jtk_fogalma_s_jellemzi.html) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

A játékosítás nagyszerűen alkalmazható életünk számos területén, motiváló erővel bír, és lélekformáló lehet. A jutalom és elismerés utáni vágy minden emberben gyermekkor óta benne él. Jól elvégzett feladat után dicséret jár, és ez jó hatással van ránk. Korunk felnőttjei és gyermekei szeretnek játszani, ezért egy jól elkészített gamifikáció mind az üzleti életben, mind a védelmi felkészítés területén nagy segítséget nyújthat a felmerülő motivációs problémák megoldásában. Megfelelő jutalmazási módszerekkel ösztönözhetők vagyunk a hatékonyabb munkavégzésre, egy egészségesebb életre és tanulásra. Az egyetlen akadály, a kezdeti idegenedés leküzdése után a komoly témákban is nagyon hatékony az alkalmazása.

A virtuális valóság szimulációs oktatási módszer során a résztvevők egy eszköz segítségével a valóság olyan részleteit és úgy érzékelik, mintha valóban benne mozognának. A technológia úgy működik, hogy digitális technikával perceptuális élményt közvetítünk a résztvevők felé. A sztereoszkópia térlátási módszer modern változata, amikor számítógépes grafikával létrehozott átlátszó réteget készítenek, amely kiemeli a valóság bizonyos elemeit, illetve segíti a megértést. Speciális változata, amikor egy látványkopolába belépve a felhasználó egy félgömb alakú, teljes immerzivitást nyújtó térben találja magát.

Számos applikáció tölthető le okostelefonokra, amely sportos életmódra neveli korunk nemzedékét. Ilyen például a Nike applikációja, amely folyamatosan méri teljesítményünket, és jutalompontokat gyűjthetünk vele. Lépésszámláló, futást és kerékpározást mérők is letölthetők, amelyek értékelik, jutalmaznak például az egészséges élet érdekében megtett erőfeszítéseinket. Egyes játékokban a teljesítményünkkel nemcsak pontokat kapunk, hanem szinteket is ugorhatunk. Külön kiemelendő az ilyen megközelítés közösségformáló vagy -építő ereje is, ahol egy jól elkészített gamifikáció nagyban hozzájárul egy „feladat” közös megtanulásához és elsajátításához, ami később a területen nagyban javít a cél elérésének hatékonyságán. Az időtényező csak látszólagos akadály, mert a folyamat megismerése után gyors feladatvégzésre alkalmas a módszer.

A fentiekén kívül fontos szempont, hogy az X és Y generáció tagjai az egyre bővülő digitális világunkban nagyon otthonosan mozognak. Különböző applikációk, programok erőteljesebben ösztönzik őket a tanulásra, így náluk szinte elengedhetetlen a gamifikáció alkalmazása. A gamifikáció egyik jó példája Balog Fatime és Hornyacsek Júlia közös cikkében<sup>19</sup> említett „Monster Guard”<sup>20</sup> alkalmazás, ami a legfiatalabb generációt tanítja meg a legkülönbözőbb „katasztrófavédelmi” kihívások leküzdésére. A gyerekeknek szóló edukációs platformon kívül, jó példa a Japánban felnőttek képzését szolgáló földrengés-szimulátor is, ahol a jól teljesített feladatok és pályák után pontokat, kitüntetések gyűjthetünk, és érhetünk el ezáltal egyre magasabb rangot a játékban. Ez a példa nemcsak az alkalmazott játékosítás miatt érdekes, hanem a felhasznált Virtual Reality (továbbiakban: VR) azaz virtuális világ megoldási forma miatt is, továbbá a motivációs ereje révén.

<sup>19</sup> BALOG–HORNYACSEK 2016, 276.

<sup>20</sup> Monster Guard – Az első kimondottan katasztrófavédelemmel foglalkozó applikáció az amerikai vöröskereszt gondozásában. Elérhető: [www.redcross.org/monsterguard](http://www.redcross.org/monsterguard) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

A VR nagyban hozzájárulhat az oktatás hatékonyságának növeléséhez, és számos előnnyel rendelkezik a hagyományos oktatásban használt segédeszközökkel szemben. Az elmúlt években óriási figyelmet kapott mind a nagyvállalatok, mind a tudományos világ részéről a VR-technológia. Tanulmányok alapján a hallgatóság figyelmének és érdeklődésének felkeltésében nagyon nagy szerepe van a tananyagot interaktívan bemutató eszközöknek.<sup>21</sup>



3. ábra. VR-szemüveg és VR-oktatószoftver Ausztriában tűzoltási gyakorlat közben

Forrás: <https://vrscout.com/news/firefighter-helmet-save-lives-ar/> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

A VR-technológia felhasználása esetén nagyobb valószínűséggel sikerül fenntartani a folyamatos érdeklődést a résztvevőkben, és egyben az eszköz segít a tradicionális tanórák monotonitásának oldásában is. A hagyományos oktatásban használatos eszközökkel szemben a VR segítségével könnyebb lekötni a résztvevők teljes figyelmét, így az ezen a platformon átadott információ nagyobb arányban marad meg a tanulók fejében. Ez azért különösen fontos, mert napjainkban a diákokat és az embereket a korábbiaknál sokkal több inger éri, így rövidebb ideig tudnak koncentrálni egy adott témára, a motivációs küszöbük magassá válik, így nehéz ezt felülírni. Egy 2000 fős kanadai kutatás<sup>22</sup> szerint az átlagos emberi koncentráció az elmúlt 20 évben 12 másodpercről 8 másodpercre csökkent, ami 1 másodperccel kevesebb az aranyhal koncentrációs képességénél. Ezzel szemben az oktatásban résztvevőknek egy VR-ral támogatott oktatás során valós időben kell értelmezniük és megvizsgálniuk a tananyagot, így a VR-technológia azáltal, hogy aktív részvételre kényszeríti a felhasználókat, biztosítja a figyelem folyamatos lekötését. A VR-technológia (3–4. ábra) új megtapasztalható dimenziókat is kínál az oktatásban részt vevők számára a tananyagban belül azáltal, hogy ennek segítségével sokkal személyesebb

<sup>21</sup> FÄLLMAN 1999.

<sup>22</sup> WATSON 2015.



és részletesebb módon tanulhatják meg a tananyagot. A védelmi felkészítésben nagyon fontos a részletekben való elmélyülés. Az ismeretanyag könnyebb befogadásához, és az információk magasabb arányú rögzüléséhez az érzelmi kötődés nagyban hozzájárul, mert így az erősebb emlékeket eredményez.



4. ábra. Virtuális valóság földrengésszimuláció-játék Japánban

Forrás: <https://virtualworld.co.kr/board/review/article/1685?exin=1> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

Ezenkívül a VR-technológia segítségével sokkal szemléletesebben jeleníthető meg az oktatandó téma, így a résztvevők úgy érzik, hogy első kézből tapasztalják meg az információkat, és lehetőségük nyílik megélni az adott tananyagot ahelyett, hogy kizárólag a képzelőerejükre hagyatkoznának.<sup>23</sup>

Az elmúlt években számos vállalat használta fel a VR-technológiát annak érdekében, hogy a betanulás folyamatát hatékonyabbá és rövidebbé tegye. A UPS<sup>24</sup> például sofőrjei számára olyan képzést indított el, amely VR-technológia segítségével valóságghűen szimulálja a közutakon előforduló vészhelyzeteket, és azok észlelésére és azonosítására tanítja a képzésben résztvevőket.

A VR-technológia befogadhatóbbá teszi a képzési anyagot azáltal, hogy szimulálja a forgalomban való vezetés élményét. A UPS óriási lehetőségként tekint a VR-ra a biztonsági képzés terén, amely azon törekvését tükrözi, hogy a legújabb és legjobb műszaki megoldásokat felhasználva védje meg a forgalomban közlekedő kollégáit, és a többi utast.<sup>25</sup> A fentiekben leírtak

<sup>23</sup> HREHA 2014.

<sup>24</sup> UPS: United Parcel Service – amerikai nemzetközi szállító cég.

<sup>25</sup> <http://logisztika.com/a-ups-mostantol-virtualis-valosag-technologiaival-kepzi-soforjeit/> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

alapján elmondhatjuk, hogy a VR felhasználásával a felnőttek számára könnyebb megérteni és ezáltal megtanulni a tananyagot, valamint a magasabb fokú interakció révén a motivációt is nagyban növeli, azaz a védelmi felkészítésben is jól alkalmazható lehet.

Ezzel párhuzamosan napjainkban egyre szélesebb körben elérhető, amelyhez nagyban hozzájárult, hogy a technológia számára nélkülözhetetlen eszközök ára folyamatosan csökken. Külföldön számos oktatási intézmény már aktívan használja a szóban forgó technológiát, így a közeljövőben várható ezen eszköz elterjedése a képzési területen hazánkban is.

Ezek a fent bemutatott eszközök és módszerek jól alkalmazhatók a védelmi felkészítésben is, ahol az adott veszély szimulálása könnyebben megoldható általuk, valamint a figyelem fenntartása is eredményesebb lehet.

## Befejezés

Korunk információtechnológiai fejlődése, a digitalizáció gyors üteme, mindennemű kommunikáció szinte évről évre látható és érezhető változása egész környezetünket, társadalmunkat és gazdaságunkat is áthatja. Hatással van a gyártási technológiákra, a munkaerőpiacra, a fogyasztási szokásainkra, a politikára és a közéletre, befolyásolja a szabadidőnket, az emberi kapcsolatainkat és létünk még számtalan más, ha nem minden aspektusát. Természetes, hogy mindezekkel összefüggésben hatással van az ismeretek, a készségek elsajátításának és átadásának módjára, eszközeire, sőt tartalmára is, tehát bármilyen formában intézményesített, illetve szervezett oktatásra és képzésre is.

A globalizáció és a rohamosan felgyorsult információs változások korábban nem tapasztalt alkalmazkodást követelnek meg, mind tempóban, mind mértékben. Változik az oktatási folyamat minden résztvevője és minden eleme: tárgya, tartalma, eszközei, és változnak a diákok igényei, az oktatók lehetőségei is. A veszélyekre való felkészítésben az új veszélyek megjelenése mellett az oktatás és képzés átalakulása is elengedhetetlenné teszi, hogy folyamatosan, a korábbi stratégiákat és módszereket állandóan felülvizsgálva, újragondolva alkalmazkodjunk az aktuális kihívásokhoz és lehetőségekhez. A megjelenő új módszerek számos lehetőséget kínálnak a lakosság védelmi jellegű felkészítésében, így a polgári védelmi felkészítésben is.

A cikkben bemutatott példák rávilágítanak a lehetőségek rendkívül széles tárházára az e-learning alkalmazása esetén. Olyan lehetőségek adódnak a polgári védelem képzésén belül, aminek a jövőjét megjósolni nagyon nehéz, az azonban biztos, hogy az új e-learning módszerek és újszerű digitális eszközök nagyon nagy mértékben, pozitívan befolyásolhatják az oktatás, képzés, felkészítés eredményességét. A cikkben elemeztük az e-learning előnyeit, amelyek között számos olyan tulajdonságot találunk, ami a polgári védelmi felkészítés területén belül, valamint a környezet védelmére való felkészítésnél is fontos lehet. Ilyen az együttműködő tanulóközösségek, a gyorsan változtatható ismeretanyag lehetősége, a mérhető, valamint az adott veszélyeztetettséghez idomuló felkészítés, a gyors ellenőrzés, az azonnali visszacsatolás, az egyénenkénti testre szabható tananyag, a hatékony képzési erőforrás-elosztás, a folyamatos rendelkezésre állás, azaz az elérés, a nagy létszámú állampolgárok egyidejű felkészítése, a gyors és egységes számonkérés, a hatékony kommunikáció és a bármikor bárholnan elérhető ismeretanyag.

Emellett a modern e-learning rendszerek az oktatás korábbi modelljei helyett, a tanulási folyamatot, a felkészítendő egyén szükségleteit és képességeit helyezik a középpontba, ami azért is fontos, mert több felmérés bebizonyította, hogy ha nem a felkészítendőek érdekeit tekintjük elsődlegesnek, akkor a felkészítés hatékonysága jelentős mértékben romlik.

A cikkben bemutatott korszerű informatikai eszközök és új módszerek, mint például a gamifikáció az egész életen át tartó tanulásban való részvétel növelésének legjobb eszközei. Hiszen az e-learning esetén a siker nemcsak a felkészítési alkalmakhoz való hozzáférés javításától függ, hanem attól is, hogy mennyire sikerül az egyént érdekeltté tenni a tanulásban. A gamifikáció mint motivációs modell bemutatása mellett, példákkal ábráztuk a modern digitális VR-eszközök képzésen belüli felhasználási lehetőségeit. A bemutatott eszközök leírásából és a példákból jól kitérünk, hogy a polgári védelem felkészítési területén belül óriási potenciál van az ilyen eszközök felhasználásában. Ezen eszközök terepi, azaz éles gyakorlat nélkül tudnak olyan élményt nyújtani, így szimulációkat tesznek lehetővé, amelyek egy ilyen képzés esetén elengedhetetlenek, a valós életben viszont nehezen modellezhetők (földrengés, vegyi támadás stb.).

A kutatás és a téma feldolgozása alapján elmondható, hogy a polgári védelmi, azon belül a katasztrófavédelmi felkészítés területén a felkészítési reformok és az elkezdett fejlesztések nagyban befolyásolják a polgári védelmi szervezetekbe beosztottak, valamint a lakosság szélesebb körének felkészítési hatékonyságát és gazdaságosságát. Ehhez azonban folyamatosan korszerűsíteni kell a tananyagokat, a taneszközöket és módszereket, alkalmazva a bemutatott legújabb és a most még nem ismert újszerű megközelítéseket is. Fontos megjegyezni, hogy a cikk nem tér ki minden lehetőségre az e-learning területén, az adatok elérhetősége és a területi korlátok miatt pedig nem vizsgálta a polgári védelem összes képzési programját és részterületeit sem, hanem általában elemezte a lehetőségeket, ezért a részletek további kutatást igényelnek. Tekintve a téma fontosságát és szerepét az ország és lakosság védelmi képességének növelésében, mindenképpen hasznos lenne a téma további kutatása és egy speciális felkészítési forma kidolgozása a lakosság, valamint a polgári védelmi szervezetekbe beosztottak veszélyhelyzeti felkészítésére mind a tartalom, mind a helyszín és résztvevők vonatkozásában egyaránt.

## Felhasznált irodalom

- BALOG Fatime – HORNYACSEK Júlia (2016): A mobil kommunikációs eszközök megjelenése a lakosság-felkészítés feladatrendszerében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. évf. 2. sz. 267–281.
- BONNYAI Tünde (2014): *A kritikus infrastruktúra védelem elemzése a lakosságfelkészítés tükrében*. Doktori értekezés. Budapest, NKE. DOI: <https://doi.org/10.17625/NKE.2015.001>
- BURKE, Brian (2014): *Gamify: How Gamification Motivates People to Do Extraordinary Things*. New York, Routledge.
- ENDRŐDI István (2007): *Katasztrófaelhárításra felkészítő ismeretek*. Budapest, RTF.
- FÄLLMAN, Daniel (1999): *VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments*. Pedagógia konferencia. Umea, Umea University.
- FROMMANN, Richárd (2016): *Homo Ludens társadalmi küszöbén*. Doktori disszertáció. Budapest, ELTE.
- HREHA, Jason (2014): *Virtual reality is our savior a vision of the future of education*. Elérhető: <http://bigthink.com/wikimind/virtual-reality-is-our-savior-a-vision-of-the-future-of-education> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- LENGYEL Zsuzsanna Mária (2007): *E-learning: tanulás a világhálón keresztül*. Debrecen. DTE.

- MARSAI Viktor (2018): *A klímaváltozás, Afrika és a migráció*. Migrációkutató Intézet, Forrás: [www.migraciokutato.hu/hu/2018/02/26/a-klimavaltozas-afrika-es-a-migracio/](http://www.migraciokutato.hu/hu/2018/02/26/a-klimavaltozas-afrika-es-a-migracio/) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- ÜVEGES László (2002): *A Magyar Köztársaság katasztrófa-veszélyeztetettsége és az arra adandó válaszok*. Doktori értekezés. Budapest, ZMNE.
- VERESNÉ HORNYACSEK Júlia (2004): *Katasztrófavédelem és közoktatás. Új pedagógiai Szemle*, 54. évf. 1. sz. 114–121.
- VERESNÉ HORNYACSEK Júlia (2005): *A lakosság katasztrófavédelmi felkészítésének elméleti és gyakorlati kérdései*. PhD-dolgozat. Budapest, ZMNE.
- WATSON, Leon (2015): *Humans have shorter attention span than goldfish, thanks to smartphones*. Elérhető: [www.telegraph.co.uk/science/2016/03/12/humans-have-shorter-attention-span-than-goldfish-thanks-to-smart/](http://www.telegraph.co.uk/science/2016/03/12/humans-have-shorter-attention-span-than-goldfish-thanks-to-smart/) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

## Internetes források

- Az UPS mostantól virtuális valóság technikával képezi a sofőrjeit. Elérhető: <http://logisztika.com/a-ups-mostantol-virtualis-valosag-technologiaival-kepzi-soforjeit/> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- IKT a közlekedési szakmacsoport tantárgyainak komplex tanításában. Elérhető: [www.sulinet.hu/ikt/docs/17\\_szakmacsoport/kozlekedes/kozlekedes\\_06.html](http://www.sulinet.hu/ikt/docs/17_szakmacsoport/kozlekedes/kozlekedes_06.html) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- Earthquake Simulator VR. Elérhető: <https://virtualworld.co.kr/board/review/article/1685?exin=1> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- This AR Firefighter Helmet Will Save Lives. VRScout. Elérhető: <https://vrscout.com/news/firefighter-helmet-save-lives-ar/> (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- Játékpédagógia: A játék fogalma és jellemzői. Elérhető: [www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/Jatekpedagogia/32\\_a\\_jtk\\_fogalma\\_s\\_jellemzi.html](http://www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/Jatekpedagogia/32_a_jtk_fogalma_s_jellemzi.html) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)
- Monster Guard. American Redcross. Elérhető: [www.redcross.org/monsterguard](http://www.redcross.org/monsterguard) (A letöltés dátuma: 2018. 05. 12.)

## Jogforrások

- 1035/2012. (II. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról
- 1221/2016. (V. 2.) Korm. határozat a védelmi felkészítés egyes kérdéseiről
- 1462/2017. (VII. 25.) Korm. határozat a védelmi felkészítés egyes kérdéseiről
2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól

Dobó Kristóf<sup>1</sup>

# A hazai árvízvédelmi stratégia főbb irányai

## Main Directions of the Hungarian Flood Protection Strategy

*Egy ország árvízvédelmi stratégiájának megfogalmazása minden időben az adott ország műszaki-gazdasági-társadalmi viszonyaitól függ. Az árvízvédelemmel szemben megfogalmazott biztonsági követelmények kialakítását nagymértékben determinálja az ország teljesítőképessége és anyagi helyzete. Magyarországon jelenleg is érvényes, hogy a folyókon százévente előforduló árvizek legmagasabb levonulási szintje jelenti a biztonság alapját, a követelményeket ennek megfelelően kell kialakítani. Az államnak eddig a szintig kell szavatolnia az árvízi védekezés sikerességét. Az árvízvédelmi stratégiát is ehhez a szinthez alakította ki a vízügyi ágazat mint az elsőrendű fővédvonalak kezelője. Meg kell állapítani, hogy az elmúlt évtizedek gazdasági-társadalmi viszonyai és a klímaváltozásból adódó szélsőségek megnövekedése a stratégia többszöri változtatását eredményezte. Jelen cikkemben az árvízi védekezés és preventív árvízmegeelőzéshez tartozó stratégia megfogalmazásában történt változásokat és ezek hatásait fogom bemutatni.*

**Kulcsszavak:** vízgazdálkodás, árvízvédelem, klímaváltozás, vízkárelhárítás

*Formulation of a country's flood protection strategy in every case depends on the technical-socio-economic conditions of the given country. The flood safety requirements are highly influenced by the country's performance and financial situation. On the Hungarian rivers, flood safety is based on the 100-year return period maximum flood events and the flood safety requirements must be developed accordingly. The state must guarantee the success of the flood protection up to this flood safety level. The water management sector has also formed the Hungarian flood protection strategy to this flood safety level as an operator of primary flood protection structures. In the past decades, due the changes in socio-economic conditions and the rise of extremities caused by climate change have caused that flood protection strategy had to be changed several times. In my article I show the changes and the effects of changes on the operational flood protection activities and preventive flood protection strategy.*

**Keywords:** water management, flood protection, climate change, protection against water damages

<sup>1</sup> Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: [kristofdob@gmail.com](mailto:kristofdob@gmail.com), ORCID: 0000-0002-1703-8211

## Bevezetés – röviden és tömören hazánk vízkárelhárításáról

A mai hatályos jogszabályok értelmében a vízgazdálkodási, vízügyi igazgatási szervek irányítása a Belügyminisztérium, szervezetenként a Közfoglalkoztatásért és Vízügyért felelős Helyettes Államtitkárság hatáskörébe tartozik. Az állam operatív központi feladatait az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) mint középírányító szerv látja el. A vízgazdálkodás területi igazgatási feladatait, valamint az ár- és belvízvédekezés műszaki irányítói tevékenységét 12 területi vízügyi igazgatóság végzi.

A folyókon az elmúlt időkből az árvízi szintek emelkedése figyelhető meg. Ez azt jelenti, hogy az utóbbi években az árvizek kockázatának tendenciája is emelkedést mutat. Ez várhatóan a jövőben is így lesz, a természeti folyamatok változásának, valamint az emberi beavatkozások hatásai miatt.

Hazánkban az elmúlt 20 évben, a Dunán 3 alkalommal (2002, 2006, 2013), a Tiszán 5 alkalommal (1998, 1999, 2000, 2001, 2006), valamint a Sajón, a Hernádon (2010), a Murán (2014), de a kisebb vízfolyásokon is új legnagyobb vízszintek (továbbiakban: LNV) alakultak ki. Az új rekordvízszintek nagy kihívást jelentettek és jelentenek ma is, az árvízvédelmi feladatokat ellátó vízügyi szolgálat részére, továbbá hatalmas terhet rónak az ország gazdaságára is, a védekezési, kárelhárítási és újjáépítési költségek kapcsán. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy Magyarországon az elmúlt 120 évben gátszakadás csak a mértékadó előírásokra kiépítetlen töltésszakaszokon következett be.<sup>2</sup>

Korábban, az árvíz-mentesítés elsődleges célja – a folyószabályozások időszakában – a vagyontmentés és a termőföldek értéknövelése volt. Az ezredfordulótól – a beregi töltésszakadás követően – szemléletváltozás következett be a magyar árvízvédelemben, amelynek legfontosabb elemei az árvizekkel való gazdálkodás, a vizek visszatartása a kiegyensúlyozottabb vízjárás elősegítésére, a megfelelő területhasználatra alapozott tájgazdálkodás és a fenntartható regionális fejlesztés voltak.<sup>3</sup>

A továbbiakban röviden bemutatom hazánkban az elmúlt évtizedben elvégzett meghatározóbb árvízvédelmi fejlesztéseket.

## A Duna-menti védművek fejlesztése

A Duna projekt célja a magyarországi Duna-szakasz árvízvédelmi rendszerének megerősítése, az árvízi biztonság növelése volt. A Duna-menti védmű fejlesztési feladatokat a *Duna projektben* fogták össze, amelynek fedezetét európai uniós és hazai költségvetési támogatásból fedezték. A projekt megvalósítása 2012 júniusában kezdődött és 2014 végére fejeződött be. A Duna projekt 2012–2014-ben az ország egyik legjelentősebb, az árvízvédelmi biztonság növelését szolgáló projektje volt, amely 15 kistérséget, összesen 6 megye (Győr-Moson-Sopron, Pest, Fejér, Bács-Kiskun, Tolna, Baranya) 152 településének 510 ezer lakosát érintette.

<sup>2</sup> Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja. Elérhető: [www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto](http://www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)

<sup>3</sup> SZLÁVIK 2017.

A Duna projekt keretében megvalósult fejlesztések a Duna teljes magyarországi szakaszán 12 ártéri öblözetet érintettek, az árvízi biztonság növelését célzó fejlesztések 11 projektelem keretében valósultak meg. A fejlesztett szakaszok együttes hossza közel 200 töltéskilométer volt. A kivitelezési munkálatok eredményeként 25 árvízvédelmi műtárgyat (zsilipeket, hidakat, árvízkaput) korszerűsítettek vagy építettek, több mint 100 km hosszú szakaszon töltéskorona burkolási és burkolat-felújítási munkákat végeztek. A 2013. évi árvíz szinte minden projektelem munka közben érintett, helyenként a kivitelezés alatti állapot jelentős többletvédekezési feladatokat eredményezett.

A megvalósult projekt eredményeinek szakmai hatásai:

- csökkent az árvízi kockázat,
- növekedett az emberi élet és vagyon védettsége az árvízveszélyes területeken,
- a jobb árvízvédelmi rendszer révén várhatóan csökkennek az árvízi védekezés költségei,
- a jobb megközelíthetőség miatt hatékonyabbá és gyorsabbá válik a védekezés.

### **A Tisza árvízvédelmi rendszerének megújítása a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének keretében**

A Tisza árvízvédelmi fejlesztési koncepciójának előkészítése során vizsgálták és elemezték az árvízvédelem valamennyi módszerét, számításba vették a vízgyűjtő külföldi területein alkalmazható megoldásokat is. Kitént, hogy egyes részterületeken (például Kárpátalján) érdemes a közös érdekű fejlesztéseket részletesebben vizsgálni, de ezeknek még a teljes mértékű hasznosítása sem jelent Magyarország számára megoldást a Tisza-völgy árvízvédelmi problémáira.

Vizsgálták továbbá a töltések áthelyezését, a hullámtér különböző mértékű bővítését, a Tisza egyes szakaszainak meanderezését, az ártér természetes elárasztását és helyi védművek (körgátak) alkalmazását (az ártér teljes visszaadását az árvizeknek), az árapasztó csatornák alkalmazását. Az is megállapítást nyert, hogy a tiszai árvédelmi töltések további – a jelenlegi hatályos előírásokon felüli – erősítése, emelése minden szempontból előnytelen. Olyan megoldásokat kellett keresni, amelyek alkalmasak a mértékadónak elfogadott szintet meghaladó árhullámok szabályozott levezetésére, illetve elhelyezésére.

A Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó új koncepció a Vásárhelyi Pál által tervezett, a 19. században megvalósult rendszerre épül, azt fejleszti tovább azzal, hogy a különösen veszélyes árvizek által szállított fölös vizeket az ártér egy részén helyezik el és ennek a víznek a felhasználásával a Tisza mentén új fejlődési perspektívára, új típusú tájgazdálkodásra nyílik lehetőség. A 2001–2003-ban kidolgozott koncepció ezért kapta a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (továbbiakban: VTT) elnevezést. A terv alapján a rendkívüli árvizek károkozás nélküli levezetésére az alábbi legkedvezőbb két megoldás ötvözetét célszerű alkalmazni:

*A nagyvízi meder rendezése, mintegy tízféle beavatkozási módszer kombinációja:*

- az ősmeder és a hullámtér áramlási viszonyainak javítása (övezetnyitók, nyári gátak visszabontása, a hullámtéri feliszapolódás csökkentése);
- a nagyvízi meder vízszállító képességének javítása (a növényzet, a művelési mód és az építmények szabályozásával);
- a töltések által okozott szűkületek megszüntetése (töltésáthelyezéssel, árapasztással).

*A hazai árapasztó tározórendszer megvalósítása, az ártér reaktiválása szabályozott vízkivezetéssel:*

- a töltésben megfelelő helyeken elhelyezett nagyméretű zsilipekkel megcsapolják az árhullámok csúcsait,
- az árvizeket síkvidéki tározókban tartják vissza az árhullám levonulásáig,
- 1,5 milliárd m<sup>3</sup> tározó térfogat szükséges, megfelelő területi elrendezésben a Tisza mentén.

Az árvízi tározók létesítésének kulcskérdése a földtulajdonosokkal való megállapodás. A tervek szerint árvízmentes években a tározók területén zavartalan lehet a gazdálkodás; sőt, kiemelt támogatás nyerhető az ökolgazdálkodáshoz. A földtulajdonosok egyszeri kompenzációt kapnak, amikor a tározó létesül és árvíz idején teljes kártalanítást, ha igénybe veszik a földjeiket. Ezt széles körű társadalmi párbeszéddel készítették elő.

A VTT koncepciója a Tisza-völgy árvízvédelmi biztonságának növelését egyértelműen az árvízszintek csökkentésében határozta meg, a nagyvízi meder vízszállító képességének javításával, az 1970-es mederállapotok visszaállításával, valamint a hazai ártéren kiépíthető árapasztó tározásos rendszer megvalósításával úgy, hogy a katasztrófával fenyegető árvizek árapasztása együtt járjon az ártér szabályozott vízkivezetéssel történő reaktiválásával. A legszükségesebb hullámtéri beavatkozásokkal és a tározási lehetőségekből kiválasztott 10-14 tározóval, 1,5 milliárd m<sup>3</sup> árvíz-tömeg visszatartásával, a Tisza hazai szakaszán mintegy 1 m-es vízszintcsökkentés érhető el. A VTT koncepciója alapelveként rögzíti az árvízi biztonság és az ökológiai állapot egyidejű javításának szükségességét.<sup>4</sup>

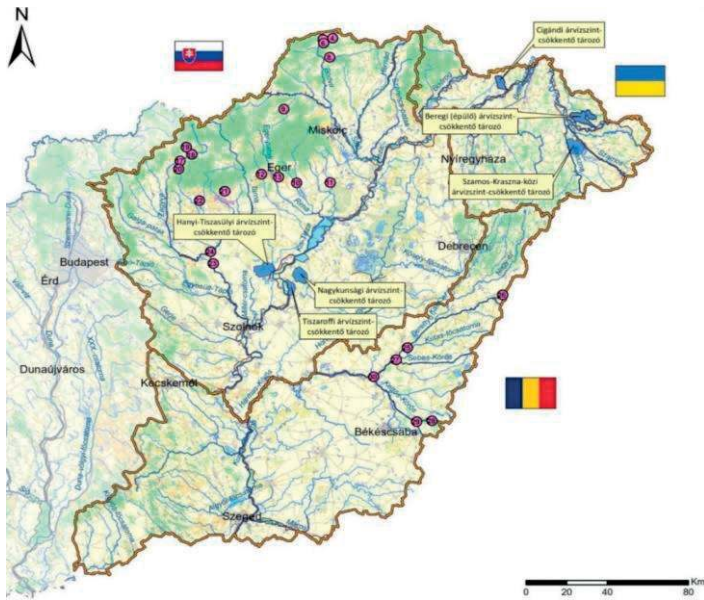
## **A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének várható kedvező hatásai**

- a Tisza teljes magyarországi szakaszára kiterjed;
- a Tiszán az árvízi veszélyeztetettség 1/8-ára csökken;
- a töltésmagasítással szemben 60%-kal olcsóbb;
- jelentős területű vizes élőhelyek alakíthatók ki;
- lehetőség lesz a művelési ágak megváltoztatására.

A Tisza-völgyben 30 darab, összesen 1050 millió m<sup>3</sup> térfogatú árvízvédelmi célú tározó vagy részben árvízvédelmi célú tározó üzemel. A Körösök völgyében 5 darab, 386 millió m<sup>3</sup> térfogattal rendelkező tározó van. A VTT-program keretében eddig 6 darab tározó valósult meg, amely 721 millió m<sup>3</sup> tározó térfogattal rendelkezik. A megépült árapasztó tározók elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti.

<sup>4</sup> SZLÁVIK 2017, 339.; PETRÓ 2017.





1. ábra. A Tisza-völgy meglévő VTT-és egyéb tározói

*Forrás:* OVIBER, VIZITERV Consult, VIZITERV Environ. 2015, 16.

A tározók támogatási összege, térfogata és műszaki átadásának ideje az 1. táblázatban látható.

1. táblázat. A Tisza-völgyi árapasztó (VTT) tározók összefoglaló műszaki adatai

| Ssz. | Projekt/Tározó neve   | Támogatási összeg (Ft) | Tározótérfogat<br>( $10^6 \text{ m}^3$ ) | Műszaki átadás időpontja |
|------|---|------------------------|--|--------------------------|
| 1.   | Beregi komplex árapasztási és ártér-revitalizációs fejlesztés | 33 066 200 800         | 58                                       | 2015. október            |
| 2.   | Szamos-Kraszna-közi árvízszint-csökkentő tározó               | 17 407 385 935         | 126                                      | 2014. október            |
| 3.   | Cigándi árvízszint-csökkentő tározó                           | 11 005 339 299         | 94                                       | 2008. november           |
| 4.   | Hanyi-Tiszasülyi árvízszint-csökkentő tározó                  | 19 827 926 123         | 247                                      | 2012. október            |
| 5.   | Nagykunsági árvízszint-csökkentő tározó                       | 12 916 800 828         | 99,4                                     | 2013. április            |

| Ssz.                         | Projekt/Tározó neve                    | Támogatási összeg (Ft)                                 | Tározótérfogat (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Műszaki átadás időpontja |
|------------------------------|--|--|--|--------------------------|
| 6.                           | Tiszaroffi árvízszint-csökkentő tározó | 5 800 000 000  | 97   | 2009. július             |
| Tározóépítés összes költsége |  | 100 023 652 985 (ebből KEOP-forrás: 83 218 313 686 Ft) |  |                          |

Forrás: OVIBER, VIZITERV Consult, VIZITERV Environ. 2015, 16.

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése című program tartalmaz olyan víztározókat is, amelyek még tervezési szinten állnak, kivitelezésük később várható. Ezen tározók legfontosabb adatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése c. program tervezett árvízi tározói

| Ssz | Megnevezés              | Folyó             | Vízügyi Igazgatóság | Terület (km <sup>2</sup> ) | Befogadóképesség (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Státusz   |
|-----|-------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|--|-----------|
| 1.  | Felső-Túri              | Túr bp.           | FETIVIZIG           | 7,7                        | 14   | tervezve  |
| 2.  | Tisza-Túr-közi          | Tisza bp. Túr bp. | FETIVIZIG           | 20–22                      | 30–50  | tervezve  |
| 3.  | Tisza-Szamos-közi felső | Tisza bp.         | FETIVIZIG           | 20–22                      | 30–50  | tervezve  |
| 4.  | Tisza-Szamos-közi alsó  | Tisza bp.         | FETIVIZIG           | 20–22                      | 30–50  | tervezve  |
| 5.  | Dél-Borsodi             | Tisza             | ÉMVIZIG             | 29,8                       | 72,8   | lehetőség |
| 6.  | Szegedi                 | Tisza             | ATIVIZIG            | 61                         | 306  | lehetőség |

Forrás: SZLÁVIK 2017, 339.

## A hazai árvízi veszély és kockázati térképezés, a kockázatcsökkentő intézkedések helyzete

Magyarország számára a 2004. évi európai uniós csatlakozását követően, az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve az árvízi kockázatok értékelésének témakörét a tagállamokra egységesen kötelező jelleggel irányozta elő. Hazánkban a 178/2010. (V. 13.) Korm. rendelet a vizek többletéből eredő kockázattal érintett területek meghatározásáról, a veszély- és kockázati térképek, valamint a kockázatkezelési tervek készítéséről, tartalmáról írja elő, hogy előzetes kockázatbecslést, árvízi veszély- és kockázati térképeket kell készíteni, valamint az árvízi kockázatok kezelésére kockázatcsökkentő intézkedéseket kell kidolgozni.

Magyarországon ez a munka az Országos Vízügyi Főigazgatóság koordinálása mellett 2010-ben KEOP 2.5. projekt konstrukció keretében kezdődött meg. Az irányelv alapján 2011-ben kijelölték az árvízzel veszélyeztetett területeket. 2013-ban elkészült az előzetes kockázatbecslés, illetve a

területi veszély- és kockázati térképek első változata. A tervezés során a vízügyi ágazat figyelembe vette a folyókon kialakuló vízszinteket, valamint az árvízvédelmi töltések meghibásodásának lehetőségeit is. Az ártéri öblözeti szintű veszélytérképek országos szinten aggregálásra kerültek. A vizsgált események köre a nagy valószínűségű (30 éves visszatérési idő), közepes valószínűségű (100 éves visszatérési idő), valamint az 1‰-es előfordulási valószínűséghez tartozó árhullámokból keletkező bekövetkező gátszakadások elöntési hatásaira terjedt ki. Az egyes veszélytérképek bemutatják a területek elöntésének, a kialakulható elöntési vízmélységek várható előfordulási valószínűségét, a kockázati térképek pedig az elöntés által veszélyeztetett területeken a vagyoni, humán, ökológiai, örökségvédelmi kockázatokat.<sup>5</sup>

Az előirányzott intézkedések költségei, kockázatcsökkentő hatásai (vagyoni, emberi, kulturális, környezeti) mellett, közös szakértői munka során meghatározásra kerültek az egyes árvízi intézkedéstípusok általános jellemzői, kiemelve az árvízvédelmi célját, a víztestre gyakorolt előzetesen becsült kedvező és kedvezőtlen hatásait, illetve az esetlegesen szükséges hatás-csökkentő, kompenzációs lehetőségeket. Az Árvízi Kockázatkezelési Terv keretében elkészültek 151 ártéri öblözetre (4200 km védvonal által határolt, mintegy 36 ezer km<sup>2</sup> területre, 1500 szakadási változat vizsgálatával), 109 kisvízfolyásra (2965 km hosszban), továbbá 3150 km hosszú folyószakasz menti nyílt ártérre, valamint a belvízzel veszélyeztetett területekre, az ár- és belvízi veszély- és kockázati térképek. A munka további eredménye a korszerű egységes metodika alapján, a 72 ártéri öblözetre elkészített árvíz-lokalizációs terv. Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervét, a közigazgatási egyeztetést követően, a kormány 2016. március 25-én elfogadta. Az Árvízi Irányelvben foglaltaknak megfelelően, a terveket hatévente kell felülvizsgálni és 2021-re megújítva ismét elkészíteni.<sup>6</sup>

## Mértékadó árvízszintek felülvizsgálatának célja és eredményei

A mértékadó árvízszintek (továbbiakban: MÁSZ) statisztikai alapon történt meghatározására első alkalommal az 1970-es években került sor. Azóta a hidrológiai és folyómorfológiai viszonyok változása miatt több ízben szükség volt egyes folyószakaszokon a mértékadó árvízszintek felülvizsgálatára. A legutóbbi átfogó, az ország összes folyójára kiterjedő felülvizsgálatra 1997-ben, részleges – a Duna, a Hernád, a Felső-Tisza és mellékfolyói egyes szakaszaira kiterjedő – felülvizsgálatra 2010-ben, amelyek eredményeit a jelenleg már nem hatályos 11/2010. (IV. 28.) KvVM rendelet tartalmazta. A korábbi MÁSZ meghatározásának alapelveit az OVH Elnöki kollégiuma 1974. december 20-i 113/Koll./1974. számú határozatával fogadta el az alábbiak szerint: „Magyarország valamennyi folyójára a számított 100 éves átlagos visszatérési idejű jégmentes árvizet kell mértékadónak elfogadni.” (korábbi mértékadó árvízszint). A 2013-as dunai árhullám és a megelőző bő másfél évtized tiszai és dunai árhullámai sorban döntöttek meg az egyes folyókon a mért legnagyobb árvízszinteket (100–150 éve rögzítenek hivatalosan vízállásokat Magyarországon). Ezeknek a ritka eseményeknek a gyakori előfordulása tette szükségessé, hogy a vízügyi szakma átfogóan felülvizsgálja a korábban meghatározott mértékadó árvízszinteket.

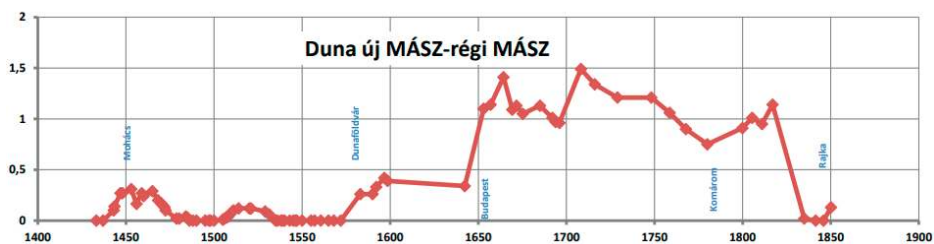
<sup>5</sup> Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése. 2015, 5., 32–33., 42.

<sup>6</sup> SZLÁVIK 2017, 372.

Ennek kapcsán vizsgálta felül 2014-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság a hazai folyókon a mértékadó árvízszinteket. A vizsgálatot szakmailag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke koordinálta. A vízhozam-idősorok statisztikai elemzését az érintett vízügyi igazgatóságok hidrológusai végezték el. A tudományos igényű munka ezúttal is az 1%-os valószínűséggel számított vízállásból indult ki, amelyhez a legutóbbi árvizek adatait is magába foglaló hosszú távú idősorok szolgáltattak alapadatokat. Ezúttal a „képlet” azonban kiegészült az 1%-os valószínűséggel várható vízhozamokra vonatkozó számításokkal is. A hónapokat igénybe vevő elemzés, számítás és modellezés eredményeként megszülettek az új MÁSZ értékek. Az újonnan számított értékek, a Duna esetében, a Komárom és Budapest közötti szakaszon 1-1,5 m-rel, a Tisza folyó esetében Szolnokon 124 centiméterrel, Csongrádnál pedig 120 centiméterrel, de a Felső-Tiszán közel 2 méterrel magasabb értékre adódtak. A Duna és a Tisza új/régi MÁSZ értékei a 2. ábrán láthatók.<sup>7</sup>

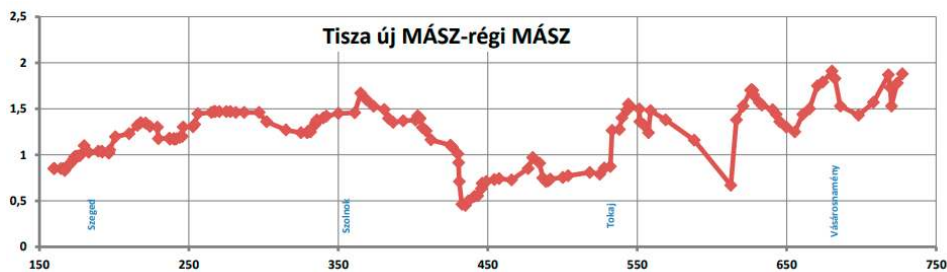
Az új árvízszinteket, illetve a kiépítési biztonság értékeit a folyók mértékadó árvízszintjeiről szóló 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet hirdette ki.

[m]



[fkm]

[m]



[fkm]

2. ábra. A régi és az újraszámított mértékadó árvízszint közötti különbség a Tiszán és a Dunán

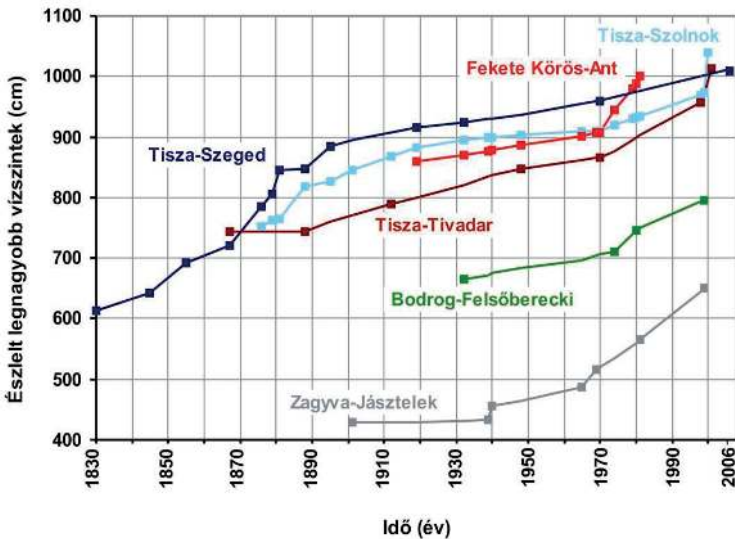
Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>7</sup> BME, Építőmérnöki Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék honlapja. Elérhető: [https://epito.bme.hu/hirek/20140311/Uj\\_mertekado\\_arvizszintek\\_a\\_Dunanak](https://epito.bme.hu/hirek/20140311/Uj_mertekado_arvizszintek_a_Dunanak) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)

## Nagyvízi mederkezelési tervek elkészítése

A nagyvízi meder mint fogalom a vízfolyást vagy állóvizet magában foglaló terület, amelyet az árvíz levonulása során a víz rendszeresen elborít, és amelyet a mértékadó árvízszint vagy az eddig előfordult legnagyobb árvízszint közül a magasabb jelöl ki. A nagyvízi mederben fekvő ingatlan tulajdonosa, illetve használója a nagyvízi mederben mezőgazdasági művelést, erdőgazdálkodást vagy más tevékenységet kizárólag saját felelősségére, az árvizek levezetésének akadályozása nélkül, a környezet- és természetvédelmi, valamint a kulturális örökségvédelmi előírások megtartásával folytathat.<sup>8</sup>

Az elmúlt másfél évtizedben levonuló, a korábbi vízszintmagasságokat rendre meghaladó árvizeknél megfigyelhető volt, hogy míg az árvízi vízhozamok nem nőttek, a vízállások erősen emelkedtek. A folyók vízszállító képessége, az 1998-ban kezdődő árvizes időszak hatására, különösen a 2001. évi tarpai gátszakadást követően került reflektorfénybe, amikor a kormányzat paradigmaváltást kezdeményezett a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének (VTT) a megindításával. Az árvízszintek akkori, és azóta is bekövetkezett emelkedésére (3. ábra) adott tudományos válaszok egyértelműen igazolják, hogy azok okozója az árvizek levezetéséhez szükséges területek szűkülése.<sup>9</sup>



3. ábra. Az árvízszintek folyamatos emelkedése a Tiszán

Forrás: SZLÁVIK 2017, 298.

<sup>8</sup> SZLÁVIK 2017.

<sup>9</sup> SZLÁVIK 2017.

A hidrodinamikai vizsgálatok során a nagyvízi medret a fajlagos vízszállító képességük alapján úgynevezett levezető sávokra (zónákra) osztották. Négy, egymástól elkülönülő lefolyási zónát alakítottak ki, amely építési és területhasználati korlátozásokat is maguk után vont, a legszigorúbb tiltástól az enyhébbig, de mindenképpen vízügyi szakmai hozzájáruláshoz kötöttek.

A levezető sávok az alábbiak:

- *Elsődleges levezető sáv:* a nagyvízi meder azon része, ahol az árvízi vízhozamok és a jég a legkedvezőbb áramlási viszonyok mellett vonulnak le. Ez maga a meder vagy a meder mellett lévő nyílt terület, amely a keresztmetszetéhez képest rendkívül nagy mennyiségű vizet szállít árvíz idején. Itt kizárt vízhasználathoz közvetlenül nem kötődő építmény építése és felújítása is.
- *Másodlagos levezető sáv:* jelentősen részt vesz az árvizek levezetésében, ahol a meglévő épület felújítása támogatható, de alapterületének növelése nem.
- *Átmeneti levezető sáv:* az árvizek által időszakosan elöntött területrészt, időszakosan elöntött terület, az árvíz levezetésében még részt vesz, de szerepe nem jelentős, ezeken a területeken külön engedéllyel az építmény bővítése is lehetséges.
- *Áramlási holtter:* területrészt, ahol nincs áramlás, de mint tározótérfogatnak, szerepe van az árvizek levonulásában. Árvízlevezetés szempontjából bármi építhető, amennyiben a tulajdonos tűri az elöntést.<sup>10</sup>

## A folyók árvízi védképességének helyreállítása

A védképességi hiányosságokat, a 2016. évi őszi felülvizsgálatok, illetve az elmúlt években levonuló árvizek alkalmával regisztrált árvízi jelenségek tapasztalatai mutatták ki. A beruházás célja volt az I. rendű árvízvédelmi fővédvonalak védképességének helyreállítása. További cél volt a lokális gyengeségek öblözeti szintű kiegyenlítése az öblözeti egyenszilárdság elérése érdekében. Ennek lényege abból fakadt, hogy az egyes öblözetekben jelentkező kockázati érték jelentős részét a lokális gyengeségek okozzák, amelyek altalajproblémákra valamint szerkezeti problémákra vezethetők vissza. Mivel egy ilyen gyenge szakaszon bekövetkező töltésszakadás akár az öblözet egészét is veszélyeztetheti, az öblözeti árvízi kockázat magas.

A projekt 2017 szeptemberében indult el, amely 11 vízügyi igazgatóság, 19 árvízvédelmi szakaszát érintette országosan. Elsősorban azon védvonalszakaszok erősítése történt meg, amelyek védképessége kiemelkedően kicsi. Ezeken a szakaszokon az árvízvédelmi töltés szintje alacsony vagy a keresztmetszeti hiányosság állt fent, illetve az altalaj rossz, megcsúszásra, kimosódásra hajlamos.

A töltésszakaszok állékonyságának helyreállítása (védképességi funkció eredeti állapotra történő visszaállítása) az alábbi műszaki megoldásokkal történt meg:

- agyagpaplan, leterhelő szőnyeg létesítése,
- nyomópadka építése,
- zárt szivargó építése,
- vasbeton máglyafal rekonstrukciója,

<sup>10</sup> SzLÁVIK 2017, 341.

- anyagfog kiépítése,
- résfal kiépítése,
- szádfalazás.

A kivitelezési munkák 2018. november 15-én befejeződtek, a műszaki átadás-átvételi eljárásokat lefolytatták valamennyi érintett árvízvédelmi szakaszon.

## Összegzett megállapítások, javaslatok

Hazánk árvízvédelmi rendszerének alapját az árvízvédelmi fővédvonalak alkotják. Ezek méretezése korábban alapvetően a védett területeknek nyújtandó egyenlő biztonság elve szerint történt. Napjainkban azonban a kiépített védvonalak egy része már nem felel meg a jelenleg érvényes szabályozásnak, és vannak védvonalhiányok is.

Felül kellett vizsgálni a korábban alkalmazott „egyenlő biztonság” elvét a védelmi rendszer fejlesztésénél – azaz a kevésbé érzékeny területeken tűrhető az esetenkénti elöntés, aminek révén nagyobb biztonság nyújtható az érzékenyebb területeken. Az árvíz megelőzés költség-hason elemzésen alapul, az egyenlő kockázat elvének érvényesítésével, az egyenlő biztonság figyelembevétele mellett.

Amennyiben az árvízvédelmi védvonalainkat az előírás szerinti biztonságra szeretnénk kiépíteni, az a jelenlegi finanszírozási körülmények között több évtizedig eltarthat, feltéve, ha nem emelkednek tovább az árvízszintek. Ha csak azokat a védvonalszakaszokat vizsgáljuk, ahol a védekezés nagyon kockázatos, például a MÁSZ meghaladja a töltéskorona szintjét, ez is jelentős, rövid távon finanszírozhatatlan beruházásokat igényel, amennyiben az előírt biztonságra akarjuk kiépíteni.

Ezt követően azzal számolva, hogy a nagyvízi mederkezelés várhatóan csökkenteni fogja a MÁSZ emelkedését, de valószínű megállítani nem képes, ezért célszerű lenne áttérni arra a gyakorlatra, hogy amennyiben a kialakult LNV (észlelt legmagasabb vízszint) meghaladja az érvényes MÁSZ-t, úgy azt automatikusan felülírja. Ez a későbbiekben könnyebbé teszi a MÁSZ és a szükséges beruházás elfogadtatását. Amennyiben a védhető célt elérjük, úgy az új beruházásoknál már meg lehet követelni a jelenlegi (szükség szerint módosított) biztonsági előírásokat az éppen aktuális MÁSZ-hoz, és a rendszereinket fokozatosan védetté lehet tenni.

Az irány tehát az, hogy a mentesített ártereknél először a biztonságos védekezés feltételei legyenek meg, majd ezt kövesse a jogszabály szerinti kiépítés megvalósítása. Így lehetővé válik egy töltésszakasz fejlesztése hosszabb szakaszon, igaz alacsonyabb, de védhető szinten. Ez a védekezési költségeket csak csökkenti, nem szünteti meg, de a biztonság intenzív védekezés keretében hosszabb szakaszon fenntartható.

A differenciált árvízvédelmi előírások megteremtik a lehetőséget annak, hogy a védettség eléréséig az árvízi biztonságot maximalizálni tudjuk, kockázatosnak minősített ártéri öblözteink védhetőek legyenek. Ennek megfelelően véleményem szerint a beruházásokat a differenciált árvízvédelem keretében meghatározott mértékben és sorrendben kell végrehajtani annak érdekében, hogy az árvízvédelem kiépítésére szánt költséghez a lehető legnagyobb kockázat-csökkenés párosuljon.

## Felhasznált irodalom

- Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése. (2015) Országos Vízügyi Főigazgatóság. Budapest, ÁKK Konzorcium.
- BME, Építőmérnöki Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék honlapja. Elérhető: [https://epito.bme.hu/hirek/20140311/Uj\\_mertekado\\_arvizszintek\\_a\\_Dunanak](https://epito.bme.hu/hirek/20140311/Uj_mertekado_arvizszintek_a_Dunanak) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)
- Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja. Elérhető: [www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto](http://www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)
- OVIBER, VIZITERV Consult, VIZITERV Environ. (2015) Tisza-völgy árvízvédelmének fejlesztése, Stratégiai projekt-előkészítő dokumentáció. Budapest.
- PETRÓ Tibor (2017): *A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatrendszer újszerű megközelítése. A magyarországi árvízvédelmi projektek.* Doktori értekezés. Budapest.
- SZLÁVIK Lajos (2017): Ármentesítés. In BALATONYI László szerk.: *Vízkérelhárítási kézikönyv.* Budapest. 295–341. Elérhető: [www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/vizkarkonyv](http://www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/vizkarkonyv) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 18.)



Hadas Ádám<sup>1</sup>

# Felsővezeték- és áramszedő- meghibásodások hatása a vasút működésére

## The Effect of Overhead Line and Pantograph Failure for Railway Operations

*A vasúti szállítás kiemelt stratégiai jelentőségű egy ország számára, a vasúthálózat a kritikus infrastruktúra eleme. Bizonyos körülmények között a leggyorsabb és legbiztonságosabb szállítmányozási lehetőség. Ennek ellenére ez a szállítmányozási forma is rejt magában kockázatokat, amelyeket fel kell tárni és megfelelően kezelni. Ilyen kockázati tényező a felsővezeték meghibásodása, amely képes megbénítani egy vasútvonal hosszabb-rövidebb szakaszát. Ide tartoznak a felsővezeték-szakadások, amelyeknek okait dinamikai szimulációval tárom fel, míg az ebből fakadó kockázatokat a kockázatelemzés módszereivel vizsgálom. Célom, hogy a dinamika és a kockázatelemzés módszereinek felhasználásával egy olyan védelmi rendszert tervezek, amely segítségével csökkenthető a felsővezeték-szakadások bekövetkezése. Napjainkban a vasúti szállítási volumen egyre növekszik, a villamos vontatás aránya egész Európában növekvő fázisban van, ezért kiemelten fontos biztosítani a forgalom akadálymentességét.*

**Kulcsszavak:** áramszedő, felsővezeték, dinamika, felsővezeték-szakadás, meghibásodások

*Rail transport is of strategic importance for a country. In some circumstances, it is the fastest and safest transport option. However, this form of transportation also involves risks that need to be explored and handled appropriately. Such a risk factor is the failure of the superstructure, which can paralyse a longer or shorter section of a railway line. This includes overhead line breakdowns, the causes of which are revealed by dynamic simulation, while the resulting risks are examined by the methods of risk analysis. My goal is to design a system of protection using the methods of dynamics and risk analysis that can help reduce the occurrence of line breakage. Nowadays, the volume of rail transport*

<sup>1</sup> Okleveles Járműmérnök, Széchenyi István Egyetem Mechatronika és Gépszerkezettan Tanszék, PhD-hallgató, egyetemi tanársegéd, e-mail: [hadas.adam@sze.hu](mailto:hadas.adam@sze.hu), ORCID: 0000-0003-4883-0049

*is increasing, the share of electric traction is on the rise in Europe, so it is of utmost importance to ensure that traffic is accessible.*

**Keywords:** pantograph, overhead line, dynamics, failure, overhead line break

## Bevezetés

A villamos vontatás két kulcsfontosságú eleme a felsővezeték és a járműveken elhelyezett áramszedők, amelyek érintkezése teszi lehetővé a villamos energia eljutását a járművek elektromos berendezései felé. Ezért nagyon fontos mind a két alrendszer megfelelő tervezése és karbantartása. Ám ezektől függetlenül bekövetkezhetnek haváriahelyzetek, amelyek képesek megbénítani a vasúti forgalmat egy adott szakaszon. Ilyen körülmények között még a dízelmozdony vontatta szerelvények is kénytelenek arra várni, hogy a szakemberek elhárítsák a hibákat. Ebből fakadóan meg kell ismerni az áramszedő (mint alrendszer) tervezésének alapvető összefüggéseit, ami alapján meghatározhatók azok az alapvető dinamikai paraméterek, amelyek segítségével vizsgálni lehet a két alrendszer együttes viselkedését. Így mechanikai szempontból eldönthető, hogy megfelelő-e a két rendszer együttes működése. De még a körültekintő tervezés ellenére is bekövetkezhetnek meghibásodások, ezért fontos elem a kockázatelemzéssel történő hibaanalízis. Ennek eredménye alapján megvizsgálható, hogy konstrukciós szempontból megfelelő-e egy áramszedő, vagy sem, illetve milyen meghibásodásokra kell számítani az üzemeltetés során. Ennek a két módszernek a segítségével olyan aktív és passzív biztonsági rendszer tervezhető, amellyel csökkenthető a meghibásodások bekövetkezése, illetve súlyosságuk mértéke.

## Áramszedő-felsővezeték rendszer meghibásodásai

Számos oka lehet annak, hogy a rendszer egyik, másik, de akár mindkét komponense olyan mértékben károsodik, hogy a vasútvonal egy adott szakaszán korlátozásokat kell bevezetni. A meghibásodásnak három típusa lehet: az áramszedő rongálódása, az áramszedő sérülése és az áramszedő törése. Az első két kategória a benne bekövetkezett kár összegétől függ, míg a harmadik esetében a pantográf valamely karja tört el. A rongálódás kiváltó okát szintén három kategóriára lehet osztani: felsővezeték okozta, valamilyen vasúti baleset történt, illetve egyéb okok miatt következett be a károsodás.

1. táblázat. Egyes események bekövetkezési valószínűsége

|                       | Felsővezeték-hiba miatt | Baleset | Egyéb  |
|-----------------------|-------------------------|---------|--------|
| Áramszedő rongálódása | 25,93%                  | 1,85%   | 3,70%  |
| Áramszedő sérülése    | 18,52%                  | 7,41%   | 3,70%  |
| Áramszedő törése      | 24,07%                  | 1,85%   | 12,96% |

Forrás: A MÁV-START adatai alapján a szerző szerkesztése

2. táblázat. Költségek megoszlása

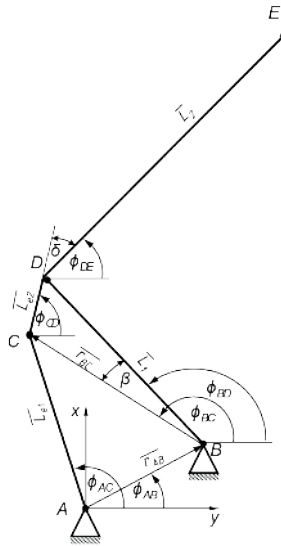
|                       | Felsővezeték-hiba miatt | Baleset | Egyéb |
|-----------------------|-------------------------|---------|-------|
| Áramszedő rongálódása | 42,95%                  | 0,07%   | 0,34% |
| Áramszedő sérülése    | 11,05%                  | 2,35%   | 2,44% |
| Áramszedő törése      | 28,53%                  | 3,90%   | 8,37% |

Forrás: A MÁV-START adatai alapján a szerző szerkesztése

Látható az 1. és 2. táblázatokból, hogy az áramszedőben a legnagyobb volumenű károsodást a felsővezeték okozza. Azon belül is az áramszedő-rongálódások teszik ki a legnagyobb szeletet az események közül. Ezért foglalkozni kell a rendszer együttes üzemével, és egy olyan eszközt kell kifejleszteni, amely képes arra, hogy időben felismerje az áramszedő vagy a felsővezeték meghibásodását és azonnal beavatkozzon, így minimalizálja a sérülések mértékét, ezzel pedig a költségeket is.

## Áramszedő geometriai tervezése

A félpantográf rendszerű áramszedő geometriájának tervezése<sup>2</sup> nagy körültekintést igényel, ugyanis a geometria hatással van az áramszedő összes többi jellemzőjére.



1. ábra. Számításhoz szükséges paraméterek

Forrás: RABOCZKI 1986

<sup>2</sup> RABOCZKI 1986.

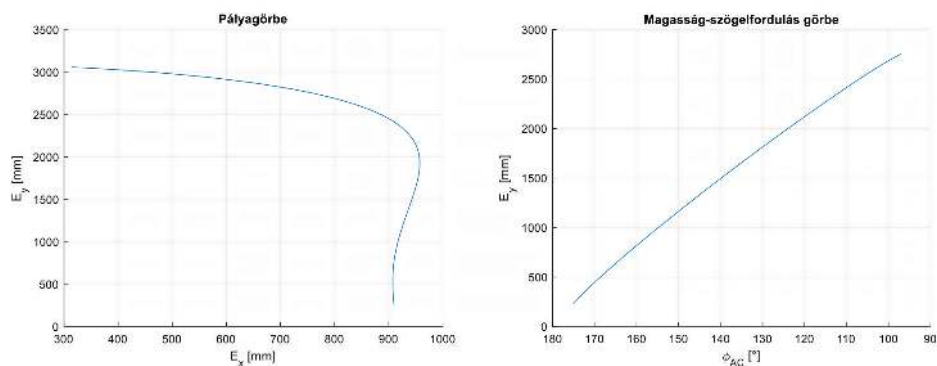
A számítás során<sup>3</sup> az  $E$  pont elmozdulását szeretnénk meghatározni az  $A$  csuklóponthoz kötött derékszögű koordinátarendszerben, a  $\varphi_{AC}$  szögelfordulás függvényében (1. ábra). Ennek során az a kikötés, hogy az  $E$  pont pályája a lehető legkisebb mértékben térjen el a függőleges egyenestől<sup>4</sup> az áramszedő működési tartományában. A számításához válasszuk paraméternek az  $|\overline{r_{AB}}|$ ,  $|\overline{L_1}|$ ,  $|\overline{L_{e1}}|$ ,  $|\overline{L_{e2}}|$  karhosszúságokat és a  $\varphi_{AB}$  szöget. Ennek során kialakul egy  $ABCD$  négyszög a megadott tagok hosszával.

A  $\delta$  szöget a mozgás során állandónak véve kell meghatározni az  $E$  pont pályagörbjét (amely az  $E$  pont  $x$  és  $y$  irányú elmozdulását ábrázolja). Kísérletezés során megállapítható, hogy akkor kapjuk a legegyszerűbb pályagöbét,<sup>5</sup> ha  $\delta \cong \varphi_{AB}$ , ebből az is adódik, hogy az  $L_{e1}$ ,  $L_1$  és  $R_{AB}$  hosszoknak együttesen kell kiadniuk a szög értékét. A karhosszok ismeretében előállítható az  $E$  pont pályagörbje, mint szögelfordulás függvénye.

$$E_x = |\overline{L_{e1}}| \times \cos \varphi_{AC} - |\overline{L_{e2}}| \times \cos \varphi_{CD} - |\overline{L_2}| \times \cos \varphi_{CD} \quad (1)$$

$$E_y = |\overline{L_{e1}}| \times \sin \varphi_{AC} - |\overline{L_{e2}}| \times \sin \varphi_{CD} - |\overline{L_2}| \times \sin \varphi_{CD} \quad (2)$$

Egy fejlesztés alatt álló áramszedő jelleggörbjeit szemlélteti a 2. ábra.



2. ábra. ISTÁSZ01 típusú áramszedő jelleggörbjei

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Továbbá ábrázolható még a szögelfordulás függvényében az áramszedő magassága is. Ebből megállapítható, hogy mennyire lesz egyenes az áramszedő függőleges irányú mozgása.

<sup>3</sup> RABOCZKI 1986.

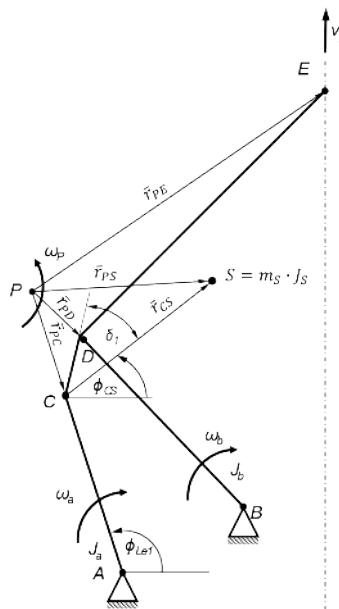
<sup>4</sup> HADAS 2014.

<sup>5</sup> HADAS 2014.

## Áramszedő redukált tömegének meghatározása

A redukált tömeg, vagy más néven dinamikai tömeg, az a fiktív tömeg, amely a mechanizmus bonyolult geometriáját egyetlen testté alakítja át. Ennek segítségével könnyebben elvégezhető a szimulációk. Ez a tömeg érintkezik a felsővezetékkel, így meghatározása elengedhetetlen, valamint a dinamikai szimuláció során felhasználják. Továbbá meg kell azt is jegyezni, hogy ennek az értékét minimalizálni kell, illetve a mozgás során közel állandó értéken kell tartani, így minimalizálhatók a tömegelőből származó gyorsulások.

A fiktív tömeg a  $P$  pólusponton átmenő  $p$  tengely körül, az alsó karok pedig az  $A$  ponton átmenő  $a$  és a  $B$  ponton keresztülmű  $b$  forgástengely körül végeznek forgó mozgást. Ezekre a tengelyekre kell meghatározni a mozgási energia értékeit (3. ábra).



3. ábra. Félpantográf tehetetlenségi nyomatéka

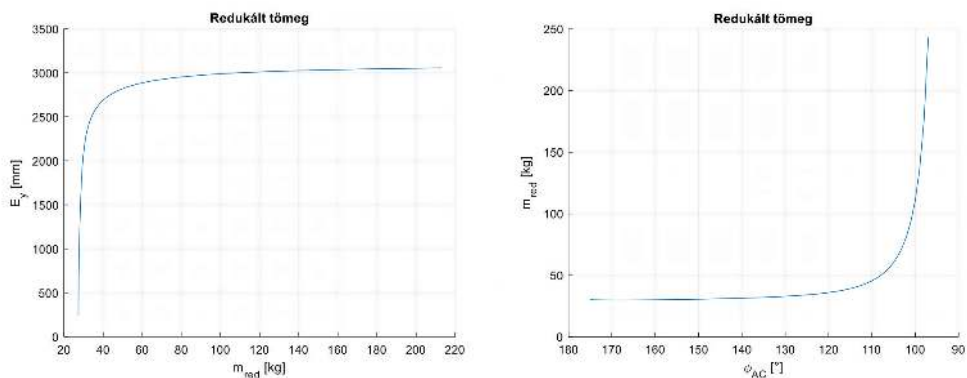
Forrás: RABOCZKI 1986

A rendszer összes mozgási energiája az egyes karok mozgási energiájának összege, aminek meg kell egyeznie a redukált tömeg mozgási energiájával, tehát:

$$E_{\text{összes}} = E_a + E_b + E_p = \frac{1}{2} \times m_{\text{red}} \times v_y^2 \quad (3)$$

A redukált tömeg értéke a fenti egyenlet átrendezésével határozható meg, a karok tehetetlenségi nyomatéka és szögsebessége alapján.

$$m_{\text{red}} = \frac{J_a \omega_a^2 + J_b \omega_b^2 + (J_S + m_S \times r_{PS}^2) \times \omega_P^2}{v_y^2} \quad (4)$$



4. ábra. ISTÁSZ01 típusú áramszedő redukált tömege

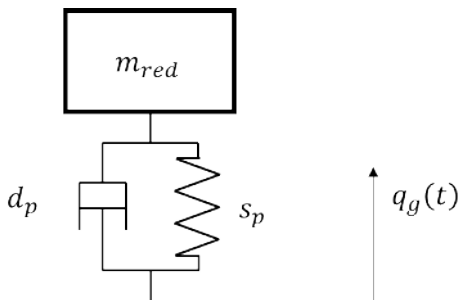
Forrás: a szerző szerkesztése

Látható (4. ábra), hogy közel 2000 mm-es magasságig, illetve 130°-os nyitásig nem változik jelentős mértékben az áramszedő redukált tömege. Ebből arra lehet következtetni, hogy ezt a geometriát maximálisan 2000 mm-es magasságig lehet használni.

### Áramszedő – felsővezeték üzeme

Az 5. ábra szemlélteti az áramszedő dinamikai modelljét, ami egy egyszabadságfokú lengőrendszer. A rá ható útgerjesztés két komponensből tevődik össze, egyrészt a pályából származó gerjesztés, amit a jármű futóművén keresztül a járműszekrény ad át az áramszedőnek, másrészt pedig a felsővezetékéből adódó útgerjesztés, amelyet a következő formulával adhatunk meg.

$$y_g = g(t) - e_y(t) \tag{5}$$

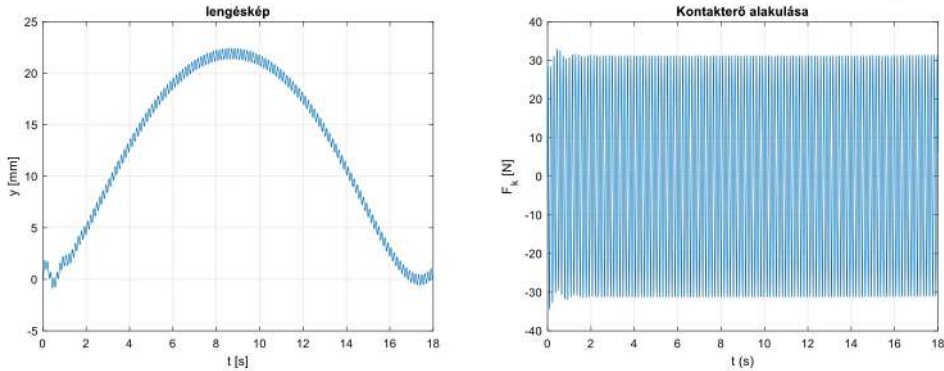


5. ábra. Áramszedő dinamikai modellje

Forrás: a szerző szerkesztése

A rendszer lengésképét a Langrange-féle másodfajú mozgásegyenlet megoldásával lehet előállítani.

$$m_{red}(y) \times \ddot{y} + d \times (\dot{y} - \dot{y}_g) + s \times (y - y_g) = \underbrace{\dot{y}_g(t) \times d}_{Q_{g2}} + \underbrace{y_g(t) \times s}_{Q_{g1}} \quad (6)$$

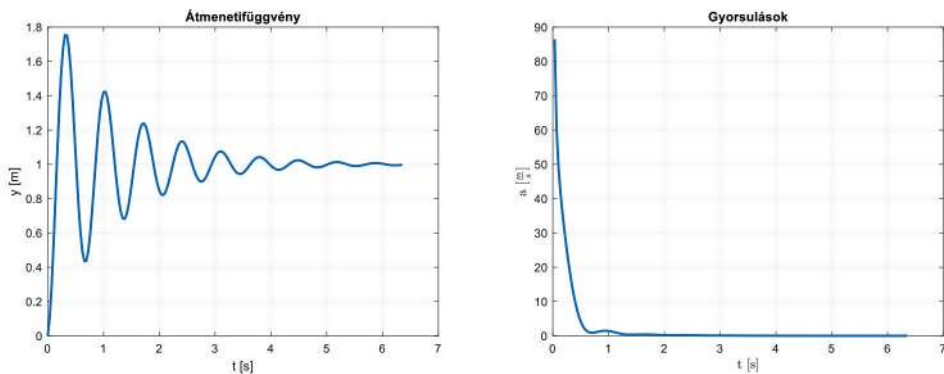


6. ábra. Mozgásegyenlet megoldása

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A 6. ábrán látható, hogy  $\pm 30$  N-os erő veszi igénybe a felsővezetékét, ami még a méretezési határon belül<sup>6</sup> van, így normál üzemelés közben nem keletkeznek jelentős mértékű erőhatások, ebből az is következik, hogy ebből fakadóan nem keletkezhetnek felsővezeték-szakadások.

Az igazán nagy igénybevétel akkor keletkezik, amikor hirtelen, rövid idejű impulzusszerű lökés éri a rendszert (7. ábra). Vagyis vizsgáljuk meg a rendszer választát dirac-delta gerjesztés esetén.<sup>7</sup>



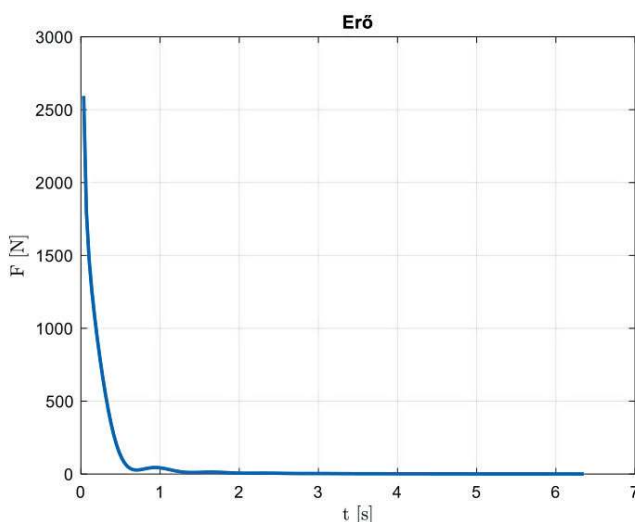
7. ábra. Dirac-delta gerjesztésre adott válaszfüggvények

*Forrás: a szerző szerkesztése*

<sup>6</sup> JUNCKER 2014.

<sup>7</sup> ZOBORY 2011.

A válaszfüggvények nem tartalmazzák azt a konstrukciós korlátot, miszerint egy adott magasság fölé nem mehet az áramszedő, viszont az egyértelműen kitűnik, hogy ilyen esetekben rendkívül nagy gyorsulások ébrednek. Ebből meg az is következik, hogy rendkívül nagy erők lépnek fel, ami már képes arra, hogy károsítsa a felsővezetékét. Ezért szükséges egy olyan rendszert megalkotni, amely képes az ilyen nagy gyorsulásokat (8. ábra) a lehető legkisebb mértékre csökkenteni.



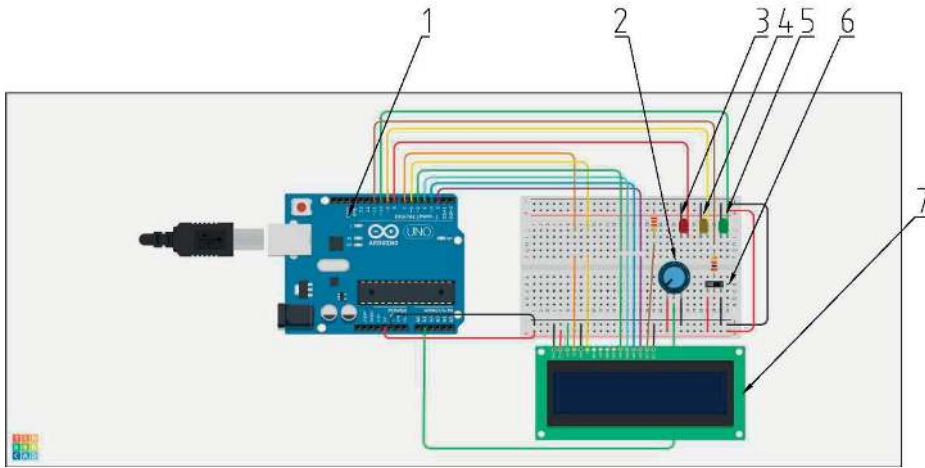
8. ábra. Gyorsulásból származó tömegeerő

Forrás: a szerző szerkesztése

## Áramszedővezérlő-rendszer

Az áramszedő pillanatnyi magasságát a 9. ábra segítségével minden időpillanatban meg lehet határozni, ha ismerjük az aktuális szög értékét. Ezt egy potenciométer segítségével könnyen meg lehet határozni. Valamint ennek a csuklópontnak a magassága szintén ismert a sínkorona szintjétől mérve, ebből fakadóan már rendelkezésre áll a felsővezeték aktuális magassága, amelyet össze lehet hasonlítani az előírt magassággal. Ebből lehet következtetni arra, hogy van-e sérülés a rendszerben, valamint arra is, hogy melyik alkatrészben keletkezett a hiba. Ha valamilyen oknál fogva szakadás lépett fel a felsővezetékben, akkor az aktuális mezőben az előfeszítés kvázi megszűnik, így magasabbra képes emelkedni az áramszedő. Ezt a rendszerrel lehet detektálni, és azonnal le lehet engedni a pantográfot, így elkerülhető a komolyabb meghibásodás, ezáltal az elhárítás ideje lecsökken, hiszen nem kell gondoskodni a sérült szerelvény elvontatásáról. Ezzel a pályakapacitás rövidebb időre lesz korlátozva.





9. ábra. Vezérlőrendszer felépítése

Forrás: a szerző szerkesztése

A vezérlő rendszer elvi vázlatát a 9. ábra szemlélteti. A rendszer lelkét egy mikrokontroller<sup>8</sup> adja (1), ami a potenciométer (2) jelét folyamatosan értékeli ki. Ezt képes LED-ek (3, 4, 5), illetve egy LCD-kijelző (7) segítségével visszajelezni. Valamint fontos még az érintkező felület állapotát is monitorozni, amelyet egy kapcsoló (6) szimulál. Ha ez az elem valamilyen oknál fogva eltörik, abban az esetben az adott áramszedőt nem lehet tovább üzemeltetni.

## Következtetések

Vizsgálataim során arra a következtetésre jutottam, hogy a geometria nagyban befolyásolja az áramszedő dinamikai tulajdonságait. A megfontolt tervezés segítségével, lényegében interaktív módon olyan konstrukció készíthető, amelynek minimális dinamikai hatása van a felsővezetékre. Ám ettől függetlenül előfordulhatnak olyan helyzetek, amikor olyan mértékű gyorsulások ébrednek, amelyek képesek károsítani a felsővezetékét. Ennek céljából egy vezérlőrendszer kidolgozásába kezdtem, hogy csökkenteni lehessen a károk mértékét.

## Összefoglalás

Jelen cikkben bemutattam azokat az okokat, amiért kiemelten kell foglalkozni az áramszedő-felsővezeték rendszerének együttműködésével. Statisztikai adatokkal alá lett támasztva, hogy a leggyakoribb áramszedő-meghibásodásokat a felsővezetékben keletkezett hiba váltotta ki.

<sup>8</sup> OSBORNE 2017.

A dinamikai szimulációból egyértelműen kiderül, hogy normál üzemi körülmények között lehetetlen elszakítani a felsővezetékét, ám egy pályahiba hatására felléphetnek olyan tömegezők, amelyek képesek szakadást előidézni. Ahhoz, hogy a károk mértékét csökkenteni lehessen, vagy akár meg is lehessen előzni, egy aktív védelmi rendszerre van szükség, amely folyamatosan figyeli a rendszer állapotát, és szükség esetén képes beavatkozni. Ezzel hiba esetén nemcsak a költségeket lehet minimalizálni, hanem a pályakapacitás szükségyszerű kiesését is lehet időben mérsékelni.

## Felhasznált irodalom

- HADAS Ádám (2014): Vasútmodell áramszedők méretezése. *Indóház Vasúti Magazin*, 10. évf. 9. sz. 60–61.
- JUNCKER, Jean-Claude (2014): A bizottság 1302/2014/EU rendelete az Európai Unió vasúti rendszerének „járművek – mozdonyok és személyszállító járművek” alrendszerére vonatkozó átjárhatósági műszaki előírásról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*. Rendelet. Brüsszel. 2014. 11. 18.
- OSBORNE, William P. (2017): *Learn to Program in Arduino C, 18 Lessons, from setup to robots*. USA, Armadillo Books.
- RABOCZKI József (1986): Félpantográf rendszerű áramszedő fejlesztése és üzemi tapasztalatai. *Ganz Villamossági Közlemények*, 23. sz. 80–88.
- ZOBORY István (2011): *Rendszertechnika és rendszeranalízis*. Egyetemi jegyzet. Budapest, Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem. Vasúti járművek és járműrendszeranalízis Tanszék.

László Gabriella<sup>1</sup>

# Lakófunkciójú épületek általános tűzterhelésének változása Magyarországon

## Alteration of the General Fire Load of Residential Buildings in Hungary

*Jelen cikk célja, hogy átfogó képet adjon a népességszám- és a lakásszámok változásának és a tüzesetek számának összefüggéseiről az elmúlt évtizedek statisztikai adatai alapján. Az összehasonlítás és elemzés által megállapíthatók tendenciák, valamint hogy a lakáskultúra változása milyen hatással van a tűzvédelemre. Bár a hatályos jogszabályok (Országos Tűzvédelmi Szabályzat, Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek) folyamatosan változnak, az építőiparban megjelenő újabb és újabb anyagok alkalmazásával egyelőre nem tudják felvenni a versenyt, ami a tűzterhelés-számítás esetén elavult normatív tűzterhelési értékek alkalmazásához vezet.*

**Kulcsszavak:** tűzvédelem, lakóépületek, lakástüzek, tűzterhelés számítása, tüzeseti statisztikák

*In this paper, statistical data of the last decade is presented. According to these data, a comprehensive view is given about how the change in the number of residential houses and in the population affect the number of fire cases. Tendencies can be determined by analysis, and also how the way of living affects fire protection. The valid standards (National Fire Safety Codes and Standards, Fire Protection Technical Guideline) can hardly follow the improvement of construction materials, although they are developed constantly. This can lead to incorrect calculation of fire loads.*

**Keywords:** fire safety, residential buildings, residential fires, fire load calculation, fire statistics

### Tüzesetek Magyarországon

Az elmúlt 20 évben Magyarországon történt tüzeseteket csoportosítva azok helye szerint és számukat átlagolva az 1. ábra szerinti grafikont kapjuk. A tüzesetek közül a második legtöbb

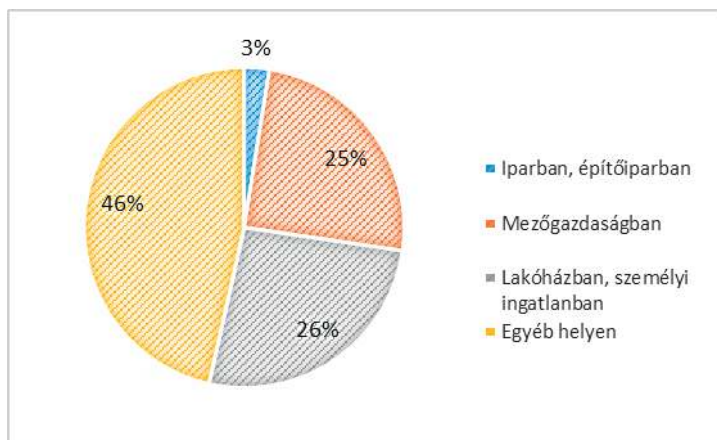
<sup>1</sup> Széchenyi István Egyetem, PhD-hallgató, e-mail: [laszlo.gabriella@sze.hu](mailto:laszlo.gabriella@sze.hu), ORCID azonosító: 0000-0001-5932-4358

a lakástűzek száma (26) 23%-kal, az egyéb helyen történt tüzesetek után. Egy-egy lakástűzben emberéletek, anyagi javak, eszmei értékek forognak kockán, a tartószerkezet károsodása esetén otthonok válnak lakhatatlanná, családok maradhatnak lakóhely nélkül.<sup>2</sup> Nem is kell ennél nyomósabb ok arra, hogy a lakóépületek tűzvédelmi problémáival foglalkozzunk. Jelen cikk célja, hogy a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatait elemezve az elmúlt évtizedek tendenciáit vizsgálja és elemezze ezek tűzvédelemre gyakorolt hatását. A grafikonok és táblázatok elkészítéséhez a Magyar Statisztikai Évkönyv (2014–2016) adatait használtam fel.

A lakástűzek legjellemzőbb kiváltó okai a következők:

- konyhai gondatlanság,
- nem megfelelő elektromos hálózat,
- elektromos berendezések meghibásodása,
- fűtőberendezések helytelen működése,
- dohányzás, gondatlan gyertyahasználat,
- gápszivárgás,
- gyúlékony folyadékok helytelen tárolása, alkalmazása,
- szándékos gyújtogatás.

A vizsgált időszakban bekövetkezett tüzesetek számát és helyszín szerinti megoszlását a következő ábra mutatja:



1. ábra. Tüzesetek száma a tűz helye szerint

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy az általánosan otthon történt halálos kimenetelű balesetek 5%-át teszik ki a tűz és láng által okozott égések, fulladások. 2000 óta csökkenő tendenciát

<sup>2</sup> KUTI-ZÓLYOMI 2018.

mutat a tűz miatt elhunytak száma, azonban alapvetően az összes halálos otthoni baleset száma is csökkenést mutat, így a tűzzel kapcsolatos halálozások valódi csökkenését a százalékokban láthatjuk. A százalékos eloszlás viszont azt mutatja, hogy nem tud tartósan 5% alá csökkenni a tűzbalesetek száma, hiába szigorodott az 54/2014. BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) többször is az utóbbi években.

1. táblázat. Otthoni balesetek számának változása

| Halálos otthoni balesetek         | 2000  | 2005  | 2010  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Összesen                          | 3 059 | 2 098 | 2 051 | 1 760 | 1 726 | 1 759 | 1 704 |
| Tűz és láng okozta égés, fulladás | 143   | 141   | 131   | 103   | 89    | 70    | 94    |
| (%)                               | 4,67  | 6,72  | 6,39  | 5,85  | 5,16  | 3,98  | 5,52  |

*Forrás:* A KSH adatai alapján szerkesztette a szerző

További problémát vet fel az egyre idősödő társadalom is. Az egyre csökkenő lakónépességből a 15 év alatti korosztály egyre kevesebb fővel képviselteti magát, a középkorosztály (munkára képes korosztály) száma szintén csökkenő tendenciát mutat, azonban a 65 év feletiek százaléka egyre nő (2. táblázat). Tanulmányok igazolják, hogy az idősödő korosztály sajnos növeli a tüzesetekkel kapcsolatos balesetek számát, illetve az ő számukra a menekülés és mentés lehetősége is sokkal korlátozottabb.<sup>3</sup>

A lakosság korcsoport szerinti megoszlását Magyarországon a következő táblázat tartalmazza:

2. táblázat. A lakónépesség korcsoport szerinti eloszlásának alakulása 2001–2017-ig

|      | Lakónépesség összesen (fő) | 0–14 éves (%) | 15–64 éves (%) | 65–éves (%) |
|------|----------------------------|---------------|----------------|-------------|
| 2001 | 10 200 298                 | 16,59         | 68,27          | 15,15       |
| 2002 | 10 174 853                 | 16,32         | 68,43          | 15,25       |
| 2003 | 10 142 362                 | 16,11         | 68,52          | 15,37       |
| 2004 | 10 116 742                 | 15,88         | 68,63          | 15,49       |
| 2005 | 10 097 549                 | 15,64         | 68,73          | 15,62       |
| 2006 | 10 076 581                 | 15,42         | 68,80          | 15,79       |
| 2007 | 10 066 158                 | 15,20         | 68,86          | 15,95       |
| 2008 | 10 045 401                 | 15,02         | 68,81          | 16,17       |
| 2009 | 10 030 975                 | 14,88         | 68,77          | 16,35       |
| 2010 | 10 014 324                 | 14,75         | 68,64          | 16,61       |

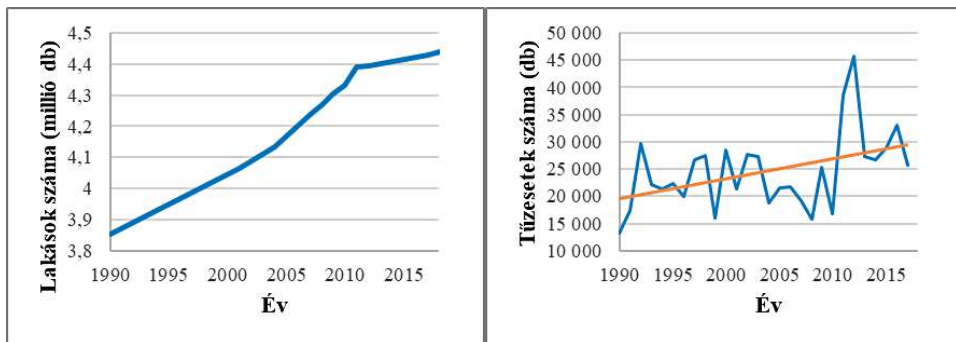
<sup>3</sup> HARPER–DICKSON 1995; YARED et al. 2015; DIGUISEPPI et al. 2000; ELDER–SQUIRES–BUSUTTI 1996; BEDA 2004.

|      | Lakónépesség<br>összesen (fő) | 0–14 éves<br>(%) | 15–64 éves<br>(%) | 65–éves<br>(%) |
|------|-------------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| 2011 | 9 985 722                     | 14,59            | 68,67             | 16,74          |
| 2012 | 9 931 925                     | 14,50            | 68,62             | 16,87          |
| 2013 | 9 908 798                     | 14,44            | 68,39             | 17,17          |
| 2014 | 9 877 365                     | 14,44            | 68,03             | 17,53          |
| 2015 | 9 855 571                     | 14,48            | 67,62             | 17,90          |
| 2016 | 9 830 485                     | 14,49            | 67,23             | 18,28          |
| 2017 | 9 797 561                     | 14,52            | 66,82             | 18,66          |
| 2018 | 9 778 371                     | 14,54            | 66,52             | 18,94          |

Forrás: A KSH adatai alapján szerkesztette a szerző

## Magyarország lakáskultúrája

Az 1990-es évektől kezdve a lakások száma folyamatos növekedést mutat, bár a gazdasági válság idején látható némi megtorpanás, az utóbbi 5 évben újra növekedésnek indult, az új kormányzati határozatoknak köszönhetően pedig további ugrásszerű növekedés várható (2. ábra). Ha ehhez képest megvizsgáljuk a tüzesetek számát, ott jelentős eltérések láthatók az évek között, de ha elhelyezünk a grafikonon egy tendenciavonalat, akkor látható, hogy a lakásszámok növekedésével a tüzesetek száma is emelkedik a szabályozások ellenére is. Ennek számos oka lehet, a következő fejezetben ezt tárgyalom.



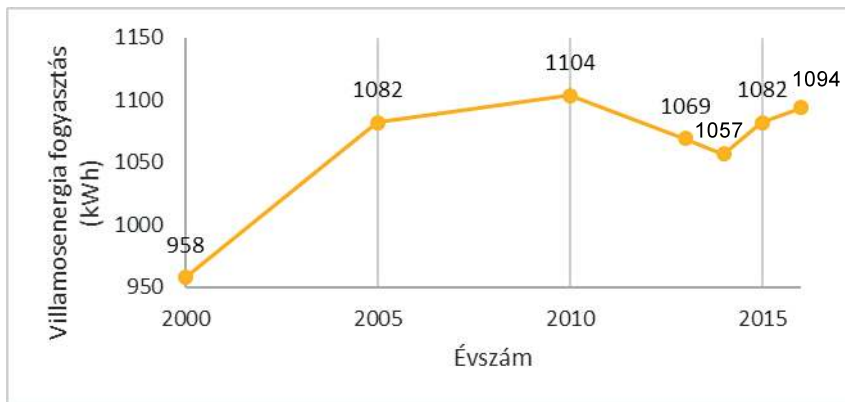
2. ábra. Lakások és tüzesetek számának változása

Forrás: a szerző szerkesztése

A lakóépületeknek két fontos csoportja jellemző Magyarországra: az elmúlt 20–30 év hagyományos lakóépületei, valamint az 1960-as, 1970-es és 1980-as évek panelépületei. Kutatások

igazolják, hogy a hagyományos épületekben és panelszerkezetű épületekben bekövetkezett tüzesetek keletkezésének okai többnyire megegyeznek, valamint gyakoriságuk között sincs számottevő különbség. A lakáson belüli tűzterjedést ugyanazok a tényezők befolyásolták, viszont a függőleges irányú tűzterjedés a panelépületekben sokkal jellemzőbb.<sup>4</sup> Ennek egyik oka, hogy a panelépítések idején nem vonatkoztak olyan komoly előírások a gépészeti strangok tűzzárására. Így mind a függőleges szellőzőcsöveken, mind a szemétdobókon könnyen továbbterjedhet egy lakásból a tűz. A mostanában időszerűvé vált lakásfelújítások során sok konyhában létesül utólagosan elszívó, amelyet néhány esetben ráadásul helytelen kivitelezéssel kötnek bele a meglévő strangokba. Így egy konyhatűz nagyon gyorsan továbbterjedhet a többi lakásba is a szívó hatásnak köszönhetően. Függőleges tűzterjedést jelent továbbá a homlokzati tűzterjedés is. Az energetikai követelményeknek való megfeleltetés érdekében a panelprogram keretében rengeteg panelház kapott utólagos – többnyire polisztirolhab – hőszigetelést, amelynek helyessége egy miskolci paneltűz esetében vált vitatottá.<sup>5</sup>

A panelházak az építési évekbeni használatuknak megfelelően talán ki is elégítenék a mai előírásokat, azonban azóta a lakáskultúra nagyot változott. Sokkal több elektronikai eszköz található egy lakásban, mint 40–50 évvel ezelőtt, ennek köszönhetően nőtt az egy lakásban felhasznált villamos energia mértéke (3. ábra), viszont az akkoriban épített lakásokat még nem ilyen hálózati terhelésre tervezték. Ebből kifolyólag a második leggyakoribb tűzkeletkezési ok a konyhai gondatlanságok után az elektromos hálózat nem megfelelő kiépítettsége, valamint elektromos berendezésekkel kapcsolatos meghibásodások.



3. ábra. Egy lakosra jutó évi villamosenergia-fogyasztás változása

*Forrás: a szerző szerkesztése*

<sup>4</sup> HOLLÓ 2009.

<sup>5</sup> KERBER 2012.

Az évek során felhalmozott értéktárgyak – régi bútor, textíliák, könyvek, tankönyvek – is rendkívül jól táplálnak egy kialakult lakástűzet, és ezek többletfűtőértékével az eredeti tűzterhelés megállapításánál nem számolnak. Nem veszik tehát figyelembe ilyen szempontból az időtényezőt.

Az új lakásokkal kapcsolatos veszélytényezőket a 4. ábrával lehetne összefoglalni. Az utóbbi évtizedben jöttek divatba az úgynevezett „amerikai konyhás” lakások, amely annyit jelent, hogy a konyha nincs teljes értékű fallal elválasztva a laktórétől (nappaltól, étkezőtől). Egyre inkább elterjednek a kisebb alapterületű – 30–40 m<sup>2</sup>-es – garzonok, ahol a hálófülke szintűgy abban a térben található, ahol a konyha és a nappali. Egy épületben a tűz terjedését megakadályozó elsődleges szerkezetek a falak. A nyitottabb geometriájú lakásokban éppen ezt a tűzterjedés-gátlást akadályozzuk meg. A lakásunk tartalma, berendezésének változása okozza a tűz dinamikusabb fejlődését. Sokkal több gyúlékony szintetikus anyag található manapság a lakásokban (műanyagok, textilek), sokkal több éghető anyagot tárolunk talán úgy, hogy nem is vagyunk tudatában (vegyszerek, sprayk), valamint olyan termékeket alkalmazunk, amelyeknek a pontos összetevőjét nem is tudjuk, így a gyúlékonyságával sem lehetünk tisztában. Szintén jellemző az építőanyagok változása.<sup>6</sup> Az építőipar – és többségében a megrendelő – elsődleges célja, hogy a lehető legkisebb költség mellett és a lehető leggyorsabban épüljön fel az épület. Sokkal fontosabb tehát egy anyag kiválasztásánál, hogy költséghatékonyabb legyen, mint hogy tűzvédelmi szempontból mit tud. Ezt igyekeznek ellensúlyozni a hatályos jogszabályok, mégis van, amit nem tudnak befolyásolni. A lakásban leggyakrabban alkalmazott ajtók például évek óta papírrácsbetétesek vagy jobb esetben furatolt faforgácsbetétesek, sokkal kisebb tömegűek, tehát sokkal gyorsabban égnek el. Az elmúlt pár évben kezdtek el terjedni hazánkban is a favázás készházak, illetve évről évre jelennek meg újabb kompozit építőanyagok (fabeton, szálcement, Thermoblock polisztirol „zsalukő”).



4. ábra. Lakástűzek dinamikájának változása újjépítésű lakásokban

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. táblázat azt hivatott bemutatni, hogy hazánkban jellemzően milyen típusú lakások épültek az elmúlt 16 évben. Ez alapján a családi házas és a többlakásos lakóépületek aránya a legnagyobb. Őket követik a lakóparki és a csoportházak beépítések. Egyenként megvizsgálva a családi há-

<sup>6</sup> MAJOROSNÉ LUBLÓY 2018.



zas építkezések száma csökkenő tendenciát mutat, illetve 4000–5000 darab között ingadozik az utóbbi pár év lakásépítési lázában. A többlakásos épületek száma újra egyre nő, csakúgy, mint a lakóparkok és a csoportházak építése. Gazdasági és politikai hatásokra a jelenség hasonló, mint az 1960-as évek panelépítése. További vizsgálatot igényel, hogy ez milyen hatással lesz a lakóépületekben előforduló tüzesetekre, hiszen míg a családi házban történt tűzben jó esetben csak egy családot ér veszteség, addig a többlakásos épületekben mások életét, értékeit is veszélyeztetjük óvatlanságunkkal.

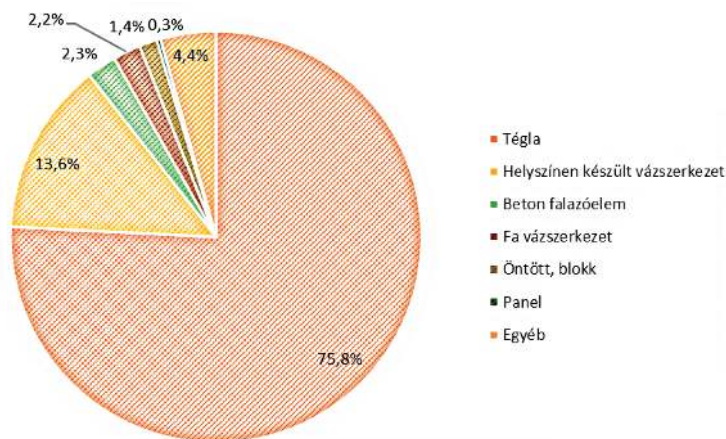
3. táblázat. Lakások típus szerinti megoszlása

| Épített lakásszám típusok szerint | 2000          | 2005          | 2010          | 2013        | 2014        | 2015        | 2016        |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Családi ház                       | 16 831        | 19 213        | 9 682         | 4 117       | 4 666       | 4 458       | 4 929       |
| Többlakásos, többszintes          | 4 068         | 16 644        | 7 990         | 2 800       | 2 981       | 2 558       | 4 309       |
| Lakóparki                         | 0             | 3 451         | 1 910         | 191         | 512         | 344         | 387         |
| Csoportház                        | 543           | 1 347         | 946           | 143         | 161         | 207         | 310         |
| Lakótelepi                        | 61            | 306           | 191           | 1           | –           | –           | –           |
| Egyéb                             | 80            | 123           | 104           | 41          | 38          | 45          | 59          |
| <b>Összesen</b>                   | <b>21 583</b> | <b>41 084</b> | <b>20 823</b> | <b>7293</b> | <b>8358</b> | <b>7612</b> | <b>9994</b> |

Forrás: a KSH adatai alapján készítette a szerző

A tüzesetek kimenetelére nagy hatással van, hogy az épület milyen szerkezetből épül fel. A tűznek leginkább ellenálló építőanyagok a kézi kerámia falazóelemek. Az 5. ábra szerint a legtöbb lakás teherhordó kézi falazóelemből épül fel. A második leggyakoribb építésmód a vasbeton pillérváz és kerámia vagy egyéb kézi falazóelemes kitöltő falazatos. Viszont, ahogy már korábban tárgyaltuk az építkezések mai tempójának következtében előtérbe kerülnek újra az előregyártott betonelemes építkezések, vagy épp az előregyártott könnyűszerkezetes készházak, amelyek váza lehet fa, de lehet acél is. Mindhárom építőanyag jóval érzékenyebb tűzterhelésre, tartós hőhatásra, erre vonatkozóan már készültek mind hazai, mind külföldi tanulmányok.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> KHOURY 2001; Cégbiztonság 2003.



5. ábra. Lakások szerkezetípus szerinti megoszlása

Forrás: a szerző szerkesztése

## A tűzterhelés számítás változása

A tűzvédelmi tervezés alapját a tűzterhelés kiszámítása adja. A tűzterhelés az épület egy tűzszakaszában, vagy adott helyiségében tartósan jelenlévő és beépített éghető anyagok tömegéből (kg) és fűtőértékéből (MJ/kg) számított hőmennyiség egységnyi padlófelületre vetítve (MJ/m<sup>2</sup>).

A számított tűzterhelés ( $p_v$ ) az alábbi képlettel számítható:<sup>8</sup>

$$p_v = p \times a \times b \times c \quad (1)$$

ahol  $p$  az időleges tűzterhelés ( $p_n$ ) és az állandó tűzterhelés ( $p_s$ ) összegeként számítható ki meglévő épületek esetén:

$$p = p_n + p_s \quad (2)$$

$a$ : az anyagok égési sebességére jellemző, azok sűrűségétől, raktározási tömörségétől függő tényező;

$b$ : az anyagok égési sebességére jellemző tényező;

$c$ : a tűzvédelmi technikára jellemző tényező.

<sup>8</sup> Cégbiztonság 2003.

Állandó tűzterhelésnek a vizsgált területen beépített éghető anyagok és épületszerkezetek tömegéből származó tűzterhelési értéket nevezzük.<sup>9</sup>

$$p_s = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot H_i}{S} \quad (3)$$

Időleges tűzterhelésnek pedig a vizsgált területen található éghető anyagok és berendezések tömegéből származó tűzterhelést nevezzük.<sup>10</sup>

$$p_n = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot H_i}{S} \quad (4)$$

ahol  $M_i$  az  $i$ -edik anyag tömege,  $H_i$  pedig annak 1 kg-nyi tömegéből égés során felszabaduló hő mennyisége, tehát fűtőértéke,  $S$  pedig a vizsgált terület. Tervezett épület esetén az időleges tűzterhelés helyett egy táblázatban meghatározott normatív tűzterhelési értéket veszünk figyelembe. Ez a normatív tűzterhelés lakóépületek esetén 400 MJ/m<sup>2</sup>.<sup>11</sup>

A következő táblázatban egy lakás normatív tűzterhelése kerül összehasonlításra utólagos számított tűzterheléssel:

4. táblázat. Egy újjépítésű társasház lakásának tűzterhelése

| Helyiség         | $p_s$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | $p_n$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | $p_v$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | $p_s$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | $p_{\text{normatív}}$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) | $p_{\text{norm}}$<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| Előtér           | 1 342,39                      | 838,95                        | 1 891,59                      | 1 342,39                      | 400,00  | 1 624,08                                  |
| Fürdő            | 280,92                        | 751,11                        | 957,96                        | 280,92                        | 400,00  | 669,34                                    |
| Hálószoba        | 691,25                        | 1 308,21                      | 1 489,44                      | 691,25                        | 400,00  | 1 323,24                                  |
| Nappali + Konyha | 450,94                        | 383,47                        | 834,04                        | 450,94                        | 400,00  | 907,69                                    |

Forrás: A KSH adatai alapján készítette a szerző

A tűzterhelés számítását a *Cégbiztonság* adatai szerint végeztem el. A számításhoz alapul vett lakás egy többlakásos társasházban található, amely 2018-ban épült. A helyiségek többségében már most meghaladja a tűzterhelés számított értéke a normatív értéket. Egyedül a konyhával egybenyitott nappaliban maradt a normatív érték alatt a számított tűzterhelés, és ennek egyik oka, hogy a lakáshoz tartozik tároló, így a ritkábban használt eszközöket, anyagokat nem a lakásban tárolják. A régebben épült társasházakban azonban nem jellemző ilyen tárolók létesítése, illetve alapvetően ma sem előírás. A tüzesetek által okozott károk nagymértékben csökkenthetők a modern tűzvédelmi rendszerek alkalmazásával,<sup>12</sup> de Magyarországon lakóépületekben ezek beépítése nagyon kevés esetben történt meg.

<sup>9</sup> *Cégbiztonság* 2003.

<sup>10</sup> *Cégbiztonság* 2003.

<sup>11</sup> *Cégbiztonság* 2003.

<sup>12</sup> KUTI 2015.

## Következtetések

Kutatómunkám során arra a következtetésre jutottam, hogy érdemes volna tehát több lakástípuson elvégezni a tűzterhelés számítását, figyelembe véve azt is, hogy a lakók milyen rég költöztek be. Ehhez egy felmérést tervezek elvégezni a jövőben. Az abból nyert statisztikai adatok segítségével általánosítható egy tűzterhelési érték, amely elengedhetetlen kutatásom következő lépéséhez, amelyben 1 : 1 arányú tűzkísérletet tervezek végrehajtani a lakástüzek épületszerkezetekre gyakorolt hatásának további vizsgálata érdekében. Kutatási eredményeimmel fel kívántam hívni a figyelmet a tűzbiztonság fontosságára, a magyarországi lakóépületekben bekövetkezett változásokkal összhangban.

## Felhasznált irodalom

- BEDA László (2004): Épületek tűzbiztonságának műszaki értékelése. Doktori értekezés. Budapest, NKE. Elérhető: [https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/beda\\_laszlo.pdf](https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/beda_laszlo.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 02. 11.)
- Cégbiztonság. (2003) Budapest, Complex Kiadó Kft. CD kiadvány.
- DIGUISEPPI, Carolyn – EDWARDS, Phil – GODWARD, Catherine – ROBERTS, Ian – WADE, Angie (2000): Urban residential fire and flame injuries: a population based study. *Injury Prevention*, Vol. 6, No. 4. 250–254. DOI: <https://doi.org/10.1136/ip.6.4.250>
- ELDER, Andrew T. – SQUIRES, Timothy – BUSUTTIL, Anthony (1996): Fire Fatalities in Elderly People. *Age and Ageing*, Vol. 25, No. 3. 214–216. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/25.3.214>
- HARPER, Rosalyn D. – DICKSON, William A. (1995): Reducing the burn risk to elderly persons living in residential care. *Burns*, Vol. 21, No. 3. 205–208. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-4179\(95\)80010-L](https://doi.org/10.1016/0305-4179(95)80010-L)
- HOLLÓ Csaba (2009): Paneltűz és pánikkeltés. *Mérnök Újság*, 16. évf. 8-9. sz. 20–22.
- KERBER, Stephen (2012): Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. *Fire Technology*, Vol. 48, No. 4. 865–891. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0249-2>
- KHOURY, Gabriel Alexander (2001): Effect of fire on concrete and concrete structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, Vol. 2, No. 4. 429–447. DOI: <https://doi.org/10.1002/pse.51>
- KUTI Rajmund – ZÓLYOMI Géza (2018): A tüzesetek során képződő füst veszélyei. *Védelemtudomány*, 3. évf. 2. sz. 67–76. Elérhető: [www.vedelemtudomany.hu/articles/05-kuti-zolyomi.pdf](http://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-kuti-zolyomi.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 02. 11.)
- KUTI Rajmund (2015): Advantages of Water Fog Use az a Fire Extinguisher. *AARMS*, Vol. 14, No. 2. 259–264. Elérhető: <https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-2015-2-kuti.original.pdf> (A letöltés dátuma: 2019. 03. 20.)
- MAJOROSNÉ LUBLÓY Éva (2018): Ásványi szálas hőszigetelő anyagok testsűrűségének hatása a tűzállóságra kombinált tűzvédelmi burkolatok esetén. Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése workshop. Budapest, BME.
- YARED, Rami – ABDULRAZAK, Bessam – TESSIER, Thomas – MABILLEAU, Philippe (2015): Cooking risk analysis to enhance safety of elderly people in smart kitchen. *ACM PETRA, 15: Proceedings of the 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. DOI: <https://doi.org/10.1145/2769493.2769516>

