

MKK

MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

29. évfolyam 1. szám • 2019



Impresszum

Műszaki Katonai Közlöny

Nemzeti Köszolgálati Egyetem 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 Köszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar,
Műveleti 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

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

Kiadó

Nordex Nonprofit Kft. – Dialóg Campus Kiadó

www.dialogcampus.hu • www.uni-nke.hu

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

kiado@uni-nke.hu

A kiadásért felel: Petró Ildikó ügyvezető

Olvasószerkesztők: Balla Nóra, Havasi Máté

Tördelőszerkesztő: Gypjas Anikó



Tartalom

Sass Péter Turbocharging in Military Industry	5
Herczeg Gergely – Restás Ágoston Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására	19
Perl Zsófia Az exoskeleton civil alkalmazási lehetőségei	33
Tóth Álmos Dávid Különböző súrlódáscsökkentő kenőolaj-adalékok tribológiai hatásainak vizsgálata	43
Dobó Kristóf Változások kora az árvízvédelemben	57
Szantai Zsolt József A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazási lehetőségei napjainkban	65
Ferenczi Balázs Targoncával végzett logisztikai tevékenység közben bekövetkezett balesetek elemzése	83
Kun János – Feszty Dániel Reduction of Noise Loads in Rotorcraft Interior Using Poroelastic Materials	95
Urbán Anett A katasztrófavédelem beavatkozó állománya képzéseinek sajátossága	105
Szantai Zsolt József A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközök	121
Tóth Tamás Application of Natural Water Retention Measures in Flood Management	139
Domján András Kiemelten védett objektumok robbantás elleni védelmének kiegészítése a biztonsági szint növelése érdekében	153

Kanyó Ferenc – Vásárhelyi-Nagy Ildikó Research for New Physical Ability Testing Method for Firefighters in the V4 Countries	161
Végh Krisztián Az improvizált fenyegetések okozta kihívások a 21. század elején	167
Goda Zoltán Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra	185
Kovács István Vezetési funkciók egy helyi rendvédelmi szerv életében. Döntés mint az alternatívák közüli optimális választás folyamata.	195
Papp Tamás – Karches Tamás Keverési hatékonyság javítása vas és mangán eltávolításánál az ivóvíztisztításban	211
Ágh Csaba Vasúti pályák vizsgálatának korszerű módszerei	219
Fekete Árpád Harc modellek vizsgálata differenciálegyenletekkel	231
Debreceni Péter – Pántya Péter A fokozottan tűzvesélyes időszakok meghatározásának lehetőségei	243

Sass Péter¹

Turbocharging in Military Industry

Turbófeltöltés alkalmazása a hadiiparban

The appearance of the turbochargers provided a great opportunity for the engineers to increase the power of the internal combustion engines. Thanks to the present-day development trends, most of the newly manufactured vehicles are mounted with a turbocharged engine. However, competition of the development during the wars of the 20th century largely contributed to the spread of the turbochargers. In this article, the author presents the operation of the turbochargers and the increasing power of the internal combustion engines depending on time, and the effect of the increased performance on the military vehicles.

Keywords: turbocharger, internal combustion engine, power, efficiency, turbocharged engines

A turbófeltöltők megjelenése lehetőséget biztosított a mérnökök számára a belső égésű motorok teljesítményének növelésére. Napjaink fejlesztési irányzatainak köszönhetően a legtöbb gyártósorról lekerülő gépjármű feltöltött motorral szerelt. A turbófeltöltő elterjedéséhez viszont nagymértékben hozzájárult a 20. század háborúi okozta fejlesztési verseny. A cikkben a szerző bemutatja a turbófeltöltők működését, illetve a belső égésű motorok teljesítményének növekedését az idő függvényében, és ennek hatását a katonai járművek fejlődésére.

Kulcsszavak: turbófeltöltő, belső égésű motor, teljesítmény, hatásfok, feltöltött motorok

Introduction

Nowadays, the application of turbochargers is widely common in the automotive industry. Most likely, the destiny of the internal combustion engines will depend on the energy politics. In the foreseeable future, crude oil will be the primary energy source for the combustion engines for automotive and other public road uses. Natural gas and, to a limited extent, synthetic fuels, moreover hydrogen could gain popularity, therefore internal combustion engines will

¹ Széchenyi István Egyetem, Belső Égésű Motorok Tanszék, egyetemi tanársegéd, doktorandusz, e-mail: sass.peter@ga.sze.hu, ORCID: 0000-0002-2089-8319

be the main power source of our vehicles. Looking back at the development competitions of the 20th century induced by the wars, the power output of the internal combustion engines highly increased. The aim of developments was to produce the highest achievable power density, so the manufacturers tried to obtain the highest power output from the possibly smallest displacement engines. The increasing power-to-weight ratio of the vehicles was a huge motivation especially in the aircraft design because it had a significant effect on the flight altitude and also the bomb load capacity increased due to the lighter aircraft. It can be noted that the output power of the vehicles had an effect in the combat situation and could lead to an advantage for the soldiers over the enemy. Hence, the engine developments were important processes for the outcome of the wars. The need for increasing the power density of the internal combustion engines led to the spread of the turbocharged engines. The primary aim of the author is to present the operation and structure of the charging systems [1].

The Steps of Development of the Supercharged Engines

The supercharged internal combustion engine appeared about the same time as did the internal combustion engine itself. The first supercharged engines were used on aircraft to increase their high-altitude performance. Later, the main object was to improve the peak performance of sporty and expensive automobiles. It took almost thirty years until the supercharged engines reached their importance in economic use, in the form of efficient, turbocharged slow- and high-speed diesel engines. It took another thirty years, until the mechanically-driven compressors and the exhaust gas turbochargers appeared in the mass production of the internal combustion engines [1].

The history of supercharging goes back all the way to Gottlieb Daimler. Daimler used supercharging on his first engines too, such as the DRP 34926 engine which he presented in 1885. The reason for Daimler's brave construction was to increase the engine speed and intake of the combustion engines because, at the time, only the production of the small-sized intake and exhaust valves were possible. The problems forced him to give up his idea because of the appearing bigger valves and also the multivalve cylinder head constructions, made by his colleague, Wilhelm Maybach [1] [2].

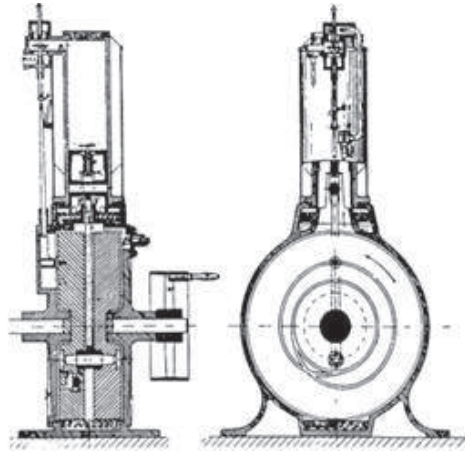


Figure 1. Daimler's DRP 34926 type engine [1]

The first mass produced supercharged engines were used in aircraft. Between 1920 and 1940, the turbo compressors continuously improved with the maximum achievable peripheral speed of the impeller. The first absolute golden age in regard to the power output of supercharged Otto engines, was the end of the Second World War when Curtiss Wright's 18-cylinder dual-radial compound engine with mechanically powered turbo compressor reached 2420 kW takeoff power in mass production [1].

The development of the turbocharger is related to a Swiss engineer, named Alfred Büchi. In 1905, Büchi designed the operation of the turbocharged diesel engines, but he had to wait for the first application until 1925. His first products were used on MAN's stationery diesel engines and the Maschinenfabrik Winterthur's passenger ships. In the MAN marine engine, the mean effective pressure was increased by 40%. Büchi's charging system is still the base for all today's turbocharged engines [1].

It is important to mention the main design equation of an internal combustion engine, which says the following of the effective power (P_e):

$$P_e = \frac{V_{H1} \cdot z \cdot n \cdot p_{eff}}{30 \cdot i}$$

Where:

- V_{H1} – displacement of one cylinder
- z – number of cylinders
- n – rotational speed of the crankshaft
- p_{eff} – effective mean pressure
- i – number of strokes

Based on the equation, if the effective mean pressure increases, the performance of the engine will be higher too. This means that the displacement volume can be decreased under unchanged power output. Thanks to the smaller stroke volume, the efficiency of the engine can be improved, because of the better fuel consumption, therefore the pollutant emission is decreasing. On the other hand, until the 1990s the turbochargers and mechanically driven compressors of the passenger vehicles were used to achieve increased performance in almost every case [1] [2].

The Aim of Supercharging

The aim of the application of turbochargers is to increase the performance of the internal combustion engines with the pre-compression of the intake air. The main advantage of the construction is that it utilizes the energy of the exhaust gas, which would be lost after the combustion cycle, due to the geometrical and constructional capabilities of the crank-train. The boundary conditions of the combustion and the power stroke can be improved at the same time, so the emission of the engine is corrigible. Therefore, the main application area of the turbochargers are the engines with the aim of high power density combined with reduced harmful emissions and low fuel consumption.

To understand the aim of the application of the turbochargers, the gas law needs to be presented in the following:

$$\rho = \frac{p}{RT}$$

Where:

- p – intake air pressure
- R – gas constant
- T – the temperature of the charging air
- ρ – the density of the charging air

To increase an internal combustion engine's performance, a larger amount of fuel should burn inside the cylinders when it is needed, therefore choosing the appropriate air-fuel ratio is also important during the design process.

Figure 2 shows the effect of the changing air-fuel ratio to the power of an Otto engine. Even the engine is optimised for higher power output or best fuel consumption, a significantly larger mass of air has to be in the combustion chamber before the power-stroke than petrol.

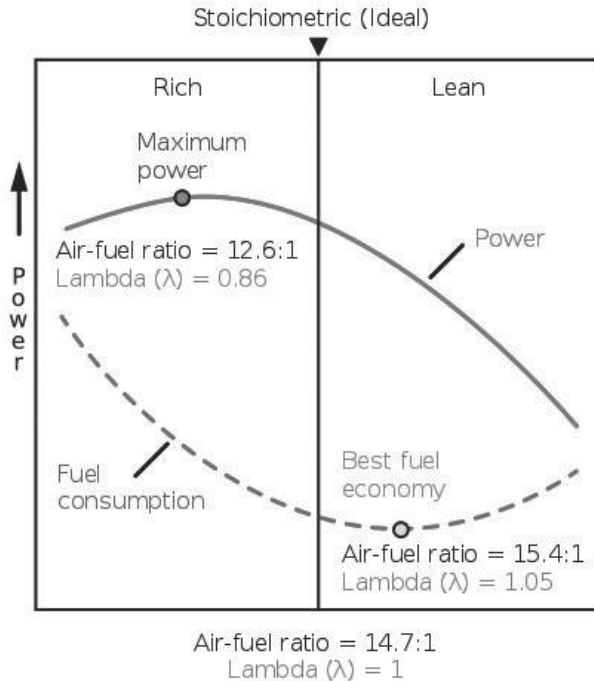


Figure 2. The effect of the air-fuel ratio on performance [3]

When the air-fuel mixture is stoichiometric, $\lambda = 1$ (air-fuel ratio; λ [kg]) [in case of Otto engines (14.7:1)] the fuel consumption is relatively low, while the engine performance is acceptably high and also the pollutant emission is fairly low. Thanks to the advanced injection technologies, the delivery of the fuel into the combustion chamber can be done with a large pressure difference. Even in the 1940s, Bosch's injection systems specially developed to fighter aircraft could reach up to 90 bar injection pressure, while the difference at the moment of the intake valve opening between the pressure inside the cylinder and the environmental pressure is low. Therefore, the main barrier of the increased performance is the delivery of the right amount of air mass to the combustion chamber [4].

Since the stroke volume of a traditional engine is not variable, the delivery of the larger amount of air mass into the cylinders can be solved only by increasing the density of the intake air. Based on the ideal gas law, the density of the intake air can be increased by higher intake air pressure or by decreasing its temperature, so larger air mass can be delivered to the cylinders. With the help of superchargers, the intake pressure can reach higher values, therefore it creates an opportunity to burn more fuel in the combustion chamber making the engine more powerful, while the displacement is unchanged. A further option to increase the intake air pressure is to achieve lower temperatures and the solution in most of the time is the use of intake air cooling systems or so-called intercoolers. There are several cooling system structures, such as air-to-air coolers, but in case of high power output engines, even water-to-air coolers are

commonly combined with turbochargers, because the compression of the intake air in the compressor side increase the temperature and this temperature growth is solved by inter-coolers [5].

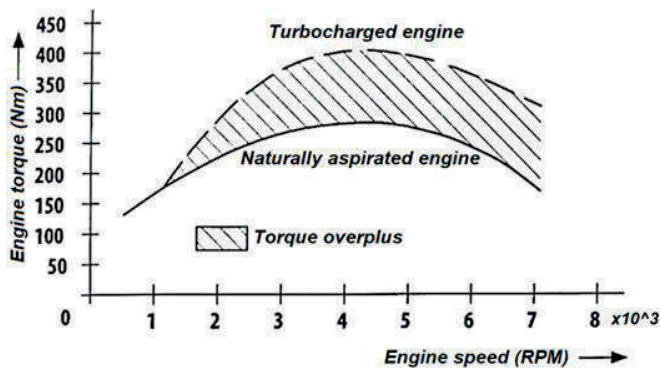


Figure 3. The effect of the turbocharger to engine torque [6]

The spread of the turbochargers took the development competition to a new level. Nowadays, the aim of the developments is to reduce the harmful emissions while the engine displacement is relatively small. On the other hand, in the middle of the 20th century, the continuous pursuit for power increase justified the use of turbochargers.

The Operation of Charging Systems

One of the most common supercharging systems is turbocharging. The turbochargers can be separated into three main components based on the operation: turbine side, compressor side and bearing housing (or center housing). The exhaust gases get to turbine housing from the downpipe. With the help of the turbine wheel, the energy of the exhaust gas (heat energy, kinetic energy) can be transferred into mechanical energy [2].

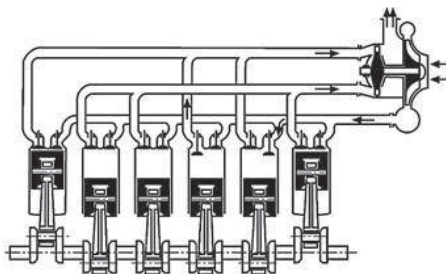


Figure 4. Alfred Büchi's charging system [1]

During operation, the turbine wheel has to be mechanically connected with the compressor wheel so the proper amount of intake air can be delivered into the cylinders of the internal combustion engine. This connection is solved by the shaft of the turbocharger. After the mounting of the turbine wheel to the shaft, they become one part, named turbine shaft, because they are friction welded together. With the purpose of positioning and minimalizing the wear of the shaft, thrust and radial bearings are used. There are turbochargers with plain or roller radial bearings too, but the plain bearings are more common due to the lower production costs. The bearings are located in the center housing.

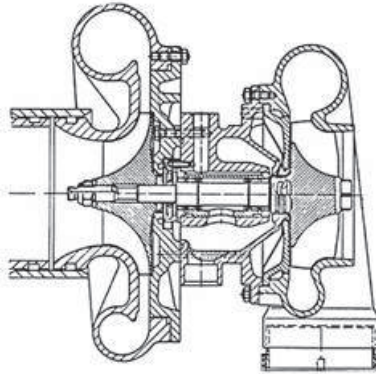


Figure 5. The section of a turbocharger [2]

Moving forward, the compressor wheel is located on the compressor side with the compressor housing, which is also often called the “cold side” of the turbocharger. The turbochargers are centrifugal compressors containing three main units: the compressor wheel, the diffuser and the compressor housing. The intake air enters the compressor in an axial direction, then its speed increases and leaves in a radial direction. The air slows down in the diffuser and so its static pressure and temperature increase. The diffuser is located inside the compressor housing between the backing and the volute. The speed of the intake air increases in the volute before leaving the housing.

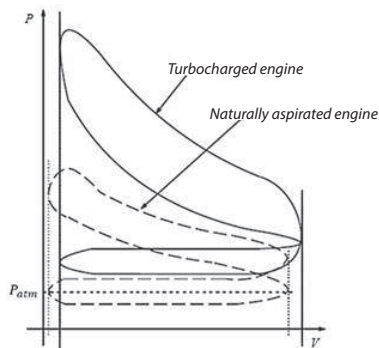


Figure 6. The effect of pressure charging to the P-V diagram of an Otto engine [7]

Figure 6 shows the effect of turbocharging to an Otto engine's pressure-volume diagram. In case of the naturally aspirated engine, the compressing takes part in environmental pressure. On the other hand, due to the pre-compression of the turbocharger, the compression stroke always starts with a higher pressure in the turbocharged engines. After the compression, the amount of heat from the combustion is also larger, because of the more injectable fuel, so the peak pressure will also increase. By comparing the diagrams of the naturally aspirated and the turbocharged engine, it is obvious that the mean effective pressure can be significantly higher in a turbocharged engine, than a naturally aspirated one with the same stroke volume. The mechanical parts of the engine are not always capable of sustaining the increased peak pressure, moreover (in case of Otto engines) knocking can occur, which is an abnormal combustion result in an inappropriate fast combustion outside of the envelope of the original combustion front. This phenomenon has a huge effect on the lifetime of the engine. To avoid knocking, the compression ratio should be decreased, but the performance of turbocharged engines is still higher than the naturally aspirated ones. Different, but also very common supercharging types are the mechanically driven compressors, which have a similar effect on the power, but this charging system is driven by the crankshaft via a belt or gear drive, despite the energy of the exhaust gases. Therefore, the efficiency of the engines with mechanically driven compressors is lower than the turbocharged engines, because the compressor is driven by the produced effective energy of the crankshaft, unlike the turbocharger where the energy of the exhaust gas will be lost in the naturally aspirated operation. On the other hand, the throttle response will be more instant, due to the direct connection between the crankshaft and the supercharger. The mechanically driven superchargers were commonly used already in the Second World War.

Outstanding Constructions of the Second World War

One of the famous constructions of the Second World War's fighter aircraft is the 12 cylinder, V layout engine developed in 1936 by Rolls-Royce, named Merlin. It was the power source of some well-known aircraft, such as the Supermarine Spitfire or the Hawker Hurricane. The 27 liters displacement, liquid cooled engine had a two-step charging system, which served by mechanically driven centrifugal compressors. The weight of the construction reached 600 kg [8].

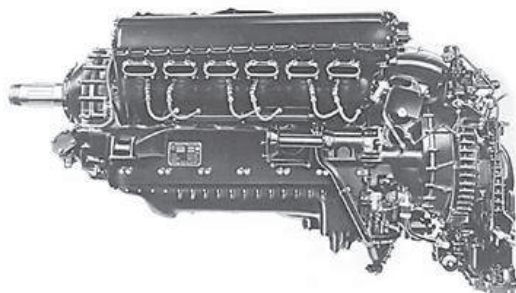


Figure 7. Rolls-Royce Merlin [8]

In the beginning, the performance of the engine was 1036 horsepower, which reached over 1520 horsepower by 1943, thanks to the continuous development. One of the main disadvantages of the Merlin was that the mixture was created by a carburettor, so during hard manoeuvring, the huge lateral forces caused engine misfire. On the other hand, the German Daimler-Benz DB 600 series engines had a Bosch direct fuel injection system, which was capable of creating proper mixture even during large accelerations, so the aircraft could carry out more sudden manoeuvres [7] [8].

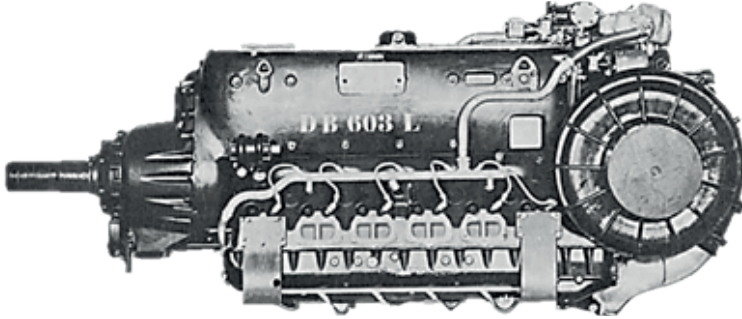


Figure 8. Daimler-Benz 603 [9]

The development of the type 605A of the Daimler-Benz DB 600 series was finished in the last months of 1940, which was also a 12 cylinder V layout power source, used in the Messerschmitt bomber aircraft. The 35 liters displacement internal combustion engine's performance reached up to 1400 horsepower and thanks to the state-of-the-art engineering solutions, it was one of the most successful constructions of the Luftwaffe. The success can be seen in the manufactured number of pieces as more than 42,000 units were produced in the DB 600 series [9].

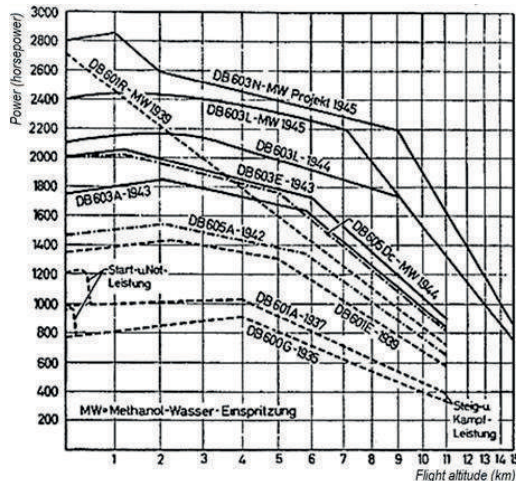


Figure 9. The performance of Daimler-Benz 600 series type engines depending on flight altitude [10]

A hydraulic coupling makes the drive of a centrifugal compressor possible from the crankshaft, the speciality of which is that an automatic actuator could vary the rotational speed of the compressor wheel depending on flight altitude by changing the drive ratio of the hydraulic coupling. The speed of the compressor wheel increased with the flight altitude up to 5700 meters, where it reached its maximum. Moreover, the engine performance could increase by even 20% for a short period of time, thanks to a special additional mixture injection system, which consisted 50% water, 49.5% methanol and 0.5% special anti-corrosive additive [9].

Figure 8 shows the power output depending on flight altitude of the different constructions of the DB 600 series. Thanks to the supercharging, the engines can operate with a slight power loss up to 4000 meters of flight altitude. The development is significant, comparing the 1935 construction with the 1945 one: the peak performance of the latest models was twice as much as that of the old ones and they were capable of reaching 15,000 meters in flight altitude instead of 11,000 [9].

Vehicles with Turbocharged Engines

The higher power output and better fuel consumption of the supercharged engines make a significant advantage in military use since the travelling speed and the range also increase. Firstly, the requirements of the aircraft industry made the supercharged engines deployment necessary. Later, they were also used as power sources for ships and ground vehicles. By comparing a naturally aspirated construction and a turbocharged one, it is clearly visible how much potential of the supercharging has. Figure 10 shows the effect of a well-matched turbocharger to the performance of 3 liters displacement, 6 cylinder, V layout engine [11].

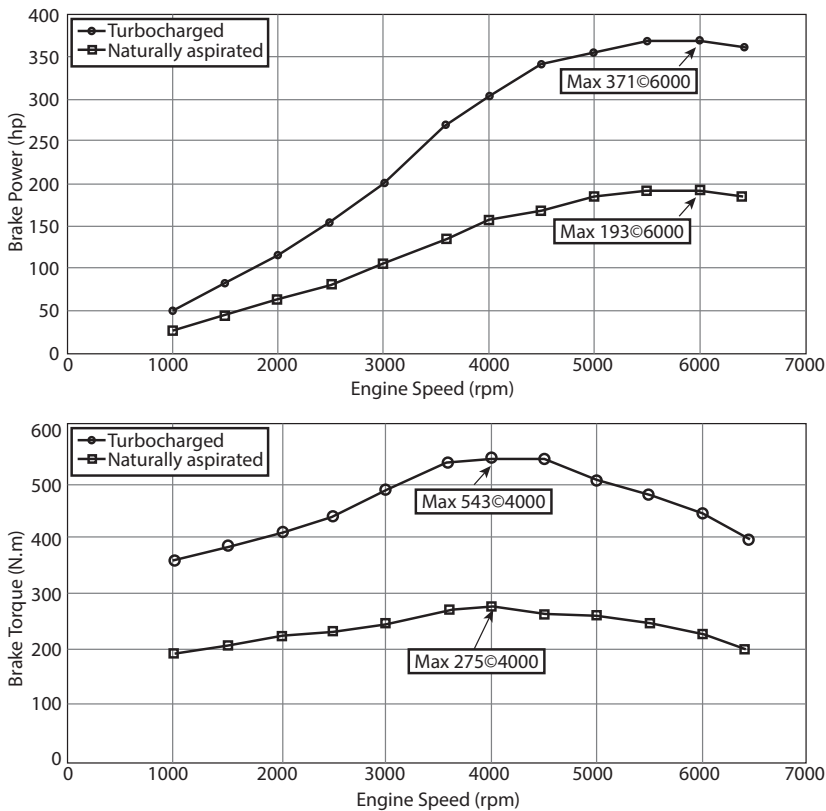


Figure 10. The effect of turbocharging on performance and torque [11]

Thanks to the potentials of the supercharged engines, the turbochargers can be found on engines in military use even in case of transport vehicles and warships since the 1950s. The turbocharged engines appeared early also in the vehicles used by the Hungarian Defence Forces, such as the BTR-80 armored personnel carrier, which was manufactured since 1986 and some of them are still in use. The BTR-80 can reach up to 80 km/h travelling speed on a driveway, with a range of 800 km thanks to the KamAZ-7403 V8 turbocharged diesel engine. Moreover, the Hungarian Defence Forces still own KrAZ 255 type heavy trucks mounted with 14.9 liters displacement JaMZ-238 V8 internal combustion engines, the production of which started already in 1967. The production of the 2S1 Gvozdika self-propelled howitzer started in 1972 in the Soviet Union, which was driven by turbocharged diesel engines producing 177 kW power and with a range up to 500 km. All member states of the Warsaw Pact put it into service, the Hungarian Defence Forces used 144 of them [12].



Figure 11. 2S1 Gvozdika military vehicle [12]

The turbochargers also take an important role in the warship industry. The Hungarian Explosive Ordnance Disposal and the River Flotilla Regiment still use AN-2 warships, which was produced from 1952 and fitted with two Csepel D-613 naturally aspirated engines, but due to the present requirements, the Csepel power sources were changed to Volvo Penta engines using turbocharging systems.

Summary

The power density of internal combustion engines increased significantly over the past hundred years. The supercharging had a huge effect on the improving performance, which offered new opportunities for the engineers. Because of the higher efficiency, by 2020, 70% of the personal vehicles sold worldwide will be mounted with a turbocharged engine. In Europe, this rate was 75% in 2014. The turbocharged engines started to spread around 1990 in case of automotive use in the direct injection diesel engines; however, in military use, the supercharged engines became common as early as the late 1930s. The wars of the 20th century sped up the development since the opposing participants were not only in combat on the battlefield but behind the designer tables too. Even on land, in water or in the air, the military vehicles are really important in a strategic point of view. Moreover, depending on the power output of the internal combustion engines, the soldiers can gain an advantage during battle and even can decide about the fate of lives. Therefore, it is not fortuitous that the increasing performance of the engines reached its highest level during the Second World War. As the improving power

output of the Messerschmitt aircraft shows, in only 10 years, an engine could double the performance with the same stroke volume, and therefore, the enemy should adopt the technology, since the use of charging systems became almost a requirement, and the ones using naturally aspirated engines would be disadvantaged. Among others, the turbocharged engines became an essential tool of the modern engine technology thanks to military developments and thanks to the turbocharger, the pollutant emission can be decreased while the power density is improving.

The paper was written with the support of the project entitled "Internationalisation, initiatives to establish a new source of researchers and graduates and development of knowledge and technological transfer as instruments of intelligent specialisations at Széchenyi István University" (project number: EFOP-3.6.1-16-2016-00017).

References

- [1] PRENNINGER, P. – HIERETH H. (2003): *Charging the Internal Combustion Engine*. Wien, Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-211-47113-5>
- [2] PUCHER, H. – ZINNER, K. (2012): *Aufladung von Verbrennungsmotoren*. Berlin, Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28990-3>
- [3] FALLAH, M. S. – KHAJEPOUR, A. – GOODARZI, A. (2014): *Electric and Hybrid Vehicles – Technologies, Modeling and Control: A Mechatronic Approach*. Chichester, John Wiley & Sons.
- [4] *Motore aeronautico Daimler-Benz DB 605* (s. a.): Museum of Engines and Mechanism. Source: www.museomotori.unipa.it (Accessed: 15. 11. 2018.)
- [5] GOLLOCH, R. (2004): *Downsizing bei Verbrennungsmotoren*. Berlin, Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/3-540-27490-1>
- [6] KOVÁTS M. (2006): *Turbófeltöltés alkalmazása járműmotoroknál*. Budapest, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.
- [7] FIGUEIREDO, P. (2013): *Turbocharged Engines*. University of Maribor, Maribor, Slovenia.
- [8] The Aviation History On-line Museum: Rolls-Royce Merlin (2006). Source: <http://www.aviation-history.com/> (Accessed: 22. 11. 2018.)
- [9] Daimler-Benz DB 603 (s. a.): Warbirds Resource Group. Source: http://powerplants.warbirdsresourcegroup.org/german_daimler-benz_DB_603.html (Accessed: 30. 11. 2018.)
- [10] BASSHUYSEN, R. VAN (2007): *Ottomotoren mit Direkteinspritzung: Verfahren, Systeme, Entwicklung, Potenzial*. Wiesbaden, Springer.
- [11] MAHMOUDI, A. R. – KHAZAEI, I. – GHAZIKHANI, M. (2017): Simulating the effects of turbocharging on the emission levels of a gasoline engine. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 56, No. 4. 737–748. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.03.005>
- [12] PHILIPS R. (2017): *Weapons and equipment of the Warsaw Pact, Volume One*. United Kingdom, Shilka Publishing.

Herczeg Gergely¹ – Restás Ágoston²

Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására

Possibilities to Ensure Opening of Emergency Exits

Az épületek vészkijáratainak használhatósága a bent tartózkodó személyek biztonságos menekülésének alapvető feltétele. A nyílászárók alapfunkciójának (nyitott és zárt állapotának) biztosítása mellett a vészkijáratoknak a vészhelyzeti használhatóság szempontjából fontos funkciója a könnyű és gyors nyithatóság. Emellett felmerül az igény a létesítményüzemeltetés során arra is, hogy a vészkijáratok csak valós veszélyhelyzet esetén legyenek használhatók. A szerzők bemutatják és elemzik azokat a lehetőségeket, amelyek biztosítják a zárva tartás mellett a biztonságos veszélyhelyzeti használatot is.

Kulcsszavak: vészkijárat, nyithatóság, kiürítés, menekülés, pánikzár

The usability of the emergency exits in buildings is a basic condition for the safe escape of persons staying in the building. In addition to the basic functions (open and closed) of the doors and windows, an easy and quick opening in an emergency situation is vital. Moreover, there is a need that emergency exits should only be used in case of real emergencies. The authors present and analyse the options that ensure safe use in case of emergencies.

Keywords: emergency exit, opening, evacuation, escaping, panic lock

Bevezetés

Az épületek esetében és bármely más olyan helyen, ahonnan a menekülés nyílászárókon keresztül lehetséges (például egyes sátrak, kerítéssel körülzárt szabadterek stb.) a bent tartózkodók biztonságát meghatározza a veszélyhelyzeti menekülés lehetősége vagy annak korlátozottsága.

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: herczeggergely@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9633-5152

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, egyetemi docens, tanszékvezető, e-mail: restas.agoston@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0003-4886-0117

Az épületek és a szabadtéri rendezvények tervezése során a menekülés lehetőségét vizsgálni kell és kiüritésszámítással meg kell állapítani a tervezett megoldás megfelelőségét [1].

Munkámban vészkijáratnak tekintem az összes olyan nyílászárót, amelyen keresztülhaladhatnak menekülő személyek az épület kiürítése során. Veszélyhelyzetként hivatkozom minden olyan eseményre, amely az épületből való menekülést indokolja vagy azt kíváltja.

A nemzetközi és a hazai szakirodalomban sincsenek nagy számban olyan közlemények, amelyek a menekülésre számításba vett nyílászárók veszélyhelyzeti nyithatósága biztosításának feltételeivel foglalkoznak. Készült tudományos közlemény nem használható vészkijáratok megjelölésének hatékonyságáról [2], menekülési tervek menekülők által történő értelmezhetőségéről [3], hangyák és emberek több kijáratral rendelkező helyiségből történő menekülésének hasonlóságairól [4], egerek tömeges pánikhelyzeti viselkedéséről kijáratokon történő áthaladás során [5], a tömegben kialakuló menekülési kényszer és az együttműködés összefüggéseiről [6], nemenként kijelölt kijáratok hatásáról heterogén tömeg menekülése esetén [7], illetve vészkijáratok átbocsátóképességéről [8].

A fenti cikkek azonban nem foglalkoznak a vészkijáratok nyithatóságának és az azokon történő normálhelyzeti áthaladás ellenőrizhetőségének problémájával.

Jelen tudományos közlemény hiánypótló lehet abban a vonatkozásban, hogy igyekszik feltárni azokat a lehetőségeket, amelyek a létesítményüzemeltetők részéről jelentkező igényeket (mint a be- és kilépők ellenőrzése, figyelemmel kísérése, nem kívánt belépés megakadályozása stb.) is figyelembe véve biztosíthatják az épületben tartózkodók biztonságos menekülésének lehetőségét.

Kutatásunk módszere a szakirodalom feldolgozása és elemzése, amely kiterjed a meglévő szabványokra és szabványszerű dokumentumokra is.

A létesítményüzemeltetés során felmerül az igény arra, hogy a kijáratokon és vészkijáratokon keresztül történő ki- és belépés ellenőrizhető legyen. Erre elsősorban nem a veszélyhelyzeti menekülés, hanem a normál mindennapi működés során van igény. Iskolákban, óvodákban, bölcsődékben, kórházak gyermekosztályain a létesítményüzemeltetés célja a gyermekek engedély nélküli és ellenőrizetlen eltávozásának megelőzése, illetve a jogosulatlan belépés megakadályozása [9]. Hasonló igény merül fel idősek otthona, demens személyeket ellátó intézmények és kórházak, valamint pszichiátriai osztályok esetén is. Az előzőekben cselekvőképtelen és korlátozottan cselekvőképes kiskorú, illetve a cselekvőképességében részlegesen korlátozott és a cselekvőképtelen nagykorú személyek bent tartózkodása alapozza meg a létesítményüzemeltetés ki- és belépés ellenőrzésére vonatkozó igényét [10].

Amennyiben az épületen, épületrészben vagy helyiségben való tartózkodási jogosultság feltételhez kötött (például belépőjegy múzeumban, menetjegy közlekedési létesítményekben, adott szervezethez tartozás irodaház esetén), úgy szintén felmerül a létesítményüzemeltetés során az igény arra, hogy a jogszerűen bent tartózkodók a vészkijáratokon át arra nem jogosult személyt ne tudjanak beengedni a vészkijárat kinyitásával úgy, hogy az a létesítményüzemeltetés részére nehezen ellenőrizhető legyen.

Szórakozóhelyen előfordult, hogy az üzemeltető lakattal és láncsal zárta le az összes vészkijáratot, amelyekhez a kulcsokat egy messzebb lévő bárpultban tárolták [11]. Veszélyhelyzetben a vészkijáratok zárainak nyitása (szórakozóhelyre jellemző létszámsűrűség esetén) valószínűleg nem lesz lehetséges.

A tűzoltói beavatkozás szempontjából célszerű, ha a vészkijáratokon keresztül be lehet jutni az épületbe veszélyhelyzet esetén [12]. Azok a vészkijáratok, amelyek csak a menekülés irányából (belülről) nyithatóak, ezt nem teszik lehetővé.

Tűz vagy más rendkívüli esemény során az emberi viselkedésformák eltérnek a normál helyzetben tapasztalttól [13], így a vészkijáratok helyének, megközelítésének és használhatóságának tervezésekor ezt célszerű figyelembe venni. A működtetés lehető legegyszerűbb formája biztosítja a leghatékonyabb használhatóságot.

Vészkijáratok használhatósága a gyakorlatban

Negyvenegy létesítményben vizsgáltuk meg a közvetlenül a szabadba nyíló vészkijáratok nyithatósága biztosításának módját. A létesítmények között volt bölcsőde, óvoda, általános iskola, gimnázium, iroda, tárolási és ipari rendeltetés. A következőkben nyílászárnyak tekintem a kétszárnyú ajtók elsőnek nyitható szárnyát, míg állószárnynak azt a szárnyat nevezem, amelynek nyitásához a nyílászárny nyitása előfeltétel [14].

Az egyszárnyú ajtók esetén előfordult a nyithatóság biztosítása kilincssel, fali nyomógombbal (1. kép, 2. kép), érintőkártyával (3. kép), pánikrúddal, valamint kulccsal. Kétszárnyú ajtók esetén a nyílászárny nyithatóságát az egyszárnyú ajtóknál leírtakkal azonos módokon biztosították, az állószárny tolózárral volt nyitható a legtöbb esetben, de talákoztam pánikrudas megoldással is.



1. kép. Nyomógombbal nyitható vészkijárat
(Saját felvétel)



2. kép. A nyitógombra rányílik az ajtó
(Saját felvétel)

Ahol a nyílászárny nyitásához fali nyomógomb volt szükséges, ott változó volt annak kialakítása. Az elektromos zár szünetmentes tápellátása sehol sem volt biztosítva a vizsgált létesítményekben. Egyes esetekben az elektromos zár a tápellátás megszűnte után az ajtó szabad nyithatóságát biztosította, más esetekben ekkor csak a hengerzár kulccsal való nyitásával adott lehetőséget a menekülésre. Az ilyen elektromos zárat vezérelheti akár fali nyomógomb, akár érintőkártyás érzékelő. Találkoztunk olyan elektromos zárral ellátott ajtóval is, amelynek egyik oldalán sem volt kilincs vagy pánikrúd, ezért a tápellátás megszűnésével az ajtó csak kulccsal volt nyitható. A nyomógombbal nyitható ajtók többségénél az ajtó csak a nyomógomb nyomva tartása mellett volt nyitható. Az egyik vizsgált vészkijáratnál az ajtón belülről csak fogantyú volt elhelyezve kilincs helyett, az ajtót elektromágnes rögzítette, a nyitást csak a tűzjelző berendezés vezérlőjele váltja ki, nyitó gomb nem volt az ajtó mellett (4. kép).



3. kép. Érintőkártyával nyitható mágnessel rögzített ajtó vésznyitó nyomógombbal
(Saját felvétel)



4. kép. Mágnessel rögzített vészkijárat fogantyúval, nyitó gomb nélkül, tűzjelzésre nyílik
(Saját felvétel)

Tolóajtók esetén a nyitást több esetben mozgásérzékelő vezérelte. Volt olyan létesítmény, ahol tápellátás hiányában a tolóajtó szárnyai csak kulccsal voltak nyithatók.

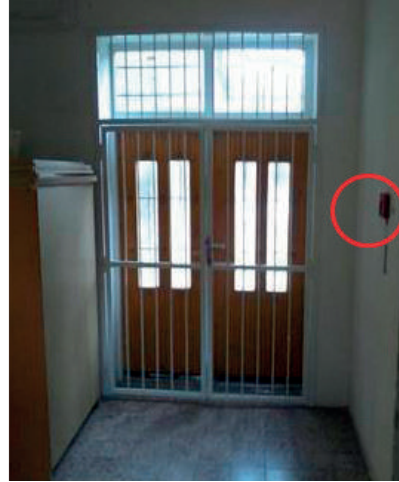
A felszerelt pánikrúd nem minden esetben biztosítja az azonnali nyithatóságot. Az egyik vizsgált vészkijáratnál a kétszárnyú ajtó pánikrúddal volt felszerelve, de a nyílászárnyat elektromos motor mozgatta. A pánikrúd működtetésével az ajtó nem nyílt ki, mivel a motor zárt állapotban rögzítette. A nyitás csak a vésznyitó nyomógomb működtetésével lehetséges, valamint tűzjelzésre automatikusan nyílik az ajtó (5. kép).

A kulccsal történő nyithatóság biztosítására az egyik vizsgált létesítményben kulcsdobozt helyeztek el a vészkijáratról 2 méter távolságban (6. kép). A vészkijáraton egy hengerzár

volt, az állószárnyat tolózár rögzítette. Az ajtó előtt, a belső oldalon befelé nyíló kétszárnyú rács volt elhelyezve, amelyhez kulcs nem volt a kulcsdobozban, de az a vizsgálat időpontjában nem volt kulcsra zárt állapotban. A vizsgált ajtó 300 fő menekülését kellett biztosítsa.



5. kép. Elektromos motorral rögzített vészkijárat pánikrúddal és vésznyitó nyomógombbal
(Saját felvétel)



6. kép. Kulcsdoboz a vészkijárat mellett
(Saját felvétel)

A vészkijárat könnyű, gyors és akadálytalan nyithatóságát nem tudja biztosítani a csavarral lezárt kétszárnyú ajtó, amely az egyik vizsgált létesítmény sporttermében volt fellelhető (7. kép).



7. kép. Csavarral lezárt kétszárnyú vészkijárat ajtó
(Saját felvétel)

A fentiekből látható, hogy a vizsgálat alá vont létesítmények esetén a létesítményüzemeltetés során igényként jelentkezik a vészkijáratok szabad nyithatóságának korlátozása. A megvalósulás során több esetben ez jelentősen csökkentette a bent tartózkodók biztonságát azáltal, hogy a menekülés csak kulccsal, vagy a tűzjelző berendezés vezérlőjelére volt lehetséges.

Vészkijáratí zárok

A vészkijáratok záraival több szabvány foglalkozik. A szabványos vészkijáratí zárok a menekülést bármikor lehetővé kell tegyék, így ezek zárva tartására a szabvány keretein belül nincs mód. Az ajtó nyitására a szabvány szerint egyetlen mozdulattal lehetőséget kell biztosítani, azonban az ilyen zárok nem alkalmasak olyan helyzetekben, mikor pánik kialakulására kell számítani, vagy a bent tartózkodók nem ismerik a vészkijáratok nyitásának módját vagy a nyitás-irányt. Ez a zárfajta a menekülés irányával ellentétes irányba nyíló ajtóra szerelve is megfelel a szabvány előírásainak. Az ilyen szabványos vészkijáratí zárok esetén nem követelmény, hogy az ajtólapra kifejtett nyomóerő mellett (mint ami a tömeg nyomása hatására előfordulhat) is nyitható legyen. Az ajtó működtetőszerkezete kilincs vagy nyomólap lehet. A vészkijáratí zárok esetén követelmény, hogy a működtetőszerkezet működtetésével az ajtónak minden esetben nyílnia kell, függetlenül az esetleges kiegészítő eszközöktől, mint retesz, elektromos zár, beléptetőrendszer stb. [15].



8. kép. MSZ EN 179 szerinti vészkijáratí zár [16]

A szabvány pánikajtózárok lehetővé teszik, hogy az ajtólapra kifejtett nyomóerő mellett is nyitható marad az ajtó a működtetőszerkezettel. Ez a tulajdonsága alkalmassá teszi a pánikajtózárok olyan helyeken való alkalmazásra is, ahol a vészkijáratok nyitásmódját jellemzően nem ismerő személyek használhatják vagy a menekülés során pánik nagyobb valószínűséggel előfordulhat. A működtetőszerkezet ezen zár esetében lehet le- vagy benyomós pánikrúd. A pánikajtózárok

esetén követelmény, hogy a pánikrúd nyomására az ajtónak nyílnia kell, azt nem akadályozhatja más eszköz (például retesz, elektromos zár, beléptetőrendszer stb.) [17].

Villamos szabályozású kijáratok menekülési útvonalon való használatára szabványosított követelmények vonatkoznak. Ezek a rendszerek az ajtókat normálállapotban zárva tartják és csak valamilyen beavatkozás hatására nyílnak, mint kilincs vagy pánikrúd lenyomása, gomb megnyomása. Ilyen rendszerek esetén követelmény, hogy a vészkijárat megfeleljen vagy az MSZ EN 179 vagy az MSZ EN 1125 szabványnak, de lehetővé teszi a vészkijárat zárva tartását a nyitási igény (például gomb megnyomása) után 15 másodperc ideig, illetve felügyeleti központ alkalmazása esetén (ahol ember dönt a nyitás szükségességéről) a vészkijárat nyitása legfeljebb 180 másodpercig késleltethető. Az ilyen vészkijáratnak fogadnia kell a tűzjelző berendezés jelét, amelyre 1 másodpercen belül nyitnia kell. Az ajtó és a nyomógomb távolsága legfeljebb 600 mm lehet, a nyomógomb a padlótól 800 mm és 1200 mm közötti magasságban kell legyen [18].

Amennyiben a vészkijárat esetében nem biztosítható, hogy az szabadon nyitható legyen, úgy a menekülési útirányjelző rendszer elemeinek letakarásáról vagy más módon való megjelöléséről gondoskodni szükséges. A biztonsági jelek letakarása (láthatatlanná tétele) mellett alkalmas megoldás lehet a nem használható vészkijárat megjelölésére a biztonsági jel mellett alkalmazott villogó vörös fények is, amelyek jobban közvetítik a kijárat használhatatlanságának üzenetét, mint az áthúzott biztonsági jelek [2].

A nyithatóság biztosítása

Célszerűnek látom a menekülési terveken feltüntetni, hogy melyik vészkijáratok nyithatóak késelem nélkül, és melyek nyitáshoz szükséges várakozás. Az egyszerű és közérthető jelzések megkönnyítik a menekülési tervek értelmezését, és segítik a nem építész végzettségű menekülők tájékozódását is [3].

Amennyiben a vészkijáraton állatok menekülését vagy menekítését kívánják biztosítani (például szarvasmarha-tenyésztés létesítményei esetén), úgy a vészkijáratok állatok általi vagy automatikus nyithatóságáról célszerű lehet gondoskodni. Ekkor figyelembe kell venni, hogy pániksituációkban feltételezhetően azonos viselkedésmintázat figyelhető meg emberek és állatokon is [4]. Egereken végzett kísérlet alapján úgy tűnik, hogy a kijárat szélessége és az ajtó átbocsátóképessége nem egyenesen arányos [5].

Egy kutatás alátámasztja, hogy a tömegben lévő emberek közötti kooperativitás veszélyhelyzetben megnövekszik a nem veszélyhelyzeti szituációkhoz képest, mikor inkább gátolt az együttműködés [6]. Ez abba az irányba mutat, hogy egy vészkijárat nyitáshoz bizonyos esetekben lehetséges lehet több ember közreműködése is, mikor például a zártól egy ember által el nem érhető helyen van a kulcs és azt egy másik személy közreműködésével lehet a zár mellett álló személynek átadni.

Nők és férfiak menekülését vizsgálva megállapították, hogy a nőknek külön kijáratot kijelölve csökkenteni tudják a nők meneküléséhez szükséges átlagidőt, de összességében növeli a kiürítés időtartamát [7].

A kijáratok átbocsátóképessége csökken a kijáratok számának növelésével, ha a kijáratok szélesség állandó [8]. Így gyorsabb menekülést és ezáltal jobb megoldást jelent a kevesebb, de nagyobb szélességű kijárat (például kétszárnyú ajtók) alkalmazása, mint a több, de kisebb szélességű kijáraté (például egyszárnyú ajtók).

Előfordul, hogy az épületben tartózkodók nem kezdik meg a tűzjelző megszólalásakor a menekülést, mivel nem tudják azt megfelelően értelmezni, vagy nem reagálnak rá megfelelően [19]. Az is lehetséges, hogy a csak veszélyhelyzet esetén használható vészkijáratokat kevesebben veszik igénybe, mint a vészkijáratként funkcionáló főbejáratot, főleg, ha az előbbieknincsenek nyitott állapotban [20], így a vészkijáratok nyithatósága felértékelődhet és felmerül annak célszerűsége, hogy a vészkijáratok tűzjelzés esetén automatikusan kinyíljanak teljes szélességükben.

A tűzoltóság kiérkezésekor a még menekülők és az épületben tartózkodók a felderítést és a beavatkozást jelentősen nehezíthetik [21], ezért is fontos, hogy a vészkijáratok még a tűzoltók kiérkezése előtt olyan gyorsan lehetővé tegyék a menekülést, hogy az épület kiürítése a tűzoltói felderítés megkezdéséig megtörténhessen.

Bizonyos különleges rendeltetések esetén vizsgálat tárgyává kell tenni azt, hogy veszélyhelyzetben a tűzjelző jelére ne minden vészkijárat nyíljon ki, például CBRN-laborok esetén [22].

Kulcsdoboz alkalmazásával az üzemszerűen kulcsra zárt vészkijáratok nyithatósága akkor biztosítható az OTSZ (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) szerint, ha a következő négy feltétel egyszerre biztosított:

- a) az ajtón egyetlen zárat helyeznek el, amelynek kulcsát a kulcsdoboz tartalmazza,
- b) a kulcsdobozt a menekülő személy számára elérhető helyen, az ajtótól legfeljebb 0,5 m távolságra és biztonsági jellel megjelölve helyezik el,
- c) az ajtón keresztül menekülő személyek száma legfeljebb 50 fő és
- d) az adott helyen egyetlen, menekülésre szolgáló ajtó van beépítve.” [59. §]

Az előző követelmény a vészkijáratok viszonylag szűk köre esetén teszi lehetővé a kulcsra zárást és éppen ott, a meglévő nagyobb létesítmények esetén nem alkalmazható, ahol a vészkijáratok ellenőrzésére a legnagyobb igény mutatkozik (például bevásárlóközpontok).

Olyan létesítményekben, ahol tömegek tartózkodnak és a vészkijáratok kontrollálatlan használatát mégis el szeretnék kerülni az alábbiak alkalmazása jelenthet megoldást.

A vészkijáratot érzékelővel lehet ellátni, amely jelet továbbít a vagonvédelmi vagy a tűzjelző rendszerbe. A vészkijárat nyitására az épület biztonsági szolgálata részére továbbítják a jelzést, így a szükséges beavatkozások megtehetőek.

A vészkijárat megfigyelhető zártláncú kamerarendszerrel, amelyen keresztül a rendeltetésellenes használat megfigyelhető és a szükséges operatív intézkedések megvalósíthatóak. Ilyen megfigyelésre tesz javaslatot múzeumok és kiállítóterek esetén a német VdS 3511 (Vertrauen durch Sicherheit; VdS Schadenverhütung GmbH) [23].

Alkalmas megoldás lehet a vészkijáratok rendeltetésétől eltérő használatának elkerülésére a vészkijárat működtetőszerkezetének (legtöbb esetben kilincsnak) az átlátszó műanyag burával történő lefedése. Ilyen kialakításra mutat példát a 9. kép.



9. kép. Kilincsbúra, egy mozdulattal eltávolítható [24]

A vészkijáratokhoz utólagosan felszerelhető olyan berendezés, amely a kilincs vagy pánikrúd működtetése esetén helyi akusztikus jelzést ad, ugyanakkor a vészkijárat azonnali használhatóságát nem korlátozza [25] [26]. Megfelelő vizuális jelzések, feliratok és előirasztási funkció alkalmazásával a rendeltetéstől eltérő használat megelőzhető. Ilyen kialakításra mutat példát a 10. és a 11. kép.



10. kép. Riasztóval felszerelt MSZ EN 179 szerinti vészkijárat



11. kép. Riasztóval felszerelt MSZ EN 1125 szerinti pánikrudas vészkijárat [28]

Óvodákban és bölcsődékben az üzemeltetők azt kívánják elkerülni, hogy a gyermekek felügyelet nélkül elhagyják az épületet, ugyanakkor biztosítani kívánják a vészkijáratok felnőttek általi nyithatóságát. Erre az igényre megfelelő megoldást jelenthet az olyan kialakítású vészkijárat, amely rendelkezik egy normál magasságban felszerelt kilincssel, amely jelzőberendezéshez kötött és ezenkívül egy olyan magasabbra szerelt kilincssel is, amelyet a gyermekek nem érnek el, de a felnőttek számára ezáltal az ajtó könnyen nyitható (12. kép).



12. kép. Dupla kilincs egy óvoda vészkijáratú ajtaján [29]

Ha a létesítményüzemeltetési igényeknek a csupán jelzést adó berendezésekkel felügyelt vészkijáratok nem nyújtanak kielégítő védelmet, úgy az MSZ EN 13637 szabványnak megfelelő vészkijárat rendszereket alkalmaznak (13. kép).



13. kép. Nyomógombbal nyitható vészkijárat MSZ EN 13637 szerinti kialakítással [30]

Hasonló, de nem szabványos megoldás az, ha az üzemszerűen zárt ajtó kilinccsel nem, de a tűzjelzésre nyílik. Ehhez az épületben tűzjelző berendezés üzemeltetése szükséges. Ilyen esetben vagy a tűzjelző kézi jelzésadóját célszerű közel helyezni a zárt vészkijáratához (ha annak működtetésével a vészkijárat kinyílik), vagy külön vésznyitó nyomógombot lehet felszerelni. A vésznyitó (a kézi jelzésadóhoz hasonlóan) egyszeri működtetést követően folyamatosan biztosítsa az ajtó nyithatóságát (ne kelljen nyomva tartani). Azon kapcsolókat, amelyek a vészkijáratokat nyitják olyan közel célszerű felszerelni az üzemszerűen zárt vészkijárat mellett, hogy az ajtónál álló személy azt elérje. Szélesebb (kétszárnyú) vészkijáratok nyithatóságának ilyen módon történő biztosítása esetén indokolt lehet az ajtó mindkét szélén elhelyezni egy-egy kapcsolót. Ha ilyen célra alkalmazzák a kézi jelzésadókat (azok jelére nyílik a vészkijárat) erre utaló jelzést (feliratot vagy piktogramot) célszerű elhelyezni a kézi jelzésadó közelében.

A vészkijáratok különféle nyitási módjai eltérő időt igényelnek a nyitáshoz:

- pánikzár esetén átlagosan kb. 4 másodperc;
- elektromos zár esetén átlagosan kb. 8 másodperc;
- kilinccsel összeköttetésben lévő riasztó (10. kép) esetén átlagosan kb. 16 másodperc [31].

A fentiekhez képest több időre lehet szükségük gyermekeknek és időseknek az ajtók nyitásához. Így a kilinccsel összeköttetésben lévő riasztók használata olyan vészkijáratok esetében, ahol gyermekek és idősek menekülésére is számítani lehet, nem javasolt [31].

Következtetések

Vizsgáltuk és bemutattuk a vészkijáratok nyithatóságának gyakorlati jelentőségét, a létesítményüzemeltetés során jelentkező igényeket, a vészkijáratok nyithatóságának jelenleg kialakult helyzetét 41 különböző rendeltetésű létesítményben. Ezek között voltak bölcsődék, óvodák, általános iskolák, gimnáziumok, irodák, valamint tárolási és ipari rendeltetésű létesítmények.

A vizsgált létesítményekben tapasztalt állapotok nem minden esetben járultak hozzá a vészkijáratok akadálytalan nyithatóságához: például a csak kulccsal nyitható ajtó, az áramszünet esetén csak kulccsal nyitható ajtó és a csavarral rögzített ajtó.

Áttekintettük és bemutattuk a vészkijáratok zárakra, pánikzárakra és a villamos szabályozású kijáratok rendszerek menekülési útvonalon való használatára vonatkozó előírásokat, szabványokat. Külföldi példákat elemeztük a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására.

A vészkijáratok nyithatóságának biztosítására az alábbi lehetőségek kínálkoznak:

- működtetőszerkezet nélkül nyitható vészkijárat;
- kilinccsel nyitható vészkijárat;
- búrával fedett kilinccsel nyitható vészkijárat;
- pánikrúddal nyitható vészkijárat;
- nyomógommbal nyitható vészkijárat;
- kulccsal nyitható vészkijárat;
- kilinccsel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- pánikrúddal nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- nyomógommbal nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- búrával fedett kilinccsel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat;
- nyomógommbal késleltetéssel nyitható, riasztóval ellátott vészkijárat.

A fenti lehetőségek mindegyike más és más helyzetben jelent optimális lehetőséget a vészkijáratok nyithatóságának biztosítására. A kialakításnál figyelembe kell venni a vagyonvédelemre vonatkozó igényeket; a cselekvőképtelen és korlátozottan cselekvőképes kiskorú, illetve a cselekvőképességében részlegesen korlátozott és a cselekvőképtelen nagykorú személyek ellenőrizetlen távozásának lehetőségét; a vészkijáratok számát, elhelyezkedését; az épület jellegét, kialakítását; a menekülési tervet, tűzriadó tervet, az épület aktív és passzív tűzvédelmi rendszereit is.

A tűzvédelmi, vagyonvédelmi és létesítményüzemeltetési szempontoknak megfelelő optimum elérhető a fenti kialakításokkal.

Ezzel a cikkel össze kívántuk foglalni a vészkijáratok nyithatóságát biztosító lehetőségeket a gyakorlati igényekkel összefüggésben.

Ahhoz, hogy az egyes rendeltetések és a vészkijáratok nyithatóságának megfelelő módja egy-egy létesítmény esetében egyértelműen megállapítható legyen, további vizsgálatok szükségesek.

Felhasznált irodalom

- [1] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- [2] OLANDER, Joakim et al. (2017): Dissuasive exit signage for building fire evacuation. *Applied Ergonomics*, Vol. 59. Part A. 84–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.08.029>
- [3] TANG, Chieh-Hsin – LIN, Ching-Yuan – HSU, Yu-Min (2008): Exploratory research on reading cognition and escape-route planning using building evacuation plan diagrams. *Applied Ergonomics*, Vol. 39, No. 2. 209–217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.05.001>
- [4] Ji, Q. et al. (2018): Symmetry associated with symmetry break: Revisiting ants and humans escaping from multiple-exit rooms. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 492. 941–947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.024>
- [5] ZHANG, Teng et al. (2018): Collective behavior of mice passing through an exit under panic. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 496. 233–242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.12.055>
- [6] CHENG, Yuan – ZHENG, Xiaoping (2018): Emergence of cooperation during an emergency evacuation. *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 320. 485–494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.10.011>
- [7] LIU, Qian (2018): The effect of dedicated exit on the evacuation of heterogeneous pedestrians. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 506. 305–323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.04.032>
- [8] WANG, Shuai et al. (2014): Setting the Width of Emergency Exit in Pedestrian Walking Facilities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 506. 233–240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.200>
- [9] HERCZEG Gergely (2016): TvMI használati szabályokról II. – Kiürítésre számításba vett ajtók zárva tarthatósága. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23. évf. 6. sz. 13–15.
- [10] 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről II. könyv, II. rész
- [11] HORVÁTH Lajos (2011): Diszko ellenőrzések tapasztalatai – 849 ellenőrzés. *Védelem*, 18. évf. 2. sz. 8.
- [12] EVENSON, Jon (2005): Integrating Life Safety and Security Systems. *Security Technology & Design*, Vol. 15, No. 3. 38–43.
- [13] RESTÁS Ágoston (2014): Tűzoltók szemtől szemben az érintettekkel: Viselkedésformák tűz- és káreseteknél. *Bolyai Szemle*, 23. évf. 3. szám. 25–35.
- [14] MSZ EN 12519:2004 Ablakok és bejárati ajtók. Terminológia.
- [15] MSZ EN 179:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak kilinccsel vagy nyomólappal működöttet vészkijáratok zárai. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [16] Arend Beveiliging, Deurbeslag, Vluchtwegtechniek, Inbouw, EN 179, Voor houten/metalen deuren, RVS Set EN179 houten/metalen deur DIN links. Forrás: www.maaslandgroep.nl/media/catalog/category/E-NDE1L_1.jpg (A letöltés dátuma: 2019. 04. 28.)
- [17] MSZ EN 1125:2008 Zárak és épületvasalatok. Menekülőutak pánikajtózárai vízszintes működtető-rúddal. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [18] MSZ EN 13637:2015 Zárak és épületvasalatok. Villamos szabályozású kijáratok rendszerek menekülési útvonalon való használatra. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [19] SCHÜLLER Attila (2012): Az emberi tényező és a technikai megvalósítások vizsgálata tűzriadók során. *Hadmérnök*, 7. évf. 2. sz. 37–46.
- [20] BENTHORN, L. – FRANTZICH, H. (1999): Fire Alarm in a Public Building: How Do People Evaluate Information and Choose Evacuation Exit? *Fire and Materials*, 1999/6. 311–315. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1018\(199911/12\)23:6<311::AID-FAM704>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1018(199911/12)23:6<311::AID-FAM704>3.0.CO;2-J)
- [21] BÉRCZI László (2014): Biztonságos tűzoltói beavatkozásokat elősegítő tűzvédelmi előírások tudományos megalapozása az M4-es metró szakaszán. *Bolyai Szemle*, 23. évf. 3. sz. 14–24.
- [22] BEREK Tamás (2011): ABV (CBRN) analitikai laboratórium beléptetőrendszere a biztonságos üzemeletetés szolgálatában. *Hadmérnök*, 6. évf. 2. sz. 21–36.

- [23] VdS 3511 Sicherungsrichtlinien für Museen und Ausstellungshäuser (2008). Köln, VdS Schadenverhütung GmbH.
- [24] Búrával ellátott kilincs képe. Forrás: www.denios.de/typo3temp/fl_realurl_image/fluchttuerhaube-typ-k-fuer-tuerklinke-incl-befestigungsmaterial-ab60.jpg (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [25] MPA NRW: Prüfzertifikat (2004). Forrás: www.gfs-online.com/uploads/tx_hozertifikate/EN179_MPA_NRW-2004-09-13-ZE-ST-Deckblatt.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [26] MPA NRW: BKS Paniktürverschluss-Kombinationen (2005). Forrás: www.gfs-online.com/uploads/tx_hozertifikate/EN1125-2009-01-29-ZE-ST-Deckblatt.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [27] GFS EH-Türwächter an Türdrückern (2016). Forrás: <https://youtu.be/xhCHhwAGCMM?t=46> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [28] Gfs DEXCON (2017). Forrás: https://youtu.be/Sf2_pGzK-G4?t=185 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [29] Gfs Kindergarten Systeme (2016). Forrás: <https://youtu.be/UHciVSsvqzc?t=79> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [30] DORMA Deutschland GmbH, Emergency exit security and access control (2015). Forrás: http://products.dorma.com/content/download/41405/466847/Vluchtwegbeveiliging_toegangscontrole_0715_EN.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [31] Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik: Verschlüsse für Türen von Notausgängen (2015). DGUV Information 208-010, Bonn.

Perl Zsófia¹

Az exoskeleton civil alkalmazási lehetőségei

Civil Applications of the Exoskeleton

Az exoskeleton egy viselhető, ember által irányított szerkezet, amelynek számos felhasználási lehetősége létezik. Először a katonaság fejlesztett ilyen eszközt abból a célból, hogy a gyalogos katonák terhelhetőségét és hatékonyságát növeljék. Mint oly sok más technikai újdonságot, ezt is továbbfejlesztették, hogy a széles körű felhasználói közönség élvezhesse az előnyeit. Működésének lényege, hogy a ránk erősített külső vázban elhelyezett szenzorok érzékelik a mozgásunkat. A kifejtett erőnket többszörösére növeli, így akár hosszabb távokat is képesek vagyunk megtenni és nagyobb tömeget is könnyedén megmozgathatunk. Írásomban az exoskeletonok köznapi alkalmazási lehetőségeit tekintem át, az ipari és gyógyászati felhasználásokra összpontosítva. Célom a civil alkalmazási lehetőségek feltárása és bemutatása, ezzel is elősegítve az eszközök széles körű használatát.

Kulcsszavak: exoskeletonok köznapi alkalmazásai, fizikai teljesítmény növelése, akkumulátorok problémái

The exoskeleton is a wearable, human-controlled device with several application areas. The first device was developed by the military in order to increase the load capacity and efficiency of soldiers. Similarly to many other technical innovations, its development has been going on and therefore its application areas are widely expanded. The essence of its operation are sensors placed in the exterior frame, which perceive our motion. Exoskeletons significantly increase our strength, therefore, we are able to cover longer distances and move great masses easily with them. In my paper, I review the civil applications of exoskeletons, focusing on industrial and medical uses. My goal is to explore and present the opportunities of everyday usage of exoskeletons thus promoting the widespread use of the device.

Keywords: ordinary applications of the exoskeleton, the increase of physical performance, problems of batteries

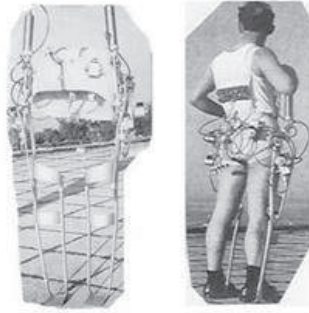
¹ Széchenyi István Egyetem, mechatronikai mérnök BSc-hallgató, e-mail: perlzsofi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8325-2163

Bevezetés

Nagyon sok különféle exoskeleton típus létezik attól függően, hogy milyen területen tervezik bevetni a szerkezetet. A berendezések elsősorban katonai alkalmazási területekre kerültek kifejlesztésre, amit Horváth P. et al. cikke [1] áttekintően részletez, viszont a civil alkalmazási lehetőségekkel nem foglalkoztak írásukban. A széles körű alkalmazási lehetőségek kutatása szükségessé tette a fejlesztések több irányba történő megvalósulását is. Minden exoskeletonot az adott elvégzendő feladatra kell optimalizálni, a felhasznált anyagok és alkalmazott megoldások is ennek a függvényében változnak. A legmegfelelőbb kialakítás érdekében mindenképpen figyelembe kell venni a kopásállóságot, a teherbírást, a szerkezet saját súlyát, a kényelmes viselhetőséget, az energiatakarékosságot, valamint alapvető elvárás minden esetben a végtagok természetellenes mozgatásának megakadályozása, a sérülések elkerülése érdekében. Szabályozásukat ezért jelentős pontossággal kell végrehajtani, ami rendkívül nagy kihívást jelent. A terhelést, a külső váz veszi át viselője helyett, így ugyanaz a fizikai megerőltetéssel járó feladat akár hosszabb távon és nagyobb terhelésekkel végezhető. Az aktív és passzív kiviteli forma közti legfőbb különbség, hogy a passzív szerkezetek nem rendelkeznek semmilyen hajtóművel, akkumulátorral, valamint vezérlő elektronikával. Céljuk, hogy csökkentsék az emberi testet érő hatásokat. Megkülönböztethetjük az exoskeletonokat a támogatott testrészt vagy testrészek alapján is. Léteznek teljes testalkatú, valamint csak alsó és csak felső végtagokra, esetleg egyetlen karra vagy kézfejre erősíthető típusok is. Ebből is látszik az alkalmazásuk sokrétűsége. A felhasználási lehetőségek a kutatásoknak köszönhetően folyamatosan szélesednek, ezért írásomban a civil felhasználási lehetőségekre fókuszálok, bemutatva néhány, általam fontosnak vélt területet, ahol exoskeletonokat használnak és fejlesztenek, továbbá kitérek a használat optimalizálására, az üzemidő fontosságára és növelésének lehetséges megoldásaira.

Exoskeletonok a civil szférában

A kezdeti modellekkel az orvosok munkáját próbálták megkönnyíteni, ezeket főként a betegek emelésére és szállítására fejlesztették ki. Később elkezdtek arra fókuszálni, hogyan lehetne közvetlenül a pácienseken segíteni vele. Kihasználták, hogy az exoskeleton egymás után többször is végre tudja hajtani pontosan ugyanazt a mozdulatot. Ez a rehabilitáció során nagyon fontos, hiszen a betegek egyre kevesebb segítség nélkül, a végén már teljesen maguktól végzik a gyakorlatokat. Az első működő aktív egészségügyi exoskeleton (1. kép) 1969-ben alkották meg a Mihajlo Pupin Intézetben, Belgrádban [2].

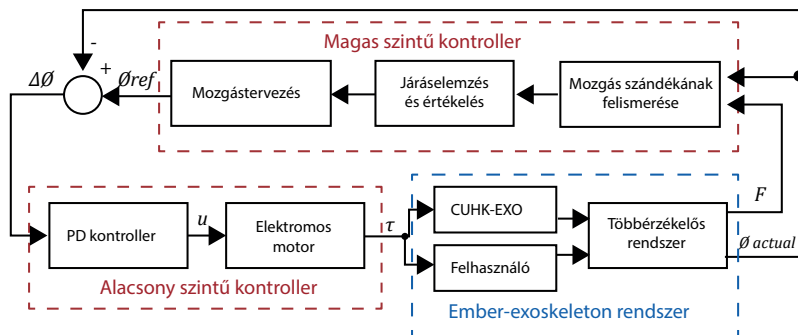


1. kép. Az első aktív egészségügyi exoskeleton [2]

Ez a sétálást elősegítő váz pneumatikailag meghajtott és részben kinematikailag programozott volt, de az ember természetes mozgását csak megközelítette. Később, 1972-ben szintén Belgrádban, az ortopédiai klinikán kifejlesztettek egy pneumatikailag meghajtott, de elektronikailag programozott változatot, amely sikeresebbnek bizonyult elődjénél. 1974-ben jelent meg az első elektromos motorokat használó exoskeleton. A gyógyászatban hasznosítható típusok sikeres fejlesztésének ellenére a kutatások egy időre az ipari alkalmazás felé fordultak, hiszen az kifizetődőbbnek bizonyult. Évtizedekkel később folytatták csak érdemben a 70-es években megkezdett munkát.

A lebénult betegeknél nagy kockázatot jelent a másodlagos szövődmények kialakulása, mint például az osteoporózis, az izomatrófia, a cukorbetegség, az inzulinrezisztencia és a felfekvés. Mindezek súlyos és hosszú távú pénzügyi terhet rónak mind a családokra, mind az egészségügyi rendszerre [3] [4]. Az exoskeletonok alkalmazásának széles körben való elterjedése csökkentenén ezeket a költségeket. Számos klinika létezik már Európában is, ahol a betegek a rehabilitáció során igénybe vehetik ezt az új technológiát, azonban otthoni és közösségi használatra hozzájutni jelenleg még nehéz.

Kifejezetten a mozgásukban korlátozott embereknek gyártott exoskeletonok, például a ReWalk és az Ekso GT, de számos egyéb modellt is bemutatnak már. Az Ekso GT-t stroke- és gerincvelő-rehabilitációhoz fejlesztették. A minél természetesebb mozgást a hat szabadságfokkal rendelkező rendszer biztosítja. Az akkumulátor élettartama 6 óra és akár 150 Nm nyomaték kifejtésére is képes. A ReWalk otthoni és közösségi használatra, valamint gerincvelősérülések rehabilitációja során ajánlott. Ez a modell 2 óra 40 perces üzemi idővel és 2,2 km/h-s végsebességgel rendelkezik [5]. A mai tudományban az exoskeletonok segítségével lehetővé válik, hogy egy toloszékre kényszerült ember újra járni tudjon, igaz, még csak mankó segítségével. A váz kellő stabilitást ad ahhoz, hogy a beteg lábra tudjon állni. A csípő- és a boka-szög-beállító eszközök úgy vannak megtervezve, hogy a két láb közötti távolság kisebb legyen, mint a két csípőízületé, így a beteg könnyebben át tudja helyezni a súlypontját, ezzel irányítva a szerkezetet. Egy kínai kutatók által fejlesztett típus a CUHK-EXO mobiltelefonos applikációval segíti elő az ember és a robot összhangját [6]. (Ennek a típusnak a működési elve az 1. ábrán látható.)



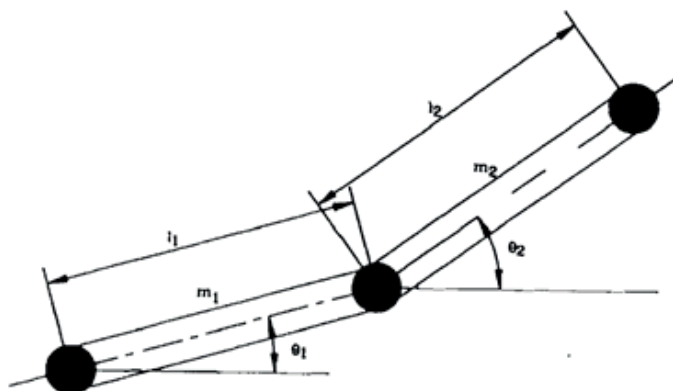
1. ábra. A CUHK-EXO működési elve [6]

A CUHK-EXO a pozíciószabályozás elvén működik, úgy van irányítva, hogy az előre meghatározott pályákat kövesse. A vezérlő architektúrája egy magas és egy alacsony szintű kontrollert tartalmaz. A magas szintű controller egy PC-ben valósul meg, és arra szolgál, hogy felismerje a viselő mozgási szándékát, analizálja és kiértékelje a mozgási feltételeit, és végül referenciapályákat hozzon létre az exoskeleton számára. Az alacsony szintű vezérlőt egy Arduino DUE mikrokontrollerben valósítják meg, amelynek feladata a visszacsatoló szenzorok adatainak összegyűjtése, elküldése a magas szintű vezérlőnek és az aktuátorok szabályozása a kívánt mozgás eléréséért. Végül az aktuátorok generálják a mozgáshoz szükséges segédnyomatékokat.

A nemlineáris dinamikus rendszereket az Euler-Lagrange formulával írhatjuk le a következők szerint:

$$T_q = H(\theta)\ddot{\theta} + h(\theta, \dot{\theta}) + G(\theta) + T_d \quad (1)$$

Ahol T_q az aktuátorok nyomatékának vektora, $H(\theta)$ a rendszer $N \times N$ -es tehetetlenségi mátrixa, $G(\theta)$ a gravitációs nyomatékvektor, T_d a külső zavaró nyomatékok vektora, θ , $\dot{\theta}$ és $\ddot{\theta}$ pedig az elfordulás mértéke, a sebesség, valamint a gyorsulás.



2. ábra. Nemlineáris dinamikus rendszer [7]

A 2. ábrán l_1 és l_2 az elemek hossza, m_1 és m_2 a tömegük, θ_1 és θ_2 pedig a vízszinteshez képest vett elfordulásuk. Ennek az egyszerű, két elemből álló rendszernek a matematikai modellje az előző (1) egyenlettel felírva tehát:

$$T_{q1} = H_{11} \ddot{\theta}_1 + H_{12} \ddot{\theta}_2 - h \dot{\theta}_2^2 - 2h \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \quad (2)$$

$$T_{q1} = H_{22} \ddot{\theta}_2 + H_{21} \ddot{\theta}_1 - h \dot{\theta}_1^2 \quad (3),$$

ahol

$$H_{11} = m_2 l_{c1}^2 + I_1 + m_2 (l_{c1}^2 + l_{c1}^2 + 2l_1 l_{c2} \cos \theta_2) + I_2 \quad (4)$$

$$H_{12} = H_{21} = m_2 l_1 l_{c2} \cos \theta_2 + m_2 l_{c2}^2 + I_2 \quad (5)$$

$$H_{22} = m_2 l_{c2}^2 + I_2 \quad (6)$$

$$h = m_2 l_1 l_{c2} \sin \theta_2 \quad (7)$$

Itt I jelöli az egyes elemek tehetetlenségi nyomatékát, l_c pedig az elemek hosszát a kapcsolódástól a súlypontjukig. Az egyenletben a gravitációs nyomatékvektorral nem kellett számolnunk, hiszen a kar csak vízszintes síkban mozog [7].

A CUHK-EXO-hoz fejlesztett telefonos alkalmazás segítségével *összekapcsolható* az exoskeleton és a hozzá tartozó „okos” mankó, amelyből további információkat nyernek az eszköz intelligens vezérléséhez, valamint visszajelzéssel szolgál a terapeuta számára is. Figyelemmel tudják kísérni a valós idejű szögelfordulásokat és forgatónyomatékokat, a páciens pedig nyomon követheti a teljesítményét. A CHUK-EXO használata így biztonságosabb és kényelmesebb, mint az eddigi típusoké. Habár az orvosi felhasználás során az alsó végtagok mozgását segítő szerkezetekre tértem ki, nem csak ilyenek léteznek. Rehabilitáció céljából készítenek sokféle típust, amely a kar, valamint a kézfej és az ujjak mozgását is segíti.

Exoskeletonok az iparban

Az iparban már nemcsak külön fejlesztenek prototípusokat alsó és felső végtagokra, hanem a céltól függően akár az egész test mozgását könnyítő szerkezeteket hoznak létre. A minél hatékonyabb munkavégzés mindig is fontos szempont volt a vállalatok számára. Az első ipari robotot az amerikai Joseph Engelberger tervezte 1961-ben [2], négy évvel később pedig megkezdődött az első aktív exoskeleton fejlesztése „Hardiman” néven [8]. A 70-es évektől kezdve az ipari robotika intenzív fejlődésnek indult. Bizonyos feladatok elvégzésében teljesen átvették a munkások szerepét, azonban számos esetben szükség van az emberi ítélőképességre és döntéshozásra. A technika rohamos fejlődése lehetővé teszi, hogy az exoskeletonok segítségével az emberi intelligenciát, ösztönöket és ítélőképességet ötvözzék a robotok erősségével és precizitásával, ezzel növelve a munkavállaló teljesítményét. Főként olyan munkálatok során jelennek nagy előnyt, amelyben a robotika alkalmazása és automatizálása kihívást jelent. Ilyen például az autógyárakban a régi típusok szerelése. A különböző összeállítások miatt ennek a folyamatnak a robotizálása nagyon bonyolult és költséges.



2. kép. Exoskeleton alkalmazása az autógyártásban [9]

Az exoskeleton elősegíti a biztonságos munkavégzést is. A Sarcos Guardian prototípusainál a váz és a teher összes súlyát a szerkezeten keresztül a földre vezetik át, teljes egészében tehermentesítve ezzel a dolgozót. Ennek segítségével meggátolják, hogy olyan mozdulatokat tegyenek a munkások, amely során megsérülhetnek az alkatrészek mozgatása közben. Az XO típus maximum terhelhetősége 91 kg, ami jóval meghaladja az átlagosan egy vagy két ember által megmozgatott 18 és 27 kg-ot is [10]. Használatuk biztonsági szempontból is előnyös, ugyanis csökkentik a rakodógépek és targoncák használatából adódó baleseteket, hiszen az exoskeletonok alkalmazásával szinte teljesen kiküszöbölhető ez a fajta veszélyforrás. Másik előnye, hogy kiiktatja a munkások fáradtságából adódó termelés-csökkenést és a kifinomult szoftvernek köszönhetően a hibák számát is redukálják amellet, hogy nagy pontossággal végezhető el az adott feladat.

Az akkumulátorok problémái

Az adott helyhez kötött alkalmazás során még nem tűnik olyan fontosnak az akkumulátor élettartamának kérdése, hiszen könnyen megoldható ezek cseréje, valamint töltése. Ez sajnos nem minden esetben lehetséges; például az orvosi, valamint katonai felhasználásnak lényegi kérdése a rendelkezésre álló villamos energia mennyisége.

Az exoskeletonok fejlesztésén folyamatosan dolgoznak, az egyik legfontosabb megoldandó probléma az akkumulátor hatáskörének növelése lenne. Sorra kell vennünk a lehetőségeket, amelyek eredményességre vezethetnek. Megoldás lehet:

- az akkumulátorok üzemidejének növelése,
- a felhasznált energia csökkentése,
- az energia visszapótlása,
- más, alternatív megoldások.

Alternatív megoldás lehetne nem villamos energiával történő meghajtás, ez azonban már elavultnak számít. Voltak típusok, amelyeket belső égésű motorokkal terveztek, például az amerikai Raytheon XOS2-es szerkezetet kétütemű belső égésű motorral hajtották meg, vagy vezetéken kapott a működéshez áramot [13]. Ez a fajta megoldás nem felel meg minden elvárásnak. A magas üzemi hőfok és a szükséges hűtés miatt a szerkezet mérete meglehetősen nagy volt, valamint a csendes üzem sem valósult meg ezzel a kivitelezési formával. Ezek kiküszöbölése érdekében kizárólag az elektromos hajtás jöhet szóba. A mozgatáshoz felhasználnak elektromos működtetésű hidraulikus hengereket is, amelyekkel arra törekednek, hogy minél kevesebb villamos energiát fogyasszon a szerkezet az üzem során, így növelve az akkumulátor élettartamát. Pneumatikus hengerek nem alkalmazhatók erre a célra, mivel a levegő tulajdonságai erősen hőmérsékletfüggők így a pontos szabályozásuk nehéz. A kisebb energiaigény kézenfekvő módszer lehet, hiszen a fogyasztás mérséklése növeli az ugyanazzal az energiaforrással történő meghajtás üzemidejét. Mivel azonban a villanymotorok hatásfoka jelenleg is 90% körül alakul, itt sem található számottevő fejlesztési potenciál [14]. Az akkumulátorok üzemidejének növelése érdekében számos kutatás folyik, hiszen napjainkban ez a minket körülvevő legtöbb eszköznek lényegi kérdése. Az akkumulátortechnológia a jelenben és a belátható jövőben is szinte teljesen a lítiumra épül, azonban ez nem zárja ki a fejlesztési lehetőségeket, mert az elektródák anyagának megválasztása nagyban befolyásolja a teljesítményt. Kísérleteznek például lítium–levegő akkumulátorokkal, amelyek elméleti energiasűrűsége akár 11,425 kWh/kg is lehet, viszont ezek alkalmazási hátrányait még nem sikerült kiküszöbölni olyan mértékben, hogy használatuk biztonságos, gazdaságos és megbízható legyen [15].

Következtetések, javaslatok

Kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy az exoskeletonok vizsgálata aktuális kérdés, a berendezések viszont elsősorban katonai alkalmazási területeken lettek folyamatosan fejlesztve, így a civil megoldások elmaradtak. A kutatók törekednek arra, hogy az exoskeletonok a jövőben olyan embereket is képesek legyenek segíteni, akik eddig nem tudtak munkát végezni, ezzel megadva nekik a lehetőséget az aktív dolgozók körébe való reintegrációra. A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján [11] Magyarországon a 19–64 éves megváltozott munkaképességű emberek száma összesen 680 712, ebből azonban csak 141 787-en vállalnak munkát. Tanulmányok bizonyították [12], hogy az exoskeletonok alkalmazása hosszú távon megtérülne, hiszen nőne a munkavállalók száma, valamint a termelés is.

Az iparban már most az egészségügyi céllal gyártott készülékek vannak jelen a legnagyobb számban (a katonai exoskeletonokat nem számítva), és ez várhatóan nem is fog változni, ugyanakkor megállapítható, hogy az ipar különféle területein felhasználható berendezések száma is növekedésnek indult [16]. A további fejlesztéseket véleményem szerint a különlegesen nehéz körülmények között műszaki mentést végző tűzoltók [17] munkájának támogatására is ki kellene terjeszteni. Azokban az esetekben, amikor a nehéz szakfelszereléseket gyalogos erővel kell a beavatkozások helyszínére vinni, vagy hosszabb ideig kézi erővel tartani, nagy segítséget nyújthatnának az exoskeletonok.

Összefoglalás

Írásomban rámutattam az exoskeletonok civil felhasználásának néhány lehetőségére és az alkalmazások előnyeire. A széles körű elterjedés érdekében fontos, hogy az eszköz a megfelelő szabályozás elérése mellett felhasználóbarát legyen, valamint elérhető áron lehessen megtalálni a piacon. Az előrejelzések alapján a szélesebb körben való alkalmazás és az egyre megbízhatóbb kivitelezés következtében 2017 és 2026 között az exoskeletonok száma rohamos ütemben fog növekedni. Az érdeklődés várhatóan nagy lesz, ebből adódóan pedig a piaci verseny még jobban fogja ösztönözni a cégeket a fejlesztésekre és a költségek csökkentésére. Az exoskeletonokkal dolgozni sokkal gyorsabb és kevésbé körülményes, mint bármely más egyéb emelő szerkezettel.

Felhasznált irodalom

- [1] HORVÁTH Péter – BALLAGI Áron – NAGY Attila – KUTI Rajmund (2018): Az exoskeletonok katonai alkalmazási lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. évf. 2. sz. 35–43. Forrás: http://hhk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2018_2sz/PDF_2018_2sz.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.)
- [2] VUKOBRA TOVIC, Miomir K. (2006): *When were active exoskeletons actually born?* 8. Forrás: <https://pdfs.semanticscholar.org/6429/79685b829d2ee46540e2e7f3719c9c14447d.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1142/S0219843607001163>
- [3] HORVÁTH Péter – HAJDU Flóra – RÁCZ Péter (2014): Kádlift koncepcionális tervezése. *GÉP*, 65. évf. 6–7. sz. 46–49.
- [4] HAJDU Flóra – HORVÁTH Péter (2016): Design of a new bathlift construction. *Naucni Izvestija: Scientific Proceedings of the Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering*, 15/201. 7–11.
- [5] RUPAL, Baltej Singh et al. (2017): Lower-limb exoskeletons: Research trends and regulatory guidelines in medical and non-medical applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 14, No. 6. 1–27. Forrás: www.researchgate.net/publication/320407167_Lower-Limb_Exoskeletons_Research_Trends_and_Regulatory_Guidelines_in_Medical_and_Non-medical_Applications (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881417743554>
- [6] BING, Chen et al. (2017): A wearable exoskeleton suit for motion assistance to paralysed patients. *Journal of Orthopaedic Translation*, No. 11. 7–18. Forrás: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214031X16303023 (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2017.02.007>
- [7] HEWIT, JAMES R. – MEERAN, Sheik – MAILAH, Musa (1996): Active force control applied to a rigid robot arm. *Jurnal Mekanikal, Jilid II*. 4–5. Forrás: <https://core.ac.uk/download/pdf/11784225.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.)
- [8] ÖNEN, Ümit et al. (2014): Design and Actuator Selection of a Lower Extremity Exoskeleton. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 19, No. 2. 615–623. Forrás: www.researchgate.net/profile/Mete_Kalyoncu/publication/260523875_Design_and_Actuator_Selection_of_a_Lower_Extremity_Exoskeleton/links/55f8710708aeafc8ac0f8603/Design-and-Actuator-Selection-of-a-Lower-Extremity-Exoskeleton.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1109/TMECH.2013.2250295>
- [9] MARINOV, Bobby (2017): *BMW Group Harnesses The Potential of Exoskeleton Technology*. Forrás: <https://exoskeletonreport.com/2017/03/mw-group-harnesses-the-potential-exoskeleton-technology> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 03.)

- [10] WOLFF, Ben (2018): *The Promise of Powered Industrial Exoskeletons: Reducing Occupational Injuries One "Lift" at a Time*. Forrás: <https://exoskeletonreport.com/2018/04/the-promise-of-powered-industrial-exoskeletons-reducing-occupational-injuries-one-lift-at-a-time> (A letöltés dátuma: 2018. 10. 27.)
- [11] A 19–64 éves megváltozott és nem megváltozott munkaképességű népesség demográfiai jellemzői gazdasági aktivitás szerint, 2015. I. negyedév (2015). Központi Statisztikai Hivatal. Forrás: www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_megvamk9_02_03a.html (A letöltés dátuma: 2018. 10. 27.)
- [12] DAHMEN, Christian – WÖLLECKE, Frank – CONSTANTINESCU, Carmen (2017): Challenges and possible solutions for enhancing the workplaces of the future by integrating smart and adaptive exoskeletons. *Proceedings of the 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 268–273. Forrás: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117311551 (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.211>
- [13] BECIRI, Damir (2010): *Raytheon's second-generation exoskeleton XOS 2*. Forrás: www.robaid.com/bionics/raytheons-second-generation-exoskeleton-xos-2.htm (A letöltés dátuma: 2018. 10. 27.)
- [14] VÉGVÁRI Zsolt (2016): Akkumulátorok a gyalogos lövészkatonák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2016/2.
- [15] ZHAO, Yajun et al. (2018): Perovskite oxides La_{0.4}Sr_{0.6}CoxMn_{1-x}O₃ (x = 0, 0.2, 0.4) as an effective electrocatalyst for lithium-dair batteries. *Green Energy & Environment*, Vol. 3, No. 1. 78–85. Forrás: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468025717301838 (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gee.2017.12.001>
- [16] BIS Research Inc. (2017): *Global Wearable Robotic Exoskeleton Market – Analysis and Forecast 2017–2026 (Executive Summary)*. Forrás: <https://bisresearch.com/industry-report/global-wearable-robotic-exoskeleton-market-2026.html> (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.)
- [17] GALINA, Horváth – RAJMUND, Kuti (2017): Задачи руководителя аварийно-спасательных работ по ликвидации аварий при перевозке опасных веществ автотранспортом. *Pozhary i Chrezvychnyye Situacii, Predotvrashenie Likvidacia*, No. 1.30–34. DOI: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.1.30-34>

Tóth Álmos Dávid¹

Különböző súrlódáscsökkentő kenőolaj-adalékok tribológiai hatásainak vizsgálata

The Investigation of the Tribological Behaviour of Several Friction Modifier Lubricant Additives

A mai autó- és motortechikában az egyik legfontosabb fejlesztési irányzat a motorok üzemanyag-hatékonyságának növelése. A hatékonyságnövelés egyik lehetősége a kenőolaj által okozott súrlódási veszteségek csökkentése, amely elsősorban a kenőolaj viszkozitásának csökkentésével (ultra-low-viscosity) és különböző adalékok hozzáadásával érhető el. Az adalékok fajtáinak és pontos arányuk beállításához az olajok vizsgálata elengedhetetlen. Jelen cikk különböző súrlódáscsökkentő adalékok tribológiai hatásainak vizsgálatát mutatja be, különböző felületi anyagok esetén. A vizsgálatokat a győri Széchenyi István Egyetem Belső Égésű Motorok Tanszékén található tribométerekkel lettek elvégezve a tanszék által kifejlesztett vizsgálati módszerek felhasználásával. A vizsgálatokhoz használt olajmintákat a MOL-Lub. Kft. laboratóriumában készítették elő.

Kulcsszavak: tribológia, súrlódás, kopás, kenőolaj, adalék, hengerfal, dugattyúgyűrű

In modern vehicle and engine development one of the most important improvement tendencies is to increase the fuel efficiency of internal combustion engines. One of these possibilities is decreasing the frictional losses of engines, which can be achieved by decreasing the viscosity of lubricants used in engines (ultra-low-viscosity) and the usage of various additives in the lubricants. To choose the right type of additives and their concentrations, tribological investigation of these lubricants is necessary. In this article the investigation of the tribological behaviour of the chosen friction-modifier (FM) additives on several surface materials is published. The additives were investigated with several tribometers and with the use of self-developed test methods in the Department of Internal Combustion Engines at the Széchenyi István University in Győr. The lubricant probes used for the tribological investigations are made in the lubricant laboratory of MOL-Lub Ltd.

Keywords: tribology, friction, wear, lubricant, additive, cylinder liner, piston ring

¹ Széchenyi István Egyetem, Belső Égésű Motorok Tanszék, egyetemi tanársegéd, e-mail: toth.almos@sze.hu,
ORCID: 0000-0002-5060-1504

Bevezetés

A mai korszerű belső égésű motoroknak egyre növekvő igényeknek kell megfelelniük, mind a szabályalkotói, mind a vevői oldalról. Az ezen igényeknek megfelelő műszaki megoldások kifejlesztése a mai autóipar egyik legfontosabb feladata.

A motorokban manapság egyre szélesebb körökben alkalmaznak különböző anyagösszetételű bevonatokat, amelyeknek súrlódás- és kopáscsökkentő hatásai lehetnek. Ezen termikusan szórt bevonatok készülhetnek fémes anyagból, kerámiából vagy ezek keverékéből is. A bevonatokhoz használt alternatív anyagok eltérő kenőolajokat igényelnek annak érdekében, hogy a bennük rejlő tribológiai potenciált a lehető legjobban kihasználjuk.

Az autóipar jelenlegi álláspontja szerint az alacsony viszkozitású motorolajok (0W20 jelenleg is, 0W16, 0W12, 0W8 fejlesztés alatt áll) használata növekvő tendenciát mutat, amelynek pozitív hatása van a motorok belső súrlódására és ezáltal a fogyasztásukra, azonban a gyakoribb nem ideális kenési állapotban való üzemeltetés komoly kihívások elé állítja az olajgyártó cégeket.

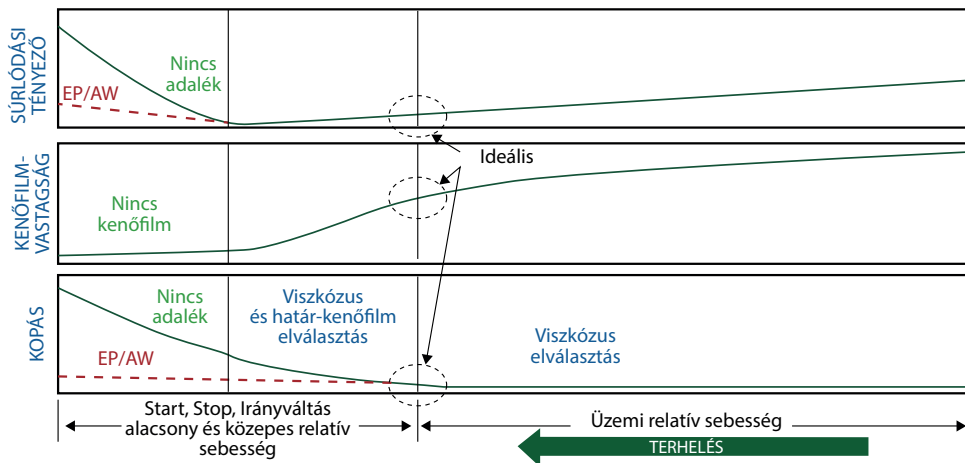
Annak érdekében, hogy ezeknek a kihívásoknak a kenőolajok meg tudjanak felelni, a kenőolajok magas százaléktartalmukban adalékokat tartalmaznak, amelyekkel a szükséges tulajdonságok javíthatók. Ezen adalékokat minden esetben a motorban használt felületi anyagokhoz kell igazítani annak érdekében, hogy megfelelően tudjanak tapadni a súrlódó felületekhez, és ott a jótékony hatásait kifejtsék.

Tribológiai alapok

A kenőolajok elsődleges feladata a fémes kontakt megakadályozása két súrlódó felület között, tehát az úgynevezett két test közötti súrlódás csökkentése. Ezt úgy képes realizálni, hogy viszkozitása, és az alkatrészek között fennálló relatív sebességkülönbség függvényében kialakít egy vékony olajfilmréteget a két felület között, ezáltal csökkentve a súrlódási veszteségeket. A túl vastag olajfilm, vagy magas viszkozitású olaj magas belső ellenállást eredményez, amely szintén káros hatással van a motor üzemanyag-fogyasztására.

Az alacsony viszkozitású olajok egyik előnye, hogy az olajban fellépő belső súrlódások (az olaj molekulái közötti súrlódás) jelentős mértékben csökkenthetők. Azonban a vékonyabb olajfilm eredményeképpen növekedhet az alkatrészek súrlódó felületeinél fellépő kopás, amely káros hatással van az alkatrészek élettartamára. Az alacsony viszkozitású olajok ezen hátrányainak csökkentése érdekében az olajokat magasabb arányban szükséges adalékokkal ellátni. Ezen adalékok képesek a kenőolajok különböző tulajdonságait módosítani a kívánt irányba [1].

A kenőolajok tribológiai tulajdonságainak javítása érdekében különböző súrlódásmódosító, kopáscsökkentő és magas nyomásnak ellenálló adalékokat használnak. Ezen adalékok képesek a súrlódó felületekre tapadva módosítani a fellépő súrlódási állapotot (Stribeck-görbe, 1. ábra), ezáltal csökkentve a fellépő súrlódást és a kopást.



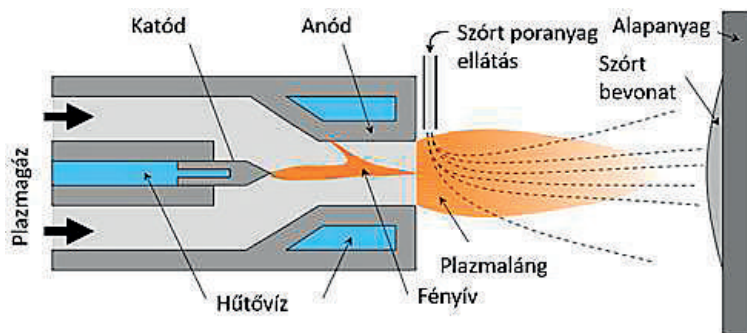
1. ábra. Súrlódási együttható (Stribeck-görbe), kenőfilmvastagság és kopás a fellépő relatív sebesség függvényében (Készítette: a szerző [2] alapján)

Jelen cikkben négy különböző súrlódásmódosító adalék tribológiai tulajdonságait vizsgáltuk meg különböző felületi bevonatok jelenléte mellett.

Termikusan szórt bevonatok

A mai belső égésű motorokban egyre gyakrabban alkalmaznak a különböző súrlódó felületeknél kopásálló, jó súrlódási tulajdonságokkal rendelkező bevonatokat. Ezen bevonatok, anyagösszetételük függvényében képesek a súrlódó alkatrészek között tribológiai jótékony tulajdonságokat biztosítani, a súrlódási veszteségeket, az alkatrészek kopását csökkenteni, illetve az alkatrészek savas médiumokkal szembeni ellenállását javítani.

Az egyik leggyakrabban használt bevonatolási technológia az úgynevezett APS (atmospheric plasma spray: atmoszférikus plazmaszórás) technológia. Ezen technológia alkalmazásával a bevonat anyagát vékony rétegekben fel lehet vinni a felületekre.

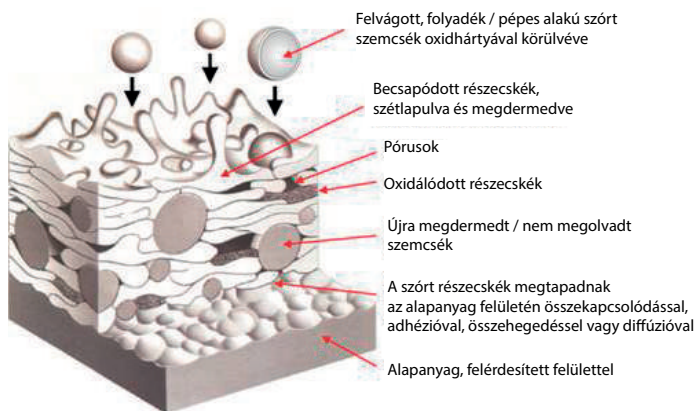


2. ábra. Plazmaégető működése, APS bevonatolási technológia [3]

Egy termikusan szórt bevonat megfelelő felvitele a felületre a következő folyamat szerint történik:

- A bevonatandó felület felérsditése: a bevonatoló anyag megtapadását segíti elő.
- Felület bevonatolása a megfelelő anyaggal.
- Bevonat megfelelő felületi érdességének kialakítása többlépcsős megmunkálási folyamattal.

A bevonatolási folyamat végeredményeként a 3. ábrán látható bevonatszerkezet alakul ki. A bevonat előállítás folyamata miatt különböző formájú szemcsék alakulnak ki a bevonat belsőjében (szétlapult, oxidálódott, nem megolvadt szemcsék), illetve légbuborékok is kialakulnak egyes helyeken.



3. ábra. Termikusan szórt bevonatok szerkezeti felépítése [3]

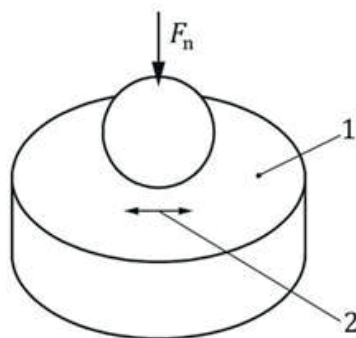
A bevonatolás és a bevonat lehülése után a bevonat külső felületét megfelelő megmunkálási struktúrával kell ellátni, hiszen a bevonat felületi érdessége közvetlenül a bevonatolás után 70µm is lehet.

Vizsgálati berendezések

A tribológiai vizsgálatok elvégzéséhez két különböző súrlódásvizsgáló berendezést, tribométert használtam fel. A vizsgálandó bevonatok mikrostruktúrájának vizsgálatához és a próbatetek felületén keletkezett kopás kiértékeléséhez digitális mikroszkópot használtam.

Optimol SRV5 Tribométer

A vizsgálatok kiindulásaként az ISO 19291:2016 szabványt választottam. Ezen szabvány kifejezetten a kenőolajok tribológiai tulajdonságainak vizsgálataival foglalkozik. A vizsgálatokhoz a szabványban leírt vizsgáló berendezést és vizsgálati próbatesteket használtam [5].



4. ábra. Optimol SRV5 Tribométer (készítette: a szerző) és a használt vizsgálati testek (1. megmunkált próbatest-felület, 2. relatív elmozdulás) [4]

A vizsgálatok elvégzéséhez a szabvány az alábbi próbatesteket írja elő:

- Golyó próbatest: 10 mm átmérő, 100Cr6 (1.3505) anyagminőség, 60 ± 2 HRC keménység, $Ra\ 0,025 \pm 0,005\ \mu\text{m}$ érdesség
- Tárcsa próbatest: $24 \pm 0,5$ mm átmérő, $7,8 \pm 0,1$ mm magasság, 100Cr6 (1.3505) anyagminőség, 62 ± 1 HRC keménység, $Ra\ 0,047 \pm 0,003\ \mu\text{m}$ érdesség [4]

A vizsgálatokhoz egy, az intézetünk által kifejlesztett vizsgálati módszert használtam. Az intézetünk által korábban elvégzett tanulmány alapján az ISO 19291:2016 szabványban foglalt szabványos vizsgálati módszer (0,5 ml olaj egyszeri mennyiségben a kontaktfelületre való vezetése) nem a legmegfelelőbb a hasonló vizsgálatok elvégzésére. A vizsgálatok során azt tapasztaltam, hogy ez a fajta kenési megoldás nem képes elvezetni a súrlódás által keletkező extra hőmennyiséget, ezáltal a kontaktfelület egy, a beállítottnál magasabb hőmérsékleten

üzemel, ezáltal a k
 bológiai hatásait s



működni, így a tri-

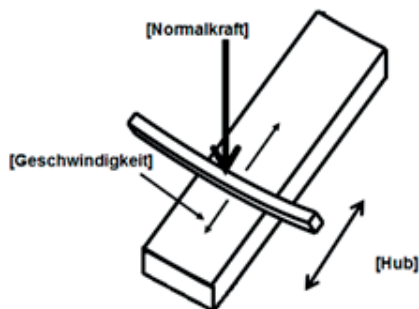
5. ábra. A vizsgálatokhoz használt kenési rendszer és a csővezetékek csatlakozási pontjai
 (Készítette: a szerző)

A vizsgálatokhoz egy olyan kenési rendszert alkalmaztunk, amely egy preisztahtikus pumpa segítségével képes egy folyamatos kenési rendszert megvalósítani (5. ábra), amellyel a súrlódás által keletkező hőmennyiség jobban elszállítható, ezáltal a kenőolajban található adalékok hatásai hatékonyabban vizsgálhatók, illetve a tribológiai rendszer egy lépéssel közelebb kerül a valósághoz, egy belső égésű motorban való alkalmazáshoz [6].

Plint TE-77 High Frequency Friction Machine

A kenőolaj-mintákat a második lépcsőben különböző termikusan szórt bevonattal ellátott hengerfal próbatesteken vizsgáltam. A hengerfal próbatesteket egy szériában már használt Diesel-motorból munkáltattam ki. A vizsgálatokhoz az adott motorban, már szériában is alkalmazott, DLC-bevonattal ellátott kompressziógyűrű próbatestet használtam. Ezen vizsgálatokhoz egy olyan tribométert alkalmaztam, amely kifejezetten alkalmas ilyen mérések elvégzésére [6].

A vizsgálatok során a bevonat és a kenőolajminta szárazfutási tulajdonságait vizsgáltam. Ehhez egy olyan vizsgálati módszert fejlesztettem ki, amely során a próbatestek bő olajozással bejárátódnak, azonos tribológiai állapot jön létre rajtuk a megfelelő kenőfilm kialakulásával. Bejáratás után a felesleges kenőolajat el kell távolítani a felületről tisztító vegyszerek alkalmazása nélkül és további kenőolaj hozzáadása nélkül, szárazon tovább kell jártni a rendszert egy magasabb terheltségi szinten egészen a rendszer tönkremeneteléig.



6. ábra. Plint TE-77 High Frequency Friction Machine és a vizsgálatokhoz használt próbatetek
(Készítette: a szerző)

A vizsgálatokhoz a következő hengerfalbevonatokat használtam:

- szürkeöntvény hengerfal, bevonat nélkül,
- TiO_2 bevonat,
- 14% krómtartalmú acélbevonat és Al_2O_3 - ZrO_2 kerámiakeverék (65–35%),
- 12% krómtartalmú acélbevonat.

A vizsgálatok elvégzése során a bevonat nélküli, szürkeöntvény hengerfal próbatesteket referenciaként vettem figyelembe, mivel az általam választott motorban széria felhasználásban jelenleg ezt használják.

Keyence VHX-1000 Digitális mikroszkóp

A vizsgálati próbatesteken keletkezett kopásképek vizsgálatához egy olyan digitális mikroszkópot alkalmaztam, amely képes a keletkezett kopás befoglaló méreteinek meghatározására is. A győri Belső Égésű Motorok Tanszék mikroszkóplaboratóriumában található egy Keyence VHX-1000 mikroszkóp, amellyel az ilyen vizsgálatok elvégezhetők. A mikroszkóp különböző objektívjainak segítségével 10x–1000x nagyítás közötti értékek állíthatók be.

Vizsgált adaléktípusok

A vizsgálatok során négy különböző kopásgátló adalékot vizsgáltam meg. Kiinduló kenőolajként egy már szériában is használt kenőolajat, a MOL Dynamic Gold Longlife 5W30-at (MOL_DGL) választottam és a kiértékelések során is ennek az olajmintának az eredményeit tekintettem referenciaként.

- Cinkdialkildithiofoszfát (ZDDP): 1,3%
- Triaril-foszfát (TAP): 2%

- Trifenil-foszfortioát (TPP): 2%
- Alifás alkoholok foszforsav-észtere (PE): 0,15%

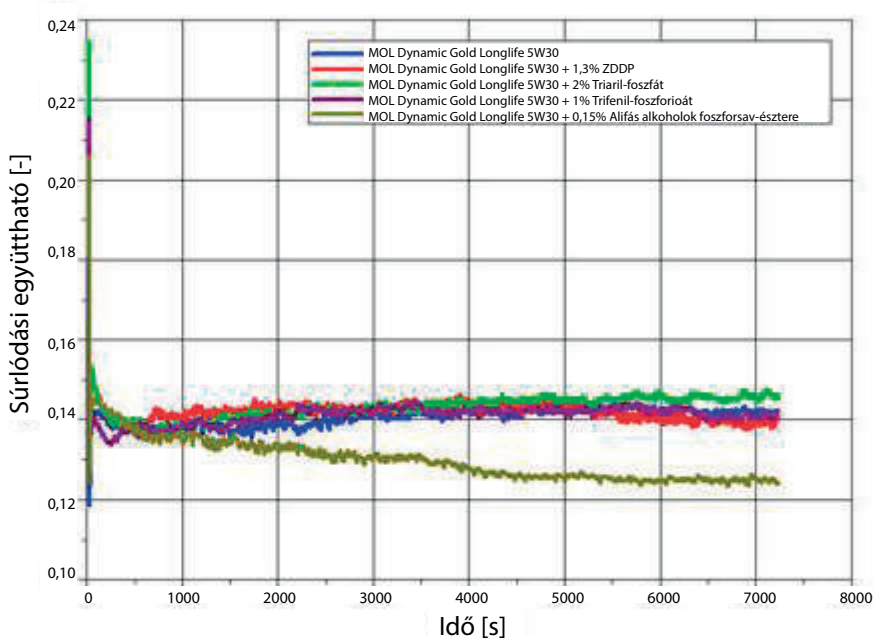
Az egyes adalékok koncentrációjának meghatározásakor figyelembe vettem azt, hogy az aktuális kenőolaj-szabályozások milyen értékeket engednek meg és a koncentrációkat a megengedett határértékre állítottuk be. Ezen korlátozások elsősorban a modern járművekben használt kipufogógáz-utánkezelő rendszerek károsodása miatt lettek bevezetve. A cinktartalmú adalékok hátránya az, hogy a hengerben kis mennyiségben eléggő olaj hatására a cink hamut képezve beágyazódik a részecskeszűrőbe, és ott képes eltömíteni. A foszfortartalmú adalékok a járművekben használt katalizátorokat károsítja [5].

Vizsgálati eredmények

Optimol SRV5 Tribométerrel végzett mérések eredményei

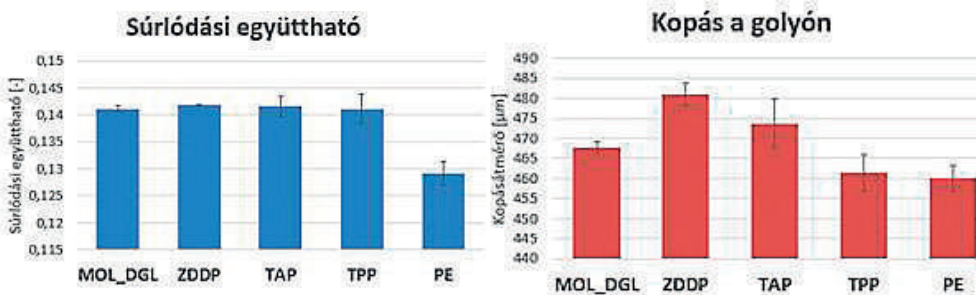
A tribométeres mérések során a vizsgálati berendezés a súrlódási együtthatót másodpercenként képes rögzíteni. A vizsgálatok során minden olajmintával három mérést végeztünk el, a pontos statisztikai kiértékelhetőség érdekében. A kiértékelések során figyelembe vettem a súrlódási együttható görbék alakját (7. ábra), a vizsgálatok során mért súrlódási együttható értékeket és a próbatestek felületén keletkezett kopásképet és azok méretét (8. ábra).

A 7. és 8. ábrán látható diagramokból megállapítható, hogy a vizsgált négy adaléktípus közül a foszforsav-észter (PE, világos barna szín) mutatta a legmeggyőzőbb súrlódási értékeket. A másik három vizsgált adaléktípus súrlódási értékei a referenciamintához képest mérés határon belül helyezkednek el, nagyon csekély pozitív vagy negatív hatást mutatva.



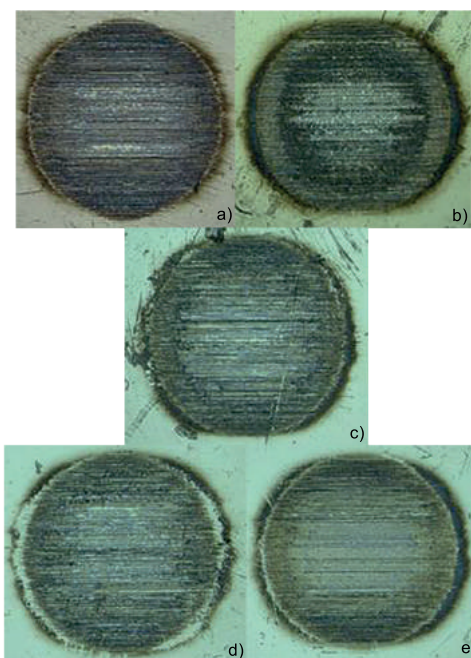
7. ábra. Súrlódási együttható időbeli lefutása az egyes adalékok esetén
(Készítette: a szerző)

Az adalékok kopásra gyakorolt hatásait vizsgálva megállapítható, hogy az egyes adaléktípusok jóval magasabb mértékben befolyásolják a keletkező kopást, mint a kialakuló súrlódási veszteségeket (7. ábra). A foszforsav-észter (PE) adalék nagyon pozitív tribológiai tulajdonságokat mutat, amely a vizsgált adaléktípusok közül a legalacsonyabb súrlódási együtthatót és keletkezett kopást mutatja. A foszforsav-észterhez hasonló kopásátmérőt mutatott még a trifenil-foszfóriót (TPP) is.



8. ábra. Súrlódási együttható és a golyón keletkezett kopás eredményei
(Készítette: a szerző)

A keletkezett kopásképeket megvizsgálva megállapítható, hogy a legsimább, legkevésbé kopott felületet a foszforsav-észter adalékot tartalmazó olajminta szolgáltatta. Az általunk vizsgált olajminták mindegyike elsősorban abrazív kopásképet mutat (mozgásiránnyal párhuzamos mélyedések), azonban az egyes méréseknél az adhezív, összehegedéses kopás mennyisége változó. Az egyes kopásképeken még felfedezhető a kenőolaj ráégése a felületre, ezen ráégés mennyisége szintén változó. A mért kopásátmérők és a kopásképek jellege megfelelő korrelációt mutat.



9. ábra. Keletkezett kopásképek – a) MOL_DGL, b) ZDDP, c) TAP, d) TPP, e) PE
(Készítette: a szerző)

Plint TE-77 tribométerrel végzett mérések eredményei

A kenőolajokat egy másik berendezésen, egy teljesen más tribológiai rendszerrel is megvizsgáltam. Ezen vizsgálatok elsődleges célja az volt, hogy az olajmintákat lehetséges alternatív anyagminőségű felületeken is megvizsgáljam és kielemezzem azok tribológiai hatásait.

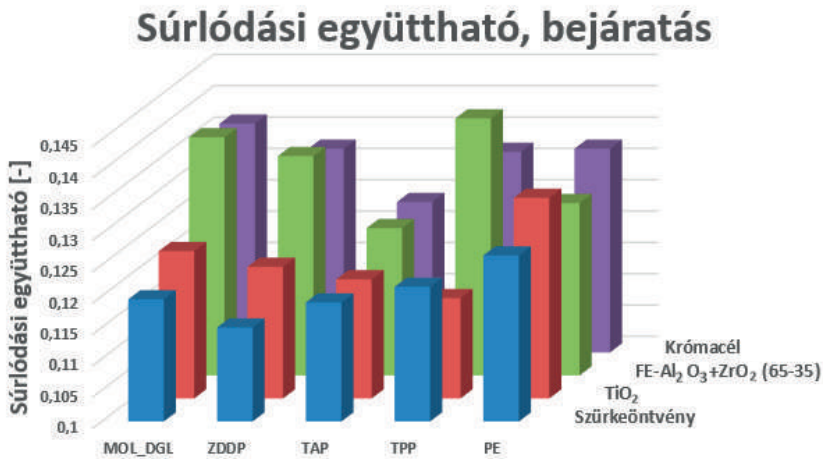
A mérési program három részből áll:

- bejáratási szakasz, olajfürdőben, az azonos tribológiai állapot kialakítása érdekében,
- tisztítási szakasz, a tribométert álló helyzetében megtisztítjuk az olajtól, kémiai vegyszerek használata nélkül,
- száraz futásos teszt, megvizsgálva, hogy az adott tribológiai rendszer hogyan viselkedik olajszegényes súrlódási állapot fellépése alatt.

Az eredmények kiértékeléséhez három fő mérőszámot állapítottam meg:

- *Bejárás végén* mért *súrlódási együttható*, mivel ezen állapotban már megtörténtek a kontaktfelületek bejáratódási folyamatai, az együttható stabilizálódott, így az itteni adatok kiértékelhetők (10. ábra).
- *Száraz futásos tesztek során*, a tönkremeneteli fázis előtt mérhető *súrlódási együttható*, itt a súrlódási együttható még stabil, olajszegényes állapotra jellemző értéket mutat. Ezen esetben a két súrlódó alkatrészt egy nagyon vékony olajfilm választja el egymástól (11. ábra).
- *Száraz súrlódásos tesztek során*, az úgynevezett *kiesési idő*, más néven *tönkremeneteli idő*. Ezen adatokhoz azt az időpontot vesszük alapul, amikor a teszt során mért súrlódási együttható először eléri a 0,15-ös értéket. A tanzék korábbi vizsgálata során ez egy olyan érték, ami száraz futásos méréseknél mindenképpen a rendszer tönkremenetelét jelenti (12. ábra).

A bejárás során mért súrlódási együtthatók kiértékeléséből (10. ábra) leolvasható, hogy az előző vizsgálati módszerrel megállapított arányok jelentősen átalakultak. A referenciaként használt szürkeöntvény hengerfal próbatestek esetén megállapítható, hogy a legalacsonyabb súrlódási együtthatót a cinktartalmú adalék (ZDDP) szolgáltatta. Ez annak tudható be, hogy ezen adalékot elsősorban a szürkeöntvény és vastartalmú anyagok számára fejlesztették ki. A foszforsavészter adalék ezen rendszerben már jelentősen rosszabbul viselkedett. A további bevonatfajták esetében mért együtthatók elemzése közben megállapítható, hogy a foszforsavészter adalék egy kevésbé jól működő adalék, hiszen különböző felületi anyagok jelenléte mellett már nem javítja a súrlódási tulajdonságokat. A 100% TiO_2 kerámia tartalmú bevonat esetében a trifenilfoszfortioát (TPP) adalék, míg a krómácel, illetve az acél-kerámia keverék bevonat esetében a triaril-foszfát (TAP) mutatta a legalacsonyabb súrlódási együttható értékeket.

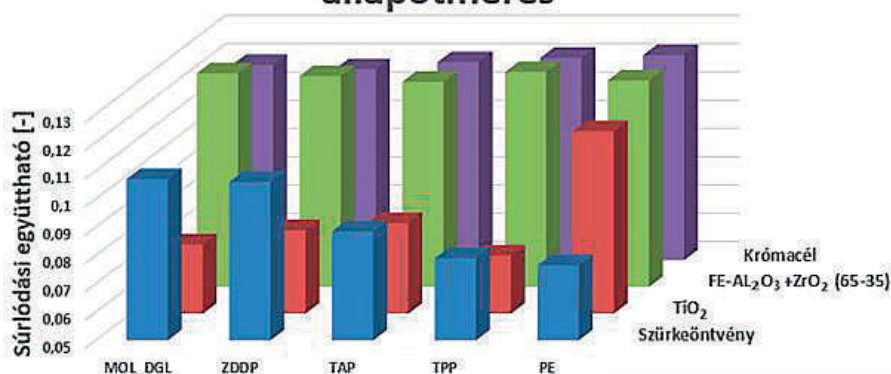


10. ábra. A bejárás végén mért súrlódási együtthatók

(Készítette: a szerző)

Az olajszegényes kenési állapotnál mért súrlódási együtthatók elemzése során is jelentős különbségek fedezhetők fel az előzőekben bemutatott eredményekhez viszonyítva. A súrlódási együtthatók összességében alacsonyabb értékeket mutatnak, mint a bő olajzásos rendszernél. Ezen különbség azzal magyarázható, hogy a bő olajzás során több kenőolaj kerül a kontaktfelületek közé, ezáltal több olajmolekulát kell mozgatni. Az egyes adaléktípusok közötti arányok is megváltoztak: az olajszegényes állapotban az egyes adalékok felületre való tapadása, ott a tribofilmbé való beépülésük és az itt kifejtett jótékony hatások inkább előtérbe kerül, mivel ezen állapotban már kevesebb a kenőolajréteg a két súrlódó felület között (az 1. ábrán bemutatott görbékben az olajszegényes állapot a görbék kezdeti szakaszaiban találhatóak).

Súrlódási együttható, olajszegényes állapotmérés



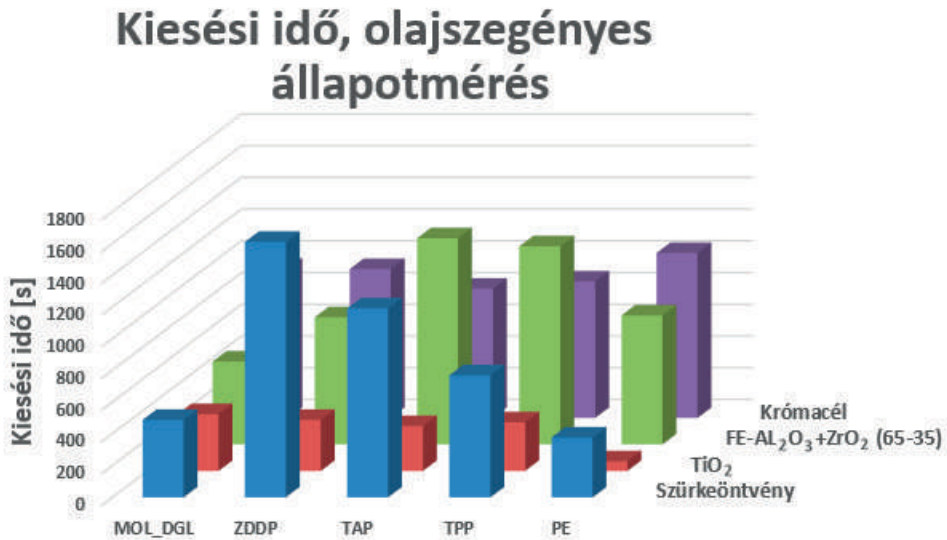
11. ábra. Az olajszegényes állapotmérés során mért súrlódási együtthatók
(Készítette: a szerző)

A súrlódási együtthatók tekintetében a foszforsav-észter (PE) szürkeöntvény esetén megfelelően működik, azonban kerámiabevonat esetében teljesen ellentétes hatást fejt ki. Ezen megállapítás azzal magyarázható, hogy maga a foszforsav-észter adalék kevésbé képes jól megtapadni a kerámiafelületen, így a benne rejlő súrlódáscsökkentő potenciált nem lehet megfelelően kiaknázni. Szintén megállapítható, hogy a trifenil-foszfortioát (TPP)-tartalmú olajminta meglehetősen jó tribológiai tulajdonságot mutat.

Az olajszegényes állapotmérések során meghatározott kiesési időket (12. ábra) figyelembe véve megállapítható, hogy az adaléknak és a felületi anyagminőségnek nagyon jelentős hatása van rájuk. Szürkeöntvény, bevonat nélküli hengerfal esetén a cinktartalmú adalék (ZDDP) felhasználásával viszonylag magas súrlódási veszteségek jelennek meg, azonban a kiesési időt tekintve egyértelműen ez az adalék a leginkább hatékony. Ezzel ellentétes tendenciát mutat a TiO₂ kerámia-bevonat, amely viszonylag jó súrlódási veszteségeket mutat (TiO₂ TPP adalékkal a legalacsonyabb), azonban a kiesési időket tekintve ezen bevonat a legrosszabb. Ezen esetben megjegyzendő, hogy a nagyon magas kerámiatartalmú bevonatok hagyományos kenőolajok és adalékok felhasználásával nagyon rövid időn belül képesek beragódni [7].

A foszforsav-észter adalék esetében megállapítható, hogy ezen adalék kerámiatartalmú bevonatok esetén nem képes megfelelő szárazfutási tulajdonságokat biztosítani. Ezen jelenség azzal magyarázható, hogy a foszforsav-észter adalék nem képes megfelelően tapadni a kerámiafelületekhez. Ezen adalékok tapadási mechanizmusai a polaritás-különbségen alapulnak.

A kiesési időket figyelembe véve megállapítható, hogy attól függően, hogy milyen anyagösszetételű kontaktfelületet vizsgálunk, más és más kenőolaj-összetétel szükséges ahhoz, hogy a bevonatokban rejlő tribológiai potenciált megfelelően ki lehessen aknázni.



12. ábra. A vizsgált bevonatok és adalékok tribológiai mérései során tapasztalt kiesési idők
(Készítette: a szerző)

Összefoglalás

A kiválasztott kenőolajadalékok tribológiai tulajdonságait vizsgáltuk golyó-tárcsa, illetve különböző bevonatú hengerfal-dugattyúgyűrű tribológiai rendszer esetében.

A vizsgálati eredmények alapján a következő megállapításokat lehet tenni:

- A cinktartalmú ZDDP adalék kiváló tribológiai tulajdonságokkal rendelkezik.
- A foszforsav-észter (PE) adalék tribológiai teljesítménye jelentősen függ a kontaktfelületektől és azok anyagminőségétől.
- A kenőolajban használt adalékok a keletkezett kopáskép jellegét is jelentős mértékben befolyásolják.
- A triaril-foszfát (TAP) és a trifetil-foszfortioát (TPP) adalék egy megfelelő kompromiszum különböző anyagösszetételű kontaktfelületek kenésére.

A tanulmány a „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen” című (azonosító szám: EFOP-3.6.1-16-2016-00017) projekt keretében készült.

EFOP-3.6.1-16-2016-00017 Internationalization, initiatives to establish a new source of researchers and graduates, and development of knowledge and technological transfer as instruments of intelligent specializations at Széchenyi University.

Felhasznált irodalom

- [1] CZICHOS, H. – HABIG, K.-H. (2010): *Tribologie-Handbuch*. Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag.
- [2] TROYER, D. (2018): *A Balanced Approach to Lubrication Effectiveness*. Forrás: www.machinerylubrication.com/Read/27725/a-balanced-approach-to-lubrication-effectiveness (A letöltés dátuma: 2018. 12. 07.)
- [3] FLOR, S. (2003): *Beitrag zum Verschleißverhalten von plasmagespritzten Zylinderlaufflächen im Diesel-Motorbetrieb*. Göttingen, Cuvillier Verlag.
- [4] ISO 19291:2016: Lubricants – Determination of tribological quantities for oils and greases – Tribological test in the translatory oscillation apparatus.
- [5] ZHANG, Jun et al. (2018): Quantitative estimation of the impact of ash accumulation on diesel particulate filter related fuel penalty for a typical modern on-road heavy-duty diesel engine. *Applied Energy Online*, Vol. 229. Elsevier. 1010–1023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.071>
- [6] TÓTH Á. D. et al. (2017): Methodenentwicklung zur Einstufung von Motorölen anhand tribologischer Eigenschaften, 58. in: *Tribologie-Fachtagung 2017: Reibung, Schmierung und Verschleiß, Forschung und praktische Anwendungen, Gesellschaft für Tribologie*. Göttingen, Aachen.
- [7] TÓTH Á. D. – DUDÁS A. – SCHINTZEL K. (2016): *Kerámia erősítésű, atmoszférikus plazmaszórt, korrózióálló hengerfalbevonatok súrlódási viszonyainak vizsgálata*. OGÉT 2016: XXVI. Nemzetközi Gépészeti Találkozó. Kolozsvár, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT).

Dobó Kristóf¹

Változások kora az árvízvédelemben

The Age of Change in Flood Protection

A hazai vízgazdálkodás folyton változó feltételrendszerében a klímaváltozásból származtatható szélsőségek növekedése miatt új irányt kell venni a vízkárelhárításában. Magyarország vízgazdálkodási szempontból erősen kitett a felvízi országoknak, mert az ott történő szerkezeti, illetve nem szerkezeti beavatkozások közvetlenül érintik hazánk vízgazdálkodását. A szerző a cikkben a változások bemutatásán kívül, a probléma megoldására is javaslatot tesz.

Kulcsszavak: vízgazdálkodás, árvíz, klímaváltozás, vízkárelhárítás

In the ever-changing conditions of the Hungarian water management, due to the increasing extremes that can be derived from climate change, a new direction must be taken in water damage prevention activities. Hungary is heavily exposed to the upstream countries in respect of water management. The structural and non-structural flood prevention measures in the upstream countries directly affect the Hungarian water management. Apart from the presentation of the changes, I would also like to suggest a solution to the problem in this article.

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

Bevezetés

A földi légkör állapotának – összetételének, a benne végbemenő áramlásoknak, a légkör hosszabb távra összesített jellemzőinek – változását számos külső és belső tényező befolyásolja. Emiatt és az éghajlati jellemzők nagyfokú rövidebb távú változékonysága miatt is bonyolult annak igazolása, hogy az utóbbi években egyre markánsabban tapasztalható klímaváltozást, valóban az emberi tevékenységgel lehet összefüggésbe hozni.

A globális felmelegedést valószínűsítő tudományos bizonyítékok azonban egyre gyarapodnak és közben a klímaváltozás folyamatáról és lehetséges következményeiről is egyre többet

¹ Országos Vízügyi Főigazgatóság, főosztályvezető (Árvízvédelmi, Folyógazdálkodási és Közfoglalkoztatási Főosztály), e-mail: dobo.kristof@ovf.hu, ORCID: 0000-0002-1703-8211

tudunk. A légkör szoros kölcsönhatásban van a természeti környezet más elemeivel, így a világóceánnal, a jég- és hótakaróval, a szárazföldek felszíni rétegeivel, a Föld élővilágával stb. A külső tényezőkben – a Napból érkező sugárzásban, a Föld keringésében – végbemenő változások és az említett kölcsönhatások eredményeképpen az éghajlat változott és jelenleg is változik, rendkívül tág időléptékben.

Az emberi tevékenység hatása az utóbbi mintegy kétszáz évben érte el azt a mértéket, amellyel már a földi légkör, illetve tágabb értelemben a földi környezet állapotának alapvető megváltozását idézheti elő. Az ipari forradalom időszaka óta a fosszilis tüzelőanyagok – szén, kőolaj, földgáz – egyre nagyobb mennyiségű felhasználása, valamint az ipari tevékenység által kibocsájtott, az ózonréteget károsító anyagok légkörben történő felhalmozódása miatt, a légkör korábbi évszázadokra jellemző állapota megváltozott.

Tény, hogy a globális éghajlatváltozás időszakonként szélsőséges környezeti körülményeket idézhet elő. A környezeti változás jelentős hatást gyakorolhat a társadalomra, például a vízgazdálkodás, az árvízvédelem vagy a mezőgazdasági tevékenység feltételeinek gyökeres módosulása révén. A cikk témaválasztásának időszerűségét az éghajlatváltozások miatti szélsőségek gyakoribbá válása támasztja alá.

A hazai és nemzetközi irodalmat tanulmányozva azt tapasztalhatjuk, hogy a vízgazdálkodás és a vízgazdálkodással kapcsolatos tevékenység az egyik legkitettebb a klímaváltozás hatásainak, amelyek hazánkban is egyre nagyobb intenzitással jelentkeznek [1].

Nemzetközi szinten az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) munkája kiemelendő, célja, hogy értékelje és összefoglalja az emberi tevékenység által kiváltott klímaváltozással kapcsolatos kutatási eredményeket.

A megváltozott hazai gazdasági környezet és a gyorsuló természeti változások sürgették a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megalkotását. A dokumentum meghatározza a klímaváltozás elleni küzdelemhez szükséges hazai feladatokat, továbbá iránymutatást ad az éghajlatvédelem és a fejlesztéspolitika összehangolásához.

Hazai viszonylatban mindenképpen megemlítendő Nováky Béla neve, aki az éghajlatváltozás lehetséges hatásait elemzi, amelyek „külső”, bizonytalan elemként sok szalon befolyásolják a vízgazdálkodást. Esettanulmányok révén a vízkészletre és vízigényekre, továbbá a vízminőségre gyakorolt hatásokkal foglalkozik. Különböző forгатókönyvek segítségével elemzi a következő harminc év lehetséges történéseit.

A hatások számszerűsítése miatt jelentős előrelépés a 2007-ben bevezetett EU Árvízi Irányelv, amely abból a megfontolásból született, hogy a változó körülményekből adódó árvízi veszélyeket és kockázatokat számszerűsíteni tudja. Célja elsősorban az, hogy a vízkárral (árvíz, belvív, kisvízfolyás) érintett területen élő emberek tisztában legyenek a rájuk ható elöntési veszéllyel, illetve kockázatokkal.

Az Irányelv végrehajtására a vízügyi ágazat 2015-re elvégezte az elöntési veszély- és kockázati térképek tervezését és kockázatkezelési intézkedési tervek elkészítését. Az árvízi veszélytérképezés egyrészt tájékoztatást ad az ország árvízi elöntéssel veszélyeztetett területeiről, másrészt segítségével megbecsülhető, hogy az árvizek milyen nagyságú és jellegű kockázatot jelentenek a helyi lakosok és Magyarország költségvetése számára. A veszélytérképek elkészítése során

az egyes elöntési típusoknál, területeknél különböző numerikus modellezési módszerekkel lettek meghatározva a veszélyeztetett területek és a veszélyeztetettség mértéke.

Az elkészült eredmények az összes feltételezett árvízi veszélyhelyzet okozta események együttes egyeztetett területi kiterjedését mutatják be országosan, tervezési területegységenként és tervezési részterületenként [2].

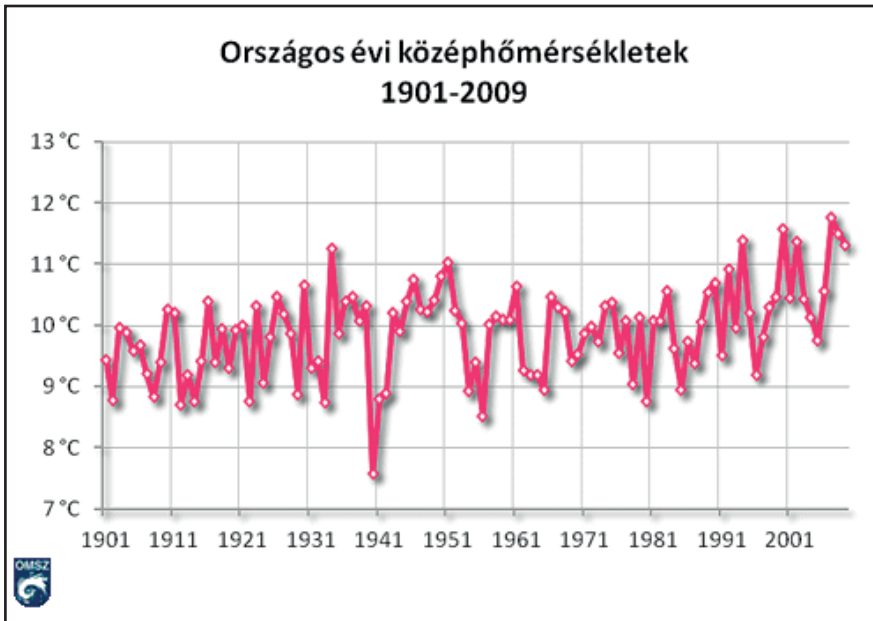
A szélsőségek növekedésének okai

Hazánk vízgazdálkodására a klímaváltozás okozta szélsőségek kiváltó okai közül a hőmérséklet és az ezzel szorosan összefüggő csapadék van a legnagyobb és legközvetlenebb hatással, így a következőkben ezek legfontosabb jellemzőit mutatom be.

Hőmérséklet

Az elmúlt évszázadban Magyarországon is tapasztalható az éghajlat felmelegedése. Homogénizált adatsorok vizsgálata alapján megállapítható, hogy a magyarországi hőmérsékleti idősorok jellemzői jól illeszkednek a hőmérséklet globális tendenciáihoz, de változékonyságuk nagyobb, mivel sokkal kisebb területi átlagot írnak le [3].

Az 1. ábrán az évi középhőmérsékletek alakulása látható 1901-től napjainkig.



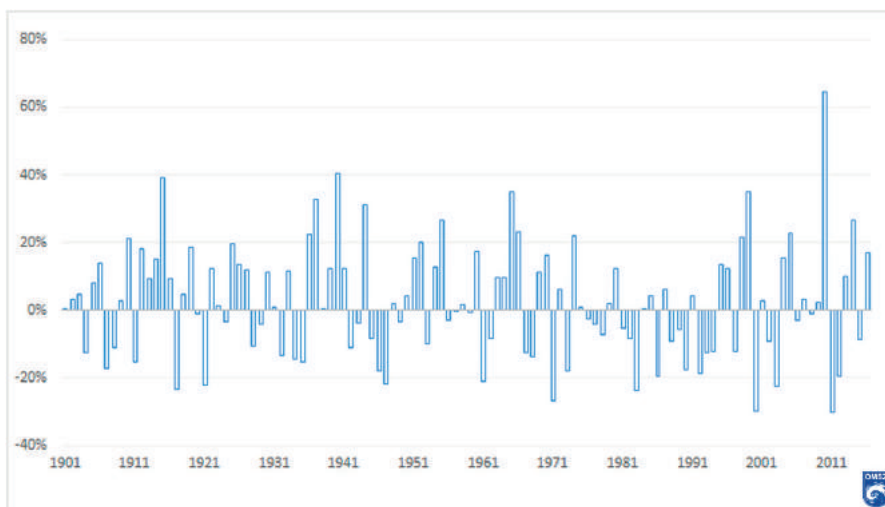
1. ábra. Évi középhőmérsékletek Magyarországon az 1901–2009 közötti időszakban (homogénizált, interpolált adatok) [4]

Elmondható, hogy a hőmérséklet növekedése közvetett hatást gyakorol a hazai vízfolyásaink vízjárására. Az elmúlt több mint száz év alatt ez az érték kb. 2 °C-ot emelkedett. Többek között ez predesztinálja a szélsőségek előfordulási valószínűségének növekedését.

Csapadék

A 2. ábrán látható, hogy a csapadék térben és időben is nagyon változékony, így – az éghajlatváltozás hatására bekövetkező – tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt közel 40 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása még egy hosszabb, több mint százéves intervallum időszakában sem mutatható ki egyértelműen.

Hazánk a Duna 801 ezer km² kiterjedésű vízgyűjtőjén, a Kárpát-medence nagyrészt síkvidéki területén, a vízgyűjtő középpontjában fekszik. A Duna Európa legjelentősebb nemzetközi folyója, a Fekete-erdőtől a Fekete-tengerig tartó közel háromezer kilométeres útján tizenkilenc ország területéről gyűjti össze a vizét.



2. ábra. Az éves csapadékösszeg országos átlagának anomáliái, 1901–2016 [5]

Minden, ami felettünk történik, tükröződik a Dunában, legyen az a víz minősége, mennyisége, hordaléka vagy élővilága. Kitejttségünket jelzi, hogy hét országgal vagyunk határosak és ebből négy ország vonatkozásában alvízi országként. Magyarországon az egy főre jutó folyami vízkészlet közel 12 ezer m³/fő/év, az egyik legmagasabb érték a kontinensen. A hazai lefolyás alapján azonban átlagosan csupán 600 m³/fő/év készlettel rendelkezünk, de a szakirodalom általában az 1000 m³/fő/év értéket tekinti stresszhatárnak.

A két érték különbsége a csekély vízvisszatartási képességből adódik. Mintegy 90 ezer km hosszúságú vízhalózatunk (folyók, patakok, csatornák) az igényekhez képest ritka, a nem ideális területi elhelyezkedés miatt. Vízkészleteink háromnegyed része a Duna és a Dráva med-

rében összpontosul. Az ország mintegy felét kitevő Tisza vízgyűjtőjére mindössze a vízkészlet negyede jut [3].

Az országból kifolyó vizek 95%-a külföldről érkezik, tehát az alvízi jellegből származó kiszolgáltatottságunk mind mennyiségi, mind minőségi szempontból igen nagy. A hazai lefolyás (a vízfolyás vízgyűjtőterülete országhatárainkon belül helyezkedik el) a kontinensen az egyik legalacsonyabb arányú, mindössze 5% (6 km³).

A készletek egyik legnagyobb pozitív összetevője a csapadék, amely megközelítően a befolyó felszíni készlet felével egyenlő. Ez azt is jelzi, hogy észszerű vízvisszatartás és csapadék-víz-gazdálkodás révén a vízgazdálkodás és főleg a mezőgazdasági vízgazdálkodás tartalékaik számottevők [3]. Közismert, hogy a hazai folyók vízgyűjtő területe természetföldrajzi értelemben, az időjárás és vízjárás viszonyokat tekintve összefüggő, egységes rendszert alkot. Magyarországnak mint alvízi országnak az árvízvédelmi együttműködésben fennálló érdekelttsége az ezzel elérhető eredmény, illetve elmaradásának következményei – alvízi helyzeténél fogva – egyértelműek. A hegyvidéki vízgyűjtőn folyó gazdasági tevékenység lefolyásmódosító hatása, a tározók üzemeltetése, a folyók felső szakaszán lévő művek állapota, kezelése, karbantartása – rendre a magyarországi árvízvédelem feladatait meghatározó körülményeknek tekinthetők.

Vízgyűjtő területünk jelentős része nem országhatárainkon belül helyezkedik el, így az ott történt beavatkozásokban való döntési jogkörünk erősen korlátozott. Kizárólag a kétoldalú egyezmények keretein belül tudjuk befolyásolni a felvízi országokban létrejövő árvízlevezetést módosító beavatkozásokat. El kell érni, hogy a nemzetközi vízügyi együttműködés kulcskérdéseit külpolitikai rangra emeljék. Fel kell tární és kihasználni azokat a lehetőségeket, amelyekkel Magyarország befolyást tud gyakorolni a külföldi vízgyűjtőn folytatott, a hazai érdekeket is figyelembe vevő fejlesztésekre [6] [7].

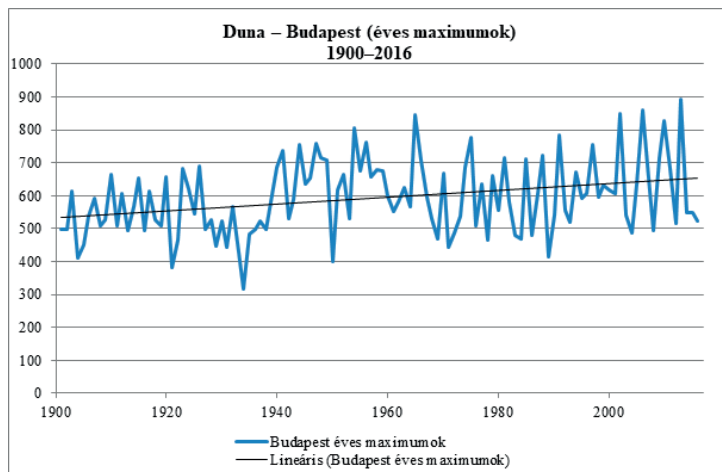
Erősíteni kell az ország árvízvédelmi fejlesztése érdekében a két- és többoldalú nemzetközi vízügyi együttműködést. Javasolom részt venni a nemzetközi jogi keretek fejlesztésében, a határvízi egyezmények továbbfejlesztésében, a szomszédos országokkal közös érdekű árvízvédelmi létesítmények megvalósításában, továbbá a védekezési együttműködések és a kölcsönös segítségnyújtás továbbfejlesztésében.

A szélsőségek növekedésének hatásai a hazai vízgazdálkodásban

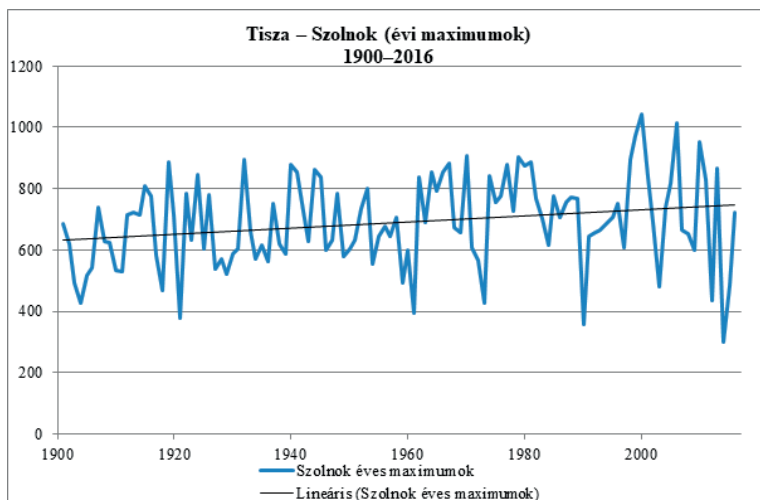
Az előzőekben bemutatott szélsőségek hazánk vízgazdálkodására nézve jelentős hatással bírnak. A vízfolyásaink ingadozó vízjátéka miatti árvízi védekezés előre be nem tervezhető pluszkiadásokkal járhat. Egy kiegyensúlyozott hazai költségvetésben nehezen számszerűsíthető és nehezen betervezhető kiadások kezelése véleményem szerint több ágazatot érintő, összetársadalmi feladat. A vízügyi ágazat hosszú távú célkitűzése a nehezen betervezhető pluszkiadások minimalizálása. A szélsőségek, az árvizek, belvizek, az aszály előfordulása a természet, a társadalom és a földrajzi adottságainak törvényszerű következményei.

Az ellenük való küzdelem nem katasztrófaelhárítás, hanem a Kárpát-medence vízgazdálkodásának nagy szakmai felkészültséget igénylő, mindennapos üzemeltetési feladata, amely egyben a vízválság megelőzésnek kulcsa [3].

A 3. és 4. számú ábrán a Duna budapesti és a Tisza szolnoki szelvényében az évi maximális vízállás adatokat ábrázoltam az 1901–2016 közötti időszakban. A diagramokon jól látható, hogy az értékekre illesztett lineáris átlagfüggvény monoton növekvő tendenciát mutat, így azokat időben nem lehet lineárisnak tekinteni.



3. ábra. Éves maximum vízállás értékek (cm) a Duna budapesti szelvényében az 1901–2016 közötti időszakban
(Készítette: a szerző)



4. ábra. Éves maximum vízállás értékek (cm) a Tisza szolnoki szelvényében az 1901–2016 közötti időszakban
(Készítette: a szerző)

Az egyre magasabb vízszint miatt egyre nagyobb terhelés nehezedett árvízi létesítményeinkre, amelyek komolyabb töltésfejlesztéseket igényeltek. A folyamatosan növekvő terheléseket figyelembe véve fejlesztéseink elértéktelenedésével kell számolnunk.

A folyamat kiváltó okainak és közvetett hatásainak minimalizálása nem csak a konkrét árvíz elleni védekezésben, hanem a fejlesztési ütem lelassulásában is tetten érhető. Az árvízszintek emelkedésének nemcsak az időjárási szélsőségek gyakoriságának drasztikus növekedése, hanem a nagyvízi medrek elhanyagolt, így lefolyást gátló állapota a legfőbb kiváltó oka.

Kimutatható, hogy az árvízszintek megemelkedésével azok előfordulási valószínűsége is gyakoribbá vált. Emiatt az árvízi veszélyeztetettség az elmúlt évtizedekben drasztikusan nőtt, így az árvízvédelmi művek tervezési alapadatoként szolgáló mértékadó árvízszintek növekedése szükségszerű következmény volt.

A mértékadó árvízszintek országosan átlagban 1–1,5 méteres emelkedést mutatnak. Amennyiben azt szeretnénk, hogy árvízvédelmi fejlesztéseink a folyamatosan emelkedő, tőtőző vízszintek hatására ne veszítsék el pár évtized alatt értéküket, abban az esetben a töltéseink közötti nagyvízi meder állapotát stabilizálni, lehetőség szerint javítani kell. Véleményem szerint a lefolyást segítő beavatkozások révén megtörténhet a probléma hatékony és tartós kezelése az árvízi kockázatok minimalizálása mellett.

Összegzett következtetések

A hazai vízgazdálkodás nagymértékben kitett a klímaváltozás hatásainak és a környező felvízi országok árvízi fejlesztéseinek. Kimutatható, hogy az árvizek előfordulási valószínűsége drasztikusan nőtt, ezzel párhuzamosan a mentett oldali árvízi veszély és kockázat is emelkedett.

A kialakult klímaváltozásokból adódó hatások csökkentése nemcsak kockázatcsökkentő hatással bír, hanem egyben a fejlesztéseink hosszú távú értékállóságának is záloga.

Az árvízvédelmi célú beruházások mindegyikénél szem előtt kell tartani, hogy az árvízvédelmi műtárgyak állékonysága és védőképessége javuljon. Ez elérhető az árvízi terhelés csökkentésével (például lefolyást elősegítő beavatkozás) vagy a töltés ellenállásának növelésével (például töltésépítés). Véleményem szerint a kialakult változásokhoz a hazai vízgazdálkodásnak is alkalmazkodnia kell a kockázatokhoz igazított beavatkozások tervezésével, tározóépítéssel, esetleges művelési ág váltással, lefolyást elősegítő beavatkozások tervezésével.

A cikkben végigvezetett gondolatmenet alapján arra a következtetésre jutunk, hogy a korábban megfogalmazott és jelenleg alkalmazott vízgazdálkodási jogszabályi keretrendszer túlságosan merev. Véleményem szerint a klímaváltozás miatti szélsőségek egyre gyakoribb válása egy dinamikusabb rendszer kialakítását teszi szükségessé.

Ahogy azt a bevezetőben is jeleztem, nemcsak a vízgazdálkodási szempontból jelentős mértékű probléma okainak és hatásainak ismertetését szerettem volna megfogalmazni, hanem a jövőben elvégzendő feladatokra is javaslatot tettem.

Felhasznált irodalom

- [1] KUTI R. – NAGY Á. (2015): Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. *AARMS*, Vol. 14, No. 4. 299–305. Forrás: <https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-2015-4-kuti-original.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [2] Árvízvédelem ismertető (2013). Országos Vízügyi Főigazgatóság. Forrás: www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [3] Az éghajlatváltozás okai. Országos Meteorológiai Szolgálat. Forrás: www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/eghajlatvaltozas_okai/ (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [4] Magyarország hőmérsékleti viszonyai. Országos Meteorológiai Szolgálat. Forrás: www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/homerseklet/ (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [5] Éghajlatváltozás: Megfigyelt változások: Magyarország. Országos Meteorológiai Szolgálat. Forrás: www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [6] Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízzstratégia (2017). Budapest, Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2017. Forrás: www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 06. 01.)
- [7] REICH Gy. (1999): *A külföldi beavatkozások hatásai a magyar vízgazdálkodásra. A hazai vízgazdálkodás kérdései*. Kézirat, MTA Stratégiai Kutatások Programja. 205–235.
- [8] SZLÁVIK L. – BUZÁS Zs. – ILLÉS L. – TARNÓY A.: (1997): A Tisza-völgyi nemzetközi vízgazdálkodási együttműködés. *Vízügyi Közlemények*, 79. évf. 3. sz. 277–336.

Szatai Zsolt József¹

A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazási lehetőségei napjainkban

Present-day Application Possibilities of Explosive Detecting Dogs

A tanulmányban a robbanóanyag-kereső kutyák képességeit és azok alkalmazási lehetőségeit mutatom be. Az utóbbi évtizedekben a biztonsági környezet jelentős változásának eredményeképpen megnövekedett és kiemelt fontosságúvá vált a robbanóanyagok felderítésének igénye. Ez az igény számos új technikai eszköz és eljárásrend, illetve törvényi szabályzó létrejöttét eredményezte. Annak ellenére, hogy a robbanóanyag-felderítés területén számos technikai eszköz jelent meg, a robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazása nem veszített fontosságából.

Kulcsszavak: kutatás, háziasítás, robbanóanyag-kereső kutya, szaglás, átvizsgálás

In this study, I would like to present the capabilities of explosive detection dogs and their applications. As a result of a significant change in the security environment over the last decades, the need for detection of explosives has become more and more important. This demand has resulted in the creation of a number of new technical devices, procedures and legal regulations. Despite the fact that there is a number of technical devices in the field of explosive detection, the use of explosive detection dogs has not been lost.

Keywords: research, domestication, explosive detection dog, smelling, screening

Bevezetés

„Az a képesség, amit a szolgálati kutyák biztosítanak a fegyveres küzdelemben, nem helyettesíthető emberek vagy gépek által. Teljesítményük jelentősen meghaladja bármely rendszeresített eszközünk hatékonyságát, amit valaha is alkalmaztunk.” [1]

¹ NKE Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: szataizsolt@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6963-0500

Az állatok domesztikációja² egy olyan folyamat, amely teljes egészében megváltoztatta az emberek életét. Az ember már a korai időszakban felismerte a háziasított állatokban rejlő lehetőségeket. A haszonállatok gazdaságban betöltött szerepén túl felismerte, hogy bizonyos állatfajok a fegyveres összeütközések megelőzése, vagy azok megvívása során különféle egyéb feladatokra is jó hatékonysággal alkalmazhatók. Elég csak arra gondolni, hogy a kutya az ember társaként őrizte annak életterét, tárgyait és az egész közösséget. Előre jelezte az idegenek közeledését, vagyis bizonyos megközelítésben ezen tevékenység a kutyák az ember általi legelső Force Protection³ feladatra történő alkalmazását is jelenti. Természetesen ennél sokkal specifikusabb az alkalmazásnak azon formája, amikor az ember az állatokat harcai, háborúi során alkalmazta, akár önállóan, akár a harcoló csapatok megsegítésére és azok támogatására. A történelem folyamán az állatok háborúban betöltött szerepét tekintve rendkívül változatos képet láthatunk.

Homérosz műveiben már találhatunk utalásokat a kutyák harcok közbeni használatára, habár itt még csak üzenetek célba juttatását végezték. Az ugyancsak ókori író, Hérodotosz is megemlíti a kutyák alkalmazását.⁴

Azonban a kiképzett kutyák modern katonai célokra történő alkalmazása elsőként a 19. század közepén valósult meg Franciaországban. 1872-ben 10 airedale terriert és 10 skót juhászt vásároltak próbaképpen, majd a kedvező tapasztalatok hatására már 200 szolgálati kutyát alkalmaztak, alapvetően őrző-védő feladatokra. A szolgálati kutyák alkalmazása a 19. század végén és 20. század elején került újra előtérbe, amikor a Német Császárság, az Osztrák–Magyar Monarchia, valamint Oroszország is szolgálatba állította őket. Ekkor már nemcsak üzenetek továbbítására és őrző-védő funkciók ellátására alkalmazták őket, hanem a katonai képességek szélesebb körű támogatására is. A speciális feladatokra meghatározott fajtájú kutyákat válogattak ki.

Az első világháború idején híradások számoltak be arról, hogy 1915-ben a nyugati és a keleti harctéren szolgáló német csapatoknál már több mint 300-300 úgynevezett egészségügyi kutya szolgált.

A német hadvezetőség felismerve a kutyákban rejlő potenciális lehetőségeket, képességfejlesztésüket határozta meg. Ennek megfelelően 1916-ban már 3000 vöröskeresztes kutya és kutyavezető teljesített szolgálatot a német hadseregben. Fő feladatuk tárgyak, felszerelések hordása és a sebesültek (hangtalan) felkutatása volt.

A második világháború már differenciáltabb feladatok elvégzését tette szükségessé a négy-lábúak számára. Fontosságukat bizonyítja, hogy ekkorra már komoly egészségügyi kutatások zajlottak az állatok harctéri védelme érdekében, illetve szükséges kezelésüket érintően. A harc-tereken a különböző feladatokat különböző méretű és fajtájú kutyák látták el. A feladatra történő kiválasztásuk már egy előre meghatározott kiválasztási szempontrendszer alapján történt. A világháborúk után a katonai kötelekeknel szolgáló kutyák szerepe továbbra is fontos maradt. A későbbi katonai konfliktusokban is eredményesen alkalmazták őket.⁵

² Domesztikáció: háziasítás.

³ Force Protection: az erők védelme.

⁴ „Ember ember ellen, ló ló ellen, kutya kutya ellen harcolt.” Hérodotosz a perentiek és a paeonlak közötti csata beszámolójában írja ezt.

⁵ Például: Korea, Vietnam, Irak és Afganisztán.

A modern kor katonáját feladatai ellátásában számos technikai eszköz segíti, azonban vannak olyan feladatok, amelyek a modern technikai eszközök, berendezések által nehezen vagy csak rendkívül költségesen, illetve sok esetben a természet által alkotott képességeket meg sem közelítő módon hajthatók csak végre. Következésképpen, a modern korok katonai műveleteiben is nagy szerepet kaptak a szolgálati állatok, azon belül kiemelten a szolgálati kutyák, mivel képességeik nehezen vagy egyáltalán nem válthatók ki technikai eszközökkel.

A kutya kialakulása, háziasítása

A háziasítás vagy más néven domesztikáció alatt a vadállatok háziasítását, azok megszelídítését értjük [4]. Mindez egy viszonylag hosszú ideig tartó összetett folyamat, amely közben az egyedek olyan változásokon mennek keresztül, amelyek az ember számára előnyökkel jár, azokon keresztül valamilyen haszonhoz jut.

Konrad Lorenz⁶ egy 1950-ben írt könyvében a mai kor tudósaihoz hasonlóan már arra a kérdésre keresett választ: hogyan alakulhatott ki a farkasból a kutya? Egészen pontosan Lorenz a kutya ősének nem minden esetben a farkast tekintette, hanem úgy gondolta, hogy a lehetséges közös ős az aranyakál lehetett [5] [6].

Számos elképzelés létezik arra vonatkozóan, hogy ez hogyan mehetett végbe és az egyik legérdekesebb kérdés, hogy mindehhez mennyi időre volt szükség. Abban mindenki egyetért, hogy egy ilyen jellegű különleges kapcsolat csakis a kölcsönös haszonszerzés elvén alakulhatott ki. Mindkét félnek éreznie kellett az együttéléssel járó pozitív eredményeket, vagyis a közös érdekek elengedhetetlenül szükségesek voltak ahhoz, hogy az ősember és a kutya őse térben és időben egy helyen, együtt közös tevékenységet tudjon folytatni [7]. Egyes nézetek szerint mindebben kulcsszerepet játszott a letelepedett ember környezetében megjelent ételmaradék, illetve szemét. Az őskutya számára vonzó lehetett a könnyű táplálékszerzés lehetősége és a környezet egyfajta biztonsága is. Az emberrel történő interakció során az ember és a kutya egyaránt, mindkét fél számára előnyös változásokon ment keresztül, vagyis egymással koevolúcióban fejlődtek. Vagyis a háziasítás folyamata egyaránt hatott az emberre és kutyára, illetve ezen túlmenően a társadalomra, a szokásaikra és a közösségben betöltött szerepeikre, illetve az őket körülvevő környezetre is. A kutyák nagyban hozzájárultak az emberi csoport túléléséhez és megfigyelésük segítette az embert saját fejlődésében [8].

A háziasítás folyamata közbeni tudatos mesterséges szelekció mind a külső (méret, testforma, szín), mind a belső jegyek (idegrendszer) és egyéb tulajdonságok minőségbeli változását idézte elő. A folyamat során az ember a számára előnyös tulajdonságokkal rendelkező egyedeket kiválasztotta és azokat továbbörökítette. Az egyik ilyen előnyös tulajdonság a jó szaglás volt.

⁶ Konrad Lorenz (1903–1989) osztrák zoológus, etológus, orvosi-élettani Nobel-díjjal kitüntetett kutató (1973), a modern etológia megteremtője.

A szaglás és a szagok

A szaglás egyfajta kémiai érzékelés és az egyik legősibb érzékelési mód [9]. Ennek bizonyítéka, hogy a szaglórendszer az agyfejlődés korai szakaszában alakul ki. Ezáltal az újszülött a szaglás mint hangsúlyos érzékelési mód birtokában már szinte azonnal képes felismerni anyját. Idővel ez a képesség fokozatosan csökken és a többi érzékszerv veszi át a fő szerepeket és válik meghatározó érzékelési móddá.

A törzsfajlás és a környezeti hatások, valamint az azokhoz való alkalmazkodás képessége határozta meg, hogy az egyes fajok milyen hatékonysággal képesek használni az érzékszerveiket. Vannak olyanok, amelyeknek elegendő a jó látás és hallás a túléléshez és a szaglás fontossága háttérbe szorul.

Az ember szaglása gyengébb, kevésbé fejlett az állatokéhoz képest [10]. Evolúciója során inkább a látás és a hallás fejlődött jelentős mértékben. A szaglás vegyi érzékelésen alapul, tehát a belélegzett szaganyagoknak kémiai tulajdonságokkal kell rendelkezniük ahhoz, hogy a szagérzet létrejöhessen. A szaglás egy rendkívül összetett érzékelési mód.

Az evolúciós fejlődés során a kutya szaglása fejlettebbé vált az emberénél. Ennek egyik oka a földközelség megtartása volt. A kutya többségében az orrára hagyatkozva, pusztán a szaglás útján jut bizonyos információkhoz a környezetét illetően.

A kutyák szaglóképessége összetett folyamat, amely nehezen fejezhető ki arányszámokkal. Annyi bizonyos, hogy a szaglónyalvákhártya mérete eltérő az embernél és kutyánál. Szemléltetve mindez azt jelenti, hogy egy német juhászkutya szaglόμεzeje kiterítve egy 1,5 x 1,5 méteres szőnyegnek felel meg, míg az embernél ez a terület csak egy gyufásdoboz méretet tesz ki [11].

A szaglást a kutyák képesek érzékenyíteni, finomítani, amely az úgynevezett szimatolás segítségével valósul meg. Szimatolás közben a szaganyagok hosszabb ideig képesek érintkezésben maradni a szaglónyalvákhártyával. Ez úgy valósul meg, hogy váltakozó intenzitású légörvénylelés megteremtésével a légáramlás növekszik az orrüregben és az orrlyukak kitágulnak az optimális légáramlás elérése érdekében. Ennek az a jelentősége, hogy így állandóan új információ, új szaginger gyűjthető be és pontosítható a szaganyag természete vagy annak pontos elhelyezkedése.

Az ember esetében az alapvető anatómiai eltérések miatt nem beszélhetünk szimatolásról csak egyszeri szippantásról, amely kevésbé fejlett folyamat, mint a kutyáknál. Mindazonáltal a kutya szaglóhámfelülete átlagosan negyvenszer nagyobb, mint az emberé. És mivel a szaglás küszöbértékét az 1 cm³-ben lévő minimális szagmennyiség határozza meg, szaglásuk ezért is sokkal jobb, mint az embernek.

A kutyák különböző szagokat képesek felismerni, amelyeket a kibocsátó anyagok vagy élőlények alapján kategorizálhatunk [12].

Ennek megfelelően a szagok lehetnek:

- Szervetlen szagok:
 - halogén elemek (például: jód, fluór);
 - gázok és füstök;
 - szervetlen vegyületek (például: ón-dioxid).

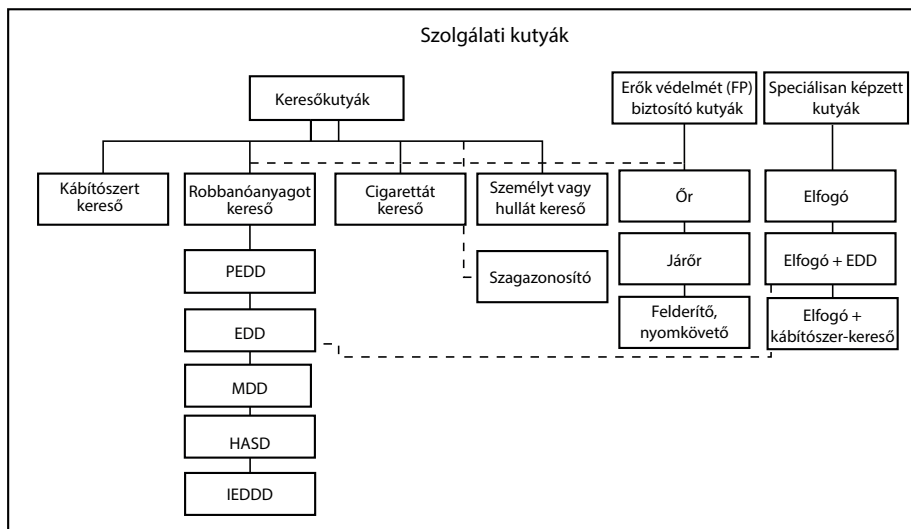
- Szerves szagok:
 - állati eredetű szagok;
 - növényi eredetű szagok;
 - a föld és a levegő szaga.
- Emberi eredetű szagok:
 - genetikailag determinált biológiai szag;
 - testszag;
 - másodlagos biológiai szagok.
- Járulékos szagok:
 - kozmetikumok;
 - dohányzás szaga.

A szolgálati kutyák alkalmazása közben nehezen képzelhető el olyan szituáció, hogy a kutya szagoktól mentes, steril környezetben dolgozzon, kivételt képez talán a viszonylagosan zárt körülmények között alkalmazott szagazonosító kutya. A kutya számára ezek a szagok lehetnek vonzóak, kellemesek, közömbösek vagy taszítók.

Keresőkutyák esetében bizonyos szagok megzavarhatják a kutyát vagy szélsőséges esetben (egyes vegyi eredetű szagok esetében) téves jelzésre készíthetik azt. Ennek kockázata megfelelő felkészítéssel csökkenthető. Ennek megfelelően, kiképzésük közben nagy hangsúlyt fektetnek arra, hogy bizonyos kiképzettségi szinttől – ez időben általában az alaptanfolyami képzés második negyedét jelenti – a képzést úgynevezett valós, vagyis zavaró szagoktól nem mentes környezetben hajtják végre. Mindezek igazolják, hogy az adott feladatra megfelelően kiválasztott és kiképzett kutyát természetes (vele született) képességei és tanult viselkedésmódoi teszik alkalmassá a szolgálati feladatok elvégzésére.

A szolgálati kutyák csoportosítása

A szolgálati kutyák különböző méretűek, színűek, fajtájúak és képzettségűek lehetnek. Szolgálati alkalmazhatóságukat alapvetően a képzettségük határozza meg. Meghatározott feladat végrehajtásához minden esetben az arra megfelelően felkészített kutyát kell igénybe venni.



1. ábra. A szolgálati kutyák rendeltetésük/képzetségük szerinti csoportosítása
(Készítette: a szerző)

A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazása

A kutya kimagasló képességeivel segíti az embert, így kiemelkedő szaglóképességét kihasználva hatékonyan alkalmazható felderítési/kutatási feladatok végrehajtására. A köznyelvben a kutatás kitarító keresgélést jelent, olyan cselekményt, amely során valaminek a meglétét és helyét igyekszünk megállapítani.

A katonai értelmezésben a kutatás egyfajta eljárás, és mint olyan, annak végrehajtása szabályokhoz kötött cselekmény. A szabályok alkalmazása nem az esetleges eljárás módok megváltozhatatlanságát jelenti, hanem éppen az alkalmazás hatékonyságát és megbízhatóságát növeli és ezáltal válik tudatos és tervezett tevékenységgé.

Vagyis a kutatás nem más, mint a kutyavezető és a szolgálati kutya speciális célra történő igénybevétele, amelynek során a robbanóanyag rejtkehelyének felderítése céljából a kutyavezető szakszerű irányítása mellett a kutya szimatmunkát végez. Így válik az egyszerű keresgélés tervszerű és tudatos tevékenységgé. A robbanóanyag-kereső kutyák a képzettségüknek megfelelően képesek a tanult szaganyag(ok) felkutatására, annak érzékelése esetén a tanult és kívánatos jelzémód végrehajtására és megfelelő akklimatizációt követően e feladataikat bármely napszakban, évszakban és időjárási körülmények között képesek végrehajtani a lehetséges katonai alkalmazás teljes vertikumában [13]. A robbanóanyag-kereső feladatokra alkalmas kutyák kiválasztásánál a kutya képességeit veszik alapul, a kutya fajtája, mérete vagy neme nem meghatározó.

A robbanóanyag-kereső kutyás egység csak a legkritikább esetben hajt végre önállóan feladatot. Gyakran katonai kötelékek megerősítésére alkalmazzák. A kötelék, amely a feladat végrehajtása érdekében megerősítésül szolgálati kutyás egységgel egészül ki, meghatározóan

század vagy szakasz méretű. Figyelembe véve a szolgálati kutyák képzettségét, lehetséges feladatrendszerét és a haderő egyéb egységeinek létszámához viszonyított számát, annak ennél magasabb, illetve alacsonyabb kötelékhez történő közvetlen rendelése, az alkalmazás hatékonyságának csökkenését eredményezi.

A robbanóanyag-kereső kutya kifejezés valójában egy gyűjtőfogalom. A NATO terminológiai megközelítése szerint az alábbiak szerint osztályozható [14]:

- robbanóanyag-kereső kutya, Explosive Detecting Dog (EDD);
- robbanóanyag-kereső járőr kutya, Patrol Explosive Detecting Dog (PEDD);
- aknakereső kutya, Mine Detecting Dog (MD);
- nagy megbízhatóságú kereső kutya, High Assurance Searching Dog (HASD);
- rögtönzött robbanószerkezet-kereső kutya, Improvised Explosive Device Detecting Dog (IEDDD).

Tekintettel arra, hogy a Magyar Honvédség kötelékében a fenti besorolás szerint, kizárólag robbanóanyag-kereső kutya (EDD) található meg, jelen tanulmányban csak ennek az alkalmazási lehetőségeit mutatom be.

A keresőkutyák e fajtájának feladata katonai, polgári és házi készítésű robbanóanyagok felkutatása. Jelzés módjukat tekintve passzív jelzésű kutyák és alapvetően műszaki/tűzszerész egységeknél teljesítenek szolgálatot. A képzéshez és a minősítésekhez használt robbanóanyagok típusa és mennyisége nemzetenként eltérő lehet. Azonban általános elvárás hogy a kutyák legyenek képesek felderíteni a robbanóanyagot 10 grammtól 10 kilogrammig. Alkalmazásuk a körülmények függvényében történhet pórázon és póráz nélkül, de minden esetben a szájkosár mellőzésével [15].

A robbanóanyag-kereső kutyával történő átvizsgálás, kutatás célja:

- preventív kutatások végrehajtása, demonstrációs céllal;
- véletlenszerű ellenőrzés, nemkívánatos események kiküszöbölése;
- az alapos gyanú igazolása, rejtekhely felderítése;
- katonai bűncselekmény tárgyi bizonyítékainak (robbanóanyagok, nagy mennyiségű anyagmaradványok) felderítése;
- bűncselekmény útján, házilag létrehozott tárgyak (rögtönzött robbanószerkezetek és alapanyagaik) felderítése.

A robbanóanyag-kereső kutyát nem lehet igénybe venni [15]:

- vegyi anyaggal szennyezett területen;
- állati eredetű szagnyom követésére;
- más szolgálati feladatok ellátására (kivételt képez az a robbanóanyag-kereső kutya, amelyik más képzettséggel is rendelkezik).

1. táblázat. A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazhatósága
(Készítette: a szerző)

Alkalmazhatóság	PEDD PEDD	EDD	MDD	HASD	IEDDD
Gépjármű	X	X			
Épületek, helyiségek	X	X			
Áruk és csomagok	X	X			
Terület (talajszint felett)	X	X	X	X	X
Terület (talajszint alatt)			X	X	X
Utak és műtárgyak	X	X	X	X	X
Levetett ruházat	X	X			
Aknafelderítés			X		
Aknamezőről mentés			X		
Robbanás utáni helyszín	X	X	X	X	X
Kézifegyver	X	X			
IED-összetevők				X	X
„Sebezhető pontok” (VPs)	X	X	X	X	X
Őrző-védő képesség	X				
Járőrfeladat	X				
Házi készítésű robbanóanyagok	X	X		X	X
Hagyományos robbanóanyagok	X	X	X	X	X

A robbanóanyag-kereső kutya alkalmazásának főbb esetei és azok végrehajtása:

Gépjárművek átvizsgálása

A járművek átvizsgálására leggyakrabban a felelősségi körzet határain, a katonai táborok, objektumok bejáratánál, illetve a közlekedési utakon felállított állandó, ideiglenes és eseti ellenőrző-áteresztő pontokon, gépjármű-átvizsgáló helyeken történik. A kutya alkalmazása történhet:

- elsődleges átvizsgálás alkalmával;
- másodlagos átvizsgálás, ellenőrzés alá vont esetekben.

Az elsődleges átvizsgálás alkalmával a kutya vezető és kutya rutinszerű, gyors kutatást, ellenőrzést hajt végre. Másodlagos átvizsgálás, ellenőrzés alá vont esetekben az ellenőrzést kuta-

tócsoport hajtja végre, amelynek tagja a kutyavezető is. E tevékenység történhet a katonai elhárító szolgálat, katonai rendőri/rendészeti szolgálat alapos gyanúja esetén történő felkérést követően, a nyomozati tevékenység részeként, illetve az elsődleges átvizsgálás alkalmával történt pozitív és megerősített jelzést követően. A feladat jellegéből adódóan a feladat teljes időtartamára szükséges a kutyavezető biztosításának megszervezése. A biztosítás végrehajtása közben kiemelt figyelmet kell fordítani az alábbiakra:

- a feladat közben szükséges a híradóeszközök alkalmazásának korlátozása, a rádiózavaró eszközök egyidejű alkalmazásával;
- a gépjárművezetők és utasok teljes elkülönítése, lehetőség szerint olyan helyre, hogy a kutya és a vezetőjének munkájára ne legyen rálátásuk;
- folyamatos együttműködés a tűzszerész csoporttal (EOD/IEDD⁷);
- felkészülés és javaslattétel a szükséges intézkedések ideiglenes bevezetésére, úgymint kiürítés, területzárás, vagy egyéb a személyi állományt és a napi életet korlátozó rendszabályok foganatosítására;
- másodlagos, esetleg harmadlagos robbanószerkezetek felderítése;
- folyamatos és közvetlen együttműködés a biztosító és egészségügyi erőkkel;
- ideiglenes vagy rögtönzött gépjármű-átvizsgáló helyeken külön figyelmet kell fordítani a szolgálati kutyás egység szállítására, mivel ők alapvetően nem részei a járőrnek és alapesetben nem mozognak azzal együtt, valamint a feladatvégrehajtási időtartamuk is eltérő lehet.

A gépjárműveken számtalan rejtési lehetőség van, ezért fontos, hogy a kutatást végrehajtók megfelelő műszaki ismeretekkel rendelkezzenek, vagy ha szükséges és lehetőség van rá, akkor szakértőt vagy szaktanácsadót vegyenek igénybe. A járművek sokfélesége miatt általános, egységes kutatástaktikai sablont nem lehet alkalmazni, de néhány alapvető szabály betartása elengedhetetlen. Ezek az alábbiak:

- A kutyavezető munkáját ne egyedül végezze, feladatait biztosítás mellett hajtja végre. A biztosítást a helyileg érvényes szabályzók (SOP, LOP⁸) alapján kell végrehajtani, de a biztosítók kísérik figyelemmel az utasok és/vagy a gépjárművezető tevékenységét, viselkedését.
- A járművet, a személyek csomagjait és a rakományt külön kell átvizsgálni. Ennek érdekében ezeket egymástól el kell különíteni. A személyes csomagok lerakását a csomagok tulajdonosai végezzék, és a jármű nyitható részeit a jármű vezetője nyissa ki.
- A jármű átvizsgálása közben a járműben – lehetőség szerint – ne tartózkodjon senki.
- Az átvizsgálást minden részletre kiterjedően kell végrehajtani.

⁷ EOD: Explosive Ordnance Disposal, IEDD: Improvised Explosive Devices Disposal, a magyar nyelvben mindkét kifejezés tűzszerészt jelent, de szakmai felkészültségében és technikai felszereltségében eltérések mutatkoznak.

⁸ SOP: Standard Operating Procedures, LOP: Local Operating Procedures, általános és helyi műveleti szabályok.



2. ábra. Jellegzetes rejtési helyek, fontosabb ellenőrzési pontok tehergépjárművön

(Készítette: a szerző. Forrás: www.raba.hu/jarmu/katonai_jarmugyartas.html. A letöltés dátuma: 2018. 11. 12.)

1. utastér;
2. lámpák, lámpatestek;
3. lökhárító, szoknyalemez mögötti tér;
4. kerekek, dísztárcsák, sárvédő;
5. alváz és annak szerelvényei;
6. rakodótér illesztései;
7. karosszériaelemek illesztései.

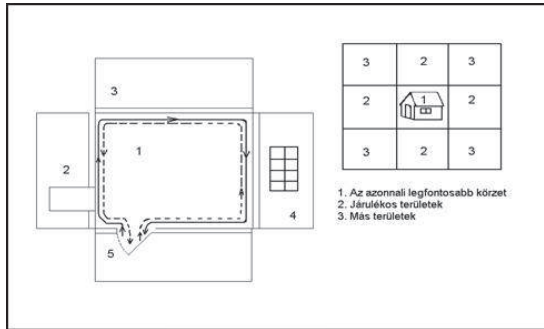
A járművek átvizsgálása közben gondolni kell arra, hogy a kutya ne csak az általa természetesen elért magasságig tudjon keresni, hanem biztosítani kell feljutását a magasabb részekre is, tekintettel arra, hogy néhány kivételtől eltekintve a vegyi eredetű szagok (lásd robbanóanyag) hő hatására általában felfelé terjednek [16].

Épületek, helyiségek átvizsgálása

Az épületek, helyiségek átvizsgálása történhet preventív céllal, demonstratív eszközként, illetve bejelentés alapján célirányosan. Mindkét esetben cél az elrejtett anyag megtalálása. Az épületek, helyiségek átvizsgálása talán a legösszetettebb kutatási feladat, amely magába foglalja a célépületet, szükség szerint annak közvetlen környezetét és a helyiségeket, amelyek mérete, kialakítása, berendezése jelentősen eltérhet egymástól. Az átvizsgálásokat módszeresen úgy kell végrehajtani, hogy minden lehetséges rejtekhelyet ellenőrizzenek, és a rendelkezésre álló idő a leghatékonyabban legyen kihasználva, a prioritások figyelembevételével. Ezen ajánlások általános érvényű szabályait nevezzük kutatástaktikának. A kutatástaktika magába foglalja a taktikai eljárásokat, sorrendet és eljárási szabályokat. Miután minden helyzetre és szituációra nem lehet kidolgozni taktikai eljárásokat, az ehhez hasonló speciális esetekben

a helyzet és a körülmények által megkövetelt kutatási eljárásokat kell alkalmazni. Minden esetben meg kell határozni a kutatandó körzetet és annak prioritásait, amelyek lehetnek:

- azonnali, legfontosabb körzet (például ahová a védett vezető érkezik);
- járulékos területek (annak közvetlen környéke, ahová a védett vezető érkezik);
- más területek, teljes külső környék.

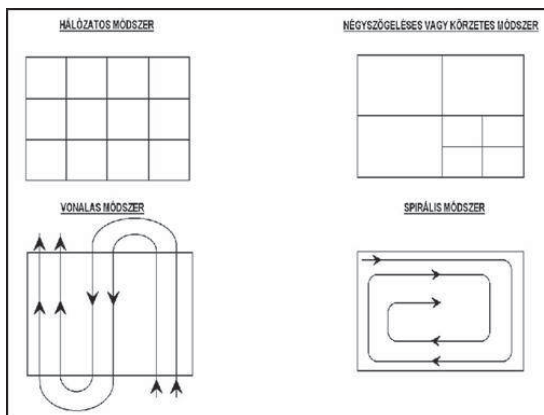


3. ábra: Körzetek szerinti kutatás [17]

A kutatási körzetek meghatározása után, amelyet a helyszíni parancsnok tesz meg a helyszín sajátosságainak figyelembevételével, ki kell választani a fenti kutatástaktikai szabályoknak leginkább megfelelő kutatási eljárást. Ezt tanult szakmai szempontok és a terület elemzését követően a feladatot végrehajtó kutyavezető választja ki, hiszen ő felelős a terület pontos átkutatásáért.

A kutatási eljárás lehet:

- hálózatos módszer,
- négyzögeléses, vagy körzetekre való bontás módszere,
- vonalas módszer,
- spirális módszer.



4. ábra. Körzetek szerinti kutatás [18]

A helyiségek átvizsgálása közben, mivel a lehetséges rejtékhelyek nagy számban előfordulhatnak, a kutatást úgy kell megtervezni, hogy ne maradjon ki egyetlen rejtésre szolgáló objektum átvizsgálása sem.

Áru, csomagok és postaforgalmi küldemények átvizsgálása

Az átvizsgálásra tervezett postaküldemények, csomagok méretüket tekintve eltérőek lehetnek, a normál levélborítéktól kezdve a raklapra rakott, palettázott rakományokig. Azonban közös bennük, hogy függetlenül a méretüktől átvizsgálás közben – megbontás nélkül – egy egységnek tekinthetők.

Alapesetben az ilyen típusú feladatot katonailag ellenőrzött határokon, belépőpontokon, repülőtereken, illetve fontosabb objektumoknál hajtják végre. Alapvetően a kutyákat – képességeik legoptimálisabb kihasználása érdekében – akkor alkalmazzák, ha az ellenőrzésre nem áll rendelkezésre csomagröntgen, esetleg csomagszkenner, vagy az ellenőrzendő csomag mérete nagyobb, mint a rendelkezésre álló eszköz befogadó paramétere.

Ettől eltérő esetekben történő indokolatlan kutyaalkalmazás a szolgálati kutya idő előtti kifárasztását eredményezheti. A palettázott és biztonsági fóliával megfelelően lezárt árucsomag burkolatát kissé meg kell nyitni, hogy a szagok ki tudjanak áramolni. Normál méretű (kézitáska méret) csomagok kutyával történő ellenőrzéséhez, a csomagokat a földre kell helyezni, a lehetőségek függvényében egymástól minimum 1–2 m távolságra, hogy az objektumok egymástól jól elkülöníthetők legyenek. Amennyiben a darabszám indokolja, több sorban is átvizsgálhatják ezeket, de a távolságot a sorok között is tartani kell. A feladat közben a kutyavezető dönt arról, hogy a kutyát pórázon vagy póráz nélkül alkalmazza, a körülmények figyelembevételével. A kutya jelzését követően, a biztosítás parancsnoka dönt az egyéb felderítési eszközök alkalmazásáról vagy szigorító rendszabályok foganatosításáról. Ennek leginkább a robbanóanyag-kereső kutya jelzését követően van kiemelt jelentősége.

Terület átvizsgálása

Az átvizsgálás célja, az adott területen lévő objektumok, illetve a talajszint alá rejtett (elásott) anyagok felkutatása. Fontos, hogy a kutatásra tervezett terület egyértelműen meghatározott, körülhatárolható legyen, annak érdekében, hogy ne maradjon terület átvizsgálás nélkül. Ha szükséges és lehetőség van rá, a kutyavezető használhat jelölő tüskéket, szalagokat is. A földfelszín alá történő rejtésnél a talaj felszínét időszakosan meg kell bontani, ezáltal az addigi szerkezet viszonylagos homogén állapota mind rétegrendjében mind szemcseszerkezetében megváltozik. E változást is érzékeli a kutya, még akkor is, ha nincs ott a keresett anyag. Jelzést ugyan nem fog tenni, de már az elrejtésre utaló kísérletek is meghatározhatók és a szándék azonosítható. A talaj ilyen megváltoztatása eredményeképpen, szerkezete porózusabbá válik, így jobban átengedi a szagot, elősegítve a szolgálati kutya eredményes alkalmazását.

A kutya alkalmazása bombafenyegetettség esetén

A tevékenység jellegét tekintve egyfajta épület- és helyiségátvizsgálás, ami történhet:

- preventív céllal (lásd védett személy, vagy más okból kiemelt biztonságot igénylő személy érkezése a területre);
- elhárítási céllal, konkrét kirendelés esetén (lásd bombariadó alkalmával).

Mindkét esetben hasonlóan kell eljárni, azonban figyelembe véve az épületek sokszínűségét, egyértelmű és mindenhol ugyanúgy alkalmazható eljárás módok nem határozhatók meg, de bizonyos szabályok alkalmazása elengedhetetlen, úgymint:

- lehetőség szerint a veszélyeztetett épület, épülettömb kiürített állapotban álljon a vizsgáló tűzseréscsoport, járőr (bombakutatók) rendelkezésére. Nagyobb, bonyolultabb épület, épületrendszer esetén célszerű a szintenkénti, alaprajz szerinti kutatás. Biztosíték lehet ez arra, hogy átvizsgálatlan terület, helyiség nem marad el;
- az átvizsgálást módszeresen – földszint, vagy alagsor valamely szélső pontját választva – minden helyiség, ezen belül minden beépített, vagy beépítetlen berendezési és egyéb tárgy átvizsgálásával kell végrehajtani;
- kiemelt figyelmet kell fordítani az energiatermelő/elosztó rendszerek és helyiségeinek átvizsgálására, mivel ezek fokozott veszélyforrások lehetnek;
- az egyes bejelentés, fenyegetés következtében foganatosított intézkedéssorozat mennyiségi és minőségi végrehajtását nem befolyásolhatja a korábbi fenyegetések, vizsgálatok száma [19].

Az épület kiürítése nemcsak az abban lévőek biztonságát szolgálja, hanem a lehetséges szolgálati kereső kutya alkalmazást is lehetővé teszi, hiszen a kutya számára esetleges zavaró körülmények egy részét is kizárják. A tevékenység tervezésekor figyelembe kell venni, hogy a feladatok végrehajtását az alábbi tényezők befolyásolhatják:

- az átvizsgálásra rendelkezésre álló idő;
- az átvizsgálendő objektum mérete;
- a helyiségek száma, összetétele és átjárhatósága;
- az elzárt területek és a közös, szabadon használható helyiségek;
- a kiszolgáló és üzemeltetést biztosító eszközök (liftek, energiaellátás egységei);
- minden egyéb felderítési információ, ami a tervezést segítheti.

Amennyiben az átvizsgálásra rendelkezésre álló idő nem elégséges a teljes munkafolyamathoz, a helyiségeket, a területi egységeket priorizálni kell. A priorizálás mindenkor a védett személy, vagy kiemelten fontos terület érdekében történik. Kiemelten fontosnak tekintendő:

- a védett személy fogadására kijelölt terület, a rendezvény (lásd konferencia) helyszíne és az oda vezető utak;
- a lehetséges menekülési útvonalak és annak csatlakozó létesítményei;
- a nagyszámú fontos vendég fogadására kijelölt terület (sajtótájékoztató helyszíne, büfé).

Mindkét alkalmazási esetben, nagy jelentősége van az elhárító szervekkel történő együttműködésnek. Ezen szervezetek rendelkeznek azzal a technikai és információs háttérbázissal, hogy elegendő és lényeges információval tudjanak szolgálni a feladat körülményeit illetően (lásd egy rendezvény alatt, e szervezetek működtetik azon biztonsági kamerarendszereket, amelyek segítségével a kialakult helyzet eredményesebben kezelhető). Ilyen lehet az „elhagyott csomag” mint a legkiemeltebb veszélyforrás (lásd könnyen mobilizálható és telepíthető), észlelése és értékelése. Egy csomag elhagyottnak minősül az alábbi szempontok alapján:

- látszólag nem tartozik senkihez;
- az ottléte logikátlan (például egy sporttáska a miniszteri fogadóhelyiségben);
- odakerülésének körülményei zavarosak vagy nem ismertek;
- a kamerafelvételek alapján a szándék azonosítható.

Amennyiben a szándék egyértelműen azonosítható, szolgálati kutyás egységet csak abban az esetben alkalmaznak, ha nem áll rendelkezésre a technikai felderítő eszköz (robot, mobil röntgen). Amennyiben a technikai eszközök rendelkezésre állnak, a kutyás egység alkalmazása csak indokolatlan veszélyhelyzetet eredményez.

Általánosságban megállapítható, hogy a robbanóanyag-kereső kutyát a helyszíni körülmények, a kutya kondíciója és képzettsége figyelembevételével addig lehet alkalmazni, amíg a kutyavezető a kutya kifáradásának jeleit nem észleli. Ha a kutyavezető ennek jeleit észleli, be kell fejeznie a munkát, a kutyát el kell vezetnie olyan helyre, ahol nyugodtan pihenhet, majd legalább 20 perc pihentetés után folytathatja a keresést. A kutyavezető részére hosszabb időtartalmú jelzés nélküli keresés esetén robbanóanyagot kell biztosítani gyakorlókeresés céljából.

2. táblázat. A robbanóanyag kereső kutyák kiképzéséhez az MH-ban alkalmazott szagminták (A táblázatot készítette a szerző, az MH robbanóanyag-kereső kutyáinak teljesítménybírálati rendje alapján, 21/380. 1. sz. melléklet.)

Megnevezés	Mennyiség
C-4	50 g
C-4 +1,0 % DMNB	50 g
Semtex 1A	50 g
Semtex 1A+1,0 % DMNB	50 g
Semtex 1H	50 g
Semtex 1H+1,0 % DMNB	50 g
PI Np 10	50 g
PI Np 10+1,0 % DMNB	50 g
PI Hx 30	50 g
PI Hx 30+1,0 % DMNB	50 g
PI SE M	50 g
PI SE M+1,0 % DMNB	50 g
TNT	50 g
PETN	50 g
RDX	50 g

Megnevezés	Mennyiség
HMX	50 g
Permonex V19	50 g
Emsit	50 g
Black powder	50 g
Smokeless powder – SB	50 g
Smokeless powder – DB	50 g
DMNB	50 g

A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazását befolyásoló, megnehezítő tényezők

Amennyiben a szolgálati kutyák valós alkalmazási lehetőségeit szeretnénk megvizsgálni, mindenre kiterjedő átfogó megközelítésben kell ezt megismerni, és mint mindennek, a szolgálati kutyák alkalmazásának is vannak akadályozó, gátló vagy csak megnehezítő tényezői és korlátai, hiszen a kutya egy élőlény és nem pedig egy automatizált, önműködő rendszer, vagyis a környezeti, időjárási körülmények és hatások az emberhez hasonlóan ugyanúgy hatással vannak annak szolgálatellátására és a teljesítőképességre. E tényezők megismerése és megértése fontos, a szolgálati kutyákat alkalmazó, az alkalmazást tervező és döntéshozó vezetők számára. Ezek az alábbiak lehetnek:

Szél

A keresőkutyák esetében a szél iránya és erőssége befolyásolja a tevékenységet, megnehezíti a rejtekhely felderítését és pontos megjelölését, vagy egyáltalán nem teszi lehetővé a kutyák alkalmazását. Másodsorban a szél pozitív hatással is van a kutya szervezetére, amely meleg időben hűsíti azt. Azonban hideg időben negatív hatást gyakorol a kutya hőérzetére [20]. Extrém körülmények között állategészségügyi megbetegedést is okozhat, például az erős szél homokot és egyéb anyagokat fújhat a kutya szemébe.

Klimatikus viszonyok

A szolgálatellátás körzetében lévő klimatikus viszonyok meghatározók a kutyák munkavégző képességére, befolyásolják azok alkalmazhatóságának időtartamát, szélsőséges esetben annak eredményességét. A kutyák magas külső hőmérséklet esetén lihegés útján hűtik le testüket, vagyis az embertől eltérően nem tudnak izzadni (kivételet képez a kínai meztelen kutya [21]). Ebből következik, hogy a szükséges párologtatás miatt a robbanóanyag-kereső kutya eredményessége, illetve a valós szimatmunka ideje csökken, hiszen fizikai képtelenség egyszerre szimatmunkát végezni (szagolni) és párologtatni (lihegni). Ez kifejezetten igaz a művelési területre történő kiutazást követő akklimatizációs időszakban. Amennyiben az alkalmazás körzetében a hőmérséklet a megszokottól eltérő, a kutyák természetesen is elkezdnek akklimatizálódni, ehhez azonban idő kell. A klimatikus viszonyokhoz történő alkalmazkodás időszaka-

kának hossza egyedenként eltérő lehet, de általánosságban megállapítható, hogy az esetek többségében két hét alatt végbemegy.

Ezt követően a keresőkutya jól alkalmazható szélsőséges klimatikus viszonyok között is. A fizikai erőnlét javításával mindez tovább fokozható, de ezen időszak alatt a kutyák alkalmazásánál és szintentartó képzésénél a fokozatosság elvét kell követni. Amennyiben a hőmérséklet tartósan 30 °C fölött van, kiemelt figyelmet kell fordítani a kutyák bőséges és friss ivóvízzel történő ellátására, illetve az árnyékolási és hűtési (léghőszabályozó) lehetőségekre. Ellenkező esetben a túlzott meleg a kutya hőtorlódásához vezethet.

Nemcsak a szélsőségesen meleg, hanem a szélsőségesen hideg időjárás is befolyásolhatja a kutyák teljesítményét és alkalmazásuk ilyen körülmények között is fokozott figyelmet igényel. A kutyák átlagos testhőmérséklete ugyan az emberénél magasabb [20], mégis óvni kell a hideg hatásaitól. Ellentéző esetben a kutya fagyási sérüléseket szenvedhet, vagy a hirtelen hőmérsékletvesztés a kutya kihűléséhez vezethet.

A szélsőséges időjárási viszonyok nemcsak a kutyák szervezetére, hanem az alkalmazás környezetére és a keresett robbanóanyagra is hatást fejtenek ki. Robbanóanyag-kereső kutyák esetében a keresett robbanóanyag a melegben intenzívebben párolog, így egy adott területen belül (kifejezetten igaz ez zárt területekre) a robbanóanyag szagmolekulái hamar feldúsulhatnak, és ez megnehezítheti pontos rejtekhely felderítéstét. Szélsőségesen hideg időjárás esetén ennek a fordítottja történik. Azaz a robbanóanyag hidegben kevésbé párolog, így egy adott területen belül kevesebb szagmolekula kerül a levegőbe, amely szintén megnehezítheti a felderítést.

Terep

A terep szintén befolyásolhatja a szolgálati kutya alkalmazhatóságát. Annak szegdeltsége, fedettsége, járhatósága kihatással van a kutya eredményes alkalmazására. Ilyen lehet a kutya számára járhatatlan és leküzdhetetlen terep, valamint a talajfelszínt borító, fizikai sérülést okozó tárgyak (például éles közútalékok, valamint nagy mennyiségű összetört üveg). De megnehezítheti vagy ellehetlenítheti a feladat végrehajtását a terepen felhalmozott szemét, illetve a kóbor vagy elhullott állatok jelenléte. A terep álcázó képességének kihasználásakor figyelembe kell venni, hogy a kutya álcázása és rejtőzködése/elrejtése a terepen az emberekhez képest bonyolultabb feladat. Természetes viselkedéséből adódóan nem képes hosszú ideig mozdulatlanul megbújni és előfordulhat, hogy ugat egy éppen nem megfelelő időpontban is.

Fizikai korlátok

Keresőkutyák esetében felléphet a szaglószeri kimerültség. A gyakran nehéz körülmények és élettanilag erős szagok között végrehajtott alkalmazás nemcsak a kutya szaglószerjét [22], hanem egész szervezetét is erősen igénybe veszi. A keresés végrehajtása nagyfokú idegi összpontosítást követel meg a kutyától, ami fokozhatja a fizikai és érzékszervi kifáradást. Mindezek eredményeképpen a kutya kutatás közben bizonytalanná válik vagy elveszti munkakedvét. Ez azonban felismerhető és pihentetéssel megszüntethető.

Összegzés, következtetések

A tanulmány bemutatja azt, hogy a mai modern kor katonájának technikai eszközökkel széleskörűen támogatott feladatvégrehajtásába is jelentős szerep juthat a szolgálati kutyáknak, és azok képességei számos alkalmazási lehetőséget biztosítanak számunkra, amelyek nem vagy csak nehezen pótolhatók más eszközökkel. Megállapítható, hogy napjainkban zajló katonai műveletek végrehajtásában helye és szerepe van a szolgálati kutyák alkalmazásának.

A robbanóanyag-kereső kutyák képességeit és alkalmazhatóságát figyelembe véve valós értelmet nyer azon kijelentés miszerint: „egy munkakutyás egység az erő szorzója”.⁹

Felhasznált irodalom

- [1] Részlet David H. Petraeus vezérezredes beszédéből. Irak, Bagdad, 2009. február 9.
- [2] MAYER, W. (é. n.): *Das Kriegshundewesen in der Österr-Ungarischen Armee*. Manuskriptensammlung TIWK/186. Kriegssachiv, Bécs.
- [3] *Állatvédelem*. Budapest, 1915. 12. évf. 5–6. szám, 24.
- [4] Forrás: <https://idegen-szavak.hu/domesztik%C3%A1ci%C3%B3> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 08.)
- [5] LORENZ, Konrad (1983): *So kam der Mensch auf den Hund*. München, Dtv Verlagsgesellschaft mbH&Co.KG.
- [6] SZINÁK János – VERESS István (1977): *A kutya ezer arca*. Budapest, Gondolat Kiadó.
- [7] SZINÁK János – VERESS István (2006): *Kutyatár*. Budapest, Arcanum Adatbázis Kft. Forrás: www.tan-konyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kutyatar-kutyatar/ch03.html#id634337 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 08.)
- [8] MIKLÓSI Ádám (2010): *A kutya viselkedése, evolúciója és kogníciója*. Budapest, Typotex.
- [9] VROON, P. van – AMERONGEN, A. – DE VRIES, H. (2005): *A rejtett csábitó, a szaglás pszichológiája*. Budapest, Korona Kiadó.
- [10] BÁLINT Péter (1986): *Orvosi élettan*. Budapest, Medicina Könyvkiadó.
- [11] FEHÉR György (1980): *A háziállatok funkcionális anatómiája*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó.
- [12] JANZA Frigyes (2004): A bűnügyi szolgálati kutya. In BÓCZ Endre szerk.: *Kriminalisztika II*. Budapest, BM Kiadó, 677.
- [13] MÚ/45 a Magyar Honvédség Tűzszerész Szabályzata II. rész, az MH kiadványa, 2015, I-2/1.2.11.
- [14] NATO Standard AMWDP-1, Military Working Dog (MWD) capabilities, edition B, version 1, Annex C. (2018)
- [15] HORKAY Béla – SZATAI Zsolt (2012): *21/380 Szakutasítás a Magyar Honvédség robbanóanyag-kereső kutyaállománya kiképzésére, ellátására és a szolgálat szabályozására*. MH HEK.
- [16] *Szagkezelési technológiák, II.* (2006). Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia összefoglalója, 2006. június 1–2. Pécs. Forrás: www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/kornyezet/2006/07/0705.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 13.)
- [17] FEROV Miklós (é. n.): *Bombakutatói Alapismeretek*. Jegyzet, a Készenléti Rendőrség kiadványa, V. 4.
- [18] FEROV Miklós (é. n.): *Bombakutatói Alapismeretek*. Jegyzet, a Készenléti Rendőrség kiadványa, V. 5.
- [19] RÁZSÓ Sándor (1997): *A robbanóanyag kereső kutyák alkalmazása*. Dunakeszi, ORFK KKI kiadványa.
- [20] SZINÁK János – VERESS István (2006): *Kutyatár*. Budapest, Arcanum Adatbázis Kft. Forrás: www.tan-konyvtar.hu/en/tartalom/tkt/kutyatar-kutyatar/ch03s05.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 07.)
- [21] A meztelen kutyákról (é. n.). Forrás: www.erand.hu/kopasz.htm (A letöltés dátuma: 2018. 11. 11.)
- [22] HORKAY Béla (2012): *A kutya egészségтана, kísérleti jegyzet a robbanóanyag-kereső kutyavezetők kiképzéséhez*.

⁹ A NATO C-IED MWD Expert Panel jelmondata: „A Military Working Dog team, a force multiplier”.

Ferenczi Balázs¹

Targoncával végzett logisztikai tevékenység közben bekövetkezett balesetek elemzése

Analysis of Forklift-Related Accidents During Logistic Activities

A logisztikai tevékenységek szerves része az áruk fizikai mozgatása, amelynek egyik széles körben alkalmazott eszköze a villás targonca. A nem várt események, balesetek veszélyt jelentenek az emberi testi épségre és a logisztikai tevékenység céljára is. A villás targonca használata közben bekövetkezett balesetek okának és körülményeinek vizsgálata segítheti a további esetek megelőzését. A balesetek során az emberi tényező kiemelt jelentőségű, a megelőzés egyik legfontosabb eszköze az oktatás, illetve a tapasztalatok átadása a balesetveszélyes helyzetek felismerése érdekében. Az oktatás egyik eszköze lehet a már megtörtént balesetek elemzése, a tanulságok leszűrése. Cikkemben azt vizsgálom, hogy milyen balesetek következhetnek be targoncával végzett logisztikai tevékenység közben, ezek arányát, és hogyan lehet a már megtörtént baleseteket mint példákat oktatási célokra felhasználni.

Kulcsszavak: targonca, anyagmozgatás, baleset, raktározás, logisztika

The physical movement of goods is an integral part of any logistics operation. Widely used tools are forklifts. Unexpected events and accidents are also a threat to human health and logistics goals. Investigating the cause and circumstances of accidents when using a forklift can help prevent further incidents. The human factor is one of the most critical part of the system. The most important tools of prevention are education and passing on experience in order to recognize the risk of accidents. One of the tools of education can be the analysis of the accidents that have already happened. In our article we examine what accidents may happen during logistical operations made by forklift, their proportion, and how they can be used as examples for educational purposes.

Keywords: forklift, material handling, accident, warehousing, logistics

¹ Széchenyi István Egyetem, PhD-hallgató, e-mail: feba78@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7610-0786

Bevezetés

A raktározási tevékenység általános megfogalmazása szerint a keletkezési és felhasználási ütemkülönbségek kiegyenlítésére szolgál. Ez az igény szinte minden esetben megjelenik, ahol áruk, eszközök, termékek fizikai felhasználása történik. Az egyéb logisztikai tevékenységekkel, mint például a szállítással karöltve így adja hozzá a logisztika a termék fizikai értékéhez a felhasználást lehetővé tevő hely és idő értéket. Nem ritka az az eset, amikor a termék pénzbeli értékéhez képest sokszoros az az érték, amelyet a termékek azonnali vagy kiszámítható rendelkezésre állása nyújt, például gyógyszerek, tervezett felhasználású ellátmány, vagy kritikus pótalkatrészek esetében. A raktározási tevékenység a termékek pusztta megőrzése mellett szinte minden esetben kiegészül az igényeknek megfelelő mix összeállításával, egységcsomagok megbontásával vagy éppen képzésével is. Ezen tevékenységek ütemezése, kiszámíthatósága, tervezhetősége ugyancsak a raktározási tevékenység egyik fontos tényezője.

A raktározási és anyagi logisztikai folyamatok szerves része a raktározott tétel fizikai mozgatása, helyváltoztatása is.

Minden raktározási esemény során legalább két alkalommal mozgatnak egy terméket, egyszer a betároláskor és egyszer a kitároláskor, de a logisztikai folyamatok összetettsége folytán gyakran még többször is. A fizikai logisztikai tevékenység során, amely az esetek túlnyomó részében valamilyen anyagmozgató eszközzel történő helyváltoztatást jelent, a raktári személyzet, az áruk, a raktári berendezések és az anyagmozgató eszközök egyaránt fokozott veszélynek vannak kitéve. Az anyagmozgató tevékenység közben bekövetkező balesetek az emberélet és a pénzbeli érték veszélyeztetése mellett a váratlanságuk miatt, a termék által képviselt hely és idő értékre is veszélyt jelentenek, amivel a raktározás és általában a logisztika alapcélja sérül.

A logisztikai anyagmozgató egyik legelterjedtebb eszköze a targonca. Meghajtásukat és irányításukat tekintve számos kivételben léteznek, de közös bennük, hogy az emberi erőt sokszorosán meghaladó emelésre képesek és ehhez igazodó teljesítményű önálló hajtással rendelkeznek, a kezelésük pedig hatósági engedélyhez kötött. Annak ellenére, hogy a gyártási-megmunkálási folyamatok automatizálása napjainkban már magas szinten megvalósult, az anyagmozgató ebben elmarad: az anyagmozgató eszközök vezetésének központi, meghatározó szereplője továbbra is a targoncavezető.

A raktározási-anyagmozgató tevékenységet szervezőknek mindent el kell követniük, hogy elkerüljék azokat a váratlan eseményeket, amelyek egyrészt veszélybe sodorják a logisztika alapcélját, másrészt pedig emberéletet és anyagi értéket veszélyeztetnek. Cikkemben vizsgálni kívánom, hogy a targoncával végzett logisztikai tevékenység során milyen váratlan események, balesetek történhetnek.

Munkabalesetek statisztikai adatai

A problémák kezelésnek egyik bevált módja a Pareto-elv, miszerint a problémák nagy számát (~80%) a kiváltó okok kis száma (~20%) okozza [1]. Tehát nagyszámú problémát lehet hatékonyan kezelni a kis számú kiváltó ok megszüntetésével. A balesetek statisztikai elemzése lehetővé

teszi, hogy a Pareto-elvet követve a leggyakrabban előforduló problémák megoldására koncentrálna az összes probléma minél nagyobb része kezelésre kerüljön. Ehhez nélkülözhetetlen a hiteles adatok gyűjtése és elemzése. A megfelelő elemzés elvégzéséhez az adott tevékenységi körből széles körű, reprezentatív adatgyűjtés szükséges, enélkül a helyi viszonyok, egyéni tapasztalatok hibás következtetésekhez vezethetnek.

A raktári anyagmozgatás közben bekövetkező, nem várt események anyagi kár és testi épség veszélyeztetése formájában jelentkeznek, de ide lehet sorolni az időbeli veszteséget is. Az időbeli veszteség lehet közvetlen, amit a baleset, illetve hatásainak elhárítása okoz, de ide sorolható az ellátási láncból kieső áru vagy raktári kapacitás pótlásának költsége is.

A kizárólag anyagi kárral járó eseményekre a gazdálkodóknak lehetőségük van felkészülni, illetve jellemzően elfogadják azt a tényt, hogy bizonyos mértékű, ebből fakadó veszteség a működés elkerülhetetlen része. A gazdálkodók, üzemeltetők egyéni döntése, hogy az anyagi kockázatokat hogyan kezelik, biztosítást kötnek, vagy a kockázatot vállalva a kárt az eredményes gazdálkodásuk terhére elszámolják. Emiatt a kizárólag anyagi kárral járó események nem is kerülnek bele az olyan átfogó statisztikai elemzésekbe, amelyek alapján a kiváltó okok és a körülmények elemezhetők lennének. Jelen cikkben ezért a kizárólag anyagi károkkal járó eseményekből nem tudunk kiindulni.

A személyi sérüléssel járó eseményeket ezzel szemben minden iparilag fejlett országban kötelesek hatóságilag regisztrálni, nyilvántartásba veszik és kivizsgálják ezeket, így statisztikai elemzéshez is alkalmazható adatokkal szolgálnak.

Az 1993. évi XCIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelet mellékletei tartalmazzák a munkabalesetek elemzésére szolgáló változókat.

Magyarországon minden személyi sérüléssel járó munkabaleset esetén kötelező a Munkabaleseti jegyzőkönyv kitöltése, így az adatszolgáltatás a munkáltató részéről megtörténik. Az adatszolgáltatás része, hogy a munkahelyi környezetet és a sérülést okozó érintkezés módját is megadják. A szabályozás szerint osztályozási terminológia (a sérülést okozó érintkezés, a sérülés módja) segít a baleset során történtek elemzéséhez, de a kategorizálás általánossága miatt targoncával végzett tevékenység részletei rejtve maradnak [2].

Német kutatások részletesen elemezték a targoncával végzett raktári anyagmozgatás közben bekövetkezett halálos baleseteket és egy hatpontos baleseti típusrendszert állítottak fel [3]. A témában született magyar kutatások ugyancsak ezt a kategorizálást veszik alapul [4] [5].

- A *borulásos baleset* körébe tartoznak azok az esetek, amikor a túl nagy haladási sebesség, illetve kanyarban a keresztirányú gyorsulás következtében az emelőtargonca felborul. Ilyen baleset fordulhat elő lejtős felületeken vagy megemelt emelővillával, illetve teherrel végzett kanyarodás esetén. Ebben az esetben a balesetet a teljes targonca-súlypont megemelkedése okozza. Ide sorolják azokat a szerencsétlenségeket is, amikor a targonca a rakodórampáról lezuhan vagy aknába esik.
- A *gázolásos baleset* körülményei között „civil” személyt, rakodó segédmunkást, vagy akár magát a targoncavezetőt sodorja el a targonca.
- A *rakodási balesetnél* a teher leesik az emelővilláról, vagy a targoncavezető rakodásnál „lever” egy terhet, és az valakire (például egy rakodó segédmunkásra) ráesik.

- A *zuhanásos baleset* akkor fordul elő, amikor a dolgozót az emelővillával felemelik – például azért, hogy egy polcot elérjen, vagy valami javítást végezzen a csarnok felső régióiban –, majd onnan lezuhan.
- A *javítási baleset* oka, hogy biztonsági előkészületek nélkül végzik a karbantartási munkát (például a jobb hozzáférés érdekében megemelik az emelőtargoncát, vagy a villát – a biztonsági szabályok betartása nélkül).
- *Egyéb balesetek* fogalomkörébe sorolják többek között azokat az eseteket, amikor a targoncavezető kezelési hibát követ el, vagy amikor az emelőtargonca valamelyik funkcionális eleme műszakilag meghibásodik.

Az Egyesült Államokban alkalmazott halálosbaleset-kategorizálási rendszer is hasonló típusokat nevez meg, de az adatgyűjtésből hiányzik a javítási baleset, ami pedig a német elemzésben külön kategóriát kapott, tehát a német kutatást végzők kelően fajsúlyosnak ítélték [6].

Az Egyesült Királyság baleseti adatgyűjtési rendszerében együttesen szerepelnek a munkahelyi és a raktári anyagmozgatás közben bekövetkezett balesetek, ezért azok eloszlása is más arányt mutat [7]. Az Egyesült Királyság kategorizálási rendszerében a gázolások esetében a jármű haladási irányát is regisztrálják, ami segíti az ellenintézkedések hatékonyságát, illetve baleseti okként megjelenik „a járművezető utazás közben a jármű egyik alkatrészének ütközik” mint kategória, ami a többi rendszerben feltehetőleg az egyéb kategóriában szerepel.

Az 1. táblázat mutatja az egyes adatgyűjtési módszerek alapján a balesetek típus szerinti eloszlási arányát.

1. táblázat. Targoncával kapcsolatos balesettípus-eloszlások
(Készítette: a szerző)

Baleset típusa	Németország		USA		UK	
	Arány az összesből (%)	Kumulált arány (%)	Arány az összesből (%)	Kumulált arány (%)	Arány az összesből (%)	Kumulált arány (%)
Gázolás miatti baleset	29%	29%	20%	20%	59%	59%
Rakodási baleset	27%	56%	16%	36%	6%	65%
Borulásos baleset	25%	81%	22%	58%	17%	81%
Egyéb baleset	8%	89%	33%	91%	–	81%
Zuhanásos baleset	7%	96%	9%	100%	7%	89%
Javítás közbeni baleset	4%	100%	–	100%	–	89%
Utazás közbeni baleset	–	100%	–	100%	11%	100%

A táblázat a német kutatás során vett okok aránya alapján csökkenő sorrendben tünteti fel a baleseti okokat. Az eltérő adatgyűjtési és rendezési módszerek miatt nehéz egységesen elemezni a targonca közreműködésével történt baleseteket. Szem előtt tartva a Pareto-elvet látható azonban, hogy a háromból két adatgyűjtési módszerben (Németország és Egyesült Királyság)

három baleseti ok (gázolás, rakodási és borulás) kumulált értéke eléri a 80%-ot, és az egyesült államokbeli adatgyűjtésben is ezek teszik ki az első három egyedileg meghatározható okot, tehát ezek mindenhol gyakori baleseti források. A továbbiakban a német kutatás baleseti mód meghatározásait fogjuk alapul venni.

A 2. táblázat mutatja az Egyesült Királyságban a gázolásos balesetek során az anyagmozgató eszköz haladási irányát.

2. táblázat. A targoncák haladási iránya gázolási balesetek esetén a brit adatgyűjtés alapján
(Készítette: a szerző)

Targonca haladási iránya a gázolásakor	Arány az összesből (%)
Gázolás előremenetben	41%
Gázolás hátramenetben	31%
Gázolás ismeretlen iránnyal	16%
Gázolás vezető nélküli eszközzel	9%
Gázolás fordulás közben	3%

Érdekes eredmény, hogy a statisztika alapján a legtöbb gázolás előremenetben következik be.

Az oktatás szerepe a munkabalesetek megelőzésében

Az anyagmozgató eszközök műszaki tervezését, kialakítását és használatát számos jogszabály és szabvány szabályozza, ami abból is látható, hogy a baleseti okok jellemzően nem vagy nem közvetlenül műszaki hátterűek. A targoncákat, illetve a targoncákhoz kapcsolódó egyéb eszközöket (állványrendszerek, raklapok stb.) bizonyos fizikai paramétereket kielégítő körülményekhez tervezik és a műszaki paramétereit ennek megfelelően alakítják ki. Egy targonca közreműködésével bekövetkező balesetben általában nem a hibás műszaki tervezés, hanem a műszaki tervezéshez nem igazodó használat a fő ok.

Az ember-gép-pálya rendszerben az emberi tényező kiemelt súlyú, így a targoncás anyagmozgatás közben bekövetkezett balesetek megelőzésében kiemelt hangsúlyt kap a targonca-vezetők és a targoncák közelében dolgozók oktatása. A járművezetők a vezetői engedély megszerzése során megtanulják az alapvető biztonsági előírásokat, de ezek sem tudnak minden helyzetre felkészíteni, másrészt nem adják meg a veszélyhelyzetek felismeréséhez szükséges tapasztalatot. Ezért az oktatás akkor lehet sikeres, ha a dolgozók a szabályok betartása mellett a veszélyhelyzetek felismerését is elsajátítják. A vezetők, tervezők részére is fontos, hogy tisztában legyenek velemilyen kockázatai és veszélyforrásai vannak az általuk utasított, vagy tervezett munkavégzésnek, még akkor is, ha a szabványokat és az érvényben lévő utasításokat betartják és betartatják.

Sokat segíthet az oktatásban és ezzel a megelőzésben, ha a száraz statisztikai számok mögötti események napvilágra kerülnek. A jól megírt esettanulmányok, baleseti jegyzőkönyvek megelevenednek az olvasó fejében, elképzeli, vizualizálja azokat, ezzel olyan tapasztalathoz

jut, amit máshogyan nem tudna megszerezni és munkavégzésének biztonságosabbá tételére fel tud használni. Ennek egyik korlátja lehet, ha az olvasó, az ismeretei birtokában sem tudja elképzelni az esetet.

A baleseti képek, videók ezzel szemben a személyes tragédiát, a sérülések naturalizmusát és kegyeleti szempontokat figyelembe véve hasznos oktató és figyelemfelkeltő, vizualizációs eszközök lehetnek, mert a helyzetet és a körülményeket is részletesen láthatóvá teszik.

A videók hátránya, hogy míg a jegyzőkönyvek, esettanulmányok, fényképek utólag is megszülethetnek, a videókhoz az eset megtörténtekor egy működő rögzítő eszköz jelenléte szükséges. Napjainkban egyre növekvő számú ipari és térfelügyelő kamera áll rendelkezésre és szinte mindenki zsebében lapul egy videó rögzítésére alkalmas telefon, de kérdéses, hogy ezekkel milyen arányban és milyen baleseteket rögzítenek, valóban a valós veszélyekre irányítják-e rá a figyelmet. Ezért a továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy az interneten könnyen fellelhető információk források mennyiben alkalmazhatók a balesetveszélyes helyzetek felismertetésére és ezek elkerülésének oktatására.

Magyar munkabaleseti példák elemzése

Magyarországon a munkavédelem hatósági feladatait a Pénzügyminisztérium látja el. A hatóság minden negyedévben kiadja többek között az elmúlt negyedév munkabaleseti statisztikáinak átfogó elemzését is. Az elemzés súlyossági, megyei, életkori, szakágazati rendezésben mutatja a munkabalesetek számának alakulását. Az elemzések a Munkavédelem és Foglalkoztatás-felügyelet honlapjáról tölthetők le [8].

2002 és 2007 között a negyedéves jelentés az időszak alatt történt halálos, vagy kiemelten súlyos munkabalesetek rövid leírását is tartalmazta. A rövid 4-5 soros eset leírások az áldozat foglalkozásán kívül más kategorizálást nem kaptak, értelmezésük és kategorizálásuk az olvasó feladata. Terjedelmük ellenére mégis segítik az olvasót a munkabalesetek elképzelésében, a balesetveszélyes helyzetek felmérésében. Példaként álljon itt néhány jellemző leírás.

- *Rakodást végeztek a targoncával egy másik Kft. gépkocsijára. A sofőr úgy tudta, hogy az utolsó raklapot a targoncás felrakta, kocsiba ült, tükröbenézés nélkül elindult, a targoncavezető a raklapokat igazítani akarta, amikor a gépkocsi elindult és oldalra döntötte a targoncát, borulás közben a targoncavezető a targonca alá került.*
- *Emelővillás targoncával egy rakat deszkát akart a munkavállaló a kijelölt helyre vinni. A kijelölt hely előtt, kb. 1 m távolságra egy másik, már lerakott rakattól megállt, hogy a rakat alá alátétfát tegyen. Bement a két rakat közé. A motort nem állította le, a targonca irányítatlanul elindult és a munkavállalót a két rakat közé nyomta, aki a helyszínen belehalt sérüléseibe.*
- *Üzemcsarnokban a kijelölt úton egy targonca tolatás közben a munkavállalót elgázolta. Bal lábszár törést, koponyasérülést szenvedett, 3 nappal később sérüléseibe belehalt.*

Kutatásaim során a 2002 és 2007 között kiadott, rövid leírásokkal bővített negyedéves jelentéseket elemeztem, értelmezésre és amennyiben ennek során a targonca, vagy raktári anyagmozgatáshoz köthető baleseti körülményt lehetett megállapítani, azt a korábban tárgyalt

német targoncabaleseti kategorizálási rendszerbe soroltam be. Ez alapján az időszak hazai targoncákhoz köthető balesetei a 3. táblázat szerinti megoszlást mutatják.

3. táblázat. A hazai és a német targoncával történt balesetek megoszlása
(Készítette: a szerző)

Halálos balesetek típusa	Magyar esetszám (2002–2008)	Magyar megoszlási arány (%)	Német megoszlási arány (%)
Rakodási baleset	13	42%	27%
Gázolás miatti baleset	10	32%	29%
Borulásos baleset	5	16%	16%
Egyéb	2	6%	8%
Zuhanásos baleset	1	3%	7%
Javítás közbeni baleset	0	0%	4%

Összevetve ezt a német kutatásokban bemutatott statisztikával a korrelációs együttható 0,97, ami magas egyezést mutat. Ez alapján kijelenthető, hogy a hazai, példakkal is bemutatott baleseti körülmények nagymértékben hasonlatosak a német kutatásban szereplőkkel.

Közösségi videómegosztó portálokon található munkabaleseti példák elemzése

Napjaink egyik sajátossága, hogy a mindenhol kéznél lévő mobiltelefonok és nagy számban telepített ipari és térfigyelő kamerák által megörökített események nagyon hamar bárki számára hozzáférhetőek lesznek a világhálón. A különböző megosztóportálokon a legváltozatosabb témákban találhatóak hosszabb-rövidebb, rendkívül széles minőségi spektrumot képviselő videók, filmek, illetve több forrásból készült tematikus összeállítások. Ezek szórakoztató, oktató, vagy éppen marketingcélokat szolgálnak és a videómegosztó szolgáltató portálok mérik ezek megtekintését. A magas nézettségi mutatók elérése üzleti modell alapja is, ezért az elérhető videók sok esetben tekinthetők szenzációvadász, bulvár terméknek. A targoncákhoz kötődő eseményekkel kapcsolatban is számos összeállítás tekinthető meg, kérdés, hogy ezek milyen mértékben és arányban közelítik a valóságban előforduló eseményeket és alkalmasak-e a szórakoztatáson túl a munkabiztonság és a munkával kapcsolatos felelősség növelésére. Ennek tisztázása érdekében számos, az egyik legnépszerűbb videómegosztó portálon található videó-összeállítást elemeztem. A keresés során a következő kulcsszavakat használtam fel: forklift, accident, fails, material handling, warehouse.

Az így megjelent találatok közül a legnépszerűbbeket elemeztem, mert a megosztóportálok általában a megtekintés száma szerint csökkenő sorrendben rendezik a találatokat és így a korábban már legtöbbször megtekintett videók kerülnek a találati lista legelejére, és ezek a legkönnyebben hozzáférhetőek. Ezenkívül sok videóblokk tartalmaz ismétlődő

elemeket. Ez alapján négy olyan videó-összeállítást választottam ki, amelyek nem vagy csak nagyon kis mértékben tartalmaztak azonos részleteket.

- Most amazing stupid forklift accident compilation yet, new 2017, funny, must watch greatest fails [9]
- Gabelstapler, unfall beim staplerbetrieb [10]
- Heavy equipment: top 10 shocking forklift accidents caught on tape 2016 forklift disaster fail crash [11]
- Ultimate forklift fail compilation [12]

A videó-összeállítások részleteit az alábbi szempontok szerint osztályoztam:

- Valóban targoncás és logisztikai tevékenységhez köthető anyagmozgatás van-e a felvételen. Az építkezési munkagépekkel történt eseményeket nem vettük figyelembe. Ugyancsak nem vettük figyelembe, ha a videón nem történt a jelen cikk körében tárgyalt esemény (például nem került bele az elemzésbe az a felvétel, amin egy targonca felszántja egy golfpálya hibátlan gyepét).
- Amennyiben a felvétel figyelembe vehető a kutatás szempontjából, a német kategorizációs rendszerben melyik baleseti kategóriához lehet hozzárendelni? A kategorizálást akkor is elvégeztem, ha a videón nem történt személyi sérülés, ebben az esetben abba a kategóriába került besorolásra amilyen személyi sérülés történhetett volna (például: leeső rakatrakodási baleset, ütközés esetén gázolási stb.).
- Valószínűsíthetően történt-e személyi sérülés a megörökített eseménysorozaton?
- A felvétel ipari kamerával, vagy alkalmi, például mobiltelefonos kamerával történt-e?
- Mi volt az esemény kiváltó, úgynevezett gyökéroka?
- A [youtube.com](https://www.youtube.com) videómegosztó portálra feltöltött videók esetében működik egyfajta cenzúra, a túlságosan naturalista, esetleg kegyeletsértő videókat jelentés alapján eltávolítják. Másrésztől az a feltöltő, aki szórakoztatással és humorral akarja növelni a nézettséget, nem fog olyan részleteket közölni, amelyek elborzasztják vagy elriasztják a nézőket, ezzel egyfajta öncenzúrát alkalmaz. Ezért kevés az olyan videó-összeállítás, amely valóban balesetet rögzít és főleg „csak” anyagi kárral járó események találhatóak meg. Ennek ellenére ezek is hasznosak a baleset megelőzésben, mert több esetben láthatóan csak a szerencsén múlt a személyi sérülés elkerülése. Kivétel ez alól a 3. számú videóforrás, amelyet már a címében deklaráltan is a legsokkolóbb balesetekből állítottak össze.

Manapság a gyakorlatilag szinte mindenkinél jelenlévő telefonos kamerák nagyon gyorsan üzembe helyezhetők és megkezdhetik a történetek rögzítését. Mégis szükséges némi felkészülési idő, tehát amennyiben a videó alkalmi kamerázással készült, feltételezhető, hogy az esemény bekövetkeztére már utalt valami, arra a kamerázó fel tudott készülni, vagyis az esemény nem a legváratlanabban érintette a résztvevőket. Az ipari vagy térfigyelő kamerák ezzel szemben folyamatosan rögzítenek, majd amennyiben esemény történik, jellemzően a vizsgálathoz, az eseményeket tartalmazó részt kimásolják. Ezzel eseményeket is megörökítenek, amelyek a váratlanságuk miatt máshogyan nem történhetnének meg. Ezek alapján az négy elemzett videó-összeállítás adatait a 4. táblázat adja meg.

4. táblázat. Videó-összeállítások kiértékelt adatai és a korrelációjuk a német statisztikához
(Készítette: a szerző)

Videoforrás száma	1.		2.		3.		4.		Összesen	
Hossz (perc)	12		11,5		10		11,45		44,95	
Esetek száma	37		29		9		35		110	
Baleset típusa	Eset szám	(%)	Eset szám	(%)	Eset szám	(%)	Eset szám	(%)	Eset szám	(%)
<i>Rakodási baleset</i>	20	54%	20	69%	3	33%	24	69%	67	61%
<i>Gázolás miatti baleset</i>	11	30%	7	24%	4	44%	8	23%	30	27%
<i>Borulásos baleset</i>	6	16%	2	7%	2	22%	1	3%	11	10%
<i>Egyéb</i>	0	0%	0	0%	0	0%	2	6%	2	2%
<i>Zuhanásos baleset</i>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Javítás közbeni baleset</i>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Korreláció a német kutatáshoz	84%		68%		96%		63%		75%	
Ipari kamerás felvétel	12	32%	10	34%	7	78%	6	17%	35	32%
Kézi kamerás felvétel	25	68%	19	66%	2	22%	29	83%	75	68%

A táblázat tartalmazza az alapul vett német kutatás baleseti ok arányszámainak is. Ez alapján vizsgálatra került az egyes videó-összeállításokban található esetek, arányok korrelációja.

Ez a korreláció a bázist jelentő német kutatáshoz: a 3. forrás kimagasló 96%-os, az 1. 84%-os, a valós mixet ezek mutatják be a legjobban. Az összes forrást együtt vizsgálva 75%-os korreláció állapítható meg, ami alapján feltöltött videók közelítik a valóságos események bemutatását [1].

A balesetek egyik jellemzője a váratlanság. Feltételezhetjük, hogy amennyiben van idő egy mobiltelefon kameráját elindítani, akkor az esemény nem volt váratlan, valamilyen előzmény utalt rá, tehát ebből a szempontból az ipari kamerákkal készült felvételek hitelesebbek.

Az összeállításokban az ipari kamerás felvételeket a legnagyobb mértékben a 3. forrás alkalmazza. Ezek alapján a 3. forrás oktatási célokra történő bemutatása esetén a nézők a valóságos és valóban váratlan események felvételeit tekinthetik meg, így a magas arány korrelációt is figyelembe véve oktatási anyagként ez a forrás a leghatékonyabb.

Törekedtem az események okának elemzésére is. Ugyan a targoncavezető kulcseleme az eseményeknek, és mint a mozgó jármű vezetője többnyire felelős a történetért, de ezen túlmenően a munkakörnyezetet és az eszközök alkalmasságának hiánya is hozzájárulhat a balesetek és káresemények bekövetkezéséhez. Ezért minden videórészlethez hozzárendeltem az alábbi gyökérokot egyikét is.

Nem megfelelő eszköz: a munkát nem olyan eszközzel végzik, ami erre alkalmas: tipikus példa erre a targonca teherbírását meghaladó emelés, ami a targonca orra bukását eredményezi, vagy amikor a rakodási feladatot más kialakítású eszközzel biztonságosan végre lehetne hajtani.

- Emberi hiba: egyértelműen és csak az ember hibás döntése vezetett az eseményhez, láthatólag minden egyéb feltétel adott volt.
- A rakomány hibája: a rakomány állapota, rögzítése, rakodási módja nem viseli el mozgással járó fizikai behatásokat. Példa erre, amikor a raklapon rögzítés nélkül elhelyezett áru a szállítás vagy rakodás közben leborul.
- Munkakörülmények: a munkavégzés helyén fennálló körülmények az esemény bekövetkezésének egyik kiváltó oka, például a rossz padozat, vagy a munkatér olyan elrendezése, ami zsúfoltsága miatt nem ad elegendő teret a mozgáshoz.

A hozzárendelés az elterjedt „5 Miért” gyökérok keresési módszerrel történt, több mint 10 év logisztikai vezetői tapasztalat birtokában [13]. Ennek ellenére a rövid, 20–40 másodperces blokkok nem adhatnak teljes képet a történekről, főleg az előzmények ismerete nélkül, így a besorolás több szubjektív elemet is tartalmazhat.

Ugyanakkor fontosnak tartottam az elemzés során, hogy a targoncavezető jellemzően egy beosztott dolgozó, aki azzal és olyan körülmények között dolgozik, amit a vezetés részére biztosít és maximum jelezheti a vezetőjének, ha egy feladat végrehajtását balesetveszélyesnek ítéli, de a gyökérokra jellemzően nincsen ráhatása.

A balesetveszély felismerése így még kiemeltebb szerepet kap, és ez a vezetők, tervezők részére is fontos információ. Az 5. táblázat mutatja az összes vizsgált videó összesített eredményeit.

Látható, hogy a besorolás szerinti gyökérok közül az emberi hiba 51%-ot tesz ki, de jelentős a „nem megfelelő eszköz” és a „rakomány sajátossága” is, együttesen 43%. Ez arra enged következtetni, hogy az események közel felének elkerüléséért a tervezésnek, vagy a vezetésnek van lehetősége tenni. Az emberi hibák számának csökkentéséhez a targoncavezető oktatására és a felelősség érzésének növelésére van szükség.

5. táblázat. Az egyes baleseti gyökérok és a balesettípusok az elemzett videó-összeállításokban
(Készítette: a szerző)

Baleseti típus	Emberi hiba		Munkakörülmények		Nem megfelelő eszköz		Rakomány sajátossága	
	Eset-szám	Arány az adott típuson belül (%)	Eset-szám	Arány az adott típuson belül (%)	Eset-szám	Arány az adott típuson belül (%)	Eset-szám	Arány az adott típuson belül (%)
Rakodási baleset	20	30%	1	1%	19	28%	27	40%
Gázolás miatti baleset	26	87%	3	10%	1	3%		0%

	Emberi hiba		Munkakörülmények		Nem megfelelő eszköz		Rakomány sajátossága	
<i>Borulásos baleset</i>	9	82%	1	9%		0%	1	9%
<i>Egyéb</i>	1	50%	1	50%		0%		0%
Összes baleset típust együtt elemezve	Eset-szám	Arány az adott esetkategórián belül (%)	Eset-szám	Arány az adott esetkategórián belül (%)	Esetszám	Arány az adott esetkategórián belül (%)	Eset-szám	Arány az adott esetkategórián belül (%)
	56	51%	6	5%	20	18%	28	25%

Összegzés

Cikkemben a logisztikai tevékenységhez kötődő targoncával végzett anyagmozgatás közben bekövetkező balesetek okainak és körülményeinek feltárására tettem kísérletet. A kizárólag gazdasági kárral járó események rendezésére a vállalatok eltérő számviteli módszereket alkalmazhatnak, így ebből még megbízható érték sem rajzolódik ki és rejtve maradnak az okok és körülmények. A személyi sérüléssel járó balesetek minden országban hatósági jelentéskötelesek, ezért az adatgyűjtési szakaszban megvizsgáltam a hazai és a nagyobb nemzetközi hozzáférhető hatósági statisztikákat. Német kutatások egy hat pontból álló baleset típus-rendszert állítottak fel, amit számos kutatás vesz alapul. Megállapítottam, hogy az Egyesült Államok és az Egyesült Királyság kategorizálási rendszere ugyan némileg eltér, de a kumulált 80%-ot jelentő fő baleseti típusok ugyanazok. Ez alapján elfogadtuk a német kutatások alapján számos egyéb helyen alkalmazott hatpontos baleset típus-kategorizálási rendszert.

A cikk következő részében kísérletet tettem arra, hogy a száraz statisztikai adatok mögé lássak. A munkabaleseti kockázatok felismeréséhez a résztvevők, és itt nem kizárólag a targoncavezetők, hanem a helyi vezetők, logisztikai tervezők tapasztalatának, felismerőképességének növelése lehet az egyik eszköz. Vizsgáltam, hogy ehhez milyen, könnyen hozzáférhető eszközök állnak rendelkezésre.

A hazai, munkavédelmi hatóság honlapjáról letölthető munkabaleseti statisztikai rendszer 2002 és 2008 között rövid esetleírásban tájékoztatott a beszámolási időszakban történt halálos kimenetelű eseményekről. Ezek típusba sorolása alapján arányaiban jelentős egyezőséget mutatnak a német kategorizálási rendszerrel, ezért ez a forrás alkalmas a tapasztalat növelésére. Hátrányuk hogy a rövid leírások sokat bíznak az olvasó képzeletére és hogy 2008 után ezek közzétételének gyakorlata megszűnt. Javasolt lenne az országos munkabaleseti események részleteinek olyan szintű elérhetővé tétele, ami alkalmas a veszélyes körülmények felismerésére és így az oktatásra.

Vizsgáltam az internetes videómegosztó portálokon megtalálható, a témához kapcsolódó forrásokat is. Ezek a 20–40 másodperces blokkokból álló összeállításokat számos forrásból vágják össze. Az ilyen videó-összeállítások sajátossága, hogy elsősorban szórakoztatási céllal hozták őket létre, ezért a baleseteket a megelőző célú felhasználhatóság vizsgálata érdekében a valós baleseti statisztikákkal vettem össze. A 110 esetet feldolgozó négy videó-összeállítást teseteit a német baleseti kategóriák szerint soroltam be, és megállapítottam,

hogy ezek jól közelítik a valóságos események arányát, érdemes oktatási céllal használni őket, de van egy kiemelkedően jó összeállítás is, amelynek bemutatása különösen hatékonyan segítheti a balesetveszély felismerésének oktatását és a felelősségvállalás növelését. Ugyancsak fontos vizsgálati szempont, hogy a felvétel folyamatosan rögzítő ipari kamerával készült-e, vagy az esemény bekövetkezését előre látva mobiltelefonnal. Az ipari kamerával megörökített események jobban közelítették a balesetek váratlanságának kritériumát, így alkalmasabbak is az oktatási célokra.

Az interneten található videók lehetővé teszik, hogy szakmai tapasztalatok birtokában a baleset gyökérokára következtessenek. Ennek elemzésére egy négy pontból álló gyökérok-rendszer került létrehozásra és a videórészletekhez szakmai tapasztalat birtokában hozzárendelésre. Ez alapján megállapításra került, hogy a vizsgált esetekben a balesetek feléért egyértelműen emberi hiba a felelős, de közel ekkora mértékben a gyökérok folyamattervezési vagy eszközhasználati hiányosságra vezethető vissza, ami ellen a területi vezetők és a logisztikai tervezők tudnak eredményesen fellépni

Felhasznált irodalom

- [1] CZEGLÉDI László (2011): *Minőségmenedzsment*. Eger, Eszterházi Károly Főiskola.
- [2] 20115/1993. (XII. 26.) MüM rendelet
- [3] KANY, H. P. (2002): Unfallgeschehen mit Flurförderzeugen. *Hebezeuge und Fördermittel*, Vol. 42, No. 7–8. 390–391.
- [4] BARNA Györgyné (2006): Targoncák ergonomiai és formatervezése. *BME OMIKK Logisztika*, 11. k. 6. sz. 2006. november–december. 58–66.
- [5] REGŐNÉ KNOSKA Judit (é. n.): *A targoncák üzemvitele során bekövetkező balesetek okainak elemzése*. Forrás: http://samina.hu/data/file/targonca_balesetek.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [6] *Niosh Alert: Preventing injuries and deaths of workers who operate or work near forklifts* (2001). Cincinnati, NIOSH Publications Dissemination.
- [7] SWEENEY, Kate (é. n.): Workplace transport statistical overview. Forrás: www.hse.gov.uk/consult/condocs/wptevents/wptstats.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [8] Munkabaleseti statisztika (2001–2018). Munkavédelem és Foglalkoztatás-felügyelet. Forrás: www.ommf.gov.hu/index.php?akt_menu=223 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [9] Most amazing stupid forklift accident compilation YET, New 2017, Funny, Must watch Greatest fails (videó). Forrás: www.youtube.com/watch?v=v7BV7eUqWts&t=29s (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [10] Gabelstapler, Unfall beim Staplerbetrieb (videó). Forrás: www.youtube.com/watch?v=VX38-czaXpwQ (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [11] Heavy Equipment: Top 10 Shocking Forklift Accidents Caught On Tape 2016 Forklift Disaster Fail Crash (videó). Forrás: www.youtube.com/watch?v=WmZ2JzpwHJM (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [12] Ultimate Forklift Fail Compilation (videó). Forrás: www.youtube.com/watch?v=NndxV6ig9NI (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)

Kun János¹ – Feszty Dániel²

Reduction of Noise Loads in Rotorcraft Interior Using Poroelastic Materials

Zajterhelés csökkentése helikopterekben akusztikus zajcsillapító anyagok alkalmazásával

Operators of military vehicles are subject to harsh noise loads. In some cases this is severe enough to warrant long-term health impacts; in order to avoid this, restricted operating hours for various noise levels are prescribed. In case of rotorcraft vehicles, both the rotor and its driving engine are serious sources of noise, therefore the crew can only spend their operating hours using (active or passive) hearing protection headphones or helmets. Since sound pressure level peaks from the primary noise sources are in the low-frequency range, the application of poroelastic and solid damping materials for interior noise reduction will be investigated using the finite element method. In order to do so, a helicopter interior model is simulated without acoustic damping materials and with the use of solid damping materials as well. Sound pressure level reduction shown in the results increases service time in the vehicle and reduces noise-induced fatigue of occupants.

Keywords: helicopter, noise level, noise load, poroelastic materials, finite element method

Katonai járművek operátorai erős zajterhelésnek vannak kitéve. Esetenként ez olyan komoly mértékűt ölt, hogy a tartós egészségkárosodás megelőzése érdekében zajszintenként korlátozott munkavégzési időt kell bevezetni egyes járművek esetén. Jelen munka a helikopterek esetét vizsgálja kiemelten. A helikopterek esetén mind a rotor, mind az azt meghajtó motor komoly zajforrás, emiatt a bent ülők csak (aktív vagy passzív) zajvédelemmel ellátott fejhallgatóban, illetve sisakban tudnak megfelelő ideig a kabinban tartózkodni. Mivel az elsődleges zajforrás által keltett gerjesztések zajnyomásszint-csúcsai az alacsony frekvenciatartományban vannak, a végeselem-módszer használatával szimulációs úton vizsgáljuk a poroelasztikus és szilárd csillapítási anyagok alkalmazását a belső zajszint csökkentésére. Ennek érdekében egy modell helikopterbelő kerül szimulációra,

¹ Széchenyi István Egyetem, e-mail: kun.janos@ga.sze.hu, ORCID: 0000-0001-9098-1997

² Széchenyi István Egyetem, tanszékvezető, e-mail: feszty.daniel@sze.hu, ORCID: 0000-0001-5876-9005

akusztikus bevonat nélkül és szilárd csillapító anyagok használatával együtt is. Az eredményekből kimutatható zajszintcsökkenés növeli a kabinban tölthető időt, illetve csökkenti a bent ülők zajszint miatti fáradását.

Kulcsszavak: helikopter, zajszint, zajterhelés, poroelasztikus anyagok, végeelem-módszer

Introduction

Helicopters are instrumental machines in aerial transport nowadays. Their vertical takeoff and landing capabilities make them more versatile than fixed-wing aircraft, yet with development, their load carrying capacity has increased as well. However, due to their working principle, the interior noise loading on the operator personnel is high. Without protective headgear, noise levels would be harmful for human health inside the cabin.

In this article, noise levels will be highlighted in rotorcraft machinery through literature review of measurements conducted on helicopters. Porous materials and acoustic damping layers will be introduced thereafter, which could alleviate the health hazard by providing an efficient means for reducing interior noise. To demonstrate their effect, simulations on an approximated helicopter interior model will be performed with and without acoustic treatment.

Helicopter Noise Sources

To understand the frequency range and the noise problem in helicopters, we need to first look at how they operate, as their operating principle directly results in the noise problems inside the cabin.

Rotorcraft generate lift force to elevate their cargo and the vehicle body into the air using rotating horizontal propellers. Propellers consist of a shaft and rotor blades, whose cross-section corresponds to an airfoil profile. By means of rotating these airfoils, their relative air speed is high therefore the airfoils themselves produce lift. However, as it is expected with moving airfoils, these rotor blades generate vortices, which pose significant acoustic issues.



Figure 1. Simulated rotor vortices [1]

Figure 1 shows a simulation conducted by Gennaretti et al., where the goal was to calculate rotor tip vortices and the motion of the rotor itself through these vortices. This is a critical scenario in certain flight maneuvers from an acoustic point of view. In such cases, the rotor blades actually pass through the vortices generated by themselves due to the combined relative motion of the rotorcraft and the rotor itself. With high rotor angular velocities, combined with the high air velocities in the vortices, transonic flow can occur at the rotor tips, resulting in shockwaves. These directly translate to loud noise peaks into the cabin, which give the helicopter its signature sound.

Such interactions are strong and so pronounced in helicopters, that they have been identified as blade-vortex interactions (BVI). Amiraux notes that BVI is characteristic for helicopters and it is the predominant noise source of the craft. It requires certain conditions to occur, namely that the inflow towards the rotor reduces and approaches zero, which allows the trailing vortex system to remain in the plane of the rotor itself. Such conditions occur in low speed descent, for example, but certain other flight maneuvers can induce BVI as well.

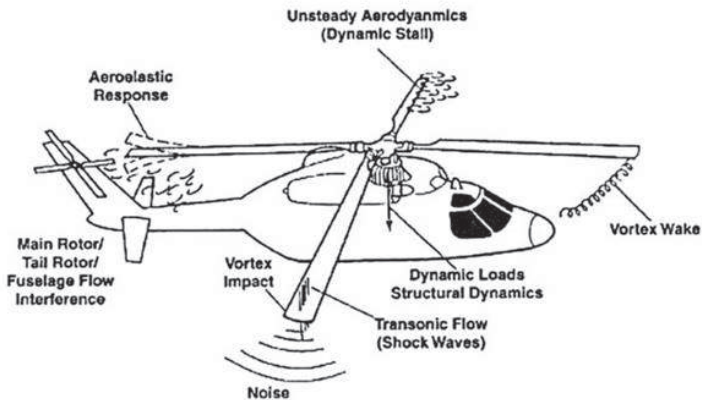


Figure 2. Rotorcraft noise sources [2]

In addition to the predominant PVI-induced noise, multiple other noise sources burden the cabin crew of helicopters. Brentner et al. identify thickness noise and loading noise (together as rotational noise), as well as high speed impulsive noise, turbulence ingestion noise, blade-wake interaction noise and blade self-noise. Evidently, various noise components are responsible for the high levels within the aircraft, as shown on Figure 2, which gives a more illustrative description of noise sources. Their classification according to Brentner et al. was done by their mathematical description, while Amiraux's figure gives a more pragmatic and tangible representation, focusing especially on vortex-induced noises.

It has been well established that a variety of noise sources exist in helicopters which contribute to significant sound levels. However, in order to accurately assess the severity of the situation, actual measurement data needs to be reviewed to identify sound pressure levels within the cabin and their impact on crew.

Helicopter Interior Noise Review

As rotorcraft interior noise levels from earliest experience onwards have been very high, a number of measurements have been carried out to assess noise levels. The following paragraphs will review some of the more important and accessible measurement data for various helicopters in different configurations.

In order to assess the significance of noise levels inside the cabin, Table 1 below summarizes the allowed exposure times for noise levels exceeding 85 dB(A). 85 dB(A) is considered to be the limit from where precautions are necessary to ensure safe working conditions to operators exposed to higher noise levels.

An exponential decline of the exposure duration is obvious, which relates to the logarithmic nature of the decibel scale used to measure sound pressure levels. Table 1 therefore provides a striking description of how much difference in acoustic power is between each decibel level.

Table 1. Exposure limit duration for specified sound pressure levels [3]

SPL dB(A)	Exp. Limit (hours)	SPL dB(A)	Exp. Limit (hours)	SPL dB(A)	Exp. Limit (hours)	SPL dB(A)	Exp. Limit (hours)
84	16.0	93	2.0	102	0.25	111	0.032
85	13.0	94	1.6	103	0.20	112	0.025
86	10.0	95	1.3	104	0.16	113	0.020
87	8.0	96	1.0	105	0.13	114	0.016
88	6.4	97	0.80	106	0.10	115	0.013
89	5.0	98	0.64	107	0.080	116	0.010
90	4.0	99	0.50	108	0.064	117	0.008
91	3.2	100	0.40	109	0.050	118	0.006
92	2.5	101	0.32	110	0.040	119	0.005

In the first test reviewed, Novak et al. measured and compared interior noise levels in two helicopter models: a piston-engined Robinson R44 Clipper, as well as a turbine engined Bell 206B. To record noise levels, a Bruel&Kjaer 2231 Sound Level Meter was used, positioned centered in the cabin at the pilot's ear level.

Three operating modes were selected, idle, hovering and corrected full power flight modes. Full power results are chosen for examination in this paper, as this operating condition is the most common and, therefore, most critical. Figure 3 shows the results. Particularly interesting is the peak noise levels under 500 Hz, which – depending on the octave band – reach or even exceed 100 dB. Such noise levels exceed the recommended 8-hour exposure limit, causing excessive fatigue and preventing direct communication between occupants.

Price's thesis describes a data acquisition system's design for helicopter noise measurement. Although the focus is not on the measurements themselves, the system was still tested in real flight and significant measurement data was recorded. The helicopter in question was

a Bell 412, equipped with 3 microphone locations within the cabin. These locations represented a pilot's ear level position, as well as a representative standing and a seating position. Standardised standing position could not be recorded, as the interior height of the helicopter did not permit the installation of the microphone in the required height.

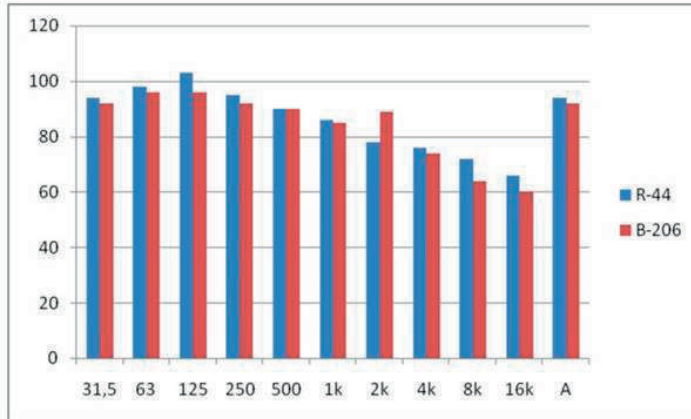


Figure 3. Interior noise measurements in dB(A) for two helicopter models [4]

Similarly to the previously described test, this measurement also resulted in findings that concluded that interior noise levels in helicopters are beyond tolerable for long exposure times for operators. Interior noise levels were recorded both during climb and descent flight stages, and repeated multiple times for open and closed door configurations. As only a closed door case will be simulated, in this investigation open door measurements will not be examined. Table 2 below summarizes the closed door segments.

Table 2. Bell 412 helicopter interior noise in selected positions for two climb and descent flight manoeuvres [5]

Position	Climb A	Climb B	Descent A	Descent B
Seated Position	107.00 dB	108.36 dB	114.40 dB	113.34 dB
Standing Position	104.92 dB	105.02 dB	113.74 dB	112.61 dB
Pilot Position	104.38 dB	103.92 dB	112.08 dB	111.77 dB

Values in the table clearly show the issue: noise levels are all above 100 dB, significantly more than that during descent. According to the Aviation Occupational Health and Safety Regulations summarized in Table 1, maximum continuous exposure time to a noise level of 103 dB is 12 minutes, which is significantly detrimental to the efficient operation of the machinery.

The exponential decrease of exposure time limit means that occupants and pilots require hearing protection – however, such noise levels may cause other detrimental health effects as well.

As helicopters have been in service for decades, these issues have been realized throughout the operation of rotorcraft. Therefore, effects of noise reduction measures have also been studied experimentally. As procurement of a helicopter solely for measurement purposes is very costly, mainly larger research institutions dealt with such a topic. One of the most prominent tests was conducted by NASA on a modified CH-53 large passenger helicopter. The choice of craft plays a very important role in the research: with its large interior space, the CH-53 was suitable for a wealth of modifications, including a completely encapsulated passenger cabin with various sound-absorbing insulation material layers, which not only required a relatively large amount space but also reduced the payload capacity of the helicopter.

Considering that the helicopter's weight was 20,000 kg, even with the addition of the sound-deadening material the craft retained a useful amount of payload. Figure 4 below shows the obtained A-weighted decibel readings for each seat in the insulated passenger compartment.

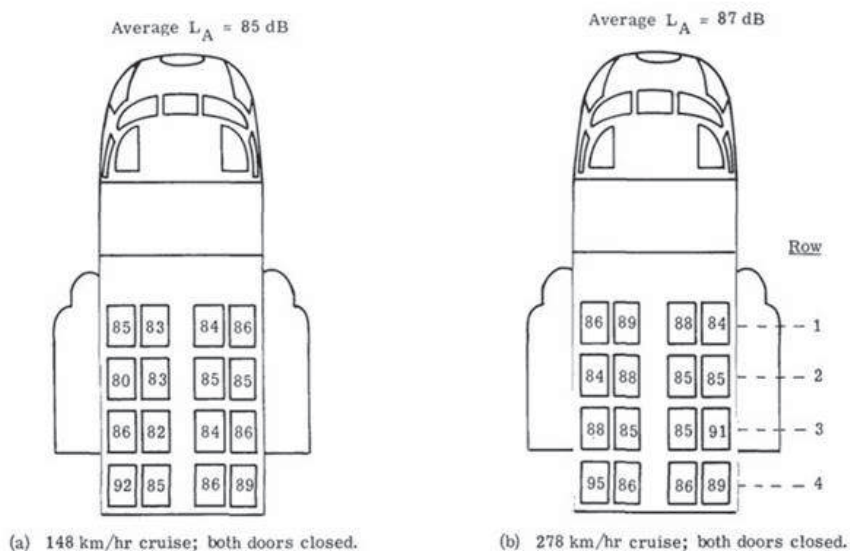


Figure 4. Interior noise measurements for an acoustically treated CH-53 helicopter in dB(A) for two flight conditions at different cruising speeds [6]

In comparison, cabin noise levels between 70 and 85 dB(A) speeds [7] can be measured in today's airliners, which shows how difficult the task of noise reduction in helicopters is – even with extensive modifications and sound deadening applied, the NASA experimental rotorcraft's interior noise levels were still significantly higher than those of even contemporary airliners.

Furthermore, the noise treatment applied to this particular case is not applicable to most helicopters, as it requires large cabin volume and has a high total weight.

The following chapter will explore in a virtual environment the application of a low-volume, higher-density damping material's noise reduction capabilities.

Representative Numerical Simulations

Numerical acoustic simulations require a high amount of computational power, as the calculation of eigenmodes for a modal analysis can be quite complex. The finite element method provides a useful discretization scheme to solve the necessary equations, which results in the frequency response functions or sound pressure levels that are of interest. An acoustical finite element simulation first solves the structural equations, then – using their results – solves the acoustic response as well. As with all discretized simulation methods, it is essential to create a mesh for the model, so the equations can be solved for each element.

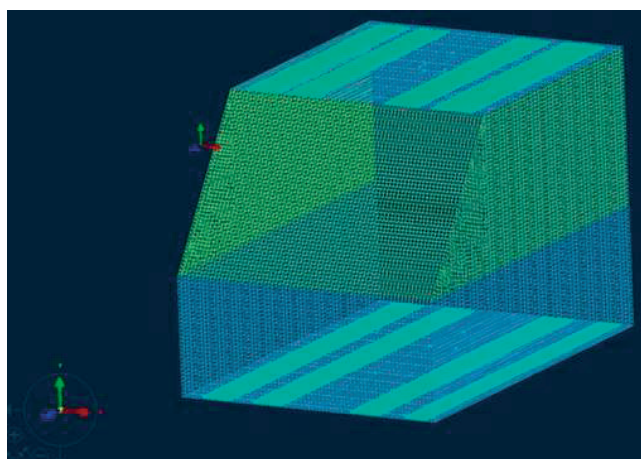


Figure 5. Representative interior cavity model with glass windshield and side windows (yellow) and added acoustic damping layer (turquoise). Measurements: 1600 mm (height) x 1000 mm (length) x 700 mm (width)

As the computational requirement for a real helicopter model would be excessive for the current possibilities of this investigation, a simplified mockup interior model will be used. Figure 5 shows the mockup model. Divisions are created to represent different materials: aluminium as the structural material of walls, and glass for the windshield and side window panels.

Unit excitation is applied to the centre of the representative roof – as only the modal response is investigated, such an excitation is sufficient. The frequency range is between 20 and 250 Hz. With more computational capacity, a broader frequency range could be studied. Microphone data recording points are located at the driver and passenger's ear positions in the cabin. One simulation was performed without sound deadening, while the other included 8 sound deadening strips, 4 on the floor and 4 on the roof of the model. The material properties for the sound deadening foam were the following: $E = 400 \text{ MPa}$, $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$, $GE = 0.2$ (structural damping coefficient). As the density of this foam is only less than 10% heavier than that

of the aluminium structural material's, it is ideally light for such an application. However, its structural damping coefficient is significantly higher than that of either the aluminium or glass panels (GE for aluminium: 0.01, GE for glass: 0.1), so it helps to obtain a lower sound pressure level within the cabin itself. Table 3 summarizes the properties used for each material in the model for ease of understanding. Four strips of 3 mm thick and 200 mm wide applications of the foam were simulated on the floor and the roof sections of the model, which comparatively add negligible weight and take up negligible space from the cabin.

Table 3. Material properties used in the simulation

Material	Young's Modulus (GPa)	Density (g/cm ³)	Poisson's ratio (-)		Structural damping coefficient (-)
Aluminium	70	2.7	0.334		0.01
Glass	70	2.5	0.22		0.1
Damping layer	0.4	3	0.35		0.2

Simulation preprocessing was performed within ANSA, including meshing and load application, as well as material property inputs, while the solver used to obtain results was the ESI Group's VPS software. Postprocessing and evaluation was carried out in META.

Figure 6 shows the resulting sound pressure levels in Pa for the pilot's ear level microphone. Red represents the untreated, blue represents the treated cabin. It is evident that especially in the sub-50 Hz region, the damping material effectively reduces the pressure levels by 50%. This material is especially suitable for sound pressure reduction in the very low frequency range, so it is suitable to reduce the effect of noise sources such as the main rotor's excitation.

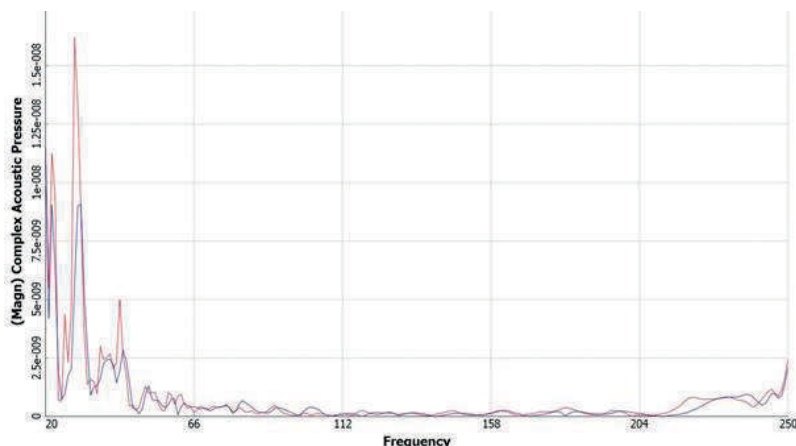


Figure 6. Acoustic sound pressure in the pilot's ear position microphone in Pascals. The red line shows untreated, the blue line shows acoustically treated results. Reduction in noise peaks reaches almost 50% in certain locations.

It must be noted that a more complex simulation analysis would reveal more accurate results for such a configuration. This investigation primarily showed the effect of the application of such a damping layer to a representative cavity model. The main hindrance in designing a more complex simulation is the available computational power. With a more complex model, the number of cells would drastically increase, especially if higher frequencies are required. Maximum frequency of the investigated frequency band has a significant effect on the element size, as elements have to be large enough to fit at least 3–6 wavelengths of the shortest possible stationary wave inside. This would reduce element size and increase the number of elements drastically, lengthening the simulation process even more.

Conclusions

Helicopter interior noise was reviewed in international papers describing tests and measurements with various helicopter types. It has been identified that interior noise in helicopters exceeds exposure limits and hearing protection must be worn by occupants. Effectively reducing the interior sound pressure levels reduces interior space and payload. An approximate representative study of a cavity model with a low-density acoustic damping foam has been carried out. It has been shown that especially in the very low frequency range, such a damping foam can effectively reduce sound pressure levels without reducing space. However, to accurately assess noise reduction capabilities of this setup, a longer investigation has to be carried out with a much higher computational power, which would allow for more detailed modelling and for the examination of a broader frequency range. It also has to be added that the application of a single type of damping material will most likely not cover the requirements for the entire excitation spectrum, however, the damping foam has proven effective in one of the most critical excitation ranges.

The present work was supported by EFOP 3.6.1-16-2016-00017 project.

References

- [1] GENNARETTI, Massimo – BERNARDINI, Giovanni (2007): Novel Boundary Integral Formulation for Blade-Vortex Interaction Aerodynamics of Helicopter Rotors. *AIAA Journal*, Vol. 45, No. 6. 1169–1176. DOI: <https://doi.org/10.2514/1.18383>
- [2] BRENTNER, Kenneth S. – FARASSAT, Fereidoun (1994): Helicopter Noise Prediction: The Current Status and Future Direction. *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 170, No. 1. 79–96. DOI: <https://doi.org/10.1006/jsvi.1994.1047>
- [3] Canada Labour Code, Aviation Occupational Health and Safety Regulations (2012). Minister of Justice.
- [4] NOVAK, Doris (2008). Comparative Helicopter Noise Analysis in Static and in-Flight Conditions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 123, No. 5. 3537–3537. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.2934509>
- [5] PRICE, Andrew (2015): *Data Acquisition System Design and Validation to Record Interior Cabin Noise Levels of Aircraft*. Carleton University. DOI: <https://doi.org/10.22215/etd/2015-10874>

- [6] HOWLETT, James T. – CLEVENSON, Sherman A. – RUPF, John A. – SNYDER, William J. (1977): *Interior Noise Reduction in a Large Civil Helicopter*. National Aeronautics and Space Administration.
- [7] OZCAN, H. Kurtulus – NEMLIOGLU, Semih (2006): In-Cabin Noise Levels during Commercial Aircraft Flights. *Canadian Acoustics*, Vol. 34, No. 4. Source: <https://jcaa.caa-aca.ca/index.php/jcaa/article/view/1854> (Accessed: 24. 01. 2019.)

Urbán Anett¹

A katasztrófavédelem beavatkozó állománya képzéseinek sajátossága

Properties of the Training of the Intervention Staff of Disaster Management

A tűzoltók a kárhelyszínre kérkezve a legtöbb esetben elsődleges beavatkozó tevékenységet végeznek a műszaki mentések és tűzoltási feladatok során. A tűzoltói beavatkozások változatosak, nincs két egyforma közöttük. Az elmúlt évek során a kárfelszámolási és mentési munkálatok alkalmával, új kihívásokkal és új feladatokkal kell szembenéznie a beavatkozó állomány tagjainak, amelyek egyre szélesebb körűek. Ezen feladatok megoldásához, és hogy a hatékony, biztonságos munkavégzés biztosított legyen a tűzoltóink számára elengedhetetlen a magasszintű képzés és felkészítés az állomány körében már a kezdetektől. A szerző célja bemutatni, hogy jelenleg hazánkban, hogyan néz ki a tűzoltók képzése, milyen lépcsői vannak a tűzoltó életpályának és mik azok az szükséges kompetenciák, amelyekkel rendelkeznie kell az állomány tagjainak. A téma megismeréséhez a szerző a hivatásos állomány képzésére vonatkozó tematikákat vizsgálta, a kapcsolódó jogszabályi háttereket dolgozta fel, és az oktatásban, képzésekben részt vevő szakemberekkel konzultált a téma pontos megismerése céljából.

Kulcsszavak: tűzoltók, képzés, felkészítés, tűzoltó életpálya

In most cases firefighters perform primary intervention activities during technical rescues and firefighting. Such interventions are highly varied, there are no two similar cases. In these years, during damage management and rescue operations, members of the intervention staff are facing new challenges and tasks. In order to successfully overcome these and provide efficient and safe working conditions for them, proper and high quality training is indispensable right from the beginning. The goal of the author is to describe the training of firefighters in contemporary Hungary, the steps in the firefighting career and the necessary competences required from the members of the staff. In order to do this, the author has examined training materials for the professional staff and related articles of law, and consulted experts of the fields in education and training.

Keywords: firefighters, training, preparation, firefighter career

¹ Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: urban.anett@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0001-8934-0172

Bevezetés

Világunk folyamatosan fejlődik. Ez a fejlődés a mindennapok folyamán kialakult veszélyhelyzetek változatosságában is megmutatkozik. A tűzoltói beavatkozások száma évről évre növekvő tendenciát mutat. 2016-ban a hazánkban működő tűzoltóságok 62 018 káreseményhez vonultak, valamivel többhöz, mint az azt megelőző évben (59 860) [1], míg 2017-ben 77 965 káresemény kapcsán érkezett riasztás [2]. A katasztrófavédelem beavatkozó állománya számára mindennaposak a műszaki mentések, tüzesetek, amelyek esetében az anyagi javak védelme mellett az emberi életek mentése kerül előtérbe. A káresetek jellege, összetétele évről évre változó. A Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Kirendeltségének Évkönyvében található statisztikák elemzésével megállapíthatjuk, hogy Magyarországon az elmúlt években a műszaki mentések száma megnövekedett a tüzesetek számához képest. A tűzoltói beavatkozások a legkülönbözőbbek lehetnek, és a vonulók soha nem tudhatják pontosan, hogy mivel találják szembe magukat, mi várja őket a kárhelyszínen.

Tüzesetek, a rendkívüli természeti események felszámolása, kidőlt fák, vízzel elöntött pincék adnak munkát az egyre gyakrabban pusztító viharok következtében, a veszélyes anyagszállítmányok balesetei, közlekedési balesetek, ipari létesítményekben történő káresetek és egyéb számos mentési munka teszi ki a tűzoltói beavatkozások sokaságát. Az évek folyamán megjelenő új kihívások mellett a tűzoltóság sem mehetett el szótlánul, hiszen ezek az ő munkájukra is befolyással vannak.

A modernkori technikai eszközöknek köszönhető fejlesztéseket a katasztrófavédelem beavatkozó állomány által alkalmazott eszközök, védőfelszerelések esetében is alkalmazzák a világ számos országában. Új, a műszaki mentési feladatokra alkalmas járművek és eszközök álltak rendszerbe, jelentős változás történt a személyi védőfelszerelések tekintetében, megváltozott a beavatkozások informatikai háttere is [3]. A világ élvonalába tartozó bevetési ruhát, sisakot és légzőkészüléket rendszeresítették, és ma már nem álom a telemetriás távfelügyeleti rendszer sem, amely pontos és valós adatot szolgáltat a tűzoltást vezető számára a beavatkozást végzők fizikai állapotáról, a levegő felhasználásáról és a munkavégzés idejéről.

A fentiek ellenére be kell látni, hogy bármilyen nagyszabású műszaki beruházással, gépjármű, valamint informatikai és egyéb fejlesztéssel sem lehet pótolni a motivált és modern kompetenciákkal rendelkező humán erőt. Ehhez elengedhetetlen feltétel a korszerű, egységes képzési, továbbképzési, szakoktatási rendszer felépítése, illetve működtetése [4].

Erre azért is van szükség, mert a hatékony tűzoltói munkavégzés esetében az embert mint befolyásoló tényezőt nem zárhatjuk ki. Hiába szereljük fel az állományt a legmodernebb eszközökkel, ha nem rendelkeznek azokkal a kompetenciákkal, amelyek szükségesek lennének az eredményes beavatkozások végrehajtásához. Ilyen kompetenciák többek között a gyakorlatok során szereshető tapasztalatok, a meglévő szakmai ismeretek, illetve bizonyos technikai eszközök készségintű használata [5].

A katasztrófákra való felkészülés egyre fontosabb feladat, és a megfelelő szakemberek képzése ebben kiemelkedő szerepet tölt be. A katasztrófavédelmi szervek tagjainak képzése az egyre növekvő igényt igyekszik kielégíteni, ezzel a szükséges szakértelemmel rendelkező személyi állomány utánpótlását kívánja biztosítani.

A szerző célja, hogy átfogó képet adjon a hazánkban jelenleg folyó tűzoltóképzésekről, bemutassa az ezen hatáskörben tevékenykedő intézmények profilját, illetve a futó képzések sajátosságait.

A tanulmány megírásához a szerző elemezte és kutatta a témához kapcsolódó jogi szabályozókat a Nemzeti Jogszabálytár (njt.hu) segítségével, vizsgálta a témához kapcsolódó szakmai folyóiratokat, közleményeket, összegezte a képzést végző intézmények képzési programját, illetve a struktúráját is a képzésekben jártas szakemberek segítségével. Korábbi előadások anyagát tanulmányozta, és összehasonlította az akkori elképzeléseket a már átalakult képzés gyakorlatban való megvalósulásának tapasztalataival. Megvizsgálta az új szabályozási rendszer hatásait a katasztrófavédelemre, illetve ezen belül a szervezet képzési területére. Áttekinthette a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ létrehozását, célját, képzéseit. Tanulmányozta a tűzoltó-, polgári védelmi és iparbiztonsági képzések eddigi történetét, kialakulását, eredményeit, a jelenlegi hármastagozódás kialakulását és kapcsolatát, illetve ezeknek a képzéseknek a jelenlegi, képzési rendszerét.

A tűzoltóképzés

Magyarországon a katasztrófavédelem szervezetének tűzoltósági területe végzi az ország területén tartózkodók életének és testi épségének, vagyonának mentő tűzvédelmi biztosítását [5]. A hazánkban bekövetkezett bármely, komoly erő és eszköz azonnali bevetését igénylő eseményekhez elsődlegesen riasztható, megfelelő technikai felszereltséggel és szakmai felkészültséggel rendelkező szervezetek a katasztrófavédelem tűzoltó egységei [6].

A tűzoltósági tevékenység szervezett formája évezredekre tekint vissza, hiszen hazánkban 1870. február 1-jén Pesten 12 fővel megkezdte működését az első hivatásos tűzoltóság Széchenyi Ödön törekvéseinek köszönhetően [7]. Azóta értelemszerűen számos változáson ment át a tűzoltóság minden tekintetben, de egy dolog örök: munkájukat a haza és az emberek szolgálatában végzik. Ahhoz, hogy valaki csatlakozhasson a beavatkozó állományhoz, több lépcsőben kell megfelelnie.

A szerző célja a továbbiakban bemutatni, hogy milyen kompetenciákkal kell rendelkeznie és miknek kell megfelelnie annak a személynek, aki ezt a hivatást választja magának, illetve hogy milyen lehetőségek vannak az életpályamodellel alapján.

A hivatásos tűzoltóságon történő szolgálati viszony létesítésének feltételeit a fegyveres szervek hivatásos állományú tagjainak szolgálati viszonyáról szóló 1996. évi XLIII. törvény V. fejezetének 37. §-a határozza meg, amely szerint:

A hivatásos szolgálati viszony önkéntes jelentkezés alapján azzal a 18. életévét betöltött, de 35 évnél nem idősebb, cselekvőképesebb, állandó belföldi lakóhellyel rendelkező, büntetlen előéletű, a rendfokozati állománycsoporthoz meghatározott iskolai végzettségű – tiszt rendfokozatú állománycsoporthoz egyetem vagy főiskolai végzettség az előírt, valamint felvételi vizsgához nem kötött katasztrófa- és tűzvédelmi szervező(tiszt) szakképzés elvégzése a felvételt követően; tiszthelyettesi rendfokozatú állománycsoporthoz közép-, vagy szakiskolai végzettség az előírt, valamint tűzoltó szakképzés elvégzése a felvételt követően – magyar állampolgárral létesíthető, aki a hivatásos szolgálatra egészségi, pszichikai, fizikai szempontból alkalmas. [8]

Van néhány dolog, ami kizáró oka lehet annak, hogy valaki hivatásos tűzoltó legyen:

- betöltötte 35. életévét,
- büntetett előéletű,
- szemüveges vagy kontaktlencsét visel,
- rövidujjú póló alól kilátszó testrészen tetoválást visel,
- ha testében valamilyen fém található (csontoknál stb.),
- szintévesztő,
- allergiás, asztmás,
- hallása károsodott,
- a katonai sorozáson alkalmatlan vagy korlátozott minősítést kapott [8].

Ha valaki eldönti, hogy ezt a hivatást választja, először a lakóhely szerinti katasztrófavédelmi igazgatóság humán szolgálatánál érdemes érdeklődni a jelentkezés módjáról. Vannak olyan igazgatóságok, ahol az időnként meghirdetett toborzó keretében, a tájékoztató előadás meghallgatása után van csak mód a jelentkezésre. A felvételi eljárás első lépésében kérelmet kell benyújtani a szervezet humán szolgálatához, amelyhez csatolni kell:

- legmagasabb iskolai végzettséget, szakképzettséget igazoló okiratot vagy másolatát,
- nyilatkozatot a személyes adatok kezeléséről,
- TAJ-igazolás másolatát,
- adóazonosítót vagy másolatát.

A felvételi következő lépése a pszichológiai, egészségi alkalmassági vizsgálat. A vizsgálatoknak köszönhetően teljes képet kapunk a jelentkező egészségügyi és mentális állapotáról. Több olyan megbetegedés, illetve elváltozás van, amelyek kizáró oknak minősülnek a felvételi eljárás során:

- krónikus belgyógyászati megbetegedések,
- jelentős testsúlytöbblet,
- a frontális fogak hiánya, szuvasodása,
- az érzékszervek fogyatékoságán belül: a halláscsökkenés,
- a hallószervek krónikus gyulladása,
- látóélesség-csökkenés,
- kancsalság,
- szintévesztés,
- korábbi és jelenlegi eszméletvesztéssel járó betegségek,
- öngyilkossági kísérlet, rendszeres alkohol-, drog- és gyógyszerfogyasztás,
- veleszületett és szerzett belgyógyászati, mozgásszervi elváltozások, megbetegedések,
- férfiak esetében 168 cm feletti, nők esetében 162 cm feletti testmagasság a megkövetelt [8] [9].

Ha a jelentkező akármelyik vizsgálat vagy teszt során alkalmatlan minősítést szerez, nem folytathatja tovább a felvételi eljárást. Az alkalmas minősítést szerzők esetében lefolytatnak még egy kifogástalan életvitel-vizsgálatot, amelynek ellenőrzése azt a célt szolgálja, hogy csak

olyan személyek lehessenek a hivatásos állomány tagjai, akik e magas szintű etikai elvárásoknak felvételükkor, illetve az egész hivatásos életpályájuk során megfelelnek.

Ha ezen ellenőrzésen is megfelel a jelentkező, csak abban az esetben kerülhet be a hivatásos állomány tagjai közé.

A katasztrófavédelmi oktatási központ létrehozása, szerepe, célja, felépítése

A tanintézet jogelődjei már 75 éve szolgálják a tűzoltók képzését. A már sok névváltoztatáson átesett intézmény 1948 óta adott szakmai és műszaki képzettséget a tűzoltóknak. A jelenlegi Katasztrófavédelmi Oktatási Központ elődeinek elnevezései:

- Állami Tűzoltótiszt-tanulmányi Osztály,
- Petőfi Tűzoltótiszt-képző Iskola,
- BM Akadémia Tűzoltótagozat,
- BM Tűzoltó Tiszt-képző Iskola,
- BM Tűzoltó Kiképző Központ,
- Tűzvédelmi Oktató és Kutató Intézet,
- BM Tűz- és Polgári Védelmi Intézet,
- BM TOP Tűzvédelmi Kiképző Intézet.

Az évek alatt sok tiszt, zászlós és tiszthelyettes képzését hajtották végre. A jelenlegi tanintézet feladataként a katasztrófavédelmi szervek tagjainak felkészítése lett.

„A KOK, mint a felnőttképzésről szóló 2001. évi CI. törvényben meghatározott, iskola-rendszeren kívüli szakmai képzést folytató intézmény, közfeladatként a tűzoltóság, a katasztrófavédelem és a polgári védelem szakembereinek képzését, továbbképzését végzi a Kat. törvényben, a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvényben, valamint a vonatkozó jogszabályokban meghatározott feladatokat látja el.” – részlet a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ Alapító Okiratából [11].

A KOK jelenleg hét telephelyen működik, és iskola-rendszeren kívüli szakmai képzést folytató intézmény. A Laktanya utcai objektum szolgálja az oktatást, oktatástechnikai eszközeivel, tantermeivel és szabadidős tevékenységeknek is biztosítja a feltételeit. Nagygyompos területén tűzoltási és műszaki mentési gyakorló pályát alakítottak ki, ahol a szakmai, környezetvédelmi és egyéb, az oktatást segítő eszközök és körülmények állnak rendelkezésre, kiegészítve pihenőhelyiséggel és orvosi szobával egyaránt [12].

A Katasztrófavédelmi Oktatási Központ szervezeti felépítése szerint két fő szervezetből áll, ezek alá tartoznak a különböző osztályok, szakcsoportok, illetve egyéb intézmények. Az Oktatási Szervezet az oktatási igazgatóhelyettes irányításával működik, ami a Tanulmányi Osztályból, Tűzoltási és Mentési Szakcsoportból, Szaktechnikai Alkalmazási, Alapozó Ismereti és Hatósági, Katasztrófavédelmi és Iparbiztonsági és Nyelvi Szakcsoportból áll. A KOK szakcsoportjai végzik:

- az oktatómunkát az egyes képzési szakokon, tanfolyamokon, továbbképzéseken;
- közreműködnek a szakmai vizsgáztatások lebonyolításában;

- kidolgozzák és naprakészen tartják a képzési programok, tantervek, a tanmenetek és más képzési dokumentumok szakterületükhöz tartozó részét;
- tervezik, szervezik és részben végzik az oktatáshoz szükséges jegyzetek, ismerethordozók készítését;
- közreműködnek a szakmai jogszabályok előkészítésében, véleményezésében;
- figyelemmel kísérik a tűzvédelmi, polgári védelmi és katasztrófavédelmi, valamint műszaki kutató és fejlesztő munka eredményeit, amelyet beépítenek az oktatás rendszerébe;
- javaslatot tesznek a képzés korszerűsítésére;
- közreműködnek a szakterületüket érintő területi kihelyezett képzés és vizsgáztatás felügyeletében;
- részt vesznek a katasztrófavédelmi-, tűzvédelmi-, polgári védelmi szervek, szervezetek vezetői állományának képzésében;
- igény szerint közreműködnek szakmai továbbképzések lebonyolításában;
- közreműködnek a belső képzés, szakképzés lebonyolításában, tájékoztatják a KOK más szervezeti egységeit az adott szakterületet érintő fontosabb változásokról és eredményekről;
- a naprakész, színvonalas oktatás érdekében kapcsolatot tartanak a BM OKF, valamint a megyei katasztrófavédelmi igazgatóságok, továbbá a tűzoltóságok hasonló szakterületén dolgozó szervezeti egységeivel, indokolt esetben szervezik azok tagjainak külső előadóként való felkérését;
- jelzik a képzéshez szükséges eszköz és anyag igényeket;
- ellátják a tevékenységi körükkel kapcsolatos anyag nyilvántartási, raktárkezelési és karbantartási feladatokat;
- közreműködnek a szervezet EDR-készülékeinek rádiópróbáján [13].

A Katasztrófavédelmi Oktatási Központ képzéseit három fő területre bonthatjuk:

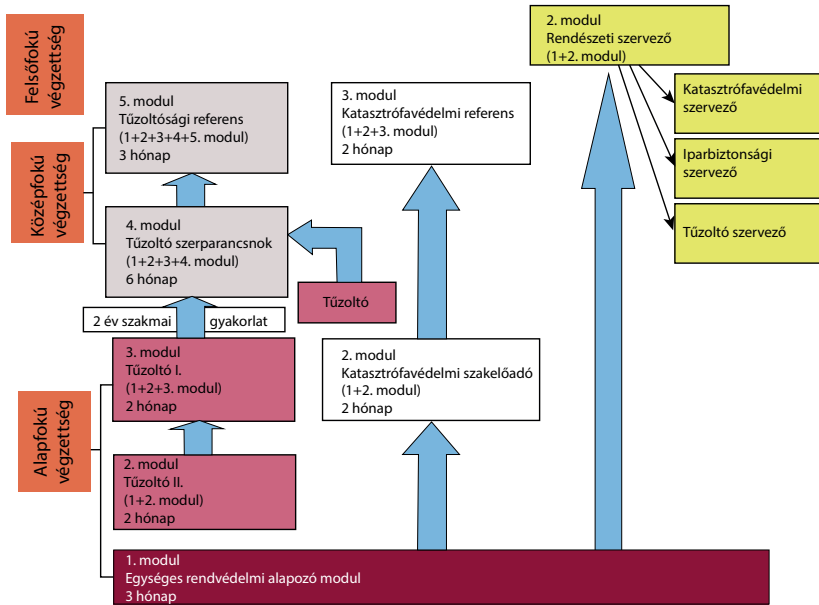
- OKJ-s szakképzések,
- szaktanfolyamok, belső szakmai képzések,
- továbbképzések.

A képzéseket típus szerint, szakáganként két csoportra lehet bontani:

- tűzoltó és tűzvédelmi szakképzések, szakmai képzések,
- katasztrófavédelmi (polgári védelmi, iparbiztonsági) szakképzések, szakmai képzések.

A képzés struktúrája

„Átalakulóban a tűzoltó, katasztrófa- és polgári védelmi szakképzés. A Katasztrófavédelmi Oktatási Központ a szakmai és vizsgakövetelmények átdolgozása, a képzési programok összeállításának után az új rendszerű moduláris szakképzések biztosításával készül a közelgő tanévkezde” [15]. Ezt olvashatjuk egy 2012-ben megjelent szakmai folyóiratban.



1. ábra. A szakképzések struktúrája 2013. szeptember 1-jétől [14]

A katasztrófavédelem képzéseire az ábrán látható struktúra vonatkozik 2013. szeptember 1-től. Az egységes katasztrófavédelmi rendszer létrehozása magával vonta a képzés átalakításának szükségességét. Új rendszerű moduláris képzést dolgoztak ki. A Belügyminisztérium koncepciója szerint a képzés során el kell sajátítani azokat a kompetenciákat is, amelyek a fegyveres és rendvédelmi szervezeteknél hivatásos beosztást betöltőknek szükségesek [16]. Az alapvető szükségletek közé tartoznak például az alaki ismeretek és a rendvédelmi ismeretek elsajátítása, illetve a szervezethez kötődő identitástudat kialakítása. Az egységes rendvédelmi alapozó modul elvégzése nélkül a jövőben nem lehet rendvédelmi szervezetnél hivatásos beosztásba kerülni. A modul teljesítését minden rendvédelmi szerv köteles elfogadni, függetlenül attól, hogy azt melyik rendvédelmi szerv képzésén szerezte meg a munkatárs [16].

Egységes rendvédelmi alapozó modul

Az alapozó modul az általános szakmai ismereteket (rendvédelmi, szolgálati, informatikai, alaki és fegyverismeret, valamint fizikai fejlesztés és az identitás kialakítása) tartalmazza, ezeket kell a képzésben részt vevőknek elsajátítani. Ezen ismeretek keretében még nem kapnak semmilyen speciális, szakmai információt csupán a következő modulokra való felkészítést szolgálják. Az alapozó modult a Rendészeti Szakiskolákban oktatják. Ez a modul egy három hónapos alapozás, amelynek a két fő része az általános rendészeti alapok (két hónap) és a szakági általános alapok (egy hónap), ami részben már a szakmai modul részeként is tekinthető. A modulok közötti továbblépés csak az eredményes modulzáró vizsga után lehetséges.

Tűzoltó II.

A sikeres alapozó modul után elkezdődhet a szakmai felkészítés, a tűzoltó II. részsakképesítés megszerzésére. A második modult is modulzáró, majd szakmai vizsga követi, amely után a hallgató beosztott tűzoltóvá válik. A tűzoltó szakmai modul (2. számú modul) a KOK keretein belül zajlik és a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ végzi a szakmai vizsgáztatást is. Tervek születtek arra, hogy a szakmai modult regionális szinten az úgynevezett Térségi Oktatási Központokban is végezhesék, de ennek feltételeit egyelőre nem alakították ki. A képzés célja valamennyi hivatásos tűzoltó számára biztosítani az azonos szintű szakmai felkészültséget egyéni, vagy egy beavatkozó rajban történő feladatvégrehajtáshoz. Bemeneti feltételek az érettségi bizonyítvány, egészségügyi, pszichológiai és fizikai alkalmasság. A képzés időtartama 656 óra.

Tűzoltó I.

A harmadik modulba való továbblépés követelménye az érettségi bizonyítvány megléte és az ezt megelőző két modul elsajátítása. Ha ezt a szakképesítést a beosztott megszerzi, további szakmai ismeretek birtokában folytathatja a képzést vagy a munkáját. Az első három modul birtokában a beosztott már magasabb rendfokozatba is előléptethető. Ez a modul már önálló szakképesítést biztosít, azonban annak birtokában ugyancsak beosztott tűzoltóként tölthető be beosztás. Az időtartam 283 óra.

Tűzoltó szerparancsnok

Ahhoz, hogy valaki elkezdhesse a 4. számú modult, a tűzoltó szerparancsnok szakképesítést, kétéves szakmai gyakorlat szükséges. A 4. számú modul birtokában tűzoltás és műszaki mentés vezetésére jogosító beosztásba kerülhetnek az itt végzettek. A tűzoltó szerparancsnoki szakképzés megfelel a régi tűzoltó technikus képzésnek. A szakképesítés már középszintű végzettségnek felel meg, azaz alparancsnoki beosztások betöltésére jogosít. A képzés célja: a tűzoltóságok alparancsnoki vezetői állományának képzése, egy beavatkozó raj irányítási képességének elérése. Időtartam: 804 óra.

Belső szakmai képzések

- Katasztrófavédelmi alapismereti tanfolyam
- Próbaidős tiszt állomány felkészítő tanfolyam
- Műveletirányító referens tanfolyam
- Tűzvizsgáló tanfolyam
- Tűzoltásvezető I. tanfolyam
- Katasztrófavédelmi Műveleti Szolgálat (KMSZ) tanfolyam
- Katasztrófavédelmi Mobil Labor (KML) tanfolyam
- Műveletirányító tanfolyam

- EDR-kezelői tanfolyam
- Önkéntes Tűzoltó Egyesület mentor felkészítő tanfolyam

Veszélyes áruszállítási katasztrófavédelmi ellenőr képzés:

- Katasztrófavédelmi (közúti) veszélyes áru szállítási ellenőr (ADR)
- Katasztrófavédelmi (vasúti) veszélyes áru szállítási ellenőr (RID)
- Katasztrófavédelmi (vízi) veszélyes áru szállítási ellenőr (ADN)
- Katasztrófavédelmi (légi) veszélyes áru szállítás ellenőr (ICAO) [17]

Nem hivatásos tűzoltók képzése

Hazánkban a tűzoltási, műszaki mentési feladatokat közvetlenül végző vagy abban közreműködő szervezetek az alábbiak:

- hivatásos tűzoltóság: tűzoltási és műszaki mentési, tűzmegeelőzési feladatok elvégzésére létrehozott, önálló működési területtel rendelkező hivatásos tűzoltóság;
- katasztrófavédelmi őrs: a hivatásos tűzoltóság elsődleges tűzoltási és műszaki mentési, tűzmegeelőzési feladatok elvégzésére létrehozott szervezeti egysége;
- önkormányzati tűzoltóság: tűzoltási és műszaki mentési feladatok elvégzésére létrehozott, elsődleges műveleti körzettel rendelkező önkéntes tűzoltóság;
- létesítményi tűzoltóság: tűzoltási és műszaki mentési feladatok elvégzésére, gazdálkodó szervezet által létrehozott, önálló működési területtel nem rendelkező tűzoltóság;
- önkéntes tűzoltó egyesület: a tűzmegeelőzési, valamint a tűzoltási és műszaki mentési feladatok ellátásában közreműködő vagy részt vevő olyan egyesület, amely alapszabályában ezt tevékenysége céljaként rögzítette;
- beavatkozó önkéntes tűzoltó egyesület: a vállalt tevékenységi területen a hivatásos katasztrófavédelmi szervvel kötött megállapodás alapján tűzoltási, műszaki mentési feladatokat végző egyesület [18].

Képzésük a moduláris alapú rendszer bevezetésével átalakult. A hivatásos tűzoltók részére bevezetett új rendszerű képzés miatt részükre a jövőben OKJ-s képesítés nem adható, mivel az egységes rendészeti alapozó modul része az OKJ-nak, a „civilket” pedig nem lehet alaki foglalkozásokra, lőelméletre, lögyakorlatra kötelezni. Számukra teljesen új szisztémát kellett kialakítani, az alábbiak figyelembevételével [19]:

- jogállásuk eltérő, vannak közöttük főfoglalkozásúak, akik ezért kapják a fizetésüket, és vannak a létesítményi tűzoltóságok között alkalmoszerűen igénybe vehető, az önkormányzatiaknál úgynevezett önkéntes jogállásúak, akik nem főfoglalkozásként oltanak tüzet;
- a szakma egyértelmű elvárása, hogy a főfoglalkozású tűzoltók szakmai ismereteinek tartalmában meg kell egyeznie a hivatásos tűzoltókéval alap-, közép- és felsőszinten egyaránt;

- az önkéntes tűzoltó egyesületek szaktevékenység végzésére jogosult tagjai képzési követelményei megegyeznek az alkalmoszerűen igénybe vehető létesítményi, és az önkéntes jogállású önkormányzati tűzoltókéval.

Önkéntes (alkalmoszerűen igénybe vehető) létesítményi és önkéntes jogállású önkormányzati tűzoltók képzése

Az Önkéntes Tűzoltó Egyesületek az egyesületi törvény alapján létrejött civil szervezetek. Az Önkéntes Tűzoltó Egyesület tagjainak, akik szaktevékenységet végeznek legalább a tűzoltó alaptanfolyamot el kell végezniük. E tudás birtokában már végezhetnek beosztott tűzoltói munkálatokat. Aki az ÖTE tagjaként további tudásra akar szert tenni, elvégezheti az önkormányzati és létesítményi tűzoltói tanfolyamot, amellyel szaktevékenységet irányító taggá válhat a szervezeten belül. Az önkéntes tűzoltóknak is megvan a képzési struktúrája, miszerint alap-, közép- és felsőfokú végzettséget szerezhet [20]. Ez a hármas felépítés a következő:

Alapszintű:

- legalább tűzoltó alaptanfolyami (40 órás) végzettség.

Középszintű:

- tűzoltó II. részsakképesítés,
- tűzoltás- és műszaki mentés-vezetői tanfolyam.

Felsőszintű:

- legalább önkéntes és létesítményi tűzoltó parancsnoki tanfolyam,
- vagy bármelyik a főfoglalkozású önkéntes, létesítményi, vagy hivatásos állományú tűzoltás részére meghatározott képzés.

Főfoglalkozású önkormányzati és létesítményi tűzoltóságok képzési szintjei

A főfoglalkozású önkormányzati és létesítményi tűzoltóságok tagjainak képzési követelményei tartalmában megegyeznek a hivatásos tűzoltókéval [20]. A három képzési szint a következőképpen épül fel:

Alapszintű:

- tűzoltó II. rész-szakképesítés,
- tűzoltó I. szakképesítés,
- önkormányzati és létesítményi tűzoltó képzés.

Középszintű:

- önkormányzati és létesítményi tűzoltó szerparancsnok képzés vagy,
- tűzoltó szerparancsnoki szakképzés-ráépülés.

Felsőszintű:

- rendészeti szervező szakképzés, tűzoltó szervező szakképzés-elágazás,
- rendészeti szervező szakképzés, tűzvédelmi szervező szakmairány,
- katasztrófavédelmi szakirányú felsőoktatási szakképzés,
- tűzvédelmi szakmérnök szakképzés,
- valamint szakmai főiskolai végzettség.

Amint látható a felsőszintű képzés tartalmában, sokszor megnevezésében is teljes egészében megegyezik a hivatásos tűzoltókéval.

Nemzeti Közzolgálati Egyetem

A Nemzeti Közzolgálati Egyetemet (NKE) 2011-ben alapították, a 2011. évi CXXXII. törvény értelmében és 2012. január 1-jén indult el működése. Az intézmény olyan felsőfokú közzolgálati szakembereket képez, akiknek olyan ismereteket és készségeket kell a felsőoktatásban töltött évek során megszerezniük, amelyeket később más helyzetekben is megfelelően tudnak alkalmazni. Az egyetemet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, a Rendőrtiszti Főiskola és a Budapesti Corvinus Egyetem Közigazgatástudományi Kara integrációjával hozták létre. A Nemzeti Közzolgálati Egyetem speciális, nemzetbiztonsági szempontból is kiemelt jelentőségű képzéseket folytat.

Az egyetem pozitív hatása lehet, hogy a megváltozott körülmények, új szakok születése jobban felkeltheti a fiatalok érdeklődését, ezáltal népszerűbbé válhat. Az egyetem a hivatásos életpálya mellett közzgazdasági továbblépést tesz lehetővé. Ez nemcsak a közzgazgatásban lévők, de a hivatásos állományúak tanulmányait is elősegítheti.

Az egyetemen karok alakultak, némelyik a jogelődjei utódlásával:

- Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
- Rendészettudományi Kar
- Közigazgatás-tudományi Kar
- Nemzetközi és Európai tanulmányok Kar
- Vízstudományok Kar

Ezek önálló karként jöttek létre az egyetemen belül, de továbbá még különálló intézetek is alkotják a tanintézmény szervezetét:

- Katasztrófavédelmi Intézet
- Nemzetbiztonsági Intézet
- Államkutatási és Fejlesztési Intézet

„Az Országgyűlés felismerve, hogy a közzolgálaton belül a polgári közzgazgatás, a rendvédelem, a honvédelem és a nemzetbiztonsági szolgálatok személyi állományában a hivatástudat és a szakértelem erősítése összehangolt és tervezett utánpótlásképzést tesz szükségessé, továbbá a pályaelhagyás helyett a társadalom számára hatékony munkavégzés biztosítására a közzolgálati életpálya-modellt támogató továbbképzési rendszert kell működtetni, a közzszolgálati felsőfokú szakemberképzést egységes intézményi alapokra kívánja helyezni.” 2011. évi XXXVI. törvény – részlet [22].

A Nemzeti Közzszolgálati Egyetem létrehozásának célja a közbiztonság erősítése, és a hivatásos pálya iránt érdeklődőknek a katasztrófavédelemben egy megfelelő szintű képzés nyújtása a jogszabályi, illetve a munkaerőpiac igényét kielégítően.

„A Nemzeti Közzszolgálati Egyetem a felsőfokú közzszolgálati szakemberképzés bázisintézményeként, az egyesülő intézmények jogutódjaként 2012. január 1-jén kezdje meg működését.

A jogelőd intézmények a Nemzeti Közszerológati Egyetem önálló egyetemi karaiként működnek. – 1278/2010. (XII. 15.) Korm. határozat – részlet" [23].

Az egyetem felsőfokú állami és szakmai végzettséget ad, amivel a szakemberek az élet-pályamodell szerint helyezkedhetnek el a továbbiakban. Az új képzések összhangban vannak a munkaerőpiac szükségleteivel. A jogelőd intézmények kifutó képzései után már egységes lesz a rendvédelmi szervek felsőfokú főiskolai, egyetemi és doktori képzése.

Katasztrófavédelmi intézet

A Katasztrófavédelmi Intézet 2012. január 1-én alakult meg a Nemzeti Közszerológati Egyetemen, egy önálló, karoktól független intézetként, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság szakmai felügyeletével. A Nemzeti Közszerológati Egyetem rektora az intézményünket az oktatási rektorhelyettesen keresztül irányítja [23].

Az Intézetnek jelenleg 14 tudományos fokozattal rendelkező oktatója van és 5 oktató doktori képzésben tanul. Három tudományos műhely végez kutatásokat a saját szűkebb szakmai területén [24]. Az egyetemen jól képzett oktatók készítik fel az ott tanuló hallgatókat. A képzés célja kiváló elméleti ismeretekkel, gyakorlati tapasztalatokkal és készségekkel rendelkező szakemberek képzése. Az intézetet az igazgató vezeti, aki alá az igazgatóhelyettes tartozik, és hozzá a tanulmányi osztály. Az osztályhoz három fő tanszék tartozik, amelyek a szakirányokért felelnek. Ezek: a katasztrófavédelmi műveleti-, tűzvédelmi és mentesítésirányítási-, és iparbiztonsági tanszék. A tanintézet felépítése alkalmazkodik a jogszabályokhoz. Az új szabályozás rendszerében a három fő ágazat ugyanúgy megtalálható.

Az egyetemen hallgatóknak a Katasztrófavédelmi műveleti és Iparbiztonsági szakirányokra van lehetőségük jelentkezni, a Tűzoltási és mentesítési szakirányra a tűzoltók jelentkezését várják. A két előbbire jelentkezőknek egy alkalmassági vizsgát kell teljesíteniük, ennek hiányában nem folytathatnak tanulmányokat az egyetemen. Az intézetben belül kerülnek megszervezésre és akkreditálásra a felsőoktatási szakképzések is. A katasztrófavédelem alapképzési szak a közigazgatási, rendészeti és katonai képzési területeket öleli fel, de a képzési ágat tekintve inkább a rendészetihez sorolható. A hat féléves alapképzés – amelybe beletartoznak a közös modulok, illetve a szakmaspecifikus és a differenciált szakmai tantárgyak egyaránt – elvégzése után a hallgatók katasztrófavédelmi szerveknél, a hivatásos, az önkormányzati és a létesítményi tűzoltóságoknál, a közigazgatási és a gazdasági szerveknél tudnak elhelyezkedni, ahol katasztrófavédelmi, tűzvédelmi (tűzoltói) vagy iparbiztonsági feladatok ellátására lesznek alkalmasak [25].

A 2016/2017. tanévtől elindult a katasztrófavédelem mesterszak, miután az egyetem által 2015 júniusában benyújtott akkreditációs kérelmet a MAB ellenszavazat nélkül elfogadta. A mesterképzés integrálja a katasztrófavédelem alapképzési szak szakirányait és a képesítésnél a vezetői képességek kompetenciái dominálnak. Az új mesterképzés beindulásával öt év alatt egy olyan felsőoktatási portfólió jön létre, amely az alapképzéstől a doktorképzésig biztosítja a katasztrófavédelmi szakemberek utánpótlását a megrendelő igényeinek megfelelően [25].

Katasztrófavédelmi műveleti szakirány

A szakirányt választók megismerik a katasztrófák elleni védekezés szervezését, irányítását és ezek szabályozását. Tanulmányaik során elsajátítják a védekezés, megelőzés és helyreállítás időszakában bekövetkező feladatokhoz szükséges kompetenciákat. Az új rendszerű képzés során nagyobb figyelemmel követik a hallgatók teljesítményét. Az órák 50%-ában gyakorlaton való részvétel során kell elsajátítaniuk az elméleten tanultakat. A hallgatók tanulmányait a rendvédelmi szervek támogatják. Az éves beiskolázás kielégíti a megfelelő számú képzett szakember kitaníttatását. A szakirányt végzők legfőképpen a polgári védelmi irányban szereznek szakmai tudást.

Tűzvédelmi és mentesítésirányítási szakirány

A tűzvédelmi és mentesítésirányítási szakirány választhatósága már összetettebb. Várhatóan olyan jelentkezők választhatják ezt a szakirányt, akik már a katasztrófavédelem beosztottjai és tűzoltói szakképzettséggel rendelkeznek. Ezen a szakokon a legtöbb jelentkező tűzoltó [26]. Az új képzés lehetővé teszi a még nagyobb szakmai tudás átadásának lehetőségét, hiszen a már szakterületen dolgozók jobb rálátása a szakmára elősegíti a terület könnyebb és részletesebb oktatását. Ezen a szakirányon is a gyakorlatra helyezik a hangsúlyt [26]. Az óráknak több mint a felét gyakorlati órán kell teljesíteni. A szakirányon végzetek megtanulják irányítani a tűzoltói feladatok ellátását más rendvédelmi szervekkel együttműködve.

Iparbiztonsági szakirány

Az iparbiztonsági szakirány egy teljesen új képzési szakirányként jött létre. A szakirányt választók megtanulják a veszélyes üzemekkel, a veszélyes áruk szállításával kapcsolatos jogszabályokat, a kritikus infrastruktúra védelmével kapcsolatos feladatokat. Hatósági szakembereket kell képezni, akik megfelelő szakértelemmel végzik munkájukat és a biztonsági követelményeket eredményesen végrehajtják. A szakirányon hallgatók a másik két szakirányhoz hasonlóan itt is a gyakorlatra fektetik a hangsúlyt. A képzés igazgatási jellegű, a hallgatóknak több jogszabályt, természettudományi és műszaki ismeretet kell elsajátítaniuk. A végzett hallgatók a katasztrófavédelem iparbiztonsági szakterületén helyezkedhetnek el, továbbá a veszélyes üzemekben végezhetnek felügyeleti feladatokat, ipari kockázatelemzésekben vehetnek részt.

Mesterképzés

A képzés célja olyan felsőfokú végzettséggel rendelkező katasztrófavédelmi szakemberek képzése, akik a Belügyminisztérium, a katasztrófavédelmi szerveknél a hivatásos, az önkormányzati és a létesítményi tűzoltóságnál, a közigazgatási és a gazdasági szerveknél közép- és felsővezető munkakörökben képesek a védelmi feladatok tervezését, szervezését és irányítását eredményesen végrehajtani a katasztrófavédelmi, tűzvédelmi (tűzoltói) és iparbiztonsági szakterületeken.

A mesterképzési szakon végzettek alkalmasak:

- a veszélyhelyzeti kommunikáció és a vezetés összefüggéseinek felismerésére;
- döntéshozó és döntés-előkészítő feladatok ellátására;
- nemzetközi vonatkozású ügyek intézésére;
- döntési javaslatok kidolgozásához szükséges problémaelemzésre és megoldáselemzésre;
- konfliktushelyzetek kezelésére,
- eredményes tárgyalási technikák alkalmazására;
- irányítói és végrehajtói feladatkörök ellátására;
- a belügyi szféra körében rendészeti beosztásokban közép- és felső szintű vezetői feladatok ellátására;
- az iparbiztonság, a polgári védelem, illetve a tűzvédelmi és mentésirányítás szakmai követelményeinek leginkább megfelelő menedzser szemléletű vezetési- és irányítási eszközök használatára, ideértve a korszerű vezetési technikákat és szervezési megoldásokat [24].

Összegzés

A megfelelő és jó kormányzás része a lakosság életének, testi épségének és anyagi javainak biztosítása. A rendvédelem területén és azon belül a katasztrófavédelem tevékenységei során a tűzoltók számára biztosítani szükséges a lehető legmagasabb szintű egyéni védelmet, ami közvetlen kapcsolatot jelent a beavatkozás biztonságára, hatékonyságával is. A katasztrófavédelem beavatkozási célú szervezeti egységei, de ahhoz, hogy a beavatkozó állomány a rászabott feladatokat hatékonyan és eredményesen végre tudja hajtani a mentési és kárfel-számolási munkálatok során elengedhetetlen a tűzoltók egyéni védelmének, illetve a munkavégzéshez szükséges felszerelések biztosítása, továbbá a megfelelő számú és minőségű szak-képzés elérhetősége az állomány számára.

Az új kihívások a katasztrófavédelem munkájában is megjelennek, így elengedhetetlen a hivatásos állomány időről időre való képzése, hogy a szervezet szakemberei felkészülten és a legújabb ismeretek birtokában tudják a mindennapi feladataik során rejlő kihívásokat megoldani.

A szerző a kézirat elkészítéséhez igyekezett a fellelhető források és tapasztalatok összegzését elvégezni melynek során átfogó képet kapunk a katasztrófavédelem képzési rendszeréről. Ennek következtében felhasználható minden olyan oktatási célból, ami a katasztrófavédelem képzési rendszerének megismerését szolgálja.

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 azonosítószámú, „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű kiemelt projekt keretében működtetett Concha Győző Doktori Program keretében, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem felkérésére készült.

The work was created in commission of the National University of Public Service under the priority project KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 titled „Public Service Development Establishing Good Governance” in the Győző Concha Doctoral Program.”

Felhasznált irodalom

- [1] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: *Évkönyv 2016* (2016). Forrás: www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/kiadvanyok/evkonyv_2016_hun.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 06. 13.)
- [2] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: *Évkönyv 2017* (2017). Forrás: www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/kiadvanyok/evkonyv_2017_hun.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 07. 21.)
- [3] HORVÁTH Galina Vlagyimirovna (2017): *A tűzoltóság tűzoltási, műszaki-mentési tevékenységére való felkészülés képzési, oktatási feladatai a katasztrófák elleni védekezés újjáalakult rendszerében*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola. Forrás: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/11110/Magyar%20nyelv%C5%B1%20t%C3%A9ziszf%C3%BCzet%21?sequence=3&isAllowed=y> (A letöltés dátuma: 2018. 09. 01.)
- [4] PÁNTYA Péter (2018): Eredmények a tűzoltók beavatkozói készségének növelésében. *Bolyai Szemle*, 24. évf. 4. sz. 172–180. Forrás: www.hadmernok.hu/180kofop_07_pantya.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 08. 19.)
- [5] HORVÁTH Galina – BERKI Imre (2014): A magyar tűzoltóképzés története. *Bolyai Szemle*, 23. évf. 3. sz. 62–85. Forrás: http://193.224.76.2/downloads/konyvtar/digitgy/tartalomjegyz/bolyai_szemle_2014_3.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 09. 02.)
- [6] KOMJÁTHY László (2013): Magyarország tűzvédelme a határmenti települések tűzvédelme. *Hadmernök*, 8. évf. 1. sz. 99–105. Forrás: www.komjathyaszlo.hu/element/pub/folyoirat/2013-3-hadmernok.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 05. 03.)
- [7] *A tűzvédelem rövid története* (é. n.). Forrás: vas.katasztrofavedelem.hu/vas-megyei-tuzolto-es-polgari-vedelmi-emlekhely/a-tuzvedelem-rovid-tortenete (A letöltés dátuma: 2018. 07. 04.)
- [8] 1996. évi XLIII. törvény a fegyveres szervek hivatásos állományú tagjainak szolgálati viszonyáról. Forrás: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600043.TV> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 23.)
- [9] Szombathely Város Tűzoltósága: Jelentkezés tűzoltónak (é. n.). Forrás: <http://www.szombathely105.hu/jelentkezes> (A letöltés dátuma: 2019. 04. 29.)
- [10] KALAMÁR Norbert – PÁNTYA Péter (2016): A magyar katasztrófavédelem által végzett beavatkozások Védelem Tudomány. *Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 1. évf. 4. sz. 88–99. Forrás: <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/07-kalamar-pantya.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 09. 03.)
- [11] A 2011. évi CXCV. törvény 8/A §-a alapján Katasztrófavédelmi Oktatási Központ Alapító Okirata. Forrás: <http://kok.katasztrofavedelem.hu/letoltes/document/-alapito-okirat.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 08. 02.)
- [12] Katasztrófavédelmi Oktatási Központ: Bemutatókozás. Forrás: <http://kok.katasztrofavedelem.hu/szervezeti-informaciok> (A letöltés dátuma: 2018. 09. 06.)
- [13] Katasztrófavédelmi Oktatási Központ: Oktatási Igazgató Helyettesi Szervezet. Forrás: <http://kok.katasztrofavedelem.hu/oktatasi-igazgato-helyettesi-szervezet> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 02.)
- [14] Katasztrófavédelmi Oktatási Központ: Képzési struktúra. Forrás: <http://kok.katasztrofavedelem.hu/oktatas-kepzes> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 03.)
- [15] Katasztrófavédelmi Oktatási Központ (2012): Átalakulóban a tűzoltó, a katasztrófa- és polgárvédelmi szakképzés. *Katasztrófavédelem*, 54. évf. 7–8. sz. 2–3. Forrás: www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/magazin/k201208.pdf?rand=539 (A letöltés dátuma: 2018. 08. 02.)
- [16] Pest Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság: Hogyan lehet tűzoltó?. Forrás: <http://pest.katasztrofavedelem.hu/hogyan-lehet-tuzolto> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 30.)
- [17] Katasztrófavédelmi Oktatási Központ: Belső szakmai képzések. Forrás: <http://kok.katasztrofavedelem.hu/22-belso-szakmai-kepzesek> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 23.)
- [18] BM Országos Katasztrófavédelmi Kirendeltség: Tűzoltás, műszaki mentés. Forrás: www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=tuzoltas_index (A letöltés dátuma: 2018. 05. 07.)

- [19] BÉRCZI László (2016): Az önkéntes tűzoltó egyesületek működési körülményei és feladatai. *Védelem Tudomány*, 1. évf. 1. sz. 65–81. Forrás: www.vedelemtudomany.hu/articles/05_Berczi.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 08. 01.)
- [20] 9/2015. (III. 25.) BM rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerveknél, az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságoknál, az önkéntes tűzoltó egyesületeknél, valamint az ez irányú szakágazatokban foglalkoztatottak szakmai képzési követelményeiről és szakmai képzéseiről. Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1500009.bm> (A letöltés dátuma: 2018. 06. 29.)
- [21] DIRICZI Miklós – HALÁCSY Sándor (2012): Hogyan alakul az önkéntes tűzoltók képzése? *Katasztrófavédelmi Szemle*, 19. évf. 3. sz. 32.
- [22] 2011. évi XXXVI. törvény a Nemzeti Közszolgálati Egyetem létesítéséről. Forrás: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100036.tv> (A letöltés dátuma: 2018. 07. 12.)
- [23] 1278/2010. (XII. 15.) Korm. határozat a Nemzeti Közszolgálati Egyetem létrehozásáról Forrás: <http://www.terport.hu/jogszabalyfigyelo/nemzeti-kozszoalati-egyetem-letrehozasarol-hatarozott-a-kormany-intezkedes-szule> (A letöltés dátuma: 2018. 06. 03.)
- [24] BLESZITY János et al. (2014): A katasztrófavédelem szak oktatásának aktuális kérdései. *Bolyai Szemle*, 23. évf. 3. sz. 7–13. Forrás: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/kutatas/folyoiratok/bolyai_szemle/Bolyai_Szemle_2014_03_online.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 09. 12.)
- [25] Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet. Forrás: <https://kvi.uni-nke.hu/intezetunkrol/bemutakozas> (A letöltés dátuma: 2019. 05. 07.)
- [26] TOLLÁR Tibor et al. (2016): Az oktatás, a szakmai felügyelet és gyakorlati tapasztalatok összhangjának szükségessége a tűzvédelem hatékonyságának növelésében. In: *Tűzoltó Szakmai Napok 2016*, Szentendre, 2016. 03. 02. Konferenciakiadvány. Budapest, BM OKF. 177–181. Forrás: https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/tszn-2016_i_resz.original.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 09. 03.)
- [27] RESTÁS Ágoston et al. (2016): A tűzvédelem komplex oktatása a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézetében. In: *Tűzoltó Szakmai Napok 2016*, Szentendre, 2016. 03. 02. Konferenciakiadvány, Budapest, BM OKF. 177–181. Forrás: https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/tszn-2016_i_resz.original.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 09. 03.)
- [28] Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási szakirány. Forrás: <https://kvi.uni-nke.hu/oktatas/alapkepzes/tuzvedelmi-es-mentesiranyitasi-szakirany> (A letöltés dátuma: 2018. 08. 26.)

Szatai Zsolt József¹

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközök

Technical Devices for Metal Content Explosive Ordnance Detection

A tanulmányban a robbanóanyagok és robbanószerkezetek általános ismertetésén túl bemutatom a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközöket. Ezen eszközök felhasználási területe rendkívül széles körű. Az alkalmazók között megtalálható a biztonsági szektor minden szegmense a hadseregtől a magánbiztonsági szolgálatokig. Ezen túlmenően az eszközök kiváló segítői a roncs- vagy hadszíntérkutatásnak és a kincskeresésnek is, szárazföldön és víz alatt egyaránt.

Kulcsszavak: robbanószerkezet, felderítés, fémmérző, robbanóanyag

In addition to the general description of explosives and explosive devices in this study, I present the technical devices used to detect metal content explosive ordnances. The use of these devices is extremely wide. Employers include all segments of the security sector from the military to private security services. In addition, the devices are excellent helpers for wreck or military research and treasure hunting both on land and under water.

Keywords: explosive ordnance, detection, metal detector, explosive

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: szataizsolt@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6963-0500

Bevezetés

„A felderítésre fordított idő sohasem elpazarolt.”²

A robbanóanyagok feltalálása óta igen hosszú idő telt el és ezeket a „szereket” megszámlálhatatlan esetben alkalmazták az emberiség javára és ellene is. A felfedezés vagy gyártás során bekövetkezett véletlen robbanások egyértelműen bizonyították ezen anyagok „bűvös erejét”. Annak ellenére, hogy hosszú időn keresztül vallási ünnepeken csak tűzijátékként használták őket, rájöttek arra is, hogy másra is felhasználható [1].

A robbanóanyagok tulajdonságainak rendszer szerinti tudatos felhasználása eredményezte a robbanószerkezetek létrejöttét. A robbanószerkezetek alkalmazhatók a védelmi és a támadó műveletek során is. Az ilyen irányú katonai alkalmazás megváltoztatta a hadművészet jellegét. A szembenálló felek nemcsak nagyobb hatékonysággal voltak képesek egymás élőerejének és technikai eszközeinek pusztítására, hanem a technika fejlődésével mindezt egyre távolabbról voltak képesek végrehajtani. Bizonyos esetekben, például az aknamezők vagy „trükkös csapatok” [6] alkalmazásával, még a telepítő fél nagylétszámú helyszíni jelenlétét sem igényelték.

Alkalmazásukkal egy időben megfogalmazódott a robbanószerkezetek elleni védekezésre való igény, ezáltal növelve a saját csapatok túlélőképességét. Az erők védelmének ez irányú feladatai nemcsak a személyi állomány fizikai védelmét biztosító fedezékek, óvóhelyek kiépítését és az erődítési rendszerek, továbbá a technikai eszközök fejlesztését foglalta magába, hanem ezzel párhuzamosan felértékelődött a robbanószerkezetek felderítésének fontossága is. A robbanó műszaki zárok (aknamezők, aknacsoportok) felderítése kiemelten fontos feladattá vált és kulcsfontosságú szerepet játszott a mozgásbiztosítás során [3].

A katonai műveletek befejezését követően a robbanószerkezetek felderítése nem veszített fontosságából, hanem alapvető feltételként jelent meg ahhoz, hogy az adott területen „újra tudjon indulni az élet”. Mindenekelőtt meg kellett a területet tisztítani a katonai cselekményből visszamaradt és gyilkos veszélyt rejtő robbanószerkezetektől. E folyamatnak az alapját képezte és képezi ma is a felderítés.

Az utóbbi évtizedek katonai konfliktusai és a megváltozott biztonsági környezetben létrejött terrorizmus ismét a figyelem központjába helyezte a robbanóanyagok és -szerkezetek felderítését. Azonban az esetek többségében ezek a felderítések már nem a mozgástámogatás részeként vagy a területek megtisztításakor játszanak szerepet, hanem egy valószínűsíthető cselekmény bekövetkezését hivatottak meggátolni.

Fontos szerepet játszik az ez irányú felderítés a preventív biztosítási feladatokban, például létesítmények védelmében, illetve rendezvények és kiemelten fontos személyek biztosításával kapcsolatban is.

² Jasper Forde, kortárs angol író.

Robbanóanyagok

Robbanóanyagoknak azokat a vegyületeket vagy keverékeket nevezzük, amelyek meghatározott külső behatásokra gyors kémiai átalakulásra képesek, az átalakulásuk közben nagy mennyiségű, magas hőmérsékletű és nagynyomású gázok szabadulnak fel, amelyek kiterjedésük közben mechanikai munkát végeznek [4].

A nagy reakciósebesség miatt az égés kívülről nem táplálható, ezért a robbanóanyagok az oxidációhoz szükséges összes összetevőt (az oxigént is) magukban hordozzák. Ez az alapvető különbség a robbanóanyagok és a tüzelő-, valamint motorhajtó anyagok között. A robbanóanyagok további jellemzői az alábbiak [9]:

- érzékenység, amely lehet:
 - ütésérzékenység;
 - dörzsérzékenység;
 - hőérzékenység;
 - láng- és szikraérzékenység;
- detonáció-átadóképesség;
- detonációsebesség;
- stabilitás;
- oxigénegyensúly;
- robbanáshő;
- robbanási termékek térfogata;
- robbanási nyomás;
- munkavégző képesség;
- mérgező gáz-tartalom;
- robbanást kísérő jelenségek (elsődleges, másodlagos, harmadlagos).

A robbanóanyagokat többféle megközelítésben vizsgálhatjuk és különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk:

- Érzékenység szerint:
 - érzékeny (például hexogén);
 - kezelésbiztos (például TNT).
- Felhasználási terület szerint:
 - katonai robbanóanyag;
 - ipari robbanóanyag;
 - házi készítésű robbanóanyag;
 - pirotechnikai anyagok és keverékek.
- Halmazállapot szerint:
 - diszperz robbanó rendszerek (robbanóképes gázok, gáz-por keverékek);
 - kondenzált fázisú robbanóanyagok;
 - folyékony;
 - szilárd.

- Hatásmechanizmus szerint:
 - iniciáló (primer);
 - brizáns (secunder);
 - impulzív (tolóhatású).
- Összetétel szerint:
 - hőelvonással képződött vegyület;
 - égő anyag és oxigén vegyülete;
 - égő anyag és oxidáló anyag keveréke.

A primer vagy iniciáló robbanóanyagokban a detonációt nemcsak a lökeshullám, hanem egyéb energiaforrás is kiválthatja. Robbanásukkor kevés nagyterefogatú gáz keletkezik. Elsősorban a brizáns robbanóanyagok detonációjának előidézésében van fontos szerepük. A primer robbanóanyagok jellemzői:

- kristályos szerkezetűek;
- vízben nehezen vagy rosszul oldódnak;
- víznél nehezebb, világos színű anyagok;
- detonációsebességük 5200–5400 m/s;
- ütésérzékenységük viszonylag alacsony;
- munkavégző képességük kicsi;
- külső mechanikai behatásokra érzékenyek.

1. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány primer robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	PRIMER (INICIÁLÓ) ROBBANÓANYAGOK		
		Durránóhigany	Ólom-azid	Ólom-sztfínát (TNRSz, teneresz)
Szín		fehér	fehér	élénksárga
Szerkezete		kristályos	kristályos	kristályos
Oldódás vízben		rosszul	nehezen	nehezen
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	4,42	4,80	3,00
Detonációsebesség (D)	m/s	5400	5300	5200
Ütésérzékenység (Ü)	J	1	1,20	2,50–5,00
Oxigénegyenleg (O)	%	-11,20	-5,50	-18,80
Elpuffanáspont (Te)	°C	170	340	275
Alkalmazásuk		gyutacsok, csappantyúk és lobbantók töltése; vegyi reakció kézzel	gyutacsok primer töltete, vegyi reakció alumíniummal	gyutacsok közbenső töltete

A szekunder vagy brizáns robbanóanyagok robbanása csak megfelelő erősségű lökéshullámmal idézhető elő (például gyutacs vagy másik robbanóanyag-töltet robbanásának hatására). Nagy detonációsebességük és a keletkező jelentős gázképződés miatt az ipari és a katonai gyakorlatban kiemelt jelentőségű az alkalmazásuk. Külső mechanikai behatásra viszonylag érzéketlenek, ütészékenységük magas.

2. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány szekunder robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	MAGAS HATÓEREJŰ		
		Ten/Nitropenta	Hexogen	Tetril
Szín		fehér	fehér	sárga
Szerkezete		kristályos	apró kristályos	kristályos
Oldódás vízben		nem	nem	nem
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	1,77	1,82	1,73
Detonációsebesség (D)	m/s	8400	8750	7200
Ütészékenység (Ü)	J	3	7,40	3
Olvadáspont (To)	°C	141,30	202	130
Elpuffanáspon (Te)	°C	205	230	190
Alkalmazásuk		gyutacsok szekunder töltete; RGYZS; SEMTEX	gyutacsok szekunder töltete; RGYZS; Compozit C4; hexotol	lőszerek közbenső detonátora; gyutacsok szekunder töltete

3. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány szekunder robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	KÖZEPES HATÓEREJŰ	
		TNT Trinitrotoluol	SEMTEX
Szín		sárga, sárgásbarna	82–86% flegmatizált nitropenta, 14%-a plasztifikáló kocsonya
Szerkezete		kristályos	plasztikus
Oldódás vízben		nem	nem
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	1,64	1,50
Detonációsebesség (D)	m/s	6900	Képlékenységét –20 °C és +40 °C közötti hőmérsékleten is megtartja. Célszerű alkalmazási területe a bonyolult fémszerkezetek, idomvasak, gömbtartók, sodronykötelek robbantása. Különösen jól felhasználható a csapatoknál készített kumulatív töltetek kialakítására.
Ütésérzékenység (Ü)	J	15	
Olvadáspont (To)	°C	80,80	
Elpuffanáspon (Te)	°C	300	
Alkalmazásuk		préstestek, földrobbantó töltetek, lövedékek, bombák, aknák töltetének alkotóeleme	

Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok olyanok, amelyek összetételükben jellemzően ammóniumnitrát és más robbanóanyag keverékéből, valamint ammóniumnitrát és más éghető anyag keverékéből állnak. Jellemző felhasználási területük az ipari, bányászati és építőipari robbantási feladatok. Jól alkalmazhatók a katasztrófavédelem robbantási feladatai, illetve a fémek robbantással történő megmunkálása során is.

Impulzív vagy tolóhatású robbanóanyagok (lőporok) olyan anyagok, amelyek égése során nagy mennyiségű gázok keletkeznek. Égési sebességük kb. 600–700 m/s, de ezt nagyban befolyásolja az összetevők keverési aránya, az adalékanyagok, oldószerek mennyisége és minősége. Égésük nagyban függ a körülményektől (nyomás, hőmérséklet, nedvesség). Típustól függően már 2% nedvesség hatására elveszíthetik égési képességüket. Alapvetően két csoportra oszthatók:

- füstös lőpor (feketelőpor);
- füst nélküli lőpor.

A feketelőport leggyakrabban pirotechnikai anyagok készletetető és hajtótölteteként használták fel. A füst nélküli lőport leggyakrabban gyalogsági és tüzérségi lőszerkezetek hüvelyének töltésére, továbbá reaktív lőszerkezetek hajtóanyagaként kerül használták fel.

A pirotechnikai termékek olyan eszközök, amelyek pirotechnikai anyagot vagy keverékeket tartalmaznak. Működésük során előre meghatározott speciális hatást fejtenek ki (lásd láng, füst, fény, hang és dinamikai hatás) [8]. A pirotechnikai termékek az alábbiak szerint csoportosíthatók [10]:

- Hadipari termékek:
 - gyújtózsínok;
 - NONEL;
 - világító- és jelzőrakéták
 - nyomjelzős lövedékek;
 - színes füstök, ködök;
 - hang- és fénygránátok;
 - dörzsgyújtók.
- Technikai termékek:
 - AIR BAG;
 - övfeszítők;
 - katapultok;
 - kötélkilövő;
 - jelzőfáklyák;
 - vihargyufák;
 - rántó- és dörzscsappantyúk.
- Szórakoztató termékek:
 - csillagszórók;
 - szikraszökőkutak;
 - rakéták;
 - római gyertyák;
 - bombák, bombetta telepek;
 - bengál égők;
 - mozsarak;
 - színpadi effektek.

A robbanóanyagok csoportosításánál meg kell említeni a házi készítésű robbanóanyagokat (HME)³ is, amelyek rögtönzött robbanószerkezetekben történő felhasználása széles körben elterjedt. Előállításuk és felhasználási területük annyira széles körű, hogy ebben a tanulmányban nem ismertetem, a témát egy későbbi tanulmányban dolgozom fel.

A robbanószerkezetek

Robbanószerkezetnek nevezünk minden olyan tárgyat, eszközt, amely robbanó vagy pirotechnikai anyagot tartalmaz [7]. A köznyelvben általában csak bombának nevezik őket, ez azonban nem pontos, hiszen ez csak a robbanószerkezetek egy csoportja. Minden robbanószerkezetre igaz, hogy az eszköz felrobbanásakor pusztítást és károkat okoz. A robbanószerkezetek az alábbiak szerint csoportosíthatók [8]:

- polgári (ipari) felhasználású;
- katonai és rendészeti felhasználású;
- terror jellegű.

A polgári élet több területén alkalmazott ipari robbantóeszközök, -anyagok hasznos munkavégzésre készülnek. Ennek megfelelően eredményesen használhatók a bányászat vagy az építőipar egyes területein. Ugyancsak eredményesen alkalmaz robbantóeszközöket a katasztrófavédelem az árvízi védekezés során a torlaszok és műtárgyak robbantására vagy jég-robbantásra. De ide sorolhatók a szórakoztató pirotechnikai termékek (tűzijátékok) és a technikai jellegű pirotechnikai termékek (például légzsák) is.

A katonai és rendészeti felhasználású robbanószerkezetek az alábbi fő csoportokba sorolhatók [2]:

- gyalogsági lőszerke;
- kézigránátok;
- puszkagránátok;
- kézi páncélelhárító gránátvető lőszerkei;
- aknavető gránátok;
- tűzérési gránátok;
- aknák;
- rakéták;
- bombák.

Az elmúlt egy évszázadban egyre intenzívebben megjelenő terrorizmus is sokszor alkalmaz robbanószerkezeteket – ezeket nevezik összefoglaló néven „pokolgépnek” [5]. A célja ezeknek az eszközöknek a félelemkeltés és a minél nagyobb veszteség okozása. Házilag, rögtönzött módon készítik őket, gyakran használnak házi készítésű robbanóanyagokat, azonban előszere-ttel alakítanak át katonai robbanószerkezeteket is.

³ HME, Home Made Explosive, házi készítésű robbanóanyag.

A NATO-terminológia szerint az ilyen rögtönzött robbanószerkezetek annak harcászati alkalmazhatósága szerint lehetnek [11]:

- gépjárműbe épített;
- személy által működésbe hozott;
- irányított;
- telepített.

A rögtönzött robbanószerkezetek szerkezeti megoldásait tekintve rendkívül sokfélék lehetnek. Technikai kialakításuk és indítási módjuk megválasztásának gyakran csak a fantázia és a készítő felkészültsége szab határt.

A robbanószerkezetek felderítésének módszerei

A robbanószerkezetek felderítésének lehetséges módszerei rendkívül széles spektrumban határozhatók meg. Az alkalmazott módszer függ a személyi állomány és a technikai eszközpark által minőségben és mennyiségben rendelkezésre álló képességektől. A személyi állomány felkészültségétől, kiképzettségétől, illetve a technikai eszközök által biztosított lehetőségektől. Mindezek figyelembevételével a felderítési módszereket bizonyos szempontrendszerek alapján kell csoportosítani. Az egyik ilyen lehet a felderítésben részt vevő személyi állomány felderítés végrehajtása közben történő elhelyezkedése a robbanószerkezethez képest:

- az élőrő (kezelőszemélyzet) biztonsági területen belüli tartózkodása;
- az élőrő (kezelőszemélyzet) biztonsági területen kívüli tartózkodása.

A felderítésben részt vevő személyi állomány abban az esetben tartózkodik a robbanószerkezethez viszonyított biztonsági zónán belül, ha a felderítés az azt végrehajtó állomány közvetlen jelenlétét követeli meg. Ilyen lehet a legegyszerűbb vizuális átvizsgálás, terepkutatás vagy a robbanóanyag-kereső kutyával történő kutatás is. Ebbe a kategóriába sorolható a robbanószerkezetek felderítésére kifejlesztett azon technikai eszközök alkalmazása is, amelyek kezelése közvetlen érintkezést igényel. Ilyen lehet például a kézi aknakutató műszerek kezelése, de ide sorolható egy indukciós aknakutató gépjárművet kezelő és abban tartózkodó személyi állomány is, hiszen a technikai eszköz nyújt számukra minimális védelmet, de attól még a biztonsági területen belül tartózkodnak. A kezelőszemélyzet abban az esetben tartózkodik a biztonsági területen kívül, ha az általa kezelt eszköz távolról irányítható. Például távirányított robotok vagy pilóta nélküli repülőgépek alkalmazásával.

Egy másik szempontrendszer kialakítható a robbanószerkezet összetevőinek vizsgálatával, vagyis, hogy a keresés annak mely összetevőjére irányul. Ezek például az alábbiak lehetnek:

- a robbanószerkezet fémtartalma;
- a robbanószerkezet fő töltetét alkotó robbanóanyag.

A robbanószerkezetek nagy százalékban tartalmaznak fémet. Ezen állítás különösen igaz az előzőekben ismertetett, alaprendeltetésében katonai feladatokra készített robbanószerkezetekre. A gyújtószerkezetek biztosító és működtető részei, a robbanószerkezet burkolata

vagy sok esetben pusztító hatásának fokozására belehelyezett repeszképző anyagok fémből készülnek. Természetesen az alkalmazás jellegétől függően a fémtartalom eltérő lehet, ami meghatározza annak felderíthetőségét és az arra irányuló módszert és technikai eszközt is.

Azon robbanószerkezetek felderítése, melyek nem tartalmaznak fémet, leggyakrabban a robbanószerkezet fő töltetét alkotó robbanóanyag felderítésével történik. Természetesen az ilyen irányú felderítési módszerek sikeresen alkalmazhatók az előző esetben is, hiszen a fémtartalmú robbanószerkezeteknek is van fő töltetük, viszont mindez fordítva nem igaz.

Tekintettel a felderítési módszerek széles körű alkalmazhatóságára, jelen tanulmányban a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközöket és azok alkalmazási lehetőségeit mutatom be.

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéshez alkalmazható technikai eszközök

A különböző anyagú és méretű fémek detektálására többféle elven működő fémkereső (érzékelő) készülék létezik, amelyek a fémeket más és más módon érzékelik. A legfontosabb típusok:

- abszorpciós (Drop-out) fémkereső;
- keverő oszcillátoros (BFO);
- kiegyensúlyozott indukciójú (Induction Balanced);
- félrehangolt rezgőkörű (Off-resonance);
- alacsonyfrekvenciás (Very Low Frequency);
- impulzusüzemű (Pulse Induction);
- rádiós (Ultra High Frequency);
- terahertzes képalkotók (TeraHertz);
- magnetométerek és földradarok.

Az abszorpciós fémkereső működési elve az örvényáramok, illetve mágneses vasvesztéségen alapul. A keresőtekercs jelét egy kis teljesítményű, nagyfrekvenciás oszcillátor biztosítja. Ezen tekercs által keltett mező a fémekben nagy veszteségű örvényáramokat eredményez. Az energiaelvonás következtében a rezgés amplitúdója csökken, sőt túl közeli nagy fém esetén akár teljesen meg is szűnik. Az ilyen irányú eltérést a műszer érzékeli és jelzést ad. Ezen az elven működik a legtöbb biztonsági rendszer hordozható fémkeresője, a kézi illetve a fémérzékelő kapuk is.



1. ábra. Garrett PD6500i fémérzékelő kapu működése [18]

A fémérzékelő kapu, mint neve is mutatja, a kapu alatt áthaladó személyeknél lévő fémtárgyak felderítésére szolgál, tehát nem alkalmas például kerámia vagy polikarbonát anyagú szűrő-, vágófegyverek kimutatására.

Ezt repülőtereken általában azzal küszöbölik ki, hogy a kapu üzemeltetője beállíthatja, hogy az áthaladó személyek hány százaléka kapjon akkor is tilos jelzést, ha nincs nála semmilyen fémtárgy. Így az elkövetőt annak ellenére, hogy nem fém alapanyagú támadóeszközzel akar a fedélzetre jutni, ugyanolyan motozásnak vetik alá, mintha fémtárgyat jelzett volna nála a fémérzékelő kapu. Mivel ez a véletlen kiválasztó funkció szabadon változtatható 1% és 99% között, a repülőtér biztonságáért felelős hatóság az aktuális fenyegetettségi szintnek megfelelően tudja elrendelni a véletlen kiválasztó funkció százalékos értékének növelését vagy csökkentését. A fémérzékelő kapuk kiegészítőjeként kézi fémkeresőket alkalmaznak.



2. ábra. Garrett Super Scanner-V kézi fémkereső [16]

A kézi fémkeresők igen egyszerű eszközök, amelyek azt a célt szolgálják, hogy behatárolni, pontosítani lehessen a fémérzékelő kapu által kiválasztott személynél a fémtárgy (fémtárgyak) elhelyezkedését [17]. A mai modern, prémiumkategóriájú fémkeresőknek két fontos képessége van: alkalmasak sípolással vagy hangtalanul (rezgéssel) is jelezni a fémtalálatot, illetve a hang (rezgés) erőssége arányos a megtalált fémtömeg nagyságával. Használatuk rendkívül egyszerű és rövid idő alatt elsajátítható, így tökéletes eszköz a biztonsági területek beléptető pontjain szolgálatot ellátó személyek részére.

A fémek észlelésének másik, egyben talán legegyszerűbb módja az úgynevezett keverő oszcillátoros (Beat-Frequency Oscillator, BFO) műszer használata. Egy BFO-rendszerben két tekercs van: egy nagyobb tekercs a keresőfejben és egy kisebb tekercs a vezérlődobozban. Minden tekercs egy olyan oszcillátorhoz kapcsolódik, amely másodpercenként több ezer impulzus áramot generál. Ezen két impulzus frekvenciája kissé eltolódik a két tekercs között. Amint az impulzusok minden egyes tekercsen keresztülhaladnak, a tekercs rádióhullámokat generál. Egy kis vevő a vezérlődobozban felveszi a rádióhullámokat, és hallható hangsorokat (ütéseket) hoz létre a frekvenciák közötti különbség alapján [19].

Ha a keresőfejben lévő tekercs egy fémtárgy fölé kerül, akkor a tekercsen átfolyó áram által okozott mágneses mező mágneses teret hoz létre az objektum körül. Az objektum mágneses mezője megzavarja a keresőfej tekercs által generált rádióhullámok frekvenciáját. Mivel a frekvencia eltér a vezérlődobozban lévő tekercs frekvenciájától, a hallható ütemek időben és erősségben változhatnak. A BFO-rendszerek egyszerűsége lehetővé teszi, hogy nagyon alacsony költséggel gyárthatók és értékesíthetők.

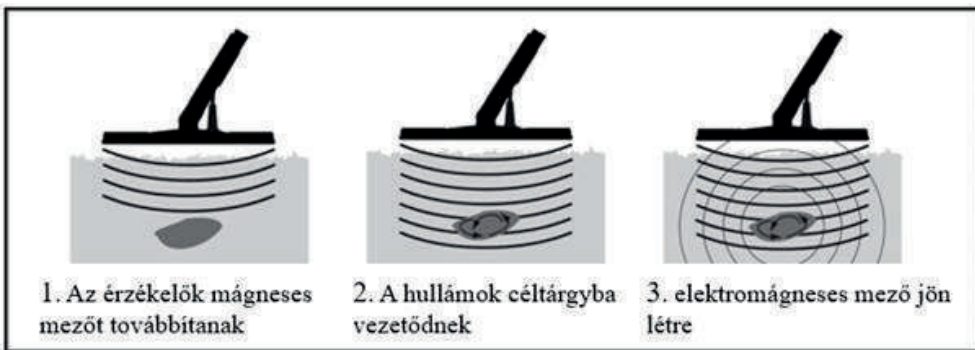


3. ábra. BFO-rendszerű fémkereső [27]

Azonban ezek az érzékelők nem biztosítják a más rendszerek által nyújtott pontossági szintet, illetve számos hátrányuk is van:

- A két oszcillátor a nagyon közeli frekvenciák miatt hat egymásra, azaz a keverőn keresztül képesek egymást bizonyos mértékben elhangolni, ami az apróbb tárgyak érzékelését befolyásolja.
- Fülhallgatójában folyamatos sípolás (fütyty) hallható, ami a működés elvéből következően nem szüntethető meg. Ez tartós használat esetén rendkívül zavaró.
- Nem tiltható ki egyes fémek érzékelése, így például „szemetes” területen (alufóliadarabok, robbanás okozta szilánkok stb.) használhatatlanná válik, mert állandóan jelezni fog.
- Gyakori utánhangolást, állítgatást igényel a telepek (áramforrások) kimerülése és a hőmérséklet okozta frekvenciaváltozások miatt.
- Földhatásra érzékeny, vagyis nemcsak a fémtárgyak, hanem a talaj közeledése-távolodása is elhangolja.
- A talaj egyenetlensége miatt is hamis találatot jelez.

A kiegyensúlyozott indukciójú (Inductive Balance, IB) fémkeresőben az amplitúdó-modulált jeleket adó oszcillátor két tekercset táplál. Ezen két adótekercs csévélési iránya ellentétes. Egymásra helyezve őket a kettő közötti mágneses tér elvileg zérus. A harmadik tekercs az előbbi kettő között helyezkedik el, és ennek kivezetésein fémentes állapotban nincsen feszültség (kompenzáló áramkörrel kiegyenlíthetőek kisebb gyártási és szerelési eltérések). Ha bármely irányból fém kerül a tekercsek közelébe, valamelyik adótekercshez közelebb lesz, így az aszimmetrikus elrendezés miatt felbomlik a mágneses mező kiegyenlítetttsége, és ez a középső (kereső)tekercsben jelfeszültséget indukál. Ezen jelet felerősítve és egyenirányítva hangjelet kapunk a fülhallgatón [20].



4. ábra. Az IB-fémkereső működési elve [25]

Az ilyen rendszerű eszközöket főként az iparban és a fegyveres testületeknél alkalmazták.



5. ábra. IMP-típusú indukciós aknakutató műszer [26]

Az alacsonyfrekvenciás vagy VLF-detektor (Very Low Frequency, nagyon alacsony frekvencia) nevét onnan kapta, hogy a BFO-rendszerű érzékelőkkel ellentétben nagyon alacsony frekvenciatarományban működik. A szokásos működési frekvencia 3 kHz és 50 kHz között van [21]. A VLF-típusú fémkeresők a talajban általában 20–30 cm mélységig érzékelnek. Az érzékelés mélysége függ az alkalmazott frekvenciától, a céltárgy nagyságától, valamint a készülék érzékenységétől. A keresési mélységet továbbá befolyásolja a használt keresőfej kialakítása és mérete is.



6. ábra. Alacsony frekvenciás fémerzékelő műszer [15]

Függetlenül a működési frekvenciától, a VLF-rendszerű fémérzékelőknek két típusa van:

- a mozgásra detektáló;
- mozgás nélkül is detektáló.

A mozgásra detektáló fémérzékelő azt jelenti, hogy a fémkereső csak akkor ad jelet, ha a keresőfej és a fémtárgy között relatív elmozdulás van. Abban az esetben, ha nincs elmozdulás a tekercs és az érzékelendő céltárgy között, a műszer nem ad jelet, vagy sok esetben folyamatosan jelez. Ezzel a technikával készül a ma forgalmazott VLF-fémkeresők 95%-a.

A mozgás nélkül is detektáló fémkeresők folyamatosan jelet adnak, ha a fémtárgy a keresőtekercs hatótávolságán belül van, függetlenül attól, hogy történt-e elmozdulás vagy sem. Ezt a technikát ma már csak kevés gyártó alkalmazza önállóan. A fejlettebb műszerek képesek arra, hogy a megfelelő kezelőszerv segítségével, a két működési típus között váltani tudnak.

Az impulzusüzemű (Pulse Induction, PI-detektor) periodikusan kibocsátott nagy teljesítményű impulzusokkal működik [22]. Kifejlesztésére azért volt szükség, hogy a fent ismertetett típusú fémkeresők behatolási mélysége a talajban erősen korlátozott, sok esetben csak a felső 30–40 cm talajrétegre korlátozódik. Ennek az oka, hogy a talajban a kisugárzott rádióhullámok erőssége csökken. A PI-detektor úgy állítja elő impulzusait, hogy lelassítja a hullámok lecsengésének folyamatát. Az ilyen módszer alkalmazásán alapuló készülékek nagy előnye, hogy megfelelő időzítéssel a talaj hatása elhanyagolható és a nagy impulzusteljesítmény miatt jelentős behatolási (detektálási) mélység érhető el. Az érzékelés mélysége az impulzusok teljesítményétől és a keresőtekercs nagyságától függ [22].



7. ábra. Impulzus üzemű fémkereső készlet [24]

A PI-detektor hátránya, hogy működési elvéből következően nem tud különbséget tenni az érzékelt fém típusa között, vagyis minden fémet kijelez. PI-detektort leggyakrabban a roncskutatásban és műszeres területmentesítések során alkalmazzák.

A különböző műszerek alkalmazásával csak bizonyos korlátok között lehet fémet érzékelni. Például nagyobb méretű keresőtekercs érzéketlen az olyan kisebb tárgyakra, mint az érmék, gyűrűk. Vannak továbbá olyan fémekek is, amelyek kifejezetten rosszul detektálhatóak

(korrózióálló és hőálló acélok), emiatt egyéb technológiák is megjelentek a fémek érzékelésére és kimutatására [23]. Ilyen eszközök lehetnek az ultra magas frekvenciájú fémkeresők vagy a terahertz tartományú képalakítók. Ezen eszközöket főleg a biztonsági szolgálatok alkalmazzák.

Nagy számban jelentek meg a magnetométerek és a földradarok a fémdetektálás területén. Használatukkal jó eredmények érhetőek el a nagy méretű és nagy mélységben lévő fémtárgyak (például elsüllyedt harckocsi) helyének meghatározása során. Továbbá alkalmas geológiai érctelepek helyének kutatására, illetve a földradar egy speciális változata (borehole-radar) alkalmas hadszínterek hátrahagyott aknamezőinek felderítésére is. Ezen technikai eszközöket a későbbiekben külön tanulmányban ismertetem.

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítését befolyásoló tényezők

A fenti fémkeresők különböző működési elvek szerint épülnek fel, azonban mindegyiket egy közös cél szerint tervezték. A tervezés nyilvánvaló célja, hogy érzékelje a beállítástól függően akár egészen kicsi fémtárgyakat is, illetve fémszerkezetek elhelyezkedése behatárolható legyen, továbbá tudja azok kontúrját erősen megkülönböztetni a környezetétől.

A folyamatosan fejlődő technológiai eljárások lehetővé tették új eszközcsaládok kifejlesztését is. Ezek az új könnyű és érzékeny fémkeresők már nemcsak a biztonsági szektor igényeinek felelnek meg jobban, hanem számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetően rövid idő alatt az ásványkutatók és a „kincsvadászok” kedvenceivé váltak. Azonban a legmodernebb eszközök sem működnek hibátlanul. A fémkeresők nagy többségének alaprendeltetése, a talajszint alatt elhelyezkedő fémszerkezetek felkutatása a lehető legnagyobb mélységben és pontossággal. A felkutatás mélysége és pontossága az alábbiaktól függ [14]:

- a talaj vezetőképessége;
- a fémszerkezet mérete;
- a fémszerkezet alakja;
- az ottlétének időtartama.

A talaj vezetőképessége függ annak ásványianyag-tartalmától. Súlyosan ásványos talaj általában csökkenti a sonda behatolási erejét. A talajásványosodás elnyomása nagyon fontos feladat egy fémkereső tervezésekor, hiszen amennyiben ez nem megfelelő, számtalan téves jelzést eredményezhet, ami időigényessé és akár eredménytelenné is teheti a keresés folyamatát. A téves jelzések kiküszöbölésének érdekében csökkenteni kell a műszerek érzékenységet azonban ez általában a behatolási mélység csökkenését is eredményezheti.

A fémtárgy mérete befolyásolja a felkutatásának eredményességét. Minél nagyobb a fémes tárgy, annál könnyebben és annál mélyebbről is ki lehet mutatni. Hiszen minél több fémes területet érzékel egy fémkereső felülről, annál mélyebben lesz kimutatható. Például egy fémhordót sokkal könnyebben ki lehet mutatni, mint egy pénzérmét.

A méretén kívül a fémtárgy alakja is befolyásoló tényezőként hat. A gyűrű vagy hurok alakú tárgyak fekvő pozícióban a föld alatt, a legjobb eredményeket hozzák mérés szempontjából, de a lapos vagy tál alakú objektumok is hasonlóan könnyen észlelhetők. Szintén könnyen ér-

zékkelhetők a tüzérségi lövedékek, repülőbombák, azonban a rúd alakú tárgyakat, fémkábeleket nagyon nehéz észlelni, így felkutatásukhoz más módszerek szükségesek.

Fontos tényező még, hogy a fémtárgy mennyi ideje van eltemetve a talajban. A különféle vegyi anyagok a talajban korróziós hatással vannak a fémekre. Néhány fém gyorsabban rozsdásodik, míg mások kevésbé. A modern cinket például nagyon gyorsan megtámadják ezek a talajban levő vegyi anyagok, míg a réz és az ezüst sokkal jobban ellenáll ezeknek. Mivel ezek a vegyi anyagok „eszik” a fémet, így azon rozsdá keletkezik, ami felszívódik a környező talajban. Ez okozza azt, hogy talaj a fémtárgy közelében vezetőképessé válik, így a fémtárgy jóval messzebből észlelhető lesz a fémmérzővel, mint az pár évvel korábban volt. Ezzel párhuzamosan azonban a talaj elrozsdásodása a fémszerkezet helyének és elhelyezkedésének pontos meghatározását is megnehezíti.

Az átlagos felszíni fémkeresők a kisebb tárgyakat (például érem, gyűrű) max. 30–35 cm-ig képesek érzékelni vannak azonban erősebb modellek, amelyek nagyobb fémtárgyakat, például egy 10 cm átmérőjű tüzérségi lövedéket képesek akár 4–5 méter mélyen is érzékelni. A kereskedelmi forgalomban vásárolható fémmérzők ára általában arányban vannak a teljesítményükkel, tudásukkal és megbízhatóságukkal.

Összegzés, következtetések

A tanulmány bemutatja azokat a technikai eszközöket, amelyek jó hatékonysággal alkalmazhatóak a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítésének érdekében. Számos olyan biztonsági terület van, ahol a fémmérző műszerek eredményesen alkalmazhatóak. Ide sorolható a kiemelt objektumok beléptetőpontjainak biztosítása, de eredményesen használhatóak a humanitárius akna- és lőszermentesítés, a tűzserész-biztosítás vagy akár a hadisírok felkutatása, illetve a hadtörténeti témájú hadszíntérkutatás területén is.

A katonai műveletekben is jól alkalmazhatóak a mozgástámogató műveletek során, például az útfelderítő és mentesítő csoportok⁴ eszközeiként gépjárműre szerelve vagy kézi használattal.

Megállapítható azonban, hogy a szembenálló felek vagy ellenérdekelt csoportok technikai és taktikai fejlődésének következtében a robbanószerkezetek elkészítése közben egyre gyakrabban kerül a fémszerkezetek alkalmazását. Nagy mennyiségben gyártanak házilag készített robbanóanyagokat, és annak felhasználásával olyan rögtönzött robbanószerkezeteket készítenek, amelyek a fémtartalom hiánya vagy az alkalmazott eljárás miatt nem mutathatók ki a tanulmányban említett eszközökkel, illetve azok használata az adott körülmények között korlátozott.

Az ilyen szerkezetek kimutatására is kifejlesztettek technikai eszközöket, amelyek nagy hatékonysággal alkalmazhatóak önállóan vagy a tanulmányban említett eszközökkel kombinálva.

⁴ Útfelderítő és mentesítő csoport, Route Clearance Team.

Felhasznált irodalom

- [1] SZABÓ Sándor – TÓTH Rudolf (2012): Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. évf. Különszám, 14.
- [2] HATALA András – KELEMEN Ferenc (2003): *Jegyzet a katonai robbanótestek szerkezetének és működésének megismeréséhez és megértéséhez*. Budapest, Vitaliq Bt. 8.
- [3] KENDER Antal – MIKÓ Lajos (1983): *Műszaki záruk telepítése és leküzdése*. Budapest, Zrínyi Katonai Kiadó. 143.
- [4] SZOKOLAI Gábor – NÉMETH László (1993): *Terrorizmus. Robbanóanyagok az iparban, a hadseregben, pirotechnikai keverékek*. Budapest, Cedit Kft. 8.
- [5] SZOKOLAI Gábor – NÉMETH László (1993): *Terrorizmus, álcázott eszközök*. Budapest, Cedit Kft. 11.
- [6] *FM 5-31, Booby Traps* (1965). Washington D.C., HQ Department of the Army. 4.
- [7] *Mű/41, a Magyar Honvédség Tűzszerész Szabályzata*, I. rész, (2014). I-2,1.2.12, Magyar Honvédség.
- [8] *Lőszer, robbanóanyag és pirotechnikai ismeretek* (1986). Budapest, BM Könyvkiadó.
- [9] *Robbantási alapismeretek* (1995). A Készenléti Rendőrség kiadványa, jegyzet, Budapest. 16.
- [10] *Pirotechnikai alapismeretek* (2002). Tanfolyami jegyzet a pirotechnikus képzéshez, Budapest, Pyrotechnik Kft. 7.
- [11] *Improvised Explosive Devices Technical Exploitation Lexicon* (2017). Norfolk, NATO ACT. 12.
- [12] A műszaki felkészítő alosztály oktatási anyaga a robbantás foglalkozás vezetői tanfolyam anyagához (2017). MH Altiszti Akadémia, Kinizsi Pál Altiszti Oktatási Osztály, PPT előadás, Szentendre.
- [13] *Fémkereső*. Forrás: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9mkeres%C5%91> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [14] *Hogyan működnek a fémkereső műszerek?* (2013). Forrás: www.metector.hu/hogyan-mukodnek-a-femkereso-muszerek (A letöltés dátuma: 2018. 11. 22.)
- [15] *Detectors past, present and future* (2016). Forrás: www.icmj.com/magazine/print-article/detectors-past-present-and-future-3466 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [16] *Garrett fémkeresők*. Forrás: www.metector.hu/products-page/garrett-kezi-femkereso-femdetektor/garrett-super-scanner-v-kezi-femkereso (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [17] *A tökéletes biztonságért*. Forrás: zandz.hu/a-tokeletes-biztonsagert-femkereso-kapu-kezi-femkereso (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [18] *Garrett PD 6500i fémdetektor kapu*. Forrás: www.metector.hu/products-page/ki-es-beleptetes/garrett-pd-6500i-femdetektor-kapu (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [19] *How metal detectors work?*. Forrás: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/metal-detector5.htm> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [20] *A fémdetektálás alapjai*. Forrás: www.muszeroldal.hu/measurenotes/femdetektalas.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 19.)
- [21] Principles of understanding a metal detector. Forrás: www.nuggethunting.com/detector_technology.htm (A letöltés dátuma: 2018. 11. 22.)
- [22] *Pulse Induction metal detector with DSP*. Forrás: www.lammertbies.nl/electronics/PI_metal_detector.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [23] A Review of Sensing Technologies for Landmine Detection: Unmanned Vehicle Based Approach. Forrás: http://www-ist.massey.ac.nz/conferences/icara2004/files/Papers/Paper70_ICARA2004_401_407.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [24] *Impulzus üzemű fémkereső készlet*. Forrás: www.biznet1.com/treasuresearch/stinger2.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [25] *IB-fémkeresők működési elve*. Forrás: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=575231.0> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 23.)
- [26] *IMP-típusú indukciós aknakutató műszer*. Forrás: guns.allzip.org/topic/216/1404984.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [27] *BFO-rendszerű fémkeresők*. Forrás: www.talaju.com/%D9%81%D9%84%D8%B2%DB%8C%D8%A7%D8%A8-jeotech/ (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)

Tóth Tamás¹

Application of Natural Water Retention Measures in Flood Management

Természetes vízmegtartó megoldások alkalmazása az árvízvédelemben

Due to climate change, increasingly extreme weather conditions and runoff parameters are leading to the enhancement of flood risk. The increasing probability of fast flowing, high intensity flash floods jeopardize both the residents of small municipalities and the fields of farmers, especially in the downstream areas of mountainous and hilly regions. In many cases the protection of settlements cannot be solved through conventional flood management approaches due to high investment costs and built-in floodplains. The main goal of this article is to analyse the potential of flood risk mitigation with applying natural water retention measures. These additional measures could have a positive effect on the quality and quantity of surface and groundwater. Research results facilitate an even more effective preparation in a way of applying nature based solutions to supplement traditional flood management.

Keywords: flood management, flood risk, natural water retention, water pollution

Az éghajlatváltozás következtében egyre szélsőségesebb időjárási körülmények és a lefolyási viszonyok hatására növekszik az árvíz kockázat. A hegy- és dombvidékeken megnövekvő valószínűséggel kialakuló gyors lefolyású, nagy intenzitású villámárvizek veszélyeztetik a környékbeli kistelepülések lakóit, illetve a mezőgazdasági termelők földterületeit. Egyes területek védelme a nagy beruházási költségigények és a kistelepülést átszelő vízfolyás beépítettsége miatt sok esetben nem oldható meg a hagyományos árvízvédelmi módszerekkel. A közlemény célja, hogy megvizsgálja az árvíz kockázat mérséklésének lehetőségét a természetes vízmegtartó megoldások alkalmazásával. A kiegészítő intézkedések pozitív hatással lehetnek a felszíni és a felszín alatti vizek minőségére és mennyiségére. A kutatás eredményeként a hagyományos árvízvédelem kiegészítése a természetes eredetű megoldásokkal hatékonyabb felkészültséget eredményezhet.

Kulcsszavak: árvízvédelem, árvíz kockázat, természetes vízmegtartás, vízszenyezés

¹ National University of Public Service, PhD student, tothtamás@live.com, ORCID: 0000-0003-2810-0583

Introduction

Due to climate change the probability of occurrence of extreme weather conditions is increasing. The intensification of precipitation events is crucial to society regarding the significant impact through flooding [1]. Research results show that heavy rainfall events are getting more frequent on daily timescales in many regions of Europe [2]. Increasing flood risk can be forecast in the European Union (EU) concerning extreme weather events and inappropriate land use [3]. Prolonged exposure to extremities burdens the economic competitiveness of Hungary. Flash floods might jeopardize the vulnerable stability of the nature–economy–society complex system in the future [4]. The increasing volume of flood-affected areas is in accordance with the affected number of people and even the damages are escalating in parallel. The increasing probability of fast flowing, high intensity flash floods threaten small municipalities, especially in the downstream areas of mountainous and hilly regions [5]. In many cases the protection of settlements cannot be solved through conventional flood management approaches due to high investment costs and built-in floodplains.

The question arises: how the safety, in terms of flash floods, could be enhanced in a cost-efficient way in the case of the aforementioned small municipalities? It is reasonable to assume that natural water retention measures could facilitate the decrease of flood risk concerning small municipalities in the downstream areas of mountainous and hilly regions.

The main objective of this article is to analyse the potential of flood risk mitigation with applying natural water retention measures and facilitate the integration of these methods to the conventional flood management. These additional measures could have a positive effect on the quality and quantity of surface and groundwater. Research results facilitate an even more effective preparation in a way of applying nature based solutions to supplement traditional flood management. Completion of conventional flood management methods, in the system-level designing way, may result in the implementation of cost-efficient, complex solutions, contributing to the increase of safety level.

Flood Management In Europe

It is important to clarify the definition of flooding. Flooding in general is a natural phenomenon that only becomes a catastrophic event when human lives or properties are affected [6]. Flood means the temporary covering by water of land not normally covered by water. The general concept shall include floods from rivers, mountain torrents, Mediterranean ephemeral water courses, and floods from the sea in coastal areas, and may exclude floods from sewerage systems [7]. The exact concept of flood may be slightly different from nation to nation. After the evaluation of related Hungarian national legislation, I identified the lack of exact legal definition of flood.

According to new researches, the global sea level rise has been accelerating in the past decades. A new study, based on 25 years of NASA and European satellite data, presents that the sea level rise is not increasing steadily, but accelerating [8]. "If the rate of ocean rise continues to change at this pace, sea level will rise 26 inches (65 centimetres) by 2100 – enough

to cause significant problems for coastal cities [9].” I primarily concentrated on the flood management in terms of rivers and mountainous water courses.

Under the leadership of the EU's Joint Research Centre (JRC), scientists implemented multi-model projections of river flood risk in Europe due to climate change. They compared estimates of river flood risk concerning three recent case studies, assuming global warming scenarios of 1.5, 2, and 3 degrees Celsius from pre-industrial levels. The assessment is based on comparing ensemble projections of expected damage and population affected at country level. Figure 1 shows the results of modelling.

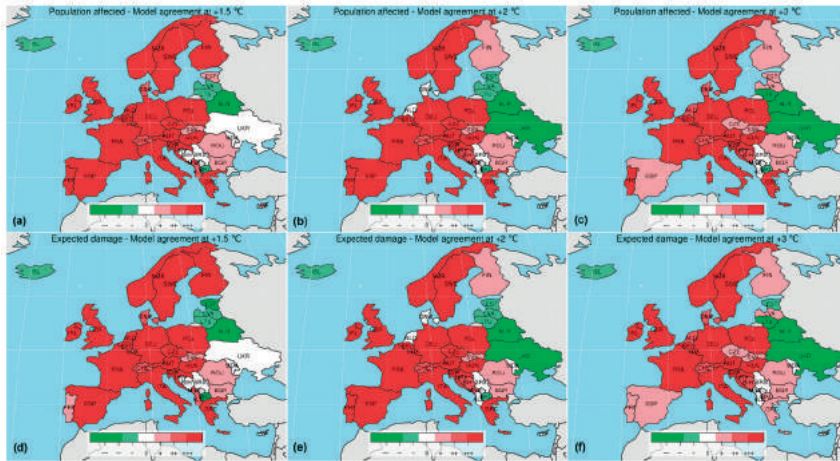


Figure 1. Multi-model agreement of projected changes in affected population (a–c) and expected damage (d–f) at specific warming levels (SWLs): 1.5 °C (a,d), 2 °C (b,e), and 3 °C (c,f). Colors depend on the number of cases predicting a positive or negative change in impacts [3]

“Red colours signify agreement between the models on an increasing flood risk, and green indicates agreement on a reduction of flood risk [3].” In summary, they projected increase in both the number of affected people and damage costs. According to the results, flood risk is expected to increase across Western and Central Europe, so the EU Member States (MS) are deeply affected.

Europe suffered approximately 213 major flood events between 1998 and 2009 [10]. Severe floods reinforced the need for coordinated action that based the implementation of Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. Directive 2007/60/EC is commonly known as the Flood Directive (FD), so in the following I will use the aforementioned abbreviation. The main goal of the FD is to ensure effective flood prevention and mitigation of flood damage. Flood risk is technically the combination of the probability of a flood event and of the potential adverse consequences associated with a flood event [7].

Floods Compared to Flash Floods

Europe is constantly threatened by large-scale floods. In the framework of this scientific article I briefly present typical examples in order to reflect on the relations between floods and flash floods.

In 2018, due to prolonged heavy rainfalls, water levels increased on one of France's most emblematic river, the Seine. It is an approximately 780-kilometer-long river that flows through Paris. On 24 January, the Seine at Austerlitz Bridge in Paris stood at 5.22 meters and the water level continuously increased until the day of 29th January. It peaked at 5.88 meters. It was about 4 meters higher than the average river level, which is normally around 1.5 metres. French authorities were enforced to shut down roads, traffic on river and even particular parts of the rail network. According to the official reports, about 1,000 inhabitants were evacuated. They managed to protect the city without any loss of life [11].

In 2013, the flood on the Danube peaked at 891 cm at Budapest (Vigadó square), which was the highest value ever measured. 23% of Hungary is considered to be flood-prone area that means 21,248 km² [12]. More than 200 residents were evacuated from their homes. Similarly to the French example, roads and transport systems were affected throughout the country. In summary, more than 1,200 people were evacuated from 26 different municipalities [13]. Like in France, despite all the damages done, there had not been reported deaths related to flooding.



Figure 2. Soldiers and water management professionals are fixing the dike at Győrújfalu
(Source: Krizsán Csaba, MTI)

Hungary is one of the countries most exposed to flooding in the EU and has the highest relative share of people living in such areas (1.8 million people, 18% of the population) [14]. Increasing flood risk is projected in Hungary, therefore it is crucial how – the enforcing and maintaining of dikes, the operating of reservoir systems and the floodplain management – will be implemented and how it could be comprehensively composed. According to the records, in the past decades, serious floods had occurred more frequently in Hungary [15]. Flood management systems – based on dikes, reservoirs and floodplain management – need to be operated cost-efficiently. For proper flood management it is crucial to make decisions that are based on a structured system level operation. Holistic approach and data-based decision making is a must. Existence of conventional infrastructure combined with up-to-date IT network is essential in modern flood management.

Protection against a large flooding event costs an enormous amount of money, and gets a broad media attention. Floods compared to flash floods show a fairly different character. In some cases, flash floods may be even more dangerous. In the following, I examine what “flash flood” means and collect some of the latest typical disasters in Europe. Flash floods usually occur after heavy rainfalls on mountainous terrain. It can be caused by short-duration intense precipitation. The dangerous nature of flash floods is fairly attributed to the characteristics of flash floods i.e. events occurring on small spatial scales with short time scales due to rapid surface runoff. Flash floods can even be caused by dam or levee failure, or collapse of debris and ice jams [16]. In this article, I place emphasis on flash floods caused by intense precipitation under the condition of rapid surface runoff. I collected two different distinctive examples to present the characteristic nature of flash floods.

Extremely intense precipitation caused flooding in the Occitanie region of France in October 2018. The heaviest rainfall was recorded in Trébes. The Meteorology of France had registered 295 mm of precipitation (244 mm of that fell in just a 6-hour period). It is the equivalent of 4 months of rain at this place. River Aude at Trébes jumped approximately 7 meters over one night and peaked at 7.68 m. At least 13 people died in this sudden disaster [17]. Similarly to the aforementioned French case, some areas of Mallorca were affected by more than 230 mm of rain fallen in less than 4 hours in October 2018. Water courses, around the town of Sant Llorenç des Cardassar overflowed their banks after the intense precipitation. The government confirmed that at least 10 people died in the flooding on the island of Mallorca [18].

Hungary is also among the countries threatened by flash floods. In 2018, it was hit by some small-scale flash floods at several municipalities, for example Bakonycsérnye and Szilvásvárád. Due to the climate change, flash floods may presumably become more severe in Hungary. Figure 3 shows the flash flood risks in Hungary [19].

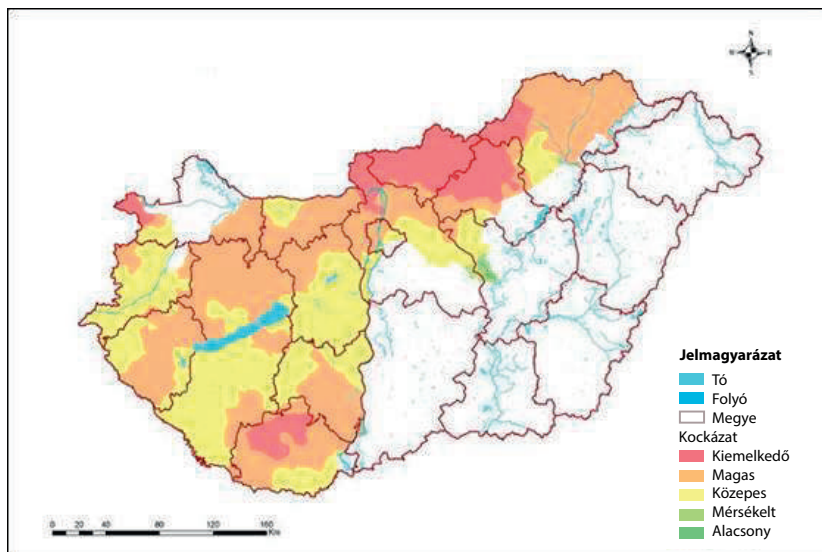


Figure 3. Flash flood risk in Hungary [19]

The most endangered areas are evidently the mountainous parts of the country i.e. Bükk, Mátra and the Mecsek Mountains. If we compare floods to flash floods, it can be stated that in cases of floods on the Danube, the Seine or other major rivers, there are some days to prepare. It is relatively a lot of time compared to the case of flash floods. Examining the aforementioned examples, I stated that flash floods can mean a higher threat to human lives than great floods. In Trébes and Mallorca, flash floods caused the death of 23 people in total, partly because of the lack of time to prepare. Flash floods have a deadly nature compared to floods on the downstream of big rivers. According to statistics in the United States, most flood-related deaths are associated with flash floods i.e. 80% of all flood-related deaths are attributed to flash floods [20]. Floods affect large-scale areas and flood protection activity has high costs. In contrast, flash floods hit small areas (for example just one village), and has relative high costs in terms of cost per capita. Time and per capita values are key factors in flood management. In some cases, flash floods may affect only one or two small villages and they would not catch the attention of media at all or only for a couple of days at most. In Hungary, according to Government Regulation No. 232 of 1996 on protection against water damages, in certain cases, the local mayor is in charge of leading protection [21]. It can be challenging, when the mayor, who is responsible for the defence works owned by the local municipality, is not a flood management expert. Flash floods may occur so fast that there is no time to wait for the national authorities. The lack of statistics may pose a problem regarding flood management.

In cases of small mountainous municipalities, where the implementation of simple conventional flood management practices are not cost-efficient and the role of time is crucial,

there is a need for other effective solutions. In order to facilitate a better protection of these municipalities I examined the opportunities offered by natural flood management through natural water retention measures.

Natural Water Retention Measures

Partly due to climate change, the number and the intensity of extreme weather events are increasing, and thus water retention tends to get more attention. Governments, residents and water managers have to face the challenge of managing flooding and droughts. Both water surplus and water shortage may occur in a short period of time at the same place. Water retention can be a useful tool to face the challenges and meet the needs of the residents. What do natural water retention measures (NWRM) mean?

Natural water retention measures are technically adaptation measures that use nature based solutions to regulate the flow of water courses in order to safeguard and enhance the water storage potential of landscape, soil, and aquifers and to smooth flood peaks [22]. Natural water retention measures as a part of sustainable water management may effectively moderate extreme events, such as floods and droughts. Carefully planned preventive measures are always more cost-efficient than the follow-up damage compensation.

Table 1 shows the classification of NWRM measures.

Table 1. Classification of NWRM measures [22]

TYPE	CLASS	NWRM MEASURE
Direct modification in ecosystems	Rivers and connected wetlands	Restoration and maintenance of rivers, basins, ponds, and wetlands; flood-plain reconnection and restoration, reconnection of hydraulic annexes, elimination of riverbank protection...
	Lakes and connected wetlands	Restoration of lakes
	Aquifers	Aquifer restoration
Change & adaptation in land-use & water management practices	Agriculture	Restoring and maintaining meadows and pastures, buffer strips and shelter belts, soil conservation practices (crop rotation, intercropping, conservation tillage...), green cover, mulching...
	Forestry and pastures	Afforestation of headwater areas/mountainous areas/reservoir catchments, targeted planting for "catching" precipitation, land-use conversion for water quality improvements, continuous cover forestry, maintenance of riparian buffers, appropriate design of roads and stream crossing urban forests...
	Urban development	Green Roofs, rainwater harvesting, permeable paving, Sustainable Drainage System; swales, soakaways, infiltration trenches, rain gardens, detention basins, retention ponds, urban channel restoration...

NWRMs are being implemented in various river basins throughout Europe. More information is available from NRW under the link: <http://nwrw.eu>. This online platform helps the potential designers and residents to get information from detailed description of case studies.

Hungary launched a LIFE project (<https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/en>) in 2017, based on NWRM solutions. In the frame of the project, different NWRM prototypes will be designed and tested. One of the requested results is the improvement of climate resilience of involved vulnerable Hungarian municipalities.

NWRM measures have numerous positive effects. But beside the aforementioned benefits we have to take into consideration the costs. On the financial side, NWRMs (considered as soft engineering) have low investment costs compared to hard engineering, but the key factor will be the operational costs. Crucial elements of the needed cost–benefit analysis are the social benefits and ecosystem services that are still challenging to estimate [22]. Better understanding of costs and benefits is essential.

After all, can NWRM be a powerful tool to improve climate resilience or not? Apart from planning, the key is monitoring. Monitoring measures must be a part of planning. Designing has to be based on GIS. River basin models need to be regularly recalibrated in order to get the full picture of reality. Monitoring and data management is important in evaluation of the processes related to these measures.

Speaking of NWRM, we tend to emphasise the benefits and forget about the hazards. If we discuss NWRM, I recommend that we put it into context, and manage it at system-level. If we use this approach, the role of NWRM will be more transparent. NWRM, as an additional measure, can be an efficient part of a complex flood management, but the real benefit of it prevails when we combine it with hard engineering. We need to define a clear goal to find the best solution. There is no exact method or right combination ration of hard and soft engineering, we need to manage the different kinds of situations on a case-by-case basis.

Technical aspects of natural flood management can largely be solved, but the lack of public acceptance can ruin the implementation, thus good practices should be made available to the public.

Flood Risk Mitigation by Natural Flood Management

Natural Flood Management (NFM) is based on NWRM. NFM means the implementation of natural processes to reduce flood risk [23]. I assume that, if we accept and manage it as part of a complex system, it can be a reasonable method to decrease flood risk.

During the planning process, besides the technical aspects like what will the proper design life be, we have to face several legal challenges. Questions arise such as who the competent authority is and how to implement the requested permitting process? Who will be responsible for the operation of the facilities? Who should finance the project? How to proceed in case of transboundary catchments?

I collected and analysed two already implemented NFM projects from the UK in order to find answers. Figure 4 shows the implemented natural flood prevention measures in the catchment area of Belford Burn.

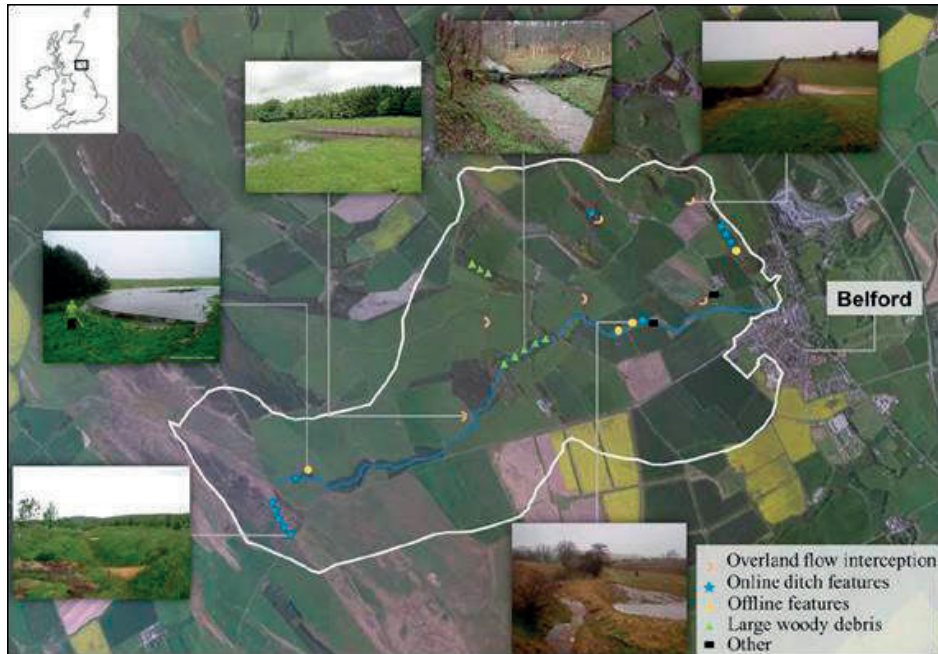


Figure 4. Natural flood prevention measures in Belford [24]

The river basin area of Belford Burn (just outside Belford) is approximately 6 km². In 2007, the flash flood occurred in Belford (~1,200 residents) became widely known in the UK, when the local press interviewed the mayor of the village, and released with the headline “Sick of sand-bags and sympathy” [25]. Prior to this event, Belford had been hit by five flash floods occurring over two years, threatening about 30 properties. According to governmental estimations, the building of conventional flood defence would have been £2.5 million. Due to lack of space and cost–benefit anomalies, there was a need to find an alternative solution [24]. The University of Newcastle in partnership with Environmental Agency (EA) launched the Belford Catchment Solutions Project (www.theflowpartnership.org/belford). The main principle of the project was: intercept, store, slow, filter [26]. The design of the implemented measures was based on a catchment area surface model. The model was built on light detection and ranging (LIDAR) measurements. In the project, 35 runoff attenuation features (RAFs) were implemented [24]. Figure 5 shows one of the RAFs.



Figure 5. Offline wood barrier at a hilly pasture of Belford
(Source: Tóth Tamás, NUPS)

The combined value of storage capacity is ca. 10,000 m³, that has an important delaying effect and results a 30% flood peak reduction [24]. The EA is responsible for maintaining the structures. The design life of RAFs is variable, and even depends on flood frequency. For example, in case of the offline wood barrier (Figure 5) it is about 15 years and we have to calculate with the sedimentation in case of barriers, ponds. The RAFs were implemented in close cooperation with the affected farmers. RAFs were built without land purchase but the farmers got compensations. The project was funded by EA (actual cost of project: approx. £200,000) [26].

Efficiency of the applied NFM methods and features can also depend on the scale of catchment areas therefore I even examined a larger scale pilot project funded by Defra, named "Slowing the Flow at Pickering (2009–2015)". (More information is available at the link: www.forestresearch.gov.uk/research/slowing-the-flow-at-pickering).

Pickering, UK (population: ~6,800) is situated at the downstream area of Pickering Beck catchment (~69 km²) and has a long history of flooding. Flash flood, in 2007, caused an estimated £7 million damage [27]. Environmental Agency had prepared a conventional project but the cost–benefit analysis showed the proposal to be unaffordable so Pickering, like Belford was in need of an alternative solution. Having regard to the scale of the catchment and the size of the municipality, a much broader partnership was needed than in the case of Belford. The partnership in this case included the Forest Research, Defra, Forestry Commission, EA, Natural England, Durham University and the Pickering Civic Society.

"The overall aim of the project was to demonstrate how the integrated application of a range of land management interventions can help reduce flood risk at the catchment scale [27]." The project was designed to protect Pickering from a 1 in 25 years flood. Like in Belford, they used a complex surface model to locate the RAFs. Modelling software, like HEC-RAS or

HEC-HMS developed by US Corps of Engineers is publicly available (www.hec.usace.army.mil), so it is possible to create models to Hungarian catchments as well, in order to examine runoff and locate RAFs. Threatened municipalities could try to contact universities dealing with modelling to start building hydrological models to make it possible to find solutions, for example in frame of a doctoral thesis.

In total, 129 large woody debris (LWD) dams and 187 heather bale check dams were constructed. They had planted 19 ha of riparian woodland and a large flood storage bund with storage capacity of 120,000 m³ (Figure 6).



Figure 6. Woody debris dam (left side) and the flood storage bund (right side)

(Source: Tóth Tamás NUPS)

Some measures may make an instant contribution following implementation, while others take a number of years to fully reach their potential (e.g. afforestation). A monitoring system had been established but the analysis of data proved inconclusive. Probably a longer data time series is required. "Quantifying a change in flood response is an extremely difficult task, especially at the catchment scale. This is partly due to the relatively rare nature of flood events, the difficulty of precisely measuring these and the fact that their frequency and nature are thought to be changing due to climate warming [27]".

Over the technical aspects, I identified five inevitable legal questions (criteria) that are crucial to clarify in order to ensure the success of implementation:

- Who is responsible for the flood management of the municipality?
- Who is the competent authority of permitting process?
- How detailed is a plan to be to get a permit?
- Who is responsible to register interventions in property records with easement?
- Who is in charge of operation?

Act LVII of 1995 on Water Management (Water Law) regulates the process of intervention related to water bodies in Hungary. According to the Water Law, the local municipality is responsible to build and maintain flood defence facilities, if the scope of facilities affects no more than two municipalities. Water right permit is required to build, modify or abolish any

facilities that may affect the given waterbody in terms of run off, flow, quantity, quality or buffer zone [28]. If we accept that the municipality is responsible for investments, then the question arises: How could a small municipality finance a relatively big investment? In most cases, this situation could spoil an investment, therefore I would deem government intervention necessary.

All interventions need to be registered in property records with easement. If a facility is not implemented in a property of the given municipality, the affected landowner is eligible for compensation. NWRM solutions should be part of the national funding system in order to motivate landowners.

Permitting happens on a case-by-case basis, i.e. separate licence is required in every case of interventions. This could be a significant burden having regard to time and costs. RAFs need to be managed on catchment scale because it is a complex system. What would happen if some RAFs did not get a permit? It could seriously jeopardize the efficiency of the whole system. I recommend analysing the possibility of aggregated permitting.

Having regard to the complexity of natural flood management (both technically and legally), a practical guidance document would be required.

Conclusions

In Hungary, the lack of statistics may be a problem in flash flood management.

NWRM, as an additional measure, can be an efficient part of a complex flood management, but the real benefit of it prevails when we combine it with hard engineering.

Technical aspects of natural flood management can largely be solved, but the lack of public acceptance can ruin the implementation, thus good practices should be made available to public.

Municipalities at risk of flash flood should contact universities with knowledge of modelling. I identified five legal criteria that are crucial to clarify.

Small municipalities could be unable to finance flood management investments that makes governmental intervention necessary.

Separate licencing could be a significant burden regarding the time and cost factor.

RAFs need to be managed on catchment scale as a system. Total system efficiency is jeopardized, if particular RAFs do not receive a permit. I recommend analysing the possibility of collective permitting.

Having regard to the complexity of natural flood management, a practical guidance document would be required.

References

- [1] TEBALDI, Claudia – HAYHOE, Katharine – ARBLASTER, Julie M. – MEEHL, Gerald A. (2007): Going to the extremes. *Climatic Change*, Vol. 82, No. 1–2. 233–234. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9247-2>
- [2] COFFEL, Ethan D. – HORTON, Radley – SHERBININ, Alex (2018): Temperature and humidity based projections of a rapid rise in global heat stress exposure during the 21st century. *Environmental Research Letters*, No. 13. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa00e>
- [3] ALFIERI, Lorenzo – DOTTORI, Francesco – BETTS, Richard – SALAMON, Peter – FEYEN, Luc (2018): Multi-Model Projections of River Flood Risk in Europe under Global Warming. *Climate*, Vol. 6, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli6010006>
- [4] TÓTH, Tamás (2018): A víziányos helyzetek kialakulásának megelőzése és hatékony kezelésének elősegítése. In FÖLDI László szerk.: *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*. Budapest, NKE.
- [5] RUIN, Isabelle – CREUTIN, Jean-Dominique – ANQUETIN, Sandrine – GRUNTFEST, Eve – LUTOFF, Céline (2009): *Human vulnerability to flash floods*. London, Taylor & Francis Group.
- [6] BURTON, Ian – KATES, Robert W. – WHITE, Gilbert F. (1978): *The Environment as Hazard*. New York, Oxford University Press.
- [7] Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. OJ L 288, 2007. 27–34.
- [8] NEREM, R. S. – BECKLEY, B. D. – FASULLO, J. T. – HAMILTON, B. D. – MASTERS, D. – MITCHUM, G. T. (2018): Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 115, No. 9. 2022–2025. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1717312115>
- [9] WEEMAN, Katie – LYNCH, Patrick (2018): *New study finds sea level rise accelerating*. Source: www.nasa.gov/feature/goddard/2018/new-study-finds-sea-level-rise-accelerating (Accessed: 13. 02. 2018.)
- [10] *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe* (2010). Copenhagen, European Environmental Agency. DOI: <https://doi.org/10.2800/6263>
- [11] WILLSHER, Kim (2018): Paris on flooding alert as rising Seine causes travel disruption. Source: www.theguardian.com/world/2018/jan/24/paris-flooding-alert-rising-seine-transport-disruption (Accessed: 05. 02. 2018.)
- [12] SZLÁVIK Lajos (2013): *Szembenézőnk az árvizekkel*. Budapest, Alföldi Nyomda Zrt.
- [13] DAVIES, Richard (2013): *Hungary Flood Update*. Source: <http://floodlist.com/europe/hungary-flood-update> (Accessed: 10. 06. 2013.)
- [14] JACOBS, Jennie (2016): *Report – Flood Losses in Europe to Increase Fivefold by 2050*. Source: <http://floodlist.com/europe/report-floods-europe-increase-fivefold-2050> (Accessed: 27. 02. 2016.)
- [15] NAGY László (2017): *Gátszakadások a Kárpát-medencében*. Budapest Országos Vízügyi Főigazgatóság.
- [16] GRUNTFEST, Eve – HANDMER, John (2001): *Coping with Flash Floods*. NATO Advanced Study Institute. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0918-8>
- [17] DAVIES, Richard (2018): *France – Deadly Floods in South West After 244mm of Rain in 6 Hours*. Source: <http://floodlist.com/europe/france-floods-aude-department-october2018> (Accessed: 15. 10. 2018.)
- [18] DAVIES, Richard (2018): *Spain – Floods in East and South After Record Rainfall*. Source: <http://floodlist.com/europe/floods-valencia-andalusia-spain-october-2018> (Accessed: 22. 10. 2018.)
- [19] GYENES Zsuzsanna (2011): *Nemzeti Katasztrófa kockázat értékelés*. Budapest, BM OKF.
- [20] ASHLEY, Sharon T. – ASHLEY, Walker S. (2008): Flood fatalities in the United States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 47, No. 3. 805–818. DOI: <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1611.1>
- [21] 232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól

- [22] *European Commission: Natural Water Retention Measures* (2014). Luxembourg, European Union.
- [23] BURGESS-GAMBLE, Lydia et al. (2018): *Working with Natural Processes – Evidence Directory*. Bristol, Environment Agency.
- [24] NICHOLSON, Alex – WILKINSON, M. E. – O'DONNELL, G. M. – QUINN, P. F. (2012): Runoff attenuation features: a sustainable flood mitigation strategy in the Belford catchment. *Area*, Vol. 44, No. 4. 463–469. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2012.01099.x>
- [25] Sick of sandbags and sympathy (2007). *Northumbrian Gazette*.
- [26] WILKINSON, Mark et al. (2011): *Evaluating multipurpose soft engineered mitigation measures in the Belford Burn catchment, Northumberland, UK*. Dublin, ScienceWorkshop.
- [27] NISBET, T. R. et al. (2001): *Slowing the Flow at Pickering. Final report for the Department of environment, food and rural affairs*. London, Defra. 29.
- [28] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

Domján András¹

Kiemelten védett objektumok robbantás elleni védelmének kiegészítése a biztonsági szint növelése érdekében

The Enhancement of Security Systems against Explosions in Highly Important Institutions to Increase Security Level

Európában a terrorista jellegű cselekmények számában tapasztalható növekedés miatt szükséges az állam működése szempontjából kiemelkedően fontos létesítményeket illetően egyfajta revízió keretén belül felülvizsgálni a robbantás elleni védelmi rendszereket. Bár jellemzően a kialakított biztonsági berendezések bizonyos fenyegetettségeket figyelembe véve hatásosnak mondhatók, ennek ellenére bővíthetőnek kell maradniuk a megváltozott elkövetési magatartásokhoz alkalmazkodva. Az objektumok védelme során, az épített környezet miatt, elsősorban a belső helyiségek kialakításával vagy átépítésével tudunk változtatni a biztonsági szinten. A nevezett épületek a hivatali mivoltuk, és nem utolsósorban a bent dolgozók személye által válhatnak robbantási cselekmények célpontjaivá. A szerző a cikkben bemutatja a kiemelten védett objektumok esetén, a biztonsági szint növelése érdekében figyelembe veendő területeket, mint bizonyos szerkezeti átalakítások és plusz speciális detektálási megoldások által.

Kulcsszavak: kiemelten fontos létesítmények, robbantás elleni védelem, szerkezeti átalakítások, speciális detektálás

Due to the increasing number of terrorist activities in Europe, we have to revise the security systems against explosions considering the highly important institutions concerning the operation of the state. Typically, the already configured security measures are quite efficient regarding some of the threats; however, they should be expandable and should be adapted to changing behaviours and other requirements. During the protection of the buildings we can change the security level only by reconstructing or reshaping the inner premises. Affected buildings can become targets because they are state institutions and people work inside. The author describes

¹ Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: andras.domjan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0178-5263

the areas that should be taken into consideration in order to increase the security level, such as certain constructional modifications and special tracking solutions.

Keywords: *highly important establishments, protection against explosion, constructional modifications, special tracking*

Bevezetés

A kiemelten védett épületek komplex biztonsága érdekében szükség van a védelmi rendszerek megfelelő szintű kialakítására, és ha kell, ezek változtatására, kiegészítésére speciális megoldásokkal. A kockázati tényezők közül a robbantásos cselekményeket kiemelten kell kezelni, mivel azok a környezetre, az épületekre és nem utolsósorban az emberi szervezetre komoly pusztító hatással vannak.

Ebben a cikkben az objektumvédelem szempontjából, kizárólag az improvizált robbantószerkezetek (IED²) veszélyeivel foglalkozom, a szabvány katonai eszközökre nem térek ki, azokat csak a robbanóanyag megszerzése tekintetében említem.

Az épületek rendeltetése szerint is különbséget lehet tenni, hogy polgári vagy katonai objektumokról van-e szó, ez meghatározza a védelem kialakítását, különös tekintettel annak fizikai megjelenésére. Természetesen figyelembe kell venni a védett épületben dolgozók és az oda látogatók körét, hogy milyen toleranciára számíthatunk a biztonsági intézkedések bevezetése során. Lényeges különbség lehet a védelem kialakításában, és az alkalmazott rezsimszabályokban is.

A cikk az állam működése szempontjából kiemelkedően fontos polgári létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelmével foglalkozik. A témával kapcsolatban egy fontos megjegyzés: jelenleg Magyarországon nincs konkrét jogszabály az épületek robbantás elleni védelmére vonatkozólag, ennek ellenére foglalkozni kell ezen területtel. A lehetséges célpontok meghatározása tekintetében a kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatban jelentek meg jogszabályok, európai uniós és nemzeti szinten egyaránt. Ezekben a jogalkotó nem fogalmazta meg egzakt módon, csak az ágazati védelmi tevékenységek közös keretbe foglalását és összehangolását végzi. A terrorizmust mint fogalmat említi, de nem részletezi az ezzel összefüggő lehetséges robbantásos cselekményeket és azok elleni védelmi megoldásokat [1].

Figyelembe kell venni a robbantás okozta hatásokat már a tervezési fázisban, egy új létesítmény építését megelőzően, az objektum elhelyezkedésével kapcsolatban is. Az építmények külső formája elsődlegesen a civil jelleget hangsúlyozza és a „látható” védelem tekintetében csak a kamerarendszerek és az őrség jelenléte, ami szembetűnik. Az objektumok funkciója miatt a folyamatos és zavarmentes munkavégzés feltételeit, kizárólag megfelelő biztonsági intézkedések megtétele mellett lehet garantálni.

² IED: Improvised Explosive Device – improvizált robbanóeszköz.

A bombafenyegetések által okozott „kényszerpihenők” komoly fennakadásokat okozhatnak a hivatali ügyintézésben, vagy akár a döntéshozatalokban is. Az erősített munkahely létrehozása nem könnyű az említett okok miatt, de törekedni kell a lehető legsokoldalúbb védelmi megoldásokat kialakítani a nevezett épületekben.

A komplex biztonsági rendszernek a megelőzésre kell alapoznia, a fő feladatnak a bűnös célú robbanóanyagok és szerkezetek épületbe történő bejutásának a megakadályozását és a lehető legkorábbi felderítését kell tekinteni. Ezek függvényében az objektum közvetlen környezete és bejutási pontjai felett a legnagyobb kontrollal kell rendelkezni. Az ott megjelenők és a belépni szándékozók gyors és pontos azonosításának, illetve szakszerű átvizsgálásának a biztosítása. Az épületben található ellenőrzési/beléptetési pontok kialakítása, az esetlegesen bekerülő robbanószerkezetek hatásaival szemben megfelelő mechanikai és építészeti állékonysággal kell bírni.

Épületek elleni robbantások általános jellemzői

A kiemelten védett objektumok ellen az elkövetési mód tekintetében, elsősorban a bűnös célú valódi robbantások hatásaival és az ellenük való védekezés lehetőségeivel foglalkozom, az „imitáció” körébe tartozó szerkezeteket csak említés szintjén szándékozom bemutatni. Természetesen a felderítés során alkalmazott eszközök és módszerek ugyanúgy működőképeseek a tényleges, minden „szükséges összetevőt” tartalmazó pokolgépekkel szemben is.

Az épületek robbantások elleni védelmének megfelelő szintű kiépítése során nélkülözhetetlen ezen speciális ismeretekkel rendelkező szakemberek bevonása a projektekbe. Az ő tudásuk és közreműködésük szükséges a kockázatelemzéstől kezdve, az építmények elhelyezkedésével kapcsolatban, valamint az épületek tartószerkezeteinek megerősítésére vonatkozó technológiai ismeretanyaggal, a robbantás hatásaival szemben.

Alapvetően egy épület elleni robbantást, a detonáció bekövetkezésének helye szerint két fő területre oszthatjuk:

- épületen kívül;
- épületen belül.

A hely szerinti csoportosítás a – várt hatás függvényében – meghatározza a támadás során felhasznált robbanóanyag mennyiségét is. Amennyiben a megsemmisítés vagy a lehető legnagyobb rombolás a cél, úgy az elkövetés módja is jellemző lesz. Itt elsősorban a robbanóanyag épület közvetlen közelébe vagy bejuttatására gondolok. Ha csak az objektum megközelítésére van lehetőség, feltételezhető a gépjárművel való végrehajtás (furgon, teherautó, kukásautó) a szállítás érdekében. Az említett elkövetési mód tekintetében a felhasznált robbanóanyag mennyisége is jósolható, figyelembe véve a szállító jármű teherbíró kapacitását.

Az építményekbe emberi erővel történő bejuttatás lehetőségei között a levél, a csomag, a kézipoggyász vagy az alkatrészenként történő bevitel jöhet szóba. Itt kell megemlíteni a közvetlenül testen viselt módokat, ami lehet mellénybe vagy akár különböző implantátumba rejtve, amelyeket csak összetettebb detektálási módszerrel lehet felfedni. A robbanószerkezetek kialakítása nagyban befolyásolja az időben történő felderíthetőségét is.

Improvizált robbanószerkezetek (IED) általános felépítése

A bűnös célú robbanóeszközök felépítésének közös jellemzője, hogy tartalmaz egy működető egységet, majd ehhez kapcsolódik az iniciáló anyag – amennyiben szükséges a detonáció megindításához – és végül maga a „munkát végző” robbanóanyag. A pusztító hatás növelése érdekében különböző repeszképző megoldásokat láthatunk, amelyek a detektálási fázisban segítségünkre lehetnek (fémdetektorok).

Az improvizált robbanószerkezeteket működtetési mód szerint is csoportosíthatjuk, amelyek meghatározzák az eszközök felépítését is. Ezek a következők lehetnek:

- a célpont által működtetett (nyomó-húzó, teherelvételi kapcsolók; szenzorok);
- megfigyelt-vezérelt (távindítás kapcsolóval; rádiófrekvenciás vezérlések);
- időzített indítási módok (kémiai, mechanikai, elektronikai).

Az IED-k felépítésének tekintetében nem szabad figyelmen kívül hagyni a háborús térségekben elkövetett bűnös célú/terrorista jellegű robbantásos cselekmények során alkalmazott robbanóeszközöket. A végrehajtott támadásokban a rádiófrekvenciás vezérlésű típusok aránya például Irakban kb. 38–40% volt [2]. Ezen szerkezetek tanulmányozása nagyban segítheti az ellenük való hatásos felderítő eszközök és taktikai elemek kifejlesztését. A méretüket tekintve a rejtési vagy álcázási módtól, valamint a robbantásos cselekmény céljától függően, hogy milyen hatást várunk el tőlük, a lehető legeltérőbb kiterjedésűek lehetnek. Nem szabad elhanyagolni az alkalmazott robbanóanyag fajtáját sem, mert ez szintén összefügg az előbb említett tulajdonságokkal. Az IED-k fejlődését is elemezve, a házilagosan összeállított szerkezetek közös jellemzője lehet, hogy a működésbe hozáshoz valamilyen elektronikai áramkört alkalmaznak. Ezen áramkörök függvényében lehet meghatározni, hogy melyik detektálási módszer a leghatásosabb velük kapcsolatban. Az elektronikai működtető áramkörök fő jellemzői a felépítésükhöz használt alkatrészek, amelyek anyaga és mérete, továbbá elektromos tulajdonságai mind-mind hatással vannak az előtalálási lehetőségekre. A bonyolultságuk befolyásolhatja a nyomtatott vagy az elkövető által saját maga készített áramkört, annak szofisztikált vagy „durva” kivitele is utalhat a szakmai előképzettségre, gyakorlatra. A félvezető elemek, relék, tekercsek, tápegységek teszik lehetővé számunkra, hogy ezekhez illesztett, jellemzően gerjesztés elvén alapuló detektáló berendezéseket alkalmazzunk.

Bűnös célból való robbanóanyaghoz jutás lehetősége

A cikk ezen részében említett információkhoz kapcsolódóan szeretném leszögezni, hogy nem ötleteket szeretnék adni, hanem egy jelenlévő veszélyforrásra hívnám fel a figyelmet, ami az elkövetők számára a büntetés kilátásba helyezése mellett nagyon komoly sérülés lehetőségét hordozza magába, saját testi épségére és környezetére vonatkozólag egyaránt!

A robbanóanyagok bűnös célból történő megszerzéséhez alapvetően a következő esetekben van mód:

- ipari-, katonai robbanóanyagok eltulajdonítása;

- házi készítésű robbanóanyagok (például: TATP³, ANDO⁴);
- háborús cselekményekből visszamaradt eszközök szétszereléséből.

Az első esetben magával a robbanóanyaggal dolgozó, azt szállító vagy raktározó személyek jöhetnek szóba, de ezen körből nagyon kevés elkövető kerül ki, a szervezetek felépítése és a tevékenységre vonatkozó szigorú szabályozás miatt. A raktározáshoz kapcsolódó elkövetés a kialakított védelemmel szorosan összefügghet, hogy milyen eséllyel lehet támadni az adott objektumot a robbanóanyag-szerzés végett.

A második lehetőségként a házi készítésű robbanóanyagok jöhetnek szóba. Az interneten keresztül bárki számára hozzáférhető komplex elkészítési „receptek” állnak rendelkezésre, a kémiai folyamatok leírásától kezdve a működtető elektronikáig bezárólag. Fel szeretném hívni a figyelmet, hogy ezeknek az anyagoknak egy része, mint például a TATP, meglehetősen érzékeny anyag a különböző fizikai behatásokra (dörzsölés, ütés, melegítés). Az ilyen anyagokkal kísérletező egyének egy része általában valamelyik rosszul sikerült folyamat következtében létrejött detonáció okozta sérülések miatt kerül a hatóságok látókörébe.

A harmadik pontban megemlített esetben a szabvány katonai eszközökből kinyerhető vagy azokat bűnös célú robbantásra való felhasználásról van szó. A tízéves jugoszláv háború során alkalmazott szabvány és szükség-robbanóeszközök is megjelentek a bűnözői körökben, továbbá egyes robbantásos bűncselekmények elkövetésénél is azonosításra kerültek. Saját magam is tapasztaltam Boszniában kirándulva, hogy még most is nagyon sok helyen kerülnek elő a 90-es évekből való kifogástalan állapotú, vagy a világháborúból visszamaradt működőképes robbanóeszközök. A kézigránátoktól kezdve a tűzérési lövedékeken át az ugróaknáig bezárólag, csak a kézzel könnyen mozdítható méretűeket megemlítve. A határellenőrzések relatív liberális jellege miatt nem okoz különösebb nehézséget bejuttatni ilyen eszközöket az országba.

De ne menjünk ilyen messzire, elég, ha egy kicsit körülnézünk itthon, hogy milyen nehézségek árán lehet hozzájutni „megfelelő” munkavégző-képességű robbanóanyaghoz. A múlt katonai tevékenységei iránt „aktívan” érdeklődők nem kevés kockázatot vállalva „vitéznek” a fémkeresőkkel, háborús relikviákat gyűjtögetve. Közülük időnként akad olyan elvetemült, aki a közvetlen környezetére és a vele együtt élőkre potenciális veszélyt jelent. A második világháború miatt még napjainkban is található fel nem robbant vagy elhagyott különböző típusú lőszeret, aknákat esetleg légibombákat. Ezekben a szerkezetekben, méretüktől függően különböző mennyiségű, relatíve jó minőségű robbanóanyag található. A legnagyobb kockázatot az ilyen állapotban lévő robbanótestek barkácsolásában az jelentheti, hogy a háború óta eltelt viszonylag hosszú idő alatt, a fémrészek és alkatrészek korrodálódtak, a testekbe töltött, valamint a detonátorokban található robbanóanyag nagy valószínűséggel kikristályosodott. A kémiai átalakulás következtében a rácsszerkezet is módosulhatott, ami az ütészérenyét és a dörzszérenyét nagyban megnövelhette, ennek következtében elég lehet az iniciálás-hoz akár egyetlen ütés vagy mozdítás, és a detonáció bekövetkezik. A leírt folyamat sajnos

³ TATP: triaceton-triperoxid – házi készítésű robbanóanyag.

⁴ ANDO: ammóniumnitrát és dízelolaj keverék.

időnként az életben is lejátszódik, súlyos sérülésekkel és jelentős anyagi károkozással, amelyről sok esetben csak a sajtóból értesülünk. Abban reménykedhetünk, hogy a szomszédunkban nem lakik egy önjelölt „hatástalanító”.

Javasolom, hagyjuk meg a katonai és rendőr-tűzszerészeknek ezt a feladatkört, és ne tegyük ki felesleges kockázatnak magunkat és a környezetünket. A felsorolt tevékenységeket egyébként a Büntető törvénykönyv is nevesíti a 324. §-ban, ahol tételesen felsorolja az elkövetési magatartások tevőleges formáit; mint az engedély nélküli megszerzést, birtoklást vagy átadást, valamint a határon történő behozatalt, kivitelt és az átszállítást. A bűnös célzatú elkövetést szigorúbban veszi a jogalkotó, nő a büntetési tétel, továbbá az ilyen esetekben már az előkészületet is börtönbüntetéssel sújthatja [3]. A jogszabályból jól látható, hogy gyakorlatilag a robbanóanyagokhoz kapcsolódó összes engedély nélküli cselekményt büntetni rendeli, még az előkészületet is. Ezért sem ajánlott az ártatlan játéknak tűnő kísérletezés sem, mert a komoly sérülésveszélyen felül határozott jogkövetkezményekkel is jár.

A biztonsági szint növelése érdekében végzett kiegészítések

A robbantások hatásait figyelembe véve az épületek környezetében a védőtávolságokat tekintjük át első körben, ugyanis a nyomás változása a távolsággal fordítottan és hiperbolikus arányban csökken. A kiemelten védett objektumok egy része rendelkezik bizonyos szintű már kialakított periméter védelemmel. Minősített időszakok esetén, melyet a jogalkotó az Alkotmányban (48–54. cikk) is rögzített, a különleges jogrend körében, a felsoroltakon kívül, egyéb korlátozásokat és intézkedéseket vezethet be [4]. Ennek kapcsán jöhetnek szóba a közúti és gyalogos közlekedésre is kihatással levő úgynevezett ideiglenes akadályok és kordonok telepítésének lehetőségei, a védendő létesítmény megközelítésének útvonalán és közvetlen környezetében egyaránt. A gépjárműforgalom kontrolljára a betonból készült T-wall, vagy az acélszerkezetű Raptor Vehicle Barrier lehet a legmegfelelőbb, gyors telepíthetősége és ennek ellenére relatív hatékony blokkolóképesége miatt [5].

Az épületen belüli robbantások tekintetében elsősorban a beléptetésre kijelölt helyiségekre fókuszálnék, mivel jellemzően a védett objektumok mindegyikében található egyfajta ellenőrző-áteresztő pont. Ezen helyiségeknek a fő funkciója az épületbe lépni szándékozók jogosultságának kontrollálása, ruházatának átvizsgálása és táskáinak ellenőrzése. A robbantás zárt környezetben bekövetkezett hatásait kell vizsgálni, az ott elhelyezett csomagvizsgáló berendezések és a kezelő személyzet létszáma, illetve felállítási helye mind fontos tényező lehet.

Az átvizsgáló helyiségben bekövetkezett robbantások estén nem szabad figyelmen kívül hagyni a lökeshullámok terjedéséből és verődéséből eredő, nyomásfokozó hatásokat. A Metalltech Kft. és a Budapesti Műszaki Egyetem közös kutatásában, szimulációkkal és robbantókamrában történt mérésekkel vizsgálták a detonációs hullámok különböző frekvenciájú és hosszúságú összetevőit. A tapasztaltak alapján, a robbanóanyag-kamrában történt elhelyezkedése szerint, a detonációs hullámhossztól és annak lecsengési idejétől függően előfordultak olyan térrészek, ahol a primer maximális nyomás helyett annak többszöröse is megjelent. Ez a fajta nyomásfokozódás nagyban függ a térrész geometriájától, ahhoz viszonyítva a töltet elhelyezkedésétől, és nem utolsósorban a reflexiók tényezőitől. A legmarkánsabb értékek a határoló felületeknél

és azok találkozási pontjainál voltak mérhetőek, ezeket a tapasztalatokat szem előtt kell tartani egy átvizsgáló helyiség telepítésénél és a belső részei kialakításánál [6].

Az ellenőrző-beléptető helyiségek utólagos megerősítése esetén első körben a nyílászárók üvegfületeinek fóliázása, az ajtó- és ablakkeretek rögzítése, valamint a falfelületek reflexiójának csökkentése jöhet szóba. A falak burkolásával célunk a mechanikai szilárdságuk növelése (hajlító, nyíró igénybevételek ellen), továbbá a repeszhatás csökkentése. Felújítások, továbbá új létesítmény építése esetén, a felsorolt mechanikai megerősítések teljes rendszerét jóval nagyobb hatásokkal lehet megvalósítani. Új épület tervezésekor, ha az átvizsgáló helyiség több térrészből tevődik össze, figyelembe kell venni a térfogatrészek arányát, a detonáció során keletkező nyomásváltozások eloszlása miatt.

A harcéri hatástalanítás során alkalmazott rádiós zavarás az épített környezetben nem tekinthető választható módszernek – kivétel előtalált éles robbanószerkezet esetén – mivel a környezetünkben található rádiós hálózatok hibamentes üzemét nagymértékben zavarnák, adott esetben megakadályoznák azok működését. A zavarás következtében jelentkező további problémát jelenti, hogy a spektrumfigyelés (SIGINT⁵) hatástalan ez idő alatt, ami az azonosítatlan rádiófrekvenciás készülékek bejutását segíti elő a védendő területre.

A csomagátvizsgáló röntgenek nélkülözhetetlen kellékei a védett objektumba történő beszállítások alkalmával, telepíthetők fixen vagy mobil formában egyaránt. A fémdetektoros kapuk mellett, a félvezető detektorokat is megemlíteném, mivel az IED-k vonatkozásban az elektronikai összetevők kimutatására jelenleg a leghatékonyabb eszközöknek tekinthetők. Mindkét átvizsgáló berendezés működése az úgynevezett gerjesztés technikáján alapul, a mágneses és villamos tér létrehozása következtében az eszköz erre adott válasza alapján képes detektálni. A milliméteres hullámhosszú radarok használhatósága (testre erősített szerkezetek, alkatrészek becsempészése) következtében elterjedt körben alkalmazzák. Ilyen berendezés évek óta üzemel a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren is.

Összegzés

Az ismertetett detektálási módszerek és az épület beléptető helyiségének fizikai megerősítése együttesen tudja garantálni, egy terror jellegű robbantásos cselekmény kísérletének a megfelelő időben történő megakadályozását vagy esetleges bekövetkezésekor a detonáció közvetlen és közvetett hatásának a mérséklését.

A háborús övezetekben végrehajtott robbantások tanulmányozásából is kitűnik, hogy a rádióvezérlésű eszközök milyen nagy arányban szerepelnek a választott módszerek között. Ez azért fontos adat számunkra, mert a kiemelten védett objektumainkban és közvetlen környezetükben jóval nagyobb hálózati lefedettség található a mobilkommunikáció vagy akár a wifis hozzáférések tekintetében.

Az ipari robbantástechnikában a bányakapitányságok hatáskörébe tartozik a robbanóanyagok raktározásának, szállításának és felhasználásának ellenőrzése. Jelenleg nincs egységes robbanóanyag-nyilvántartó rendszer, ennek következtében meglehetősen nehézkes központilag

⁵ SIGINT: Signal Intelligence – jelhírszerzés; amerikai katonai rövidítés a rádiós és rádióelektronikai hírszerzésre.

nyomon követni az anyagmozgásokat a hatóság részéről. A rendőrségnek nincs közvetlen betekintési lehetősége – az amúgy sem létező központi nyilvántartásba –, ami egy esetlegesen ipari robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmény felderítésében hathatós segítséget nyújthatna. Bizonyos esetekben az előzetes kockázatelemzések során is hasznos adatokkal szolgálhatna a megfelelő szervek számára.

A cikkben nem tértem ki külön az épület ellen drónokkal történő elkövetésekre, amelyek új kihívásként jelentkeznek a védelmi rendszereket tervező vagy üzemeltetők számára. A drónok mérete, mozgási képessége lehetővé teszi a korábban említett biztonsági megoldások kikerülését és a tervezett bűnös célú cselekmény eredményes elkövetését.

A felsorolt detektálási és megerősítési lehetőségek mellett nagyon hasznos lenne, ha a „Látnok” – nevű döntéstámogató rendszer is alkalmazásba kerülne, amely nagyban hozzájárulna a kiemelten védett objektumok védelméhez kapcsolódó, rendvédelmi és katasztrófavédelmi egységek összehangolt munkájához [7].

Felhasznált irodalom

- [1] 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról. Forrás: net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1300065.KOR (A letöltés dátuma: 2018. 10. 11.)
- [2] BALOGH Zsuzsanna (2013): *Objektumok robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségei*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest. 58. Forrás: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2013/balogh_zsuzsanna.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 01.) DOI: <https://doi.org/10.17625/NKE.2013.029>
- [3] Btk. 324. § Robbanóanyaggal vagy robbantószerrel visszaélés. Forrás: <https://buntetojog.info/kulonos-resz/btk-324-s-robboanyaggal-vagy-robantoszerrel-visszaeles> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [4] A különleges jogrend meghatározása az Alaptörvény szerint. Forrás: www.keh.hu/magyarorszag_alaptorvenye/1515-Magyarorszag_Alaptorvenye&pnr=13 (A letöltés dátuma: 2017. 04. 26.)
- [5] Perimeter Security Products. Forrás: <http://perimetersecurityproducts.com/products/raptor-vehicle-barrier/> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 24.)
- [6] SUSÁNSZKI Zoltán (1992): *Zárt robbantóterek nyomásviszonyainak számítógépes meghatározása*. Előadás az Építéstudományi Egyesület (ÉTE), Robbantástechnikai szakbizottság, 5. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokviumán, Budapest, 1992. 09. 08–11. Megjelent a konferencia kiadványában.
- [7] PETŐ Richárd (2017): *Objektumok védelmének eszközei és lehetőségei a bűnös célú/terror jellegű robbantásokkal szemben*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest. Forrás: http://lib.uni-obuda.hu/sites/lib.uni-obuda.hu/files/Peto_Richard_ertekezes.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 03.)

Kanyó Ferenc¹ – Vásárhelyi-Nagy Ildikó²

Research for New Physical Ability Testing Method for Firefighters in the V4 Countries

A tűzoltók új fizikai állapotfelmérésének módszereinek kutatása a V4 országokban

An analysis and precise identification of rescue operations by firemen are only possible under extreme and realistic conditions using special instruments. Monitoring of firemen's physical preparedness for rescue actions is indispensable for efficient interventions and for preserving the health of firemen. We have elaborated complex physical aptitude testing that may be introduced in the V4 countries upon completion of a standardisation process.

Keywords: *physical ability test, firefighter, method*

A tűzoltók mentési tevékenységének elemzése, a munkatevékenység pontos meghatározása kizárólag extrém, a valós körülmények között, speciális műszerekkel lehetséges. A tűzoltók fizikai felkészültségének monitorozása elengedhetetlenül szükséges a hatékony beavatkozáshoz és a tűzoltó egészségének megőrzése szempontjából. A fizikai képességek mérésére egy komplex tesztet dolgoztunk ki, amely a szabványosítási eljárás után bevezetésre kerülhet a visegrádi négyek országaiban.

Kulcsszavak: *fizikai állapotfelmérés, tűzoltó, módszer*

Introduction

The aim of this research is to implement the V4 test battery, in close international collaboration with selected Visegrad Four organisations, which will be used to assess the suitability of new recruits for work in the fire service.

¹ Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság, tűzoltósági főfelügyelő/tűzoltó ezredes, e-mail: kanyof@katved.gov.hu, ORCID: 0000-0002-2747-6979

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, doktorandusz, e-mail: ildiko471@gmail.com, ORCID: 000-0002-9304-0815

A modified version of this diagnostic tool will also be developed for the purposes of testing the physical performance of serving firefighters for readiness for action.

Within the framework of the scientific research, we have also carried out an assessment of the physical capability of firefighters in Hungary with the new procedure [1] [2].

Why Is It Necessary to Measure the Physical Performance of Firefighters?

Firemen rescue activities in built-up areas, especially in high-rise buildings require a special focus on the firemen's motor skills. Among the negative factors that may pose a threat, the negative influence of single rescue in a long time of salvage is associated with the fire's high temperature, high humidity due to water by steam, dark environs, possible presence of toxic compounds and heavy technical resources used in action [3].

In such a way, we could detail other working activities in the area. Those threats have negative influence on the process of salvage. All activities, except firemen's high growth performance, may pose a danger, because no rescue situation itself can be planned forward. Something dangerous can always occur suddenly and unexpectedly.

Contemporary legislative conditions for fire rescue staff force firemen to verify, yearly, their growth performance through motor-operated testing. Motor tests reveal the condition of firemen's growth performance in the field of conditional and coordinative preparedness (velocity, endurance, kick and rush, motional accomplishment coordination) [4].

Firemen jobs can be considered as special from the point of performance growth. Rescue activities are also characterized by a high psychological load on firemen. The mentioned activities put special demand on the body strengths of firemen. Our aim was to design a test, a kind of motor chain, by which we can test firemen's preparedness for rescue.

In connection with building complexity of contemporary high-rise buildings, we can assume, that firemen rescue activity in case of various accidents in the presence of fire in the subject environment, demands a high level of firemen's preparedness.

The solution of the problem is a research grant task VEGA MS SR No. 1/0713/08 under the cooperation of the Board of Fire and Rescue Service of the Department of Home Affairs in SR, Technical University of Mine – Faculty of Safety Engineering Ostrava, Fire Rescue Service Moravsko-Sliezsky Region, Szkoła Główna Służby Pożarniczej Warsaw, Technical University in Zvolen and the Fire Department of Budapest [1].

Aim, Tasks of Work

The research work was based on the theoretic analysis of specific firemen activities in rescue, to propose and then to verify a specific motor-operated test for gaining the firemen preparedness in high-rise building rescue:

- to perform standardization;
- to apply it in firemen training of the V4 countries;

Tasks:

- to identify the most characteristic job activities that firemen perform during rescue operations;
- to assign representation motional conditional and coordinational accomplishment in individual working activities, with assignment of dominance of growth accomplishment;
- to create from the most characteristic activities motional chain, that will duplicate sequence of working activities in rescue;
- to create files of firemen in individual V4 countries preparing conditions for testing;
- to improve outfit of firemen;
- to perform exact description of activities in test which are familiar with all testing files of firemen;
- to perform skill session of coordinators in V4 countries who participate on problem solution;
- to create timeframe testing file in individual V4 countries (Hungary, Poland, Czech Republic and Slovakia in the years 2018–2019).

Method:

Characteristics and description of the test. This test models disturbances in high-rise buildings, where people are rescued during fire-fighting [5] [6]. The rescue phases below were joined in the test:

- research – places of rescue (walk – inspection of an object – preparation hose transport system) – exercise 1 from the test;
- military development – exercise 2 (ascent up the stairs, bring out technical resources and hose forwarding rail);
- rescue – (exercise 3) – rescue of persons;
- secondary research (exercise 4) – research space.

Description of the test:

As it has already been described in the previous sections, the test consists of firemen working activities, in preparation and during the rescue. It is designed into four sections or exercises. Firemen realize the mentioned test in full PPE (personal protective equipment) as they do in rescue operations, the full weight of which is 22 kg.

Besides exercise No. 1, in the next three, firemen perform their activity in breathing masks and use their breathing apparatuses (BA). After every exercise, their achievements are recorded while firemen have a 1-minute break during which they progress to the subsequent exercise. Measuring of achieved times is done in individual exercises.

Doing motional growth activities in mask in the above mentioned test (besides exercise 1) is from the case of smoke-quarts or toxic cloth presence.

The arrangement of the locations of individual exercises must be minimised so that the distance between these places should not exceed 10 m, to minimise walking between exercises. Intensity of growth activities of firemen in applying the provision test is submaximal [1].

The duration of rescue activities can last from several minutes even up to a few days. We have decided to join the testing of job activities, which are expected from firemen, so they do them with high intensity. It is about activities (object inspection, hose system generation, rescue of persons, secondary research) that firemen do in mixed anaerobic-aerobical energetic regime covering energetic pretensions for the mentioned job activities.

Description of individual exercises:

Exercise 1

- introduces actual inspection of an object in which firemen have to do rescue preparation for development and connection of hose transport system.

Activity: fireman starts at command, on a path of 25 m from one end to another and individually transfers 1 hose C, 1 hose B, 1 distributor, 1 nozzle. At the end of the last sector, after the transfer of all 4 sections of hose system are coupled:

- distributor with hose B.

Standardization of new motor-operated test

- nozzle with hose C (together completes $8 \times 20 \text{ m} = 160 \text{ m}$). After the first exercise, fireman in motion puts on mask within 1 minute because he completes other three exercises with mask on breathing air from breathing apparatus.

Exercise 2

- introduce actual additional bringing out bins with hoses and technical means up the stairs in high-rise buildings.

Activity: at command's start, fireman goes up and down on a 0.25-meter high, 0.40-meter wide, and 1-meter long tepper (stair) which introduces simulation activity in stairway building. In both arms he carries 2 canisters filled with sand, both weighing 20 kg.

Timekeeper counts the fireman's achieved repeated ascents and descents on stepper. In this exercise the fireman ascents and descents 40 times on stepper with mentioned load (1 repetition – ascent by both legs from the ground on stepper and descent by both legs from stepper to ground on his feet). After the last repetition he puts off the canisters on the marked place.

Exercise 3

- introduces rescue and evacuation of injured persons from the place of fire to safe-depot.

Activity: fireman at his command starts to transfer 4 single sacks, each filled with sand weighing 40 kg. He must carry the sacks and not drag them. He transfers sacks at a distance of 10 m from one end to the other.

Exercise 4

- introduces research of searching for injured persons.

Activity: fireman at command starts to seize canister weighing 5 kg in his hands, which in fact represents a thermo-camera and overcomes barriers (small gates in height of 0.6 m, width of 1 m). There are 3 barriers and they are arranged every 2 m. So the path has the following form (from the starting position): the first obstacle is placed at 2 meters, then comes the second obstacle in another 2 meters, after that the third in another 2 meters, and lastly, 2 meters from the third obstacle, the goal.

The first obstacle toadies down, the second obstacle transgresses, the third obstacle toadies, rounds the goal and he performs equal activity backward. He puts down canister on the level of startup goal and runs a distance of 25 m, where he uncouples forwarding hose system. Here a timekeeper terminates (measures) closing activity in test.

Test measures following kinetic accomplishment and motional skills:

- Exercise 1: velocity kinetic accomplishment and motional skill (connection of hose system).
- Exercise 2: velocity accomplishment, endurance in power.
- Exercise 3: velocity accomplishment, endurance in power.
- Exercise 4: velocity accomplishment, growth skilfulness (motion under difficult conditions with thermo-camera – simulated by canister weighing 5 kg), motional coordination and flexibility [6] [7].

Results of the test:

Testing was done from April to June 2018 at the Fire Station of the Budapest Fire Brigade. Under natural conditions of fire stations in the place of mobile technique with concrete floor, from where after sliding (space in space barn into place of garage) they go into rescue activities. Firemen were informed about taking the test and about individual parts of the test. Firemen were tested in full PPE as they are in rescue activities.

As for the valuation of firemen file (Polish Republic, Czech Republic, Hungarian Republic), the average age of firemen from Poland was 34.2 years, Hungary 27.4, the youngest file was from the Czech Republic – 26.6. From the point of growth building of individual exercises of the test, the most difficult were the second and the third exercises.

In the aforementioned activities, the average attributes of heart rates were 192 bpm in Hungarian firemen, 180 bpm in Polish firemen and 177 bpm in Czech firemen. The best average results in values of lactate time in individual exercises, but also in the whole evaluation of the entire test the Czech firemen came out first, followed by the Polish firemen and the weakest were the file of Hungarian firemen. Exact results of all measured values are shown in the tables.

Conclusions

In order to achieve positive change in firefighter recruitment in the V4 countries, higher demands must be made of recruits given the increasingly difficult nature of rescue operations. To help achieving positive change we wish to include a new V4 test battery as part of the physical performance diagnostics, which will require recruits to cope with greater, and especially, more specific demands that reflect the reality of firefighting duties.

The goal for recruits is to be able to cope with the activities in the diagnostic battery. The specific aim of the diagnostic tool is to test the recruit's ability to perform rescue activities with a load. The results of the research are aimed at the needs of the Fire Brigades in the V4 countries.

References

- [1] KANYÓ Ferenc – BAUER Márton (2009): A tűzoltók fizikai állapotfelmérésének új alapjai. (New bases for physical aptitude testing of firefighters). *Védelem Online*. Source: www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/206-a-tuzoltok-fizikai-allapotfelmeresek-uj-alapjai.pdf (Accessed: 05. 11. 2018.)
- [2] KANYÓ Ferenc – CZIVA Oszkár (2008): Different international methods for testing the ability of firefighters. *Hadmérnök*, Vol. 3, No. 3.
- [3] KANYÓ Ferenc (2008): *A tűzoltók fizikai alkalmasságának felmérése az új évezredben. Laboratóriumi és pályavizsgáló teljesítménydiagnosztikai eljárások alkalmazási lehetőségei a tűzoltók teljesítménymérésében. (Physical aptitude testing of firefighters in the new millennium. Applicability of laboratory and drill course performance testing in testing the performance of firefighters)*. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola.
- [4] KANYÓ Ferenc (2007): Special physical examination for firefighters using Draeger fire simulation containers. *AARMS*, Vol. 6, No. 4. 637–645.
- [5] KANYÓ Ferenc (2007): A fizikai állapotfelmérés új módszerei a Fővárosi Tűzoltóparancsnokságon. (New methods of physical aptitude testing at the Fire Department of Budapest). *Védelem*, Vol. 14, No. 5. 19–20.
- [6] EGERMAN, Monte (2011): Flexibility & Firefighting. *Fire Rescue Magazine*, Vol. 7, No. 1. Source: www.firerescuemagazine.com/articles/print/volume-6/issue-8/firefighter-fitness-and-health/flexibility-firefighting.html (Accessed: 05. 11. 2018.)
- [7] VÁSÁRHELYI-NAGY Ildikó (2018): A beavatkozó állomány kondicionális képességei fejlesztésének új irányai, különös tekintettel a proprioceptív módszerek alkalmazására. (New directions of improving physical conditioning capabilities of intervening strength with a particular view to the applicability of proprioceptive methods). *Hadmérnök*, Vol. 13, No. 4. 408–422.

Végh Krisztián¹

Az improvizált fenyegetések okozta kihívások a 21. század elején

The Challenges of Improvised Threats at the Beginning of the 21st Century

Az improvizált robbanószerkezetek elleni védelem (C-IED)² témaköre az elmúlt évek egyik legalaposabban vizsgált területe volt. Ez a tendencia rendkívül előremutató, hiszen a probléma minél részletesebb megértése alapfeltétele a fenyegetés elleni védelem kialakításának. Számos tanulmány készült egy olyan időszakban, amikor a NATO-erők alapművelete az afganisztáni stabilizációs feladatok ellátása volt, később a koalíciós csapatok béketámogató tevékenysége Irakban az Iszlám Állam legyőzésére fókuszált. Utóbbi terrorszervezet vázlatos bemutatásán keresztül kívánok rámutatni azokra a jelentős harceljárásokat, alkalmazott eszközöket illető, a hadműveleti területen, valamint közvetlen környezetünkben tapasztalható változásokra, amelyek a téma aktualitására hívják fel a figyelmet.

Kulcsszavak: improvizált robbanószerkezet, improvizált fenyegetés, Iszlám Állam, pilóta nélküli repülőeszközök

The topic of countering improvised explosive devices was examined very thoroughly in the past decade. This tendency is beneficial, because the detailed understanding of the problem posed by improvised explosive devices, have been a basic condition of creating methods of countering it. Many publications were made in a period, when NATO's basic effort was the stabilisation operation in Afghanistan, and the Coalition focused on defeating the forces of the Islamic State in Iraq. My intent is to show the actuality of the topic through presenting the main changes about ISIL's use of improvised devices, and the tools of enemy procedures around the operation areas and in our direct environment.

Keywords: improvised explosive device, improvised threats, ISIL, unmanned aerial system

¹ Magyar Honvédség Parancsnoksága Hadműveleti Csoportfőnökség, főtiszt, e-mail: vegh.krisztian@hm.gov.hu, ORCID: 0000-0001-6969-968X

² C-IED – counter-improvised explosive device: improvizált robbanószerkezetek elleni védelem.

Bevezetés

A NATO Transzformációs Parancsnokság (NATO ACT)³ által 2017 nyarán megtartott utolsó C-IED konferencia (a továbbiakban: Konferencia) egyik prezentációja [14] alapján Irakban 8616, Afganisztánban 5093, Szíriában 2766 improvizált robbanószerkezettel (IED)⁴ elkövetett eseményt és 30 475 halálesetet/sérültet jegyeztek fel a 2016. április és 2017. március közötti időszakban. Ez látszólag csökkenő tendenciát mutat a korábbi időszakhoz képest, ugyanakkor a fenyegetés továbbra is valós, közvetlen környezetünk tekintetében is (lásd 1. táblázat).

A NATO és ezen belül a Magyar Honvédség műveleti területen elszenvedett veszteségeinek jelentős része az IED-alkalmazások számlájára írható, az Európa nagyvárosain végigsöpörő, több száz halálos áldozatot követelő terrorhullám cselekmények jelentős hányadában IED-eket és öngyilkos merénylőket alkalmaztak. Európa biztonsági környezete jelentősen megváltozott, a fent említett terrorista cselekmények mellett itt meg kell említeni az orosz-ukrán konfliktust és természetesen a szövetség utóbbira Varsóban [8] és Brüsszelben [18] adott válaszreakcióit is.

1. táblázat. EID események 2017. május – 2018. május között [9]

	ASIA	AFRICA	S. AMERICA	N. AMERICA	OCEANIA	EUROPE
MAY /17	384	90	9	13	3	32
JULY/17	232	32	2	73	3	29
AUG/17	281	45	10	123	3	62
SEP/17	147	17	1	24	1	11
OCT/17	215	47	3	96	6	46
NOV/17	137	19	0	5	0	8
DEC/17	275	29	16	75	5	41
JAN/18	257	42	9	59	6	42
FEB/18	217	31	9	74	7	31
MAR/18	212	29	3	129	4	32
APR/18	243	43	11	129	6	49
MAY/18	274	43	4	125	13	41

A NATO-csúcsok eredményeit tekintve az aszimmetrikus és hibrid hadviselés okozta kihívásokra adott válaszokat kell kiemelni. A terrorfenyegetés és a szövetség terrorizmus elleni fellépése kapcsán a NATO két jelentős döntést hozott Varsóban. Ezek értelmében a szövetség egyrészt meghosszabbítja kiképzési misszióját Afganisztánban, továbbá katonai és terrorellenes kiképzési missziókat indít az Iszlám Állam elleni harc támogatása érdekében Irakban (bagdadi központtal), továbbá Líbiában és Tunéziában.

³ NATO ACT – NATO Allied Command Transformation: NATO Transzformációs Parancsnokság.

⁴ IED – improvised explosive device: improvizált robbanószerkezet.

A fentiekben felvázoltak világosan mutatják mind a közvetlen környezetünk, mind a hadműveleti területeken megfigyelhető változásokat a biztonsági helyzet vonatkozásában, egy olyan időszakban, amikor az improvizált fenyegetések (IT)⁵ témaköre nincs – vagy talán már nincs – olyan mértékben a figyelem középpontjában, mint azt a helyzet egyébként indokoltta tenné.

Amellett, hogy a témakör nem tartozik a figyelem középpontjában lévő szakterületek közé, annál is inkább kiemelt figyelmet érdemel, mivel Magyarország miniszterelnöke a NATO brüsszeli csúcstalálkozóján (2018. július 11–12.) bejelentette: „Készek vagyunk Tunéziának képzést biztosítani a házi készítésű robbanóeszközök elleni védekezés kapcsán a szövetség védelmi kapacitásépítési programja keretében.”

A tanulmány alapvető célkitűzése annak bemutatása, hogy milyen rendkívüli fontossággal bír az IED és egyéb IT okozta aktuális kihívások megértése, értékelése és elemzése, ezáltal a lehetőség megteremtése a proaktív ellentevékenység kialakítására. Azt kívánja bemutatni, hogy a fenyegetés továbbra is jelentős és jelen van. Ennek érdekében főként az Iszlám Állam képességeire fókuszálva vázolja fel a jelentős változásokat az alkalmazott eszközök és harceljárások vonatkozásában. Az Iszlám Állam által alkalmazott gyakorlati eljárások rövid bemutatásán keresztül rá kívánok mutatni a pilóta nélküli repülőeszközök (Unmanned Aerial System – UAS)⁶ jelentette kihívásokra. A tanulmány további részében az Európát sújtó terrorhullám eseményeinek rövid felvázolását tervezem azzal a céllal, hogy bemutassam: az aszimmetrikus hadviselés már nem kizárólag egy távoli vidéken zajlik, hanem „házhöz jön”.

Ennek megfelelően a tanulmány egyfajta figyelemfelkeltő szerepet tölt be, arra fókuszál, hogy amennyiben nem fordítunk kellő figyelmet a téma megértésére, az elemzések és értékelések végrehajtására, az IT elleni tevékenységünk (C-IT)⁷ stratégiájának kialakítására, a világ „elme” mellettünk”.

Az improvizált fenyegetések

Az improvizált robbanószerkezetek elleni védelem témakörében rendkívül nagyszámú és alapos kutatás, illetve cikk jelent meg. A tudományos munkák egy része a műveleti területeken alkalmazott IED-k kategorizált felosztásának ismertetését tűzte ki célul, ennek okán ezt a területet nem kívánom e dolgozat oldalain újra áttekinteni. A C-IED szakmai körök számára ismert felosztását, kategorizálását és a definíciókat a C-IED lexikon ötödik kiadása tartalmazza [15].

Annak érdekében azonban, hogy az IT mint fogalmi rendszert bevezethessük, ismertetem az IED néhány fogalmi meghatározását. Eszerint lehet: „egy egyszerű bomba, melyet nem hivatalos és nem engedélyezett erők állítanak elő illetve alkalmaznak” [19].

Egy további megfogalmazás szerint „az IED lehet egyszerű szerkezet, de bonyolult elektronikai eszközökkel kiegészített szerkezet is. Az IED széles tárházát nyújtja az ellenséges erők számára

⁵ IT – Improvised Threat: improvizált fenyegetés.

⁶ UAS – Unmanned Aerial System: pilóta nélküli repülőeszközök.

⁷ C-IT – Counter Improvised Threat: az improvizált fenyegetések elleni védelem.

az aszimmetrikus fizikai támadások kivitelezésére anélkül, hogy azok az ő aktív és tevőleges beavatkozását tennék szükségessé. Az IED terjedése világméretű problémává nőtte ki magát" [1].

Az Iszlám Állam stratégiája

Napjaink legtöbbet emlegetett és sokak által a legveszélyesebbnek tartott dzsihádisták szervezete az Iszlám Állam. A terrorista tevékenységeket elkövető „magányos farkasok”, a belőlük formálódó terrorista sejtek támadásai, valamint a közel-keleti régióból érkező emberáradat jelentős kihívást jelent hazánknak, az Európai Uniónak és legerősebb szövetségének, az Egyesült Államoknak [11]. Egyes értékelések szerint a terrorszervezet végleg elveszítette a kezdeményezést és végnapjait éli [20], míg mások továbbra is a harcok és egyben az Iszlám Állam aktivitását vizionálták [21].

Az Iszlám Állam egyes vélekedések szerint napjainkban nem jelent reális katonai fenyegetést Magyarországra annak ellenére sem, hogy politikai programjában Magyarországot is magába foglaló Kalifátus létrehozását tűzte ki célul. Hazánk területén a terrorszervezet eddig nem követett el terrorista cselekményt, de ettől függetlenül nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a 2016-ban megjelent internetes szalagcímet, amelyben a lehetséges terrorista célpontok között kerül Magyarország említésre: „Ma Brüsszel és repülőtere, holnap lehet Portugália és Magyarország” [22].

Irak 2003-as megszállásának időpontjától a koalíciós erők túlnyomó részének kivonásáig terjedő időszakban az Iszlám Állam a hagyományos fegyveres küzdelem keretei között folytatott összeütközésekből nem remélhette a győzelmet a nála lényegesen erősebb féllel szemben, amelynek következtében ellenfeleit indirekt módon támadta. Ebből kifolyólag az Iszlám Állam az indirekt hadviselés irreguláris fajtájának módszereivel, vagyis a gerilla gondolkodásmód elvei alapján vívta meg harcát. Mivel az Egyesült Államok vezette koalíció reguláris, az Iszlám Állam pedig irreguláris elvek alapján folytatta küzdelmeit, kijelenthető, hogy a két fél között aszimmetrikus küzdelem zajlott, amelyben az Iszlám Állam a gyengébb anyagi-technikai és humán erőforrással rendelkező félként vett részt. A koalíciós, valamint iraki erők hatékonyságának függvényében változtak az alkalmazott eljárás módok a kezdetleges támadásoktól az infrastrukturális építmények és kisebb rendőrállomások elleni rajtaütéseken át a politikusok és kormányhivatalnokok ellen elkövetett gyilkosságokig, amelyek célja a kormány koncentrált erőinek szétforgácsolása volt [12].

Műveleteik során nemcsak támadó manővereket hajtottak végre. A hagyományos hadviselés ideiglenesen vállalt, vagy kikényszerített formájának, azaz a védelemnek az alkalmazására is rákényszerültek. Műveletei során a terrorszervezet eljárás módjait a szervezett védelmi harc mellett a rajtaütések, a lesállások, a járművel végrehajtott öngyilkos merényletek és az improvizált robbanóeszközök alkalmazása jellemezték. Az utakra, járművekbe, épületekbe telepített meglepő aknák és IED-k a hagyományos hadviselés során használt zártrendi aknamező feladatrendszerét látták el [11].

Az Iszlám Állam által alkalmazott újszerű improvizált eszközök (szárazföld)

Természeteszerű, hogy a hagyományosnak mondható katonai képességek kialakítása megfelelően működő logisztikai hátteret feltételez. Sajnálatos módon a logisztikai témájú írásművek száma igen csekély. Az azonban a Konferencia előadásai alapján megállapítható, hogy az Iszlám Állam képességet épített fel fegyverzet, lőszeres és robbanóanyag ipari méretű előállítására (1. ábra).



1. ábra. Az IÁ sorozatgyártási képességének illusztrálása [14]

Ennek a tevékenységének köszönhetően képessé vált harckocsi elleni aknaként funkcionáló robbanószerkezetek sorozatgyártására is (2. ábra).



2. ábra. Az improvizált aknák telepítésének rendjéről [13]

Ez nem jelentené automatikusan azok rendszerben történő alkalmazásának képességét, azonban a 2016 augusztusában, Erbilben megvívott védelmi művelete során sikeresen alkalmazta „saját gyártmányú” aknáit, amelyeket rendszerben telepített.

A vonatkozó szakirodalom az ilyen módon telepített robbanóeszközök rendszerét improvizált aknaöv (ILB)⁸ elnevezéssel látta el. A műszaki szakmai vonatkozású újszerű eszközök és harcászati eljárások sora azonban ezzel még nem ért véget. A terrorszervezet kialakította saját páncélozott és nehézfegyverzettel ellátott bulldózerszerű képességét, továbbá új szintre emelte a gépjárműbe rejtett IED (VBIED)⁹ koncepcióját.

A páncélvédelemmel ellátott bulldózerek és robbanóanyag-szállító/célba juttató eszközök alkalmazását a terrorszervezet természetesen beépítette a harc eljárásaiba. Szintén újdonságként jelentkezik az a képessége, amelyet az UAS alkalmazásának bevezetésével alakított ki. Az amerikai haderő szárazföldi alkalmazásának egyik legfontosabb alapfeltétele a légtér teljes és tökéletes birtoklása. Fontossága egyrészt a légi műveletek biztonsága, másrészt a szárazföldi erők légi támogatásának vonatkozásában jelentkezik. Másképpen összefoglalva, a haderő addig nem kezdi meg szárazföldi műveletek végrehajtását, amíg a teljes légi fölény, ezáltal az adott műveleti terület légtérének birtoklása nem biztosított. A művelet kezdetén nyilván ez volt a helyzet, azonban az Iszlám Állam vezetése – a műszaki támogatási feladatok jelentősége mellett – felismerte a légtér nyújtotta, pontosabban a légtér használata nyújtotta előnyök és lehetőségek jelentőségét. Kézenfekvő megoldás volt az UAS beszerzése, előállítás, illetőleg „hadrendbe állítása”.

Az Iszlám Állam által alkalmazott újszerű improvizált eszközök (légtér)

Az UAS alkalmazása vonatkozásában utaltam már arra a helyzetre, hogy az Iszlám Állam elleni harcban nem a koalíció az egyetlen fél, amely használja a légteret. Nem szoktunk hozzá, hogy a légtérből is veszélyek leselkednek katonáinkra, tehát az eszközök pszichológiai hatása nyilvánvaló. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy itt nem pusztán arról van szó, hogy az Iszlám Állam képes a légi célba juttatású IED (ABIED)¹⁰ előállítására és alkalmazására, ettől lényegesen kiterjedtebb képességek birtokába került [13]:

- felderítés, hírszerzés, ellenőrzés;
- előretolt biztonság;
- kémkedés;
- mobil érzékelés;
- a szembenálló fél biztonsági intézkedéseinek tesztelése;
- hírszerzés elleni tevékenység;
- létesítménybiztonság;
- vezetés-irányítás;
- célmeghatározás;

⁸ ILB – Improvised Landmine Belt: improvizált aknaöv.

⁹ VBIED – Vehicle Borne Improvised Explosive Device: gépjárműbe rejtett IED.

¹⁰ ABIED – Airborne IED: légi célbajuttatású IED.

- előretolt megfigyelő feladatok;
- rádiófrekvencia kiterjesztése (RCIED¹¹ hatótávolságának növelése);
- figyelemelterelés;
- ellenséges légvédelem zavarása;
- repülések megakadályozása (több UAS irányítása ellenséges repülőtér fölé);
- csempészet;
- rejtett információtovábbítás;
- helyi légi fölény birtoklása;
- légi bombázás;
- áldozat által aktivált IED-ként (VOIED)¹² történő alkalmazás;
- ABIED feladatok végrehajtása;
- gyújtó eszközök célba juttatása;
- felfegyverzett UAS platform alkalmazása;
- kémiai, biológiai, vegyi anyagok célba juttatása;
- UAS ellentevékenység;
- civil légi közlekedés akadályozása;
- elektronikai harc (ECM) feladatok végrehajtása;
- szabotázs végrehajtása;
- pszichológiai műveletek végrehajtása;
- propagandafeladatok végrehajtása.

Szakértők által elvégzett elméleti vizsgálat [13] összefoglalása akként fogalmaz, hogy a legtöbb esetben az UAS könnyen beszerezhető, nem feltétlenül költséges, egyszerű szerkezet, amely könnyedén módosítható. Városi környezetben rendkívül nehéz feladat az ellenük való védekezés, amely a mai viszonyok között jelentős tényező. Rendkívül népszerű eszköz, amely képes, illetőleg képessé tehető felvételek készítésére, amely lehetővé teszi a tapasztalat feldolgozás folyamatának támogatását is.

A hadművelleti területeken az elmúlt időszakban az IT alkalmazás terén bekövetkezett és bemutatott változások jelentős hatással lehetnek az Irakban és Afganisztánban szolgálatot teljesítő magyar állomány tevékenységére.

Az önállóan telepített, stacioner IED-k, valamint az erre épített harcjelzések mellett hangsúlyosabban jelenik meg a mobil IED-k alkalmazása a VBIED, valamint öngyilkos merénylő által vezetett, gépjárműbe rejtett (SVBIED)¹³ formában. Ezek természetesen eddig is ismertek voltak, a lényeges változást az okozza, hogy az Iszlám Állam képessé vált ezeknek a rendkívül nagy tömegű robbanóanyag hordozására alkalmas eszközöknek viszonylag nagy távolságból történő irányítására/koordinálására az UAS nyújtotta lehetőség alkalmazásával.

Az UAS használatával az irányító valós idejű képpel rendelkezik az SVBIED elhelyezkedéséről, arról, hogy hol telepítettek akadályokat (például ellenőrző-áteresztő pontok), ezáltal

¹¹ RCIED – Remote Control IED: távvezérelt IED.

¹² VOIED – Victim Operated IED: áldozat által aktivált IED.

¹³ SVBIED – Suicide Vehicle Borne IED: öngyilkos merénylő által vezetett gépjárműbe rejtett IED.

alternatív, akadálymentes útvonalat képes kijelölni a merénylő számára a megfelelő pont eléréséhez anélkül, hogy ezekben beleütközne.

Jelentős változás az ellenséges harcjelzésekben az UAS önálló alkalmazása. Egyes eszközök méretüknél, kapacitásuknál fogva képesek közvetett irányítású fegyverek löszereinek hordozására és irányított kioldására. Nem kizárható, hogy a jövőben vegyi fegyverek szállítására és alkalmazására is sor kerülhet (3. ábra).



3. ábra. Klórgáz célba juttatására házilag épített konténer [10]

Az Iszlám Állam tevékenysége Európában

A fejezetcím olvasása közben adódhat a kérdés: hogyan jut el a terrorizmus és az IT jelensége a nyugati világba? Természetesen erre számtalan lehetőség kínálkozik, legyen szó illegális migrációt kihasználó, bűnös szándékkal érkezőkről, fiatalokból álló közösségek radikalizálódásáról vagy a közel-keleti térség gerillaháborúiból visszatérő, radikális egyenekről, csoportokról. Az illegális migráció témaköre nem része a tanulmánynak, ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a Terrorelhárítási Központ (a továbbiakban: TEK) szakértőinek állásfoglalása [24] értelmében napjaink egyik legfontosabb terrorkockázati tényezője az illegális migráció.

Idézet egy idevágó témájú, szakmai újságcikkből: „Kalifátusa 2014-es kikiáltását követően az Iszlám Állam Irakon és Szírián kívül 29 országban követett el vagy inspirált több mint 140 terrorcselekményt, melynek során legalább 2043 ember életét veszítette és több ezer ember sérülését okozta.” (4. ábra)



4. ábra. Az IÁ által elkövetett vagy inspirált terrorcselekmények [25]

Az ábrán jól látszik, hogy a terrorhullám Európát sem kerülte el. Kutatásokra támaszkodva több mértékadó médium arról számol be [26], hogy az Iszlám Állam tevékenységéhez több mint 40 ezer fő csatlakozott a világ mintegy 110 országából, a terrorszervezet területvesztésének következtében már több ezren tértek vissza a világ 33 országába.

A párizsi terrortámadás és a manchesteri vérengzés közötti időszakban az európai nagyvárosokban elkövetett erőszakos cselekmények több mint 320 halálos áldozatot követeltek, és megközelítőleg 1400 személy sérülését okozták, nagy többségüket az Iszlám Állam tagjai követték el.

Ez a trend természetesen nem kerülte el a titkosszolgálatok figyelmét sem, ennek megfelelően az információ a legfelsőbb szintekig is eljutott. A 2016-ban megkötött stratégiai NATO–EU-megegyezés [27] is arra utal, hogy az Öreg Kontinens válaszokat és megoldásokat keres [28] az Iszlám Állam, a terrorizmus, az aszimmetrikus hadviselés „hazai” megjelenésével kapcsolatban.

A tanulmány eddigi fejezeteiben igyekeztem bemutatni azokat a lényeges aspektusokat, amelyek megítélésem szerint indokoltá teszik a C-IED témakörének kiterjesztését a C-IT vizsgálati területére. Ezt a kezdeményezést egyszerűbben fogalmazva azzal indoklom, hogy az IED ma már nem szimplán „útszéli bomba” és az UAS alkalmazása nem egyenértékű pusztán a „repülő” IED megjelenésével.

Ennek megfelelően az alábbi megfogalmazást javaslom alkalmazni: *az improvizált fenyegetések olyan, nem hagyományos módon előállított vagy módosított szerkezetek, amelyek kialakításuk jellegétől függően, az aszimmetrikus hadviselés legjellemzőbb dimenzióiban – szárazföldön és levegőben – képessé teszik alkalmazóikat gyilkolásra, pusztításra, zavarkeltésre, továbbá információs és pszichológiai műveletek végrehajtására.*

Véleményem szerint az improvizált eszközöket előállító és alkalmazó, az aszimmetrikus hadviselésben jártas gerilla- vagy terroristacsoportok ettől lényegesen többet „profitálnak”. Nyilvánvaló, hogy a nyugati koalíció előbb vagy utóbb felszámolja az Iszlám Állam ellenállását, ez pusztán idő kérdése. Lényeges, hogy tapasztalatunk van arra vonatkozólag, hogy egy

nem állami szereplő megfelelő szervezettség és logisztika esetén mi mindent képes elérni az improvizált eszközei alkalmazásával. Terroristacsoportok tevékenységére, a legyőzöttnek vélt szervezetek aktivitására [29], a gerilla csoportosulások megjelenésére pedig századunkban folyamatosan számítanunk kell.

Az improvizált fenyegetések elleni fellépés keretei

Az improvizált robbanószerkezetek elleni reaktív vagy proaktív fellépés igénye nem új jelenség. A nyugati világ jelentősebb szervezetei rendelkeznek politikával, stratégiával és tervekkel a világméretű probléma kezelésére. A jelenséget, pontosabban annak negatív hatásait és az arra adható lehetséges válaszokat az Egyesült Nemzetek Szervezete is vizsgálja [30]. Az ENSZ főtitkár jelentése értelmében a 2011–2015 közötti időszakban 105 ezer haláleset, illetőleg sérülés írható az IED számlájára, és ez a tendencia állandóan változik. A terroristák folyamatosan új eszközöket „állítanak hadrendbe”, mint például az UAS.

A nemzetközi szervezetek által képviselt elképzelések és eljárásrendek vizsgálata terjedelmi okokból nem témája a tanulmánynak, a NATO által képviselt, valamint a nemzeti szintű gondolkodásmód vázlatos ismertetését azonban fontosnak tartom. Mindezt egyrészt azért teszem, mert a NATO tagjai vagyunk, tevékenységének iránya hatással van és lesz saját stratégiánk irányainak és prioritásainak kialakítására és természetesen megakadályozza, hogy „légüres térben” gondolkozzunk és cselekedjünk.

A NATO szervezeti keretei

Az improvizált eszközök elleni fellépés lehetőségeinek vizsgálata és maga a végrehajtás is lényegében szinte teljes egészében a katonákra hárult. Ezen belül tovább szűkítve, sok helyen a vezetők a műszaki katonák feladatkörébe utalják a feladatkört, ami nem feltétlenül helytelen megközelítés, hiszen az improvizált eszközök hatástalanítására, semlegesítésére (DtD¹⁴) fókuszáló C-IED pillér, a harcászati szinten lényegében műszaki katonai feladatokra koncentráll. A tanulmány korábbi fejezeteiben bemutatott, jelentősebb katonai műszaki vonatkozású változások napjainkban egyre inkább alátámasztják ezt a megközelítést. Ugyanakkor érthető okokból a NATO által alkalmazott C-IED politika [16] ennél árnyaltabb képet mutat.

A NATO megközelítésében a fő célkitűzés az ellenséges csoportok IED-hálózatának legyőzése. Ez a megközelítés három alappilléren nyugszik:

- az erők felkészítése (képzés, kiképzés);
- az eszköz semlegesítése (katonai műszaki szakfeladatok);
- hálózatellenes műveletek (felderítés, hírszerzés).

Az erők felkészítése (PtF)¹⁵ pillér alapvetően alkalmazható képességekre történő felkészítést foglal magába minden fegyvernem részére. Mindezt annak érdekében hajtották végre, hogy

¹⁴ DtD – Defeat the Device: az eszköz semlegesítése.

¹⁵ PtF – Prepare the Force: az erők felkészítése.

a csapatok megfelelő ismeretekkel és képességekkel felruházva kezdjék meg műveleteik végrehajtását. Ez a cél az alapos megértésen és a műveleti terület C-IED-vonatkozású ismeretén alapszik.

A DtD pillér főként katonai feladatokat tartalmaz, ezen belül is lényegében kizárólag a reaktív képességek kialakítását tűzi ki célul, amelyek rendelkezésre állása biztosíthatja a saját erők mozgás- és cselekvési szabadságának, túlélőképességének fenntartását, fokozását, amik alapvető jelentőségű feladatcsoportok a műszaki támogatás viszonyrendszerében.

A hálózatellenes tevékenységek (AtN)¹⁶ pillére már nem csupán katonai feladat. A nemzetközi és egyben az érintett szervezetek közötti együttműködés célja olyan proaktív fellépés kialakítása és fenntartása, amely a felderítő és hírszerző szervezetek tevékenységén és eredményein keresztül, a műveleti területtől távol fejt ki hatását az ellenséges hálózatok ellen. Tevékenységének fókuszában az ellenséges IED-hálózat áll.¹⁷ Pusztán érdekességként jegyzem meg, hogy az *ellenséges hálózatok* (Threat Network) kifejezés megfogalmazása és bevezetése, és természetesen az AtN pillér kialakítása a C-IED-közösség munkájának eredménye.

A NATO 2015-ös Politikai Iránymutatásában kiemeli, hogy az IED mint eszköz továbbra is mind az aszimmetrikus, mind a hibrid, mind pedig a hagyományos hadviselésnek része marad. Ezért az IED alkalmazása elleni küzdelem továbbra is kiemelt fontosságú és a tervezéstől a végrehajtásig minden szinten integrálni kell.

A NATO szervezeti vonatkozású kérdéseinek rövid áttekintése véleményem szerint rendkívül fontos, hiszen ez adja meg azt a keretet, amelyen belül a nemzeti érdekek képvisellete megvalósulhat, a nemzeti képességépítés irányainak alapjai megteremtődhetnek. Ahogy bevezetőmben utaltam már rá, a NATO ACT ebben a munkában már nem vesz részt olyan volumenben, mint tette azt korábban. Ennek megfelelően a NATO-ban súlyponteltolódás volt megfigyelhető arra nézve, hogy ebben az esetben melyik szervezet vállalja a vezető szerepet.

Ennek fényében mindenképpen figyelemre méltó, ahogy a NATO C-IED COE 2018. évi igazgatói iránymutatás tervezete viszonyul az IT témaköréhez, általában: „A C-IED COE emelje figyelmének fókuszát a magasabb harcászati színtről a stratégiai szint felé, kerülje az alacsonyabb harcászati szintű tevékenységek vizsgálatát. Ugyanakkor a C-IED COE számára határozottan javasolt kiterjeszteni vizsgálati területét az improvizált fenyegetések teljes spektrumára.” (A szerző fordítása.)

Ez azt vetíti előre, hogy a közeljövőben, a NATO ACT C-IED tevékenységének befejeztével keletkezett vákuumot a központ vélhetően be kívánja majd tölteni.

A COE 2018. évi munkaterve kialakításakor figyelembe vett dokumentum szorosabb együttműködést javasol a C-IT szakmai területén érintett további kiválósági központokkal, köztük a katonai műszaki, valamint a tűzszerész kiválósági központtal.

Úgy gondolom, hogy a NATO vonatkozó stratégiájának áttekintése alapvető lépés volt ahhoz, hogy el tudjuk helyezni a rendszerben azt a képességet, amelyet a Magyar Honvédség

¹⁶ AtN – Attack the Network: hálózatellenes tevékenységek.

¹⁷ A pillér lényegének további, alaposabb megértésére javasolom: HORVÁTH TIBOR (2016): AZ IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívásai. In: *Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése. Tanulmánygyűjtemény I.* (e-book) Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar. 309–312.

keretein belül alakítottak ki. A NATO C-IED-politika, és az arra létrehozott stratégia meghatározó hatással volt és van a nemzeti képesség kialakításának fő irányaira, prioritásaira.

Az MH szervezeti keretei

Amikor a szervezeti keretek kifejezést alkalmazom, alapvetően azokat a beosztásokat, feladatszoportokat és szabályzókat értem alatta, amelyek a C-IED feladatkörét hivatottak kezelni és szabályozni valamilyen formában. Ennek megfelelően alapvető fontosságú dokumentum a HM közigazgatási államtitkárának és a Honvéd Vezérkar főnökének a Magyar Honvédség rögtönzött robbanószerkezetek elleni védelem feladatait koordináló és felügyelő munkacsoport létrehozásáról és működéséről szóló 19/2018. számú együttes intézkedése (a továbbiakban: Intézkedés). Ez a szabályzó az érintett minisztériumi főosztályok, a Honvéd Vezérkar, valamint a katonai szervezetek számára volt hivatott megadni a C-IED témakörének megfelelő szintű koordinációjára vonatkozó előírásokat és főbb irányvonalakat.

A három különálló szekciót magába foglaló és működtető munkacsoport tevékenységének koordinációja a HVK Hadművelési Csoportfőnökség feladatkörébe tartozott. A dokumentum jelenleg hatályos, azonban meg kell jegyezni, hogy a Magyar Honvédség szervezeti átalakítása maga után vonja a szabályzó átalakítását is. Az Intézkedés felülvizsgálatának szükségességét nem pusztán a szervezeti változások indukálják.

A NATO C-IED-alapvetéseinek ismertetése során megkülönböztetett három alappillér (PtF; DtD; AtN) megjelenítése a hazai szabályzóban megítélésem szerint alapvető fontosságú. Az Intézkedés művelési, kiképzés/oktatási valamint technológia és beszerzési szekciói funkcionális feladatrendszerüket tekintve betöltik alaprendeltetésüket, ugyanakkor ezt a megközelítést megítélésem szerint „közelíteni szükséges” a jelenlegi NATO-alapvetésekhez.

A szervezeti keretek további ismertetéseként meg kell említenem, hogy valamennyi cél- és feladatrendszert, amelyet a szakterület vonatkozásában azonosítottak be, azt a Magyar Honvédség C-IED intézményesítési koncepciójában [4] foglalmazták meg. Véleményem szerint a dokumentum lefedi lényegében valamennyi releváns részterületet azáltal, hogy célokat és feladatokat foglal mag:

- a kiképzés, képzés kapcsán a harcászati szinttől a stratégiai szint tagjai számára;
- a képzés intézményesítési feladatai;
- a NATO-előírásoknak való megfelelés feladatai;
- a NATO-eljárásrendek;
- a hazai C-IED-hálózat kiépítésének feladatai;
- a képességépítés további feladatai;
- egyéb feladatai kapcsán.

Ennek megfelelően az én értékelésemben a dokumentum nem koncepció, hanem egy kerek stratégia, amelyet egy adott koncepció mentén alakítottak ki. Egy stratégia a „Mit kell tennünk?” kérdésre adja meg a választ és minél inkább lefelé haladunk a vezetési szinteken, annál inkább válik végrehajtható feladattá.

A szervezeti keretek és képességek közé sorolom a Magyar Honvédség C-IED Kiképző Csoportját [7], illetőleg annak képzési képességét és tevékenységét. A Magyar Honvédség Altszti Akadémia alárendeltségében szolgálatot teljesítő állomány az alábbi szakmai területeket érintő képzési képességgel rendelkezik:

- nemzeti C-IED Képezd a Kiképzőt (T3)¹⁸ tanfolyam;
- nemzetközi T3 tanfolyam;
- nemzeti WIT¹⁹ tanfolyam;
- NATO WIT tanfolyam;
- WIT instruktorok JDEAL tanfolyamokon;
- nemzeti AtN tanfolyam;
- missziós felkészítések specifikus végrehajtása;
- NATO Védelmi Képességépítési Kezdeményezés (DCB)²⁰ képzési rendezvényei;
- két- vagy többoldalú megállapodásokon nyugvó C-IED képzések;
- szakmai beosztások betöltése külföldi missziókban.

Összegezve azt tartom fontosnak leszögezni, hogy szövetségi rendszerünkben képviselve van a Magyar Honvédség a C-IED szakmai területén. Ez pedig rendkívül komoly fegyvertény, ennek megfelelően a kiképző csoportot tartom a hazai C-IED és C-IT képesség egyik letéteményesének.

Az MH eljárásrendbeli képességei

A Magyar Honvédség eljárásrendbeli képességeinek rövid összefoglalásával alapvetően az a célom, hogy az elmúlt időszakban kialakított, egyebek mellett az IED elleni harc sikeres végrehajtásához elengedhetetlen képességek jelenlegi helyzetéről rövid áttekintést adjak. Ezen eljárásrendek kialakítását egyrészt a saját tapasztalataink, másrészt a NATO előírásai indukálták.

A NATO vezető C-IED-szakemberei előtt egyértelmű tény, hogy a katonai műszaki képességek nélkül nem lehetséges a hatékony fellépés, ennek megfelelően a C-IED-doktrína 4. fejezetének 4. szekciója a C-IED-feladatcsoport műszaki támogatásának lehetséges módjait vázolja fel. E szerint a műszaki katonák az alábbi főbb képességeikkel vesznek részt a C-IED DtD képességpillérének megvalósításában:

- hadiutak felderítése és mentesítése (RC);²¹
- katonai kutató-kereső feladatok (MS);²²
- IEDD;²³
- tűzserész bűvár feladatok;

¹⁸ T3 – Train The Trainer: Képezd a Kiképzőt.

¹⁹ WIT – Weapons Intelligence Team: hadszíntéri fegyveres támadást helyszínelő csoport.

²⁰ DCB – Defence Capacity Building Initiative: Védelmi Képességépítési Kezdeményezés.

²¹ RC – Route Clearance: hadiutak felderítése és mentesítése.

²² MS – Military Search: katonai kutató-kereső feladatok.

²³ IEDD – Improvised Explosive Device Disposal: IED hatástalanítása.

- elektronikai harc feladatok;
- katonai robbanóanyag-kereső kutyák (MWD).²⁴

A NATO felsorolása szerint az elektronikai harc feladatok a műszaki katonai szakterülethez tartoznak, azonban a Magyar Honvédségben ez egy önálló szakterület.

A Magyar Honvédség RC képessége természetesen katonai műszaki képességeken nyugszik, a témakör ismertetését tanulmányok formájában, részletekbe menően végrehajtották. Az MS-képesség alapja szintén műszaki katonai feladat, melynek letéteményesei véleményem szerint a műszaki utászkatonák. Tekintve azonban, hogy jelenleg is zajlik a Zrínyi 2026 honvédelmi és haderő-fejlesztési program tervezése, ebben a témában nem kívánok állást foglalni.

A tűzserész-bűvár feladatokat jelentős feladatcsoportnak tekintem, azonban nem tartozik a frekvencián alkalmazott C-IED-képességek közé, ennek megfelelően ismertetésétől jelen dolgozat hasábjain eltekintek. Mindazonáltal tény, hogy a műszaki képességek nem a súlyuknak megfelelően jelentek meg a C-IED-munkacsoport munkájában – egészen 2017-ig – annak ellenére, hogy a DtD pillér feladatainak megvalósításában a leginkább érintett képességek.

Példaként, az IEDD-képesség „birtokosa” az MH 1. Honvéd Tűzserész és Hadihajós Ezred tűzserész szakállománya. Az IEDD kiképzés a tűzserész osztályos fokozat megszerzésére történő felkészítés része, az osztályos fokozatoknak megfelelő szinten, amely természetesen megfelel a NATO STANAG 2143 [2] előírásaiban megfogalmazott követelményeknek, a speciális eszközök és felszerelések kezelőinek felkészítése folyamatos, az előírt felszerelésekkel az ezred rendelkezik.

Összességében megállapítható, hogy az ezred rendelkezik az IEDD-képzéshez szükséges feltételekkel, valamint a mentesítési feladatok végrehajtásához szükséges szakállománnyal, felszereléssel. A kiképzési előírásokat tartalmazó NATO-előírás [3] megléte mellett előremutató tény, hogy az IEDD-feladat gyakorlati végrehajtását honi szabályzat is feldolgozza, amelynek eredményeként biztosított a pontos és részletes szabályzás [6]. A műszaki katonai képességekre alapozott C-IED-képességépítés eredményeként tűzserészeink mind a NATO, mind az EU irányában felajánlott aleggységek kiképzésére és működtetésére képesek.

A Magyar Honvédség WIT képességének letéteményese a korábban már ismertetett C-IED-kiképző csoport.²⁵ A NATO a műveleti területen történő IED-események során talált anyagok, eszközök feltárására (kiaknázására) háromszintű rendszert működtet. A rendszer működtetésének célja, hogy lehetővé tegye az AtN képességpillér feladatainak végrehajtását, támogatja az ellenséges hálózat megsemmisítését. A rendszer információt gyűjt, szakvéleményt biztosít az AtN-műveletekben részt vevő szervezeteknek, parancsnokoknak.

A WIT csoportot gyakran a tűzserészekkel együtt alkalmazzák az IED-események kivizsgálására. Az általában 2–4 főből álló csoport harcászati és technikai értékelést nyújt az adott IED-eseményről az alábbi főbb részképességek alkalmazásával:

- az IED-esemény helyszíne feltárásának képessége;

²⁴ MWD – Military Working Dog: katonai robbanóanyag-kereső kutyák.

²⁵ Megjegyzés: a NATO előírása értelmében dandáronként rendelkezni kell 1-1 WIT csoporttal, kialakításuk, felszerelésük folyamatban van.

- eszközök, anyagok begyűjtése és osztályozása;
- képi rögzítés;
- a robbanási kráter és a repeszek vizsgálata, elemzése;
- a bűnjelek kinyerése a helyszínen talált anyagokról, eszközökről;
- szemtanúk kikérdezésének képessége;
- bűnjelek rögzítése;
- jelentések készítése;
- trendelemzés.

A háromszintű rendszer feladata a harcászati szinten: anyagok, információk begyűjtése, a megfelelő szervek felé történő gyors terjesztése, a felderítőképessegek fókuszálása az IED-esemény környezetére. A Magyar Honvédségen belül a WIT képesség a C-IED-kiképző csoportnál biztosított.

Összegzés

A tanulmányt, mint arra korábban utaltam, egyfajta figyelemfelkeltőnek szánom, hiszen meggyőződésem, hogy az improvizált robbanószerkezetek és improvizált fenyegetések továbbra is a hadművelleti terület szerves részét képezik. A terrorista- és gerillacsoportok nem mondtak le és várhatóan nem is fognak lemondani ezekről az olcsó, ugyanakkor rendkívül hatékony fegyverekről. Az improvizált eszközök alkalmazása továbbra is jellemző azokra a hadművelleti területekre, amelyeken a Magyar Honvédség katonái szolgálatot teljesítenek.

Az elmúlt évtized során az IED és az IT felhasználása és alkalmazása tekintetében végben ment fejlődés természetesen hatással volt az ellenséges harcjelzásokra is. Míg 2005-ben az Irakban szolgálatot teljesítő katonáink az útszéli bombák jelentette állandó fenyegetésben hajtották végre feladataikat, addig a 2017-ben külszolgálatukat teljesítő katonáknak már az égből érkező veszélyekre is figyelniük kellett. A rögtönzött fenyegetések evolúciója nyilvánvalóan hatással volt a saját és baráti erők felkészítésére, felszerelésére és harcjelzásaikra is. Ez a folyamat nyilvánvalóan egyfajta reaktív folyamat eredménye, hiszen mindig az újonnan megjelent fenyegetésekre kereste a választ. Kezdetben az erőink megóvása jelentette a legfőbb feladatot, amely az egyéni felszerelések modernizációjában, gépjárműveink páncéltettségeinek fokozásában öltött testet.

Képességeink és eljárásaink fejlődésére a későbbiekben jelentős hatással volt saját tapasztalataink feldolgozása, illetve azok kölcsönös megosztása a hasonló tapasztalatokkal rendelkező szövetségesekkel. Ennek a rendelkezésre álló információ- és tudáshalmaznak a hatására kezdett fejlődni a hazai C-IED képzési, oktatási képessége, amely ma már mind a NATO, mind az Európai Unió, mind pedig a kétoldalú kapcsolatok által biztosított színtereken megállja a helyét. Ebben az értelemben kiemelkedő képesség épült az MH berkein belül, amely nem pusztán „életben tartja” és alkalmazza, de folyamatosan fejleszti is a felhalmozott tudást. Az improvizált eszközök semlegesítésének, megsemmisítésének terén szintén jelentős fejlődés volt tapasztalható. A hazai katonai tüzserészképesség fejlesztése, fejlődése, a vonatkozó

szabályzók és doktrínák megismerése, feldolgozása és szükséges mértékű adaptációja ma már lehetőséget biztosít az MH számára akár nemzetközi szerepvállalásra is.

Röviden összefoglalva, a Magyar Honvédség kizárólag C-IT-feladatokra allokkált eszközrendszerrel nem rendelkezik, azonban rendelkezik olyan szervezeti és eljárásrendbeli képességekkel, amelyek lehetővé teszik a kihívásokra adott proaktív válaszokat. A NATO által meghatározott két, alapvetően katonai feladatokat magába foglaló alappillér (PtF, DtD) tehát rendelkezésre áll alkalmazható képességek formájában. A hálózatellenes tevékenységeket azonban nem lehet pusztán a katonai feladatok közé sorolni. Meggyőződésem, hogy azokat a feladatokat, amelyek a katonákra hárulnak, már beazonosították, hiszen 2016-ban állították össze és vetették be a nemzeti AtN-tanfolyamot. Tekintve azonban, hogy ez a kérdéskör természetéből adódóan a hírszerzés, felderítés témaköre köré összpontosul, a társszervek bevonása a jövőben elengedhetetlen feltétele lesz a szakterület továbblépésének.

Felhasznált irodalom

- [1] AJP 3.15 (C) NATO C-IED Doctrine (2018), NATO Standardization Office.
- [2] NATO STANAG 2143 Explosive Ordnance Disposal (EOD) Principles And Minimum Standards Of Proficiency (2014).
- [3] NATO STANAG 2294 Counter Improvised Explosive Device (C-IED) Training Requirements (2013).
- [4] *Az MH improvizált robbanószerkezetek elleni tevékenység Intézményesítési Konceptiója* (2016). A HVK Hadműveleti Csoportfőnökség dokumentuma.
- [5] HORVÁTH Tibor (2016): *AZ IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívásai. In: Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése. Tanulmánygyűjtemény I.* (e-book). Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar.
- [6] Mú. 41. és 45. A Magyar Honvédség Tűzszerész Szabályzata, I-II. rész, 2014–2015.
- [7] 62/2017. (HK 3.) HVKF parancs a Magyar Honvédség Rögtönzött Robbanószerkezetek Elleni Tevékenység (C-IED) Kiképző Csoport működtetéséről. Az MHP Hadműveleti Csoportfőnökség kezelésében lévő dokumentum.
- [8] KOÓS Gábor – SZTERNÁK György (2016): A NATO állam- és kormányfőinek csúcstalálkozója Varsóban (2016. július 8–9.), valamint annak orosz visszhangja. *Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat, Szakmai Szemle*. 11. évf. 3. sz.
- [9] C-IED COE IED Incidents Summary (2018). Hoyo De Manzanares, Spain, C-IED COE.
- [10] C-IED COE 2017 Spring/Summer Report (2017). Hoyo De Manzanares, Spain, C-IED COE.
- [11] FARKAS Sándor (2018): Az ISIL alkalmazott eljárásai és stratégiája. Az ISIL hadviselése Mao Ce-Tung tanai tükrében. *Honvédségi Szemle*, 2. sz. 3–15.
- [12] FARKAS Sándor (2018): A földrajzi és társadalmi tér megszerzéséért folytatott küzdelem. Az ISIL hadviselése Mao Ce-Tung tanai tükrében. *Honvédségi Szemle*, 1. sz. 12–25.
- [13] NATO C-IED COE I/2017 Threat Report use of unmanned aerial systems by non-state actors (2017). Hoyo De Manzanares, Spain, C-IED COE.
- [14] US CENTCOM IED incidents presentation on Apr. 2016 – Mar. 2017. NATO ACT C-IED conference, NMIOTC, Greece.
- [15] *Improvised Explosive Device (IED) Technical Exploitation Lexicon 5th Edition* (2017). A Joint Improvised-Threat Defeat Organization (JIDO) és az International Counter-Improvised Explosive Device Steering Committee (ICSC) kiadványa.
- [16] NATO MC 0639/1 NATO Policy for Countering IED (2017)

- [17] HM közigazgatási államtitkárának és a Honvéd Vezérkar főnökének a Magyar Honvédség rögtönzött robbanószervezetek elleni védelem MH szintű feladatait koordináló és felügyelő munkacsoport létrehozásáról és működéséről szóló 22/2015. (HK 5.) együttes intézkedés.
- [18] Jens Stoltenberg Press conference following the meeting of NATO Heads of State and/or Government in Brussels on 25 May. Forrás: www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_144098.htm?selectLocale=en (A letöltés dátuma: 2018. 01. 22.)
- [19] Oxford Dictionaries. Forrás: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/ied> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 01.)
- [20] Isil facing endgame after fall of last city in its caliphate (2017). *The Telegraph*, 2017. nov. 3. Forrás: www.telegraph.co.uk/news/2017/11/03/deir-ezzor-last-isil-stronghold-syria-liberated-army (A letöltés dátuma: 2018. 01. 23.)
- [21] New in 2018: The fight against ISIS evolves (2017). *Military Times*, 2017. dec. 31. Forrás: www.militarytimes.com/flashpoints/2017/12/31/new-in-2018-the-fight-against-isis-evolves (A letöltés dátuma: 2018. 01. 23.)
- [22] ISIS issues chilling warnings: More attacks targeting U.S., Europe are coming (2016). *The Washington Times*, 2016. márc. 29. Forrás: www.washingtontimes.com/news/2016/mar/29/isis-social-media-warning-more-attacks-will-target (A letöltés dátuma: 2018. 01. 23.)
- [23] NATO ACT C-IED conference at NMIOTC, Greece US CENTCOM IED incidents presentation on Apr. 2016 – Mar. 2017.
- [24] MAJOR Csaba (2017): *Terrorhelyzet Európában*, Előadás, 2017. 07. 20. MH stratégiai munkacsoport-ülés és munkaműhely.
- [25] LISTER, Tim et al. (2018): *ISIS goes global: 143 attacks in 29 countries have killed 2,043*. 2018. febr. 12. Forrás: <http://edition.cnn.com/2015/12/17/world/mapping-isis-attacks-around-the-world/index.html> (A letöltés dátuma: 2018. 01. 25.)
- [26] WEBB, Sam – WILLETS, David: Return of the Jihadi. *The Sun*, 2017. okt. 25. Forrás: www.thesun.co.uk/news/4756659/britain-isis-attacks-jihadi-fanatics (A letöltés dátuma: 2018. 01. 25.)
- [27] Joint declaration by the President of the European Council, the President of the European Commission, and the Secretary General of the North Atlantic Treaty Organization (2016). Forrás: www.consilium.europa.eu/media/21481/nato-eu-declaration-8-july-en-final.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 02. 11.)
- [28] HACKENBROICH, Jonathan – SHAPIRO, Jeremy (2018): *Opportunities amid disorder: Europe and the world in 2018*. European Council on Foreign Relations. Forrás: www.ecfr.eu/publications/summary/opportunities_amid_disorder_europe_and_the_world_in_2018 (A letöltés dátuma: 2019. 03. 11.)
- [29] FRANCIS, Ellen – ABDALLAH, Issam (2019): Islamic State deploys car bombs in defence of last enclave. *Reuters*, 2019. márc. 3. Forrás: www.reuters.com/article/us-mideast-crisis-islamic-state-sdf/islamic-state-deploys-car-bombs-in-defense-of-last-enclave-idUSKCN1QK0M1 (A letöltés dátuma: 2019. 03. 11.)
- [30] Az ENSZ Főtitkár A/71/187 számú jelentése. Forrás: <https://undocs.org/A/71/187> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)

Goda Zoltán¹

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra

The Impact of Climate Change on Riverbank Filtrated Water Resources

A parti szűrésű vízbázisok a magyarországi víztermelés harmadát biztosítják. E vízbázisokat igen hatékonyak tartjuk a szennyező anyagok eltávolításában, redukciójában, megfelelő körülmények között az ivóvízszabványnak megfelelő vizet képesek biztosítani, utánpótlásuk pedig más felszín alatti vízbázisokkal összehasonlítva stabilnak tekinthető. A klímaváltozás e vízbázisok állandóságát veszélyezteti azzal, hogy a hatására mind szélsőségesebbé váló időjárás a vízbázis peremfeltételeiben is egyre gyakrabban okoz szélsőségeket. A szerző a cikkben sorra veszi ezeket a szélsőségeket és az általuk előidézett kockázati tényezőket.

Kulcsszavak: parti szűrés, ivóvízbázis, klímaváltozás, vízhiány, szélsőséges időjárás

Bank filtration water resources provide one-third of the Hungarian water production. These aquifers are considered to be highly effective in removing and reducing contaminants, and under suitable conditions, they can provide raw water that complies with the European drinking water standards. Their supply from surface water is stable compared to other groundwater resources. Climate change effects hazard the stability of these aquifers as extreme weather conditions become more and more frequent influencing the conditions of the connecting surface water and the bank filtrated aquifer as well. In this article, the author investigates these extreme weather conditions and the risk factors they can cause.

Keywords: riverbank filtration, water resources, climate change, water shortage, extreme weather

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, műszaki koordinátor, e-mail: goda.zoltan@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-4164-473X

Bevezetés

Valószínűleg elérkezett az idő, hogy az olyan gondolatokat, mint „a klímaváltozás elkerülhetetlen” és „a jövő háborúit a vízért fogjuk vívni”, átminősítsük bölcs predikciókból múltbéli közhelyekké. A klímaváltozás a jelen, benne élünk és tetszik vagy sem, hatását tapasztaljuk napról napra, évről évre. Az elmúlt száz év tíz legmelegebb évéből nyolc az ezredforduló után következett be és a szélsőséges hatást keresve sem szükséges mélyreható kutatást folytatni; a Duna valaha mért legnagyobb és legkisebb vízállása két egymást követő évben 2013-ban és 2014-ben volt mérhető [1]. Azt pedig, hogy ez a változás milyen felgyorsult ütemben zajlik, mi sem tükrözi jobban, mint az a tény, hogy legnagyobb folyónk LKV² szintje 2018-ban összesen három alkalommal dőlt meg, felülírva a korábbi, alig néhány éves rekordot. Az éves csapadék egyre nagyobb része hullik le nyári zivatarok, felhőszakadások formájában villámárvizeket okozva, hogy ezután több hónapos aszály következzen, mint 2018 második felében.

Ha a klímaváltozás hatását ekkora mértékben tapasztaljuk hazánk időjárásában és folyóink vízjárásában, óhatatlanul felmerül a kérdés, hogy az ivóvízellátásunk jelentős részét biztosító, és a folyóinkkal dinamikus kapcsolatban álló parti szűrésű vízbázisokat milyen jellegű és mértékű hatások érik, érhetik a jövőben. Ennek megértéséhez mindenekelőtt fontos megvizsgálni a globális klímaváltozás lokális hatásait és legvalószínűbb következményeit.

Változó klíma, szélsőséges időjárás

Magyarország klímája viszonylag kiegyensúlyozott annak ellenére, hogy az éves hőingás jelentős. A klasszikus nedves kontinentális éghajlatra mind a nyugati, óceáni hatás, mind pedig a déli, mediterrán klíma módosítólag hat.

Ez a hatás főleg abban nyilvánul meg, hogy sem tartós nyári szárazság, sem pedig hosszantartó extrém hideg téli periódusok nem alakulnak ki. Az uralkodó légköri áramlások mellett a domborzati hatás is jelen van, keletről, észak-keletről a Kárpátok, nyugatról pedig az Alpok hegyvonulatai kölcsönöznek védettöböl-jelleget a Kárpát-medencének. A klímaváltozás éppen ebbe a kiegyensúlyozottságba látszik beleszólni, éghajlatunkban mind több ponton jelennek meg eddig ismeretlen szélsőségek [2].

Szélsőséges csapadéeloszlás

A heves csapadékkal járó meteorológiai események jórészt nyáron következnek be zivatarok formájában, amelyek megfelelő körülmények esetén torrens árvizeket okozhatnak. E villámárvizek kialakulásában vitathatatlanul szerepe van a domborzatnak, illetve urbanizált terület esetén a településképnek, de meteorológiai szempontból mindenképpen a rövid idő alatt lezúduló, jelentős mennyiségű csapadék a közvetlen kiváltó ok [3].

A hirtelen lezúduló csapadék okozta elöntések akár jelentősebb anyagi kárt okozhatnak, negatív hatással lehetnek a közlekedésre, infrastruktúrára. Mégis az egyik legnagyobb gond,

² LKV: legkisebb víz, egy folyón valaha mért legkisebb vízállás szintje.

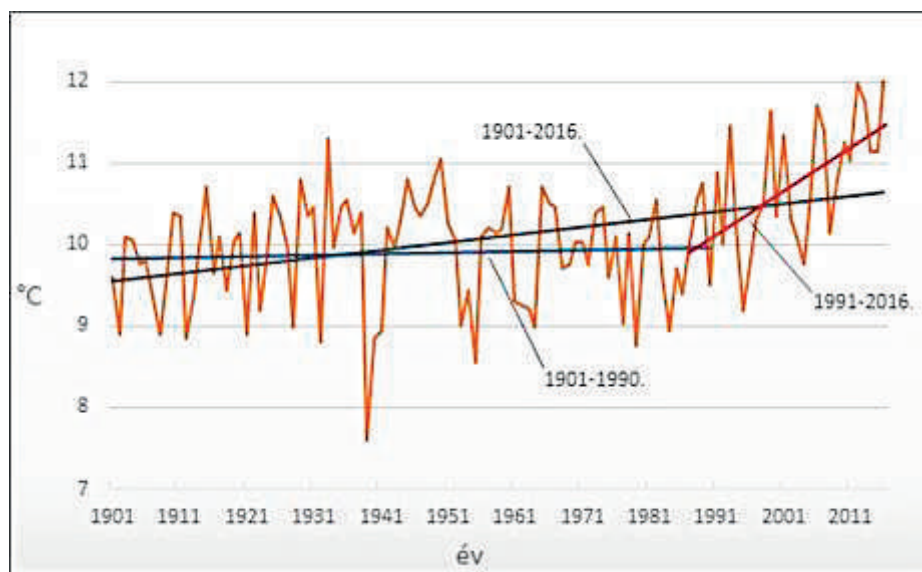
hogy a hirtelen jelentkező nagy mennyiségű csapadékot nem tudjuk megfogni, tárolni, a mai gyakorlat pedig még mindig az, hogy a lehető legrövidebb úton és idő alatt elvezessük.

Kijelenthető, hogy csapadékvízzel történő gazdálkodásunk fejlődése sajnos messze elmarad a klímaváltozás ütemétől. A kiegyensúlyozott csapadékhullás jóval nagyobb hányada hasznosul mind a mezőgazdaságban, mind pedig a vízbázisok utánpótlódása terén. A hirtelen lezúduló csapadék tehát, bár az éves csapadékösszeg részét képezi, nem tud megfelelő mértékben hasznosulni. A heves csapadékhullással járó események gyakoriságának növekedésével tehát előállhat az a helyzet, hogy bár az éves csapadék mennyisége változatlan marad, az aszályos időszakok gyakoribbá és hosszabbá válhatnak.

Ezt a változást a csapadékösszeg³ növekvő értéke is jelzi, amely az elmúlt évtizedekben országosan 1–2 mm-rel emelkedett, azaz az éves csapadék mennyisége egyre kevesebb csapadékos napon mérhető.

Emelkedő hőmérséklet

Az éves középhőmérséklet átlagos értéke az elmúlt közel 120 év alatt 1,23 °C-ot emelkedett, de az emelkedő trend igazán az 1990-es évek elejétől követhető nyomon (1. ábra). A grafikonra illesztett trendvonalak jól tükrözik, hogy a középhőmérséklet változása az 1980-as évek második feléig nem volt kirívó (0,2 °C), de ezt egy meglehetősen meredek emelkedés követte, amely napjainkban is tart [1].



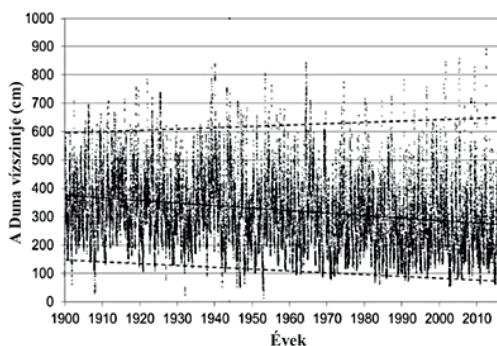
1. ábra. Magyarországon mért éves középhőmérsékleti értékek 1901 és 2016 között [1]

³ Meteorológiai meghatározás: a lehullott csapadék mennyiségének és a csapadékos napok számának hányadosából számolt érték.

A melegedő klíma a mindennapokban is érezteti hatását: évről évre több a nyári nap⁴ és egyre több hőségnapot regisztrálhatunk. A meleg periódusok, kánikulák negatív hatással vannak a humán egészségre, közmű-, és energiaellátásra és a közlekedésre egyaránt [4]. Az emelkedő hőmérséklet fokozza az evaporációt, amely egyrészt közvetlenül is hatással van a vízbázisok mennyiségi mérlegére, másrészt a mezőgazdasági területek párolgási vesztesége fokozódó öntözési igényt jelent, amely a vízbázisaink túlhasználatát okozza. A nyári hónapok középhőmérsékletével jelentősen emelkedik a felszíni vizek hőmérséklete is. Az elmúlt évtizedekben a Duna átlagos víz hőmérséklete 1 °C-ot emelkedett, de ez az érték augusztus hónapra vonatkozóan meghaladja az 5 °C-ot. 2018 augusztusában a Duna hőmérséklete elérte a 30 °C-ot, amire korábban nem volt példa. Az ilyen jelentős mértékű víz hőmérséklet-emelkedés ökológiai hatásait egyelőre nem ismerjük, de a parti szűrés folyamatában kiemelt jelentőségű mikrobiológiai folyamatok érzékenyen reagálhatnak ennél lényegesen kisebb mértékű változásra is.

Extrém vízállások

Az elmúlt néhány évtizedben a Duna vízjárásában is megjelentek a szélsőségek. A folyó magyarországi szakaszán üzemeltetett mérőpontokon mért legnagyobb és legkisebb vízállást egyaránt 2010 után rögzítették. 2013-ban minden korábbi szintet meghaladó árhullám vonult le a Dunán, a következő évben pedig extrém alacsony vízállás volt mérhető, a kettő közötti különbség meghaladta a 9 métert. A legalacsonyabb vízállás ezt követően 2018 őszén ismét megdőlt a folyó valamennyi hazai mérőpontján. Ha a Duna vízállásidősorait egy grafikonon jelenítjük meg, azt tapasztalhatjuk, hogy a múlt század eleje óta rögzített adatok folyamatos átlagos vízszintcsökkenést mutatnak (2. ábra) [5]. Bár a jelenségben kétségtelenül szerepet játszhat a klímaváltozás, fontos rámutatni, hogy egy hidromorfológiai jelenség, a folyam szabályozás következtében kialakuló medersüllyedés is jelentős befolyásoló tényező. A Duna vízszintjével szemben a vízhozamot rögzítő adatok ekkora mértékű csökkenést nem mutatnak, de itt is megfigyelhető a szélsőséges értékek gyakoribbá válása.



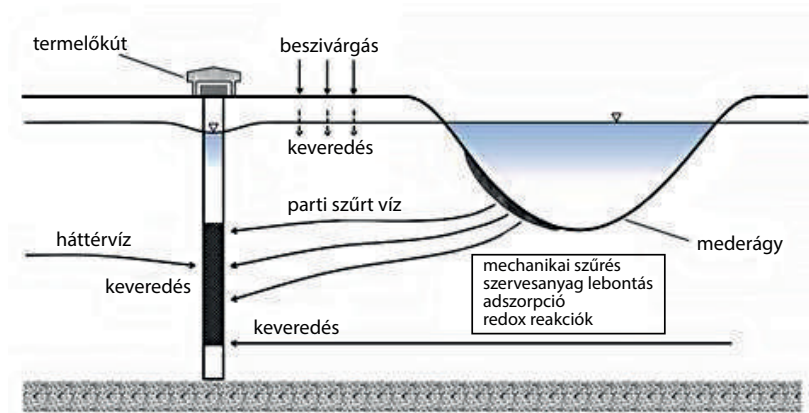
2. ábra. A Duna vízszintjének csökkenő trendje a budapesti vízmércén 1900 és 2016 között [5]

⁴ Meteorológiai meghatározás: nyári nap: $T_{max} \geq 25 \text{ °C}$, hőségnap: $T_{max} \geq 30 \text{ °C}$.

A klímaváltozás okozta jelenségek tehát közvetlen hatással vannak a parti szűrésű vízbázisokkal dinamikus kapcsolatban álló felszíni vizekre és az utánpótlódást befolyásoló csapadékviszonyokra. Ahhoz, hogy az esetleges következményeket sorra vegyük, fontos a parti szűrés folyamatainak áttekintése.

A parti szűrés folyamatai

Magyarországon a víztermelés több mint 30%-a parti szűrésű vízbázisokon alapul, amelyek közös jellemzője, hogy valamely felszíni víztesttel – hazánkban kivétel nélkül folyóval – közvetlen és dinamikus kapcsolatban állnak és ez a kitermelhető víz minőségére és mennyiségére egyaránt hatással van [6]. Fontos rámutatni, hogy ez az arány az üzemelő vízbázisokra vonatkozik, a védelemben helyezett távlati vízbázisaink kivétel nélkül parti szűrésű vízbázisok. Jelenünk és jövőnk tehát egyaránt jelentős mértékben támaszkodik e vízádókra és ez nem véletlenül alakult így. A parti szűrésű vízbázis kútjait a folyómederhez közel, jó vízvezető képességű alluviális kavicssteraszokon alakítják ki. A parti szűrés folyamata során a felszíni víz ezen a néhány száz méter vastag kavics- és durva szemű homokrétegen átszűrődve jut el a víztermelő kútba. A folyó vízének a mederégybe történő beszivárgása és a kút irányába történő áramlása a természetes mozgások mellett a víztermelés hatására következik be. Ez a mesterségesen létrehozott áramlás a vízbázisból kitermelt víz mennyiségének függvényében meghatározza a szivárgási időt, amely a parti szűrés folyamatának fontos tényezője. A szivárgás során olyan mechanikai, fizikai-kémiai és mikrobiológiai folyamatok zajlanak le, amelyek hatására a felszíni víz lebegő- és szervesanyag-tartalma jelentős mértékben csökken, valamint mikrobiológiai paraméterei akár több nagyságrenddel is javulhatnak (3. ábra) [7]. Ideális körülmények között a parti szűrésű kutak által termelt nyersvíz minőségi paraméterei megfelelnek a jelenleg érvényben lévő, szigorú ivóvízszabvány feltételeinek, azaz az így termelt víz akár további kezelés nélkül – esetleg utófertőtlenítés után – továbbítható a hálózatba.



3. ábra. A parti szűrés folyamatai [3]

A parti szűrés kétségtelen előnye tehát, hogy a vízkezelést természetes folyamatokra bízva, így az ivóvíztermelés folyamatában jelentős költség- és energiamegtakarítás érhető el. A parti szűrésű kút által termelt nyersvíz más típusú felszín alatti vizekkel összehasonlítva lényegesen alacsonyabb üzemi költségek árán tisztítható ivóvízzé, ezért a parti szűrésű vízszerezés hazánkban és a világ más országaiban is gyakran, jelentős arányban alkalmazott módszer. A szivárgás során a mederágy adottságainak függvényében a folyó vize változó arányban keveredik a felszín alatti vízzel, így a víztermelő kútból kitermelhető nyersvíz tulajdonképpen e kettő keveréke. A vonatkozó kormányrendelet alapján a szűrt folyóvíz aránya a termelt vízben legalább 50% kell legyen, de az elmúlt évtizedekben elvégzett oxigén- és hidrogénizotópos vizsgálatok is alátámasztják, hogy ez az arány a vízállástól és a hidrogeológiai paraméterektől függően 60% és 95% között változhat [8]. Évtizedek tapasztalatai azt mutatják, hogy szerencsés, ha a szűrt folyóvíz aránya lényegesen nagyobb a felszín alatti víz (úgynevezett háttérvíz) arányához képest. Ez utóbbi általában határérték feletti vas- és mangántartalommal, esetenként nitrogénformákkal szennyezett, így ilyen esetben kiegészítő vízkezelési technológia üzemeltetése elengedhetetlen. A vízbázisból kitermelt víz mennyisége által jelentősen befolyásolt szivárgási időnek meghatározható egy ideális tartománya. Túl gyors szivárgási sebesség esetén a várt mikrobiológiai-kémiai folyamatok nem zajlanak le teljes mértékben és a felszíni vízre jellemző szennyezések elérhetik a termelőkutat. Az ideálisnál lényegesen hosszabb szivárgási idő esetén pedig a víz tartósan anoxikus állapotba kerül és e körülmények között nem kívánt kémiai folyamatok is lezajlanak. Ilyen reakció a már oxidált állapotban lévő vas és mangán visszaoldódása, amelyek koncentrációja így a kút nyersvizében megemelkedik, ez pedig további vízkezelési lépéseket tesz szükségessé [9]. A parti szűrés szivárgási sebessége más víztisztító technológiákkal összehasonlítva különösen alacsonynak mondható, 0,1–0,25 m/nap. Összességében elmondható, hogy egy gondosan megválasztott helyre telepített parti szűrésű kút által termelt víz fogyasztási szempontból kiváló minőségű, a felszíni vizekre jellemző szennyező anyagok többségét a parti szűrés eltávolítja. Megfelelő körülmények között a parti szűrés kifogástalanul működik, de különösen fontos a hidrogeológiai tényezők alapos ismerete és figyelembevétele. A vízbázissal dinamikus kapcsolatban álló folyó vízjárásában és vízminőségében bekövetkező változás beleszólhat a parti szűrés működésébe. A klímaváltozás pedig éppen egy olyan jelenség, amely akár jelentős mértékben befolyásolhatja a vízbázis környezeti peremfeltételeit.

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra

Parti szűrésű vízbázisainknak az éghajlat változásával kétségtelenül új kihívásokkal kell szembenéznünk. A klímaváltozás okozta hatások lehetnek közvetlenek (hőmérsékletváltozás), vagy közvetettek (áramlási viszonyok és a vízminőség változása).

A vízbázis megválasztásánál, tervezésénél és kivitelezésénél figyelembe vett környezeti körülmények, hidrológiai paraméterek változása a korábban kifogástalanul működő folyamatokat felboríthatja, negatívan befolyásolhatja.

Vízjárás

A parti szűrészű vízbázis kútjainak mélysége jellemzően nagyobb, mint a hozzá kapcsolódó folyó fenékszintje. Ebből következően a folyó extrém alacsony vízállása esetén sem szűnik meg a felszíni víztest irányából történő vízáramlás. A folyó szélsőséges vízjárása azonban jelentősen befolyásolja a szivárgás irányát, sebességét és ebből következően a szivárgási időt. Ahogy az előző fejezetekben utaltam rá, a szivárgási idő és sebesség kulcsfontosságú tényező a kitermelhető víz minőségének vonatkozásában. Alacsony vízállás esetén a szivárgás sebessége lelassul, a szivárgási idő megnő a szivárgási zónában és a mikrobiológiai szervezetek által irányított redox folyamatok után további nem kívánt kémiai reakciók zajlanak le. Az alacsony vízállással arányosan lecsökkent vízhozam kapcsán feltételezhető, hogy bizonyos szennyező anyagok fajlagos koncentrációja megemelkedik, hiszen a bevezetett szennyvizek mennyisége változatlan marad. Ez a feltételezés azonban nem minden esetben állja meg a helyét tekintve, hogy az alacsonyabb vízállás kisebb sebességet is jelent, így a folyóban megnő a kiüledés mértéke. Az extrém magas vízállás, árvíz szintén problémát okozhat. Az átmenetileg elöntött területekről meginduló beszivárgás megváltoztatja az áramlás irányát és sebességét, továbbá a felszíni víz szivárgása egy olyan zónán keresztül valósul meg, amely korábban nem állt közvetlen kapcsolatban a folyóval, így biológiailag aktív zóna nem alakult ki. Ez nem várt szennyező anyagok, esetleg patogén szervezetek megjelenését eredményezi a kútban. Megállapítható, hogy a vízbázis szempontjából a kiegyenlített, szélsőségektől mentes vízjárás ideális. A klímaváltozás hatására bekövetkező és tartósan fennálló szélsőséges vízállások következtében gyakoribbakká válhatnak az anoxikus körülmények és szennyezőanyag-betörések, mindez pedig ingadozó vízminőséget okozhat a termelőkutakban [10].

Hőmérséklet

A parti szűrészű vízbázis egyes zónáiban hasonlóan az oxigéntelítettséghez, eltérő hőmérsékletű régiók alakulnak ki. A Duna menti vízbázisok termelőkútjaiban mérhető hőmérséklet 12–14 °C. A víz hőmérséklet közvetlen összefüggésben áll a víz viszkozitásával, így befolyásolja a szivárgási sebességet és időt. A felszíni víztest szélsőségesen magas hőmérséklete a kialakult ökoszisztéma felborulását okozhatja. Egyes mikrobiológiai és magasabb rendű szervezetek pusztulásával toxikus vegyületek jelenhetnek meg, más szervezetek, mint az algafélék túlszaporodása pedig jelentős mértékben csökkenti a felszíni víz oxigénszaturációját. Az oldott oxigéntartalom fordítottan arányos a víz hőmérsékletével, 10 °C hőmérsékletű vízben 11,5 mg/L oxigén koncentráció lehet, 20 °C-on már csak 9,4 mg/L. Bár a Duna esetében részletes vízminőségi adatsor a 2018-as tartós kisvízi állapotról egyelőre nem áll rendelkezésre, az elsődleges tapasztalatok azt mutatják, hogy a tartósan alacsony vízállás mind lebegőanyag-tartalom, mind pedig oldott szervesanyag-tartalom tekintetében inkább pozitív hatást fejtett ki. Előbbi a lecsökkent vízsebességnek, utóbbi pedig a feldúsult koncentrációban jelen lévő és megnövekedett aktivitású mikrobiológiai szervezeteknek volt köszönhető.

Természetesen a kémiai reakciók sebessége, illetve a mikrobiológiai szervezetek aktivitása is összefüggésben áll a hőmérséklettel. A hőmérséklet emelkedése vízi környezetben a biokémiai

folyamatok reakciósebességének emelkedésével jár. Ez elsősre pozitív hatásnak tűnhet, hiszen a kívánt reakciók rövidebb idő alatt zajlanak le, de figyelembe véve, hogy ez az oxigén gyors fogyásával is jár, megnövekszik a parti szűrési zóna anoxikus tartománya, amely a vízminőségre nézve nem szerencsés, továbbá a korábban jó oxigénszaturációjú zónában élő mikroorganizmusok pusztulását idézheti elő.

Szennyező anyagok

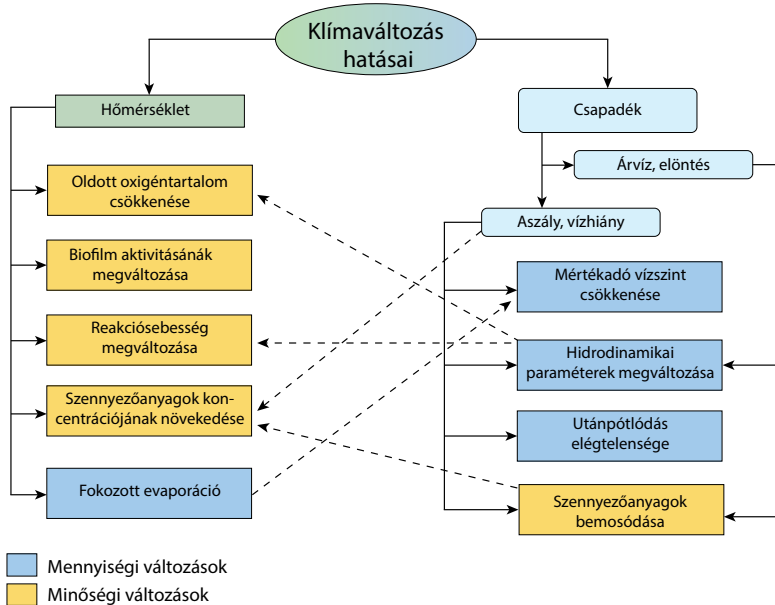
A tartósan alacsony vízállás hatására a folyómeder közelében fekvő felszín alatti zónák víz-áramlása megváltozik. A folyó kiegyenlítő hatásának megszűnésével bizonyos hidrogeológiai feltételek mellett a felszín alatti víz – esetünkben főleg talajvizet értve – a folyó felé áramlik. Ennek következtében a folyó vízében megjelenhetnek korábban nem, vagy csak lényegesen kisebb koncentrációban jellemző, a talajvíz által oldott, szállított szennyező anyagok. Erre volt jó példa 2018 októberében a budapesti „gázgyári szennyezés”. A mára már megszűnt és aktív tevékenységet nem folytató Óbudai Gázgyár mintegy 70 évnyi működése során jelentős mennyiségű gyártási mellékterméket helyezett el a talajon és a felszín alatt, amely jelentős mértékű talajvíz-szennyezést okozott. Ezek a szennyező anyagok – jellemzően etil-benzol, arzén, nehézfémek és cianidok – az alacsony vízállásnak köszönhetően megjelentek a Dunában és a szennyezés emissziós pontján a határértéket sokszorosán meghaladó koncentrációban voltak jelen. Mivel a főváros több vízbázisa is a szennyezés alatti folyószakaszon helyezkedik el, ezért a Fővárosi Vízművek soron kívül vizsgálta a szennyezés hatását, de ezt a vízbázisban sem sikerült kimutatni, amely főleg a folyó hígító hatásának köszönhető [11].

A mind gyakoribbá váló szélsőséges csapadékjelenségek, villámárvizek megnövelik a szennyező anyagok bemosódásának kockázatát. A kommunális szennyvizet ártalmatlanító szennyvíztisztító telepek egy része nem képes a csapadékvíz hatására megnövekedett mennyiségű szennyvíz fogadására. Bár ma Magyarországon a csapadék- és szennyvízhálózat elválasztott rendszerben működik, változó mértékben, de fennáll a csapadékvíz-terhelés problémája. Egy ilyen esemény kialakulásakor a szennyvíztisztító telep üzemeltetője inkább a szennyvízbefogadóba történő kormányzása mellett dönt, a technológia megkerülésével. Ezzel az egyébként jól működő telepet komoly üzemzavarától óvja meg, ám a befogadó oldott szerves szén-koncentrációja (DOC⁵), kémiai oxigénigénye (KOI) ideiglenesen megemelkedhet. A parti szűrésű vízbázisok biológiailag aktív zónája többek között a felszíni víz szervesanyag-tartalmát csökkenti, de a koncentrációban történő változás következménye lehet a szennyező anyag termelőként való megjelenése. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a Magyarországot az elmúlt évtizedekben sújtó két legnagyobb ipari katasztrófa, a tiszai ciánszennyezés és az ajkai vörösiszap-katasztrófa kialakulásában több más tényező mellett szerepet játszott a tározók megnövekedett csapadékvíz-terhelése. A szélsőséges időjárás tehát hozzájárulhat a havária-események kialakulásához is.

Mikrobiológiai szervezetek redukciójában a parti szűrés jól teljesít, akár több nagyságrenddel is csökkenhet a felszíni víz összcsíraszám, illetve a patogének (E. coli, Pseudomonas,

⁵ DOC – Dissolved Organic Carbon: oldott szerves szén.

Enterococcusok) száma [12]. Az ivóvízbázist veszélyeztető mikrobiológiai szervezetek száma és a klímaváltozás között egyelőre nem sikerült közvetlen kapcsolatot találni, ám a felszíni víz hőmérsékletének emelkedése befolyásolhatja túlélési képességüket. Az éghajlatváltozás parti szűrésű vízbázisokra ható közvetlen és közvetett hatásait a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra. Az éghajlatváltozás közvetlen és közvetett hatásai parti szűrésű vízbázisokra
(Készítette: a szerző)

Összefoglalás

A klímaváltozás kapcsán talán a legfontosabb leszögezni, hogy bár egy globális jelenségről van szó, közvetlen és közvetett hatásainak vizsgálata mindenképpen lokális feladat. Az adott régió éghajlatának, domborzatának és urbanizációjának függvényében más-más problémákkal kell szembenéznünk. Magyarország mind klimatológiai, mind pedig földrajzi szempontból szerencsés helyen fekszik és bár az antropogén hatás átlagosnak mondható, folyóink, tavaink az európai átlagnál valamivel kisebb mértékben szennyezettek. A jó kiindulási állapot fontos, mert a legfrissebb kutatások alapján hazánkban a klímaváltozás elsősorban az időjárás szélsőségeinek fokozódásához és az átlaghőmérséklet emelkedéséhez vezet, ami különböző módokon, de megnövekedett terhelést jelent vízbázisainkra. A hazai ivóvízellátás jelentős részét biztosító parti szűrésű vízbázisok stabil, jól működő rendszerek. Ezt a stabilitást odafigyeléssel, a lehetséges scenáriók számbavételével és az azokra történő alapos felkészüléssel tudjuk megőrizni.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, projekt címe: A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében).

The Project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (grant agreement: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, project title: Strengthening higher education in water management through intelligent specialization).

Felhasznált irodalom

- [1] Országos Meteorológiai Szolgálat: 2018 a legmelegebb év 1901 óta Magyarországon – előzetes éghajlati értékelő (2019). Forrás: www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=2384 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [2] FÖLDI László – KUTI Rajmund (2012): Extreme weather phenomena, improvement of preparedness. *Hadmérnök*, 7. évf. 3. sz. 60–65. Forrás: http://hadmernok.hu/2012_3_kuti_foldi.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [3] GODA Zoltán (2018): A villámárvizek meteorológiai háttere. In BÍRÓ Tibor szerk.: *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia Tanulmányai*. Kézirat. 156–164.
- [4] FÖLDI László – KUTI Rajmund (2014): Extreme weather phenomena 2. The process of remediation. *Hadmérnök*, 9. évf. 2. sz. 250–256. Forrás: www.hadmernok.hu/142_23_foldil_kr.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [5] NAGY-KOVÁCS Zsuzsanna et al. (2018): Operational Strategies and Adaptation of RBF Well Construction to Cope with Climate Change Effects at Budapest, Hungary. *Water*, 10. évf. 12. sz. 1751. Forrás: www.mdpi.com/2073-4441/10/12/1751 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 29.) DOI: <https://doi.org/10.3390/w10121751>
- [6] A felszín alóli víztermelés víztípusok szerint (1985–). Központi Statisztikai Hivatal. Forrás: www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_uw003.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 12.)
- [7] HISCOCK, K. M. – GRISCHEK, Thomas (2002): Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. *Journal of Hydrology*, No. 266. 139–144. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00158-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00158-0)
- [8] DEÁK József et al. (1992): Parti szűrésű kutak vizének eredete trícium koncentrációjuk és oxigén izotóparányaik felhasználásával. *Hidrológiai Közlöny*, 72. évf. 4. sz. 204–210.
- [9] SALAMON Endre – GODA Zoltán – BEREK Tamás (2018): Analysis of reverse osmosis filter permeability. *Pollack Periodica: An international journal for engineering and information sciences*, Vol. 13, No. 3. 221–230. Forrás: <https://akademai.com/doi/pdf/10.1556/606.2018.13.3.21> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 01.) DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2018.13.3.21>
- [10] VON ROHR, Matthias Rudolf et al. (2014): Column studies to assess the effects of climate variables on redox processes during riverbank filtration. *Water Research*, No. 61. 263–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.05.018>
- [11] *Budapest ivóvízellátása biztonságos* (2018). Fővárosi Vízművek. Forrás: www.vizmuvek.hu/hu/fovarosi-vizmuvek/tarsasagi-informaciok/mediaszoba/hirek-informaciok/hireink/4378 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 05.)
- [12] SALAMON Endre – GODA Zoltán (2019): Coupling Riverbank Filtration with Reverse Osmosis May Favor Short Distances between Wells and Riverbanks at RBF Sites on the River Danube in Hungary. *Water*, Vol. 11, No. 1. 113. Forrás: www.mdpi.com/2073-4441/11/1/113 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 05.) DOI: <https://doi.org/10.3390/w11010113>

Kovács István¹

Vezetési funkciók egy helyi rendvédelmi szerv életében. Döntés mint az alternatívák közüli optimális választás folyamata

Management Functions in the Life of a Local Police Station. Decision-making as a Process of the Selection of Alternatives

Mint ahogy minden tudományos diszciplínának, úgy a vezetés- és szervezéselméletnek is vannak fejlődési korszakai. Bármilyen meglepő, a globális világban megjelenő új elméleteknek, rendszereknek és iskoláknak az alapját is egytől egyig a klasszikus iskola tanai fektették le. A tanulmány egészen a gyökerekig visszanyúlva Fayol vezetési funkcióinak elemzésén keresztül egy lokális (helyi) rendvédelmi szerv életébe enged betekintést. A tanulmányban a döntés funkcióival ismerkedhetünk meg, amelyet olyan megoldási alternatívák és javaslatok követnek, amelyek a hatékonyság megtartása mellett a szerv működőképességét megkönnyít(het)ik, eredményességét pedig megnövel(het)ik.

Kulcsszavak: vezetés- és szervezéselmélet, vezetési funkciók, klasszikus iskola, rendvédelem, döntés

As all academic disciplines, the theory of management has evolutionary periods, too. No wonder that all the newly born theories, systems, schools in the global world were based on the classical school. The study gives an insight into the life of a local police station from the basics to the analysis of Fayol's management functions. In the study we present the function of decision-making, followed by alternatives and proposals which could make operability of an authority easier in order to increase its success as well as its efficiency.

Keywords: theory of management, management functions, classic school, police, decision

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Rendészeti Vezetéstudományi Tanszék, egyetemi tanársegéd, e-mail: sankazuka@gmail.com, kovacs.istvan@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-7210-1981

Bevezetés

„Akié a döntés, azé a győtrelem...” [1]

A német közmondás, miszerint „Akié a döntés, azé a győtrelem...”, gyakorta sztereotípiák középpontjává válik. A közmondáshoz kapcsolt előítéletek a döntéshozókat szorongással, stresszel és félelemmel ruházzák fel. Ennek köszönhetően a választási helyzetek és alternatívák a döntéshelyzetben utolsó lehetőségként, élet-halál kérdéseként realizálódnak, kényszerítve ezzel a döntéshozót, hogy így az eszerinti lehető „legjobb” döntést hozza meg.

Személyes tapasztalatainkra támaszkodva gondoljunk csak bele, hogy egy átlagos napon mennyi döntést kell meghoznunk, mennyi olyan alternatíva közül kell választanunk, ami mindennapi életünkre kihatással lesz, és a jövőnkre befolyással bír majd. Nem kell bonyolult példákra gondolnunk, elég, ha az időjárás, az öltözködés és az egészség összefüggéseire tekintettel vagyunk. Míg e példa egyesek számára triviálisnak tűnhet, és ingerküszöbükre hatással nincs, addig másoknak ez igenis prioritást élvező döntésnek bizonyulhat. De példálózhatnánk azzal is, hogy a világvezető gazdasági társulatok elnökei az igazgatótanács tagjainak mennyi milliót fizetnek ki azért, hogy a „jó döntések” meghozatalával milliárdos bevételekre, profitra tegyenek szert, a versenyszférában elfoglalt előkelő pozíciójukat pedig megtarthassák. Ugye nem gondoljuk komolyan, hogy Bill Gates egyedül vezeti a Microsoftot, vagy Jeff Bezos egyedüli Amazon-alapítóként lett 2017-ben a világ leggazdagabb embere [2] [3]? Akár kisebb, akár nagyobb fajsúlyú a döntés, akár egyedül, akár csoportosan hozzuk azt meg, e vezetési elemre mindig jellemző lesz, hogy bármelyik irányba induljunk el, az később újabb választási alternatívához, lehetőséghez juttat el minket. Mikor pedig választás elé érkezünk mindig lesz alkalmunk a döntésünkön változtatni, megteremtve ezzel a legoptimálisabb alternatíva kiválasztását.

Sokan nem tudják – főleg nem a sztereotíp gondolkodók –, hogy a „Wer die Wahl hat, hat die Qual” („Akié a választás, azé a győtrelem”) német közmondás a „Wer keine Wahl hat, hat ein Problem” („Akinek nincs választása, annak van igazából gondja”) résszel folytatódik. Márpedig gondja senkinek sem lehet, hisz a választási alternatívák és lehetőségek mindenki számára nyitottak, azaz mindenki jogosult arra, hogy dönthessen. (Más kérdés, hogy a döntési mechanizmusban hol foglal helyet, azaz a döntése a közösség érdekeit, vagy csupán a sajátját befolyásolja-e, és a cselekvési alternatívák közül kiválasztott változó, a moralitás szempontjából, etikailag a közösség értékrendjével, vagy csak a saját értékrenddel korrelál-e majd.) Ez minden döntésre igaz, akár magánéletünkben, akár választott hivatásunkban hozzuk is azt meg. Nem kérdés továbbá az sem, hogy nemcsak a versenyszférában működő vállalatok, hanem az államigazgatásban meghatározott társadalmi igény kielégítésére létrehozott szervek teljes személyi állománya – még a parancsuralmi rendszer ellenére is – döntésre jogosult. A döntések meghozatalának világszinten egyetlenegy korlátja ismert csupán: a jog által behatárolt társadalmi értékek és érdekek védelme. (A katonának is bármikor jogában áll úgy dönteni – saját elhatározásból, vagy közösségi érdekből –, hogy megtagadja a parancsot; hogy azt jogszerűen tette-e, vagy sem, annak eldöntésére a katonai büntetőjog minden eszközével, rendszertanával és ismeretével rendelkezésre áll.)

Nincs „jó” döntés, vagy „rossz” döntés, inkább a vezetők, és az emberek által hozott döntési eredmények, sikerarányok ismertek és léteznek csupán. (Gyakran válik nehézkessé, ha több alternatíva közül kötelezően választanunk kell, de emberként ehhez az idő folyamán hozzászokunk, hisz az élet nem más, mint a döntéseink sorozata.) Persze az is egyértelmű – még a laikus számára is –, hogy bármilyen döntést is hozunk, a döntéshozattal együtt járó döntési kockázatot nem küszöbölhetjük ki teljesen.

Úgy vélem azonban – hipotézis szintjén feltételezem –, hogy mind a versenyszféra vállalati vezetői, mind pedig az államigazgatási szféra szerveinek vezetői számára több választási alternatíva, és lehetőség áll rendelkezésre ahhoz, hogy a sikerességüket – profitnagyságukat vagy a meghatározott társadalmi cél elérését – finomhangolják, fejlesszék, adott esetben pedig javítsák. Mindehhez csupán arra van szükségük, hogy a döntéshozatali eszköztárt kibővítsék, megértsék, és egyben alkalmazzák azt a döntésmechanikai eszközt, amely az adott cél elérését leginkább támogatni tudja.

Korábbi tanulmányaimban – egy helyi rendvédelmi szerv mindennapi életére vetítve – a klasszikus vezetéselméleti-iskola vezetési funkciói közül mind a célmeghatározást, mind a tervezést, mind az ellenőrzést sikerült már feldolgoznom, a bevezetésből pedig az olvasó is sejthette már, hogy e publikáció középpontjában a döntés, mint vezetési funkció elemzése áll [5] [6] [7].

A tanulmányban történelmi alapkutatót végeztem, alkalmazott kutatás színterén pedig SWOT-analízist alkalmaztam. Általános célom volt, hogy egy olyan tanulmány születhessen, amely a helyi rendvédelmi szerv döntési mechanizmusáról reális képet nyújt, továbbá egy olyan információs adatbázist hoz létre, amely a kidolgozott javaslatok megvalósíthatóságának tekintetében a rendőri vezetők döntési mechanizmusait segíti.

A döntés

Döntés(elmélet)i irányzatok, közelítésmódok

A tudományos gondolkodás megköveteli, hogy a személyes, szubjektív véleménynyilvánításon felülemelkedjünk, és olyan, az objektív megtapasztalás révén létrejött eredményeket vonultassunk fel, amely a választott terület már ismert eredményein túlmutat, és újabb részleteit adja annak a teljes egésznek, amelyből az összetevődik [8] [9] [10]. Mindazonáltal, mivel álláspontom szerint – a racionális döntéselmélet hitvallására tekintettel – „jó” és/vagy „rossz” döntés nem létezik, szükséges megismernünk a döntéshozatal filozófiai megközelítését –, valamint a többi döntéselméleti irányzatot is –, amely az erkölcs és etika szempontjából ennek fordítottját képviseli.

Az etika és erkölcs összefoglalásképpen nagyrészt az emberi tettek, cselekedetek az erkölcsi jó és rossz szempontjából való vizsgálatára hivatott [11]. Cselekvéseinket pedig döntéseink vezérik. E szempontból a morál- vagy filozófiai etika annak tartamát vizsgálja, azaz megpróbálja azt tisztázni, hogy a helyes és helytelen fogalmak létrejötte vajon mit is jelent. (Helyes volt-e a katonának azt a döntést meghoznia, amellyel például parancsot tagadott meg?) A normatív etika annak vizsgálatára hivatott, hogy az adott körülmények között

milyen magatartást kell és/vagy kellett volna tanúsítanunk, hogy a társadalmi előírásoknak megfeleljünk. (Megfelelt-e a döntés, a parancs megtagadása a belső utasítások, a társadalmi jogrend által előírt magatartási szabályoknak?) Az alkalmazott etika az egyes hivatások beható vizsgálatát tekinti feladatának [12].

Szemben a morális megközelítéssel, a „racionális döntés”, valamint „rutintevékenységgel megközelítés” és a „csekély önkontroll” elmélete nem biológiai és pszichikai jellemvonásokra épít, hanem azt vallja, hogy mivel az egyén a lehetőségei közül a legnagyobb szubjektív haszon elérésére törekszik, ezért annak eredményét nem a biológiai jellemvonásai, hanem a döntési mechanizmusainak sora alapozza meg [13]. (A bűnelkövetéshez mindig három elem egyidejű és együttes jelenléte szükséges: tettes, tárgy vagy sértett és kedvező helyzet. Az elkövetett cselekmény pedig átlagemberek viselkedési hibája, nem pedig biológiai tulajdonságaik [14] [15] [16].)

A racionális döntésméleti irányzatok nagyrészt inkább a közgazdaságtan döntésméleti megközelítéséhez köthetők, amelynek alapját a haszon, és a hasznosság képezi [17]. Ebből adódóan – ahogy azt a cselekvéstudomány is tárgyalja –, ha a döntésre jogosult az összes cselekvési alternatívát ismeri, akkor az ok-okozati összefüggésre tekintettel annak eredményével is tisztában van. Ha pedig a döntéshozó a cselekvési alternatívák közül preferenciasorrendet is képes állítani, akkor – visszautalva a bevezetésben foglaltakra – már nem is olyan nehéz, még kötelező érvénnyel sem a legjobb cselekvési változat kiválasztása, azaz a döntés meghozatala [18]. A korai klasszikus döntésmélet értelmében az adott változat választása esetén valamennyi eredmény bekövetkezik.

A preferenciasorrend kialakítása pedig nagyrészt az egyén azon tulajdonságára vezethető vissza, miszerint ő a döntési mechanizmusában az alternatíva kiválasztását és az eredmény bekövetkezését milyen mértékűnek értékeli, nem pedig arra, hogy a rendelkezésre álló lehetőségek bekövetkezése mennyire valószínű volt. (Ezt nevezzük adminisztratív döntési irányzatnak [19].)

Az egyén értékelése a tudatban jelenik meg, amelyre az elvárások és az elgondolás befolyással bírnak. Ha a döntéshozó döntése alapján az eredmények pozitív végkifejlettel zárultak – ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy etikailag is „helyesek” voltak, hanem azt, hogy a legoptimálisabb, legnagyobb hasznot (nem csak anyagi jellegű hasznot) generálták –, jutalomhoz, nyereséghez vezettek, akkor az egyén nagyobb valószínűséggel ismételi meg ezen alternatívák kiválasztását, míg a negatív eredménnyel zárult döntéseket pedig kizárja. (Szigorú megerősítő modell alaptézise [20].)

Korlátozott racionalitásról beszélünk, amikor az egyén nem a haszon maximalizálására, hanem csupán annak elégséges szintű kielégítésére – optimalizálásának minimalizálására – törekszik. A legtöbb döntési helyzetben a döntéshozó úgy egyszerűsíti le a döntési folyamatot, hogy maximalizálás helyett a kielégítő alternatíva kiválasztására törekszik, amellyel az adott cél elérésére elegendő, és kielégítő [21]. (Például az adott kerületen áthaladó villamosjáraton elszaporodtak a nyaklánckitépések. A kerületi rendőrkapitány csak a kerületét érintő villamosszakaszon intézkedik azok megakadályozására, a villamosvonal többi szakaszán ugyanazt – együttműködve más szervekkel és hatóságokkal – nem teszi meg. A kerületi igényt

ezzel kielégítette, viszont a hasznot, hogy e cselekmények az egész szakaszon megszűnjenek – az együttműködés hiányára tekintettel – nem maximalizálta.)

A racionalitás cáfolására születtek meg a fokozatos hozadék- és a szemeteskosár döntési modelljei [22]. A fokozatos hozadék modellje azt állítja, hogy a gyakorlatban túl nagy számú cselekvési alternatíva áll rendelkezésre ahhoz, hogy a hasznot maximalizálhassuk és a hibahatárt pedig minimalizálhassuk, az összes cselekvési változót pedig a tényleges eredményekkel összehasonlítani lehetetlen – ezért számos döntésmechanikai lépést kihagyva – a döntést a múltbéli magatartáshoz leginkább hasonló alternatíva kiválasztása képezi. (Például a rendőrjárőr intézkedés során az ügyeletes tisztól további utasítást kér, aki a fő ügyeletestől várja a döntés meghozatalát. Mindez a hatalmi mátrix nem az elsőfokú végrehajtónál, hanem az utasításadási jogosultság személyeinél, a hatalmi centrum mátrixában realizálódik.)

A szemeteskosár modellje azon feltevésen alapszik, hogy a szervezet nem más, mint a problémák, megoldások, döntéshozók és a választási alternatívák rendezetlen halmaza, amelyben az egyének feladata nem más, mint hogy a problémákat, és a megoldásokat összekapcsolja.

Az anarchiákból levezethető modellek ellensúlyozására láttak napvilágot az előíró és a leíró irányzatok. Az előbbi alap gondolata, hogy minden döntési szituációnak van helyes és általánosan elfogadott megoldása, amelyet matematikai módszerekkel mérni és kiválasztani lehet, az utóbbi álláspontja szerint pedig döntéshozatali folyamatok az emberi szubjektum és az azt behatároló környezet relációjában keresendők [23]. Most, hogy – terjedelmi korlátok miatt, ha nem is részleteiben gazdagon, de – minden döntéseméleti irányzat főbb ismérveit ismertettük, a következő fejezetben ismerjük meg magát a döntést mint fogalomértelmezést.

A döntés definiálása

A teljesség igénye nélkül kísérletet tettem arra, hogy a fennmaradt döntésdefiniciókat összegyűjtöm, ismertetem, azok közös fogalmi elemeit (gyakorisági változó mérőszámértékelés analízissel) elemzem, majd saját „döntésfogalmat” alkotok meg.

MacCrimmon szerint a döntés a gondolkodás és cselekvés folyamata, amely egy választási viselkedésre összpontosul [24].

Nemény döntésen a vizsgált alternatívák halmazából az alternatívák részalmazának (speciális esetben egyetlen alternatívának) a kiválasztását értette [25].

Rhodes a döntést egy személy két vagy több alternatívára vonatkozó preferenciájának kifejezésében látta, amelyben legalább egy alternatíva következményei bizonytalanok [26].

Spradlin definíciója szerint a döntés nem más, mint az erőforrások elhelyezése [27].

Mallach – nemes egyszerűséggel – a döntést az alternatívák közüli észszerű választásban jelölte meg [28].

Thomas szerint a döntéshozatal széles körű fogalom, amely a választási alternatívák kiválasztásának cselekvési folyamatoként értelmezhető [29].

Mintzberg és Waters szerzőpáros szerint a döntéshozatal a szervezeti folyamatok megértésének módja [30].

Harrison–Pelletier a döntést egy olyan értékelési mozzanatként azonosítja, amelyben az adott célnak megfelelő alternatív tevékenységsorok közül a cél elérése szempontjából a döntéshozó a leginkább alkalmasat választja ki [31].

Eisenfuhr véleménye szerint a döntéshozatal egy olyan folyamat, amelyben a döntéshozó számos alternatíva közül választhat, hogy a kívánt eredményt elérhesse [32].

Drucker szerint a döntéshozatal nemcsak a helyes alternatívák kiválasztásának, és kompromisszumkészség megjelenésének relációja – kivéve, ha az nem munkatevékenység –, e feltételek fennállása esetén az csupán „jó szándékként” értékelhető [33].

Kreitner szerint a döntéshozatal egy olyan folyamat, amelynek során a döntéshozó olyan alternatívát választ, amely a helyzet igényeinek megfelel [34].

Byrnes úgy vélte, hogy az alternatívák választására irányuló megkülönböztető képesség központi szerepet tölt be az illetékes döntéshozatalban, ezért az illetékes döntés és a személyes siker között összefüggésnek kell léteznie [35].

Kovács megfogalmazásában a döntés szűk és tág értelmezése ismert. Tágabb értelemben az egész döntési folyamat is ebbe a fogalomkörbe tartozik. A szűkebb értelmezés szerint maga a döntés, azaz a választás, tehát maga a mozzanat [36] [37]. Más megfogalmazásban a döntés az a vezetési funkció (mozzanat), amely parancsnokból, kivitelező tervezésből, rendelkezések kiadásából, koordinálásból, szervezésből és biztosításból tevődik össze [38].

Doya a döntés négy fő komponensét határozta meg: információk megszerzése a környezet állapotának azonosításához, a potenciális alternatíva értékelése a költség és hasznosság szempontjából, az alternatíva kiválasztása, amely a költség és a haszon kompromisszumán alapszik, végül pedig az eredmények értékelése [39].

Marks–Wood hasonlóan járt el, mikor a döntéssel kapcsolatos jellemzőket szedte egy csoportba: a döntés mindig kettő vagy több alternatíva közti választást jelent, amely ítéletalkotást igényel, leköti a gondolkodást és az érzelmet, valamint problémamegoldáshoz kapcsolódik [40].

A következőkben nézzük hát meg, hogy az ismertetett fogalmak mely közös összetevőkkel rendelkeznek és azoknak milyen a gyakorisági előfordulásai aránya. Az alábbiakat a következő táblázatban illusztráltam.

1. táblázat. A gyakorisági változók számtani analízise
(A szerző saját szerkesztése)

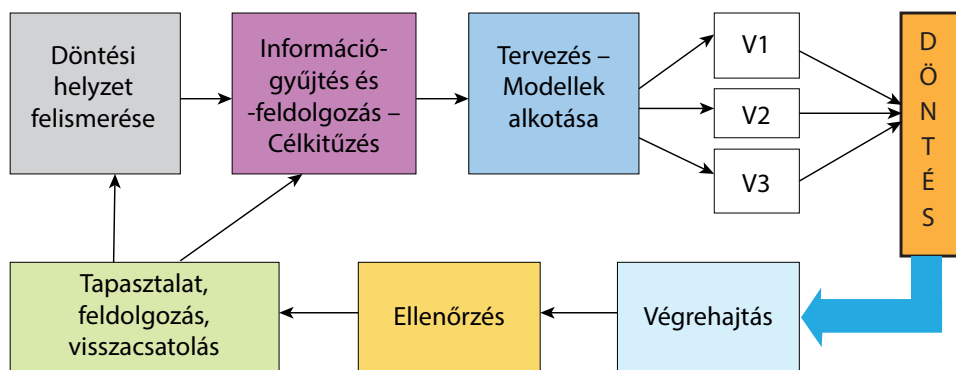
Döntésfogalmi elemek	Sorszám															Előfordulási gyakoriság (igen/nem változóval)	Előfordulási gyakoriság (%-os megoszlás)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Kettő vagy több alternatíva	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14	93
Tudatos cselekvés	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14	93
Rész/egész kapcsolat (halmaz)	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	33	
Erőforrások	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	20
Célorientáltság	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	8	53
Eredményismeret	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4	26
Kompromisszum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	13	
Igénykielégítés	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9	60	
Személyes célzat	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	20	
Számtani analízis																	
Átlag																62	–
Maximum																14	93
Minimum																2	13

Az elemzésből is jól látható, hogy a fogalmakban a legnagyobb gyakorisággal a kettő vagy több alternatíva, valamint a tudatos cselekvés elemek szerepeltek, a megjelenési gyakoriság összességében 93%-ot ölelt fel. (Ez azt jelenti, hogy a tesztelt fogalmak közül mindösszesen egy darab nem tartalmazta azokat.) A maximum érték e gyakorisági változókat foglalta magába. Magas gyakorisági indexről tesz tanúbizonyságot az igénykielégítés, valamint a célorientáltság eleme is, az előbbi 60%-os, az utóbbi 53%-os gyakorisággal volt jelen mint közös fogalmi összetevő. E szempontból elhanyagolható a kompromisszum, a 13%-s közös fogalmi képviselővel. A minimum érték e gyakorisági változót ölelte fel. Az elemzett fogalmakon belül a döntési fogalmi elemek, mint közös gyakorisági változó átlagosan 41%-ban voltak jelen.

Jól látható, hogy mindegyik fogalom kollektív, társas elemeket foglal magában, még sincs konszenzus annak egyetértésében [41]. Bizonyítja ezt többek között az is, hogy a döntésméleti irányzatok sorra egymást cáfolva, vagy erősítve jöttek létre. Nézetemben a mai korszerű döntésfogalom az alábbi szükségszerű elemeket tartalmazza: a döntés olyan a külső, belső humán és tárgyi környezettől befolyásolt opcionális alternatívák közötti, az emberi tudat által vezérelt választási cselekvés lehetőségét öleli fel, amely meghatározott cél és/vagy igény kielégítését szolgálja, a cselekvési alternatívák lehetséges kimenetele, vagy következménye pedig a döntéshozó előtt vélelmezés, feltételezés, de akár eredményismeret szintjén is ismeretes lehet.

A döntési mechanizmus

Mint, ahogy azt már láttuk, a döntés definiálása sem olyan egyszerű feladat, a megjelenő és használatos irányzatok pedig még inkább tovább bomlasztják az egységesítés kérdéskörét. Visszaülva a Kovács-féle szűk és tág értelemben vett döntés megközelítésre – miszerint a döntés alatt nemcsak magát a mozzanatot, hanem a döntési folyamatot is értjük –, annak elemzésétől nem tekinthetünk el [38]. Ebben a fejezetben a döntési folyamat ismertetésére kerül sor, különös tekintettel annak befolyásolására bíró külső-, és belső tényezők, illetve azok kezelésének ismertetésére. A fentieket elsőként egy folyamatábrán illusztrálom, majd az elemeket – a terjedelmi korlátok figyelembevételével – részleteiben elemzem. Tekintsük hát meg a döntési folyamatot egy szemléletes ábrán.



1. ábra. A döntési folyamat (Dr. Kovács Gábor: *A szervezetvezetés elmélete* című könyv alapján)

A folyamat első eleme a döntés-előkészítés, amelynek során helyzetfelismerő, és célmeghatározó funkciókat gyakorlunk [42] [43]. A helyzetfelismerés és a célmeghatározás kiemelt szerepkörhöz jut, hiszen e tevékenység révén juthatunk el a döntés mint mozzanat teljes körű végrehajtásáig. Az ember számára talán a legnehezebb feladatot jelenti, hogy helyesen ismerje és mérje fel azt a helyzetet, amely megoldást igényel, és leginkább eredményorientáltan tudja meghatározni azt a célt, amelynek elérése szükségeltetik. E helyzetek közös jellemzője, hogy az egyén egy észlelt vagy tényállapotot érzékel, amely a kívánt állapottól bizonyos mértékben eltér.

A következő lépés a különböző tényezők elemzése és értékelése, következtetés, valamint a cselekvési változatok felállítása és azok összevetése. Jól látható, hogy a folyamatban a cselekvési változatok – mint a leggyakoribb közös elemek – centrális szerepkörhöz jutnak. Az elemzés és értékelés során nagyon fontos vizsgálni a környezetet, az erőforrásokat, a rendszer struktúráját, felépítését, és önmagában a vezetés és irányítás rendszerét is.

A második lépés magának a szűk értelemben vett döntésmozzanatnak az előszobája, hisz a verziók felállítását követően az azok közül választás már a döntés születésének körvonalazódása. A verziók kiválasztásánál kizárólagosság nincs. Kompromisszumkész döntést is hozhatunk,

amely a negyed- vagy félverziók összekeveréséből tevődik össze. Egyesek ezt új verzió felállításaként értékelhetik, ám tekinthetünk úgy is rá, mint minden verzió egyes részeinek nem önálló, hanem összevont felhasználása.

A harmadik lépés a döntéshozatal, vagyis az optimálisnak tűnő változat kiválasztása. Ez az első folyamategység lezárása, a szűk értelemben vett döntésmozzanat realizálása. A döntéshozatal során célszerű, ha a döntéshozó a második szakaszban foglaltak elvégzését követően azonnal dönt, azt nem halogatja, hiszen akkor már az adott célkitűzés és igénykielégítés is veszélyeztetett lett.

A negyedik fázis a döntés realizálását, a szervezést és a kivitelezést öleli fel. Ebben a fázisban jut érvényre igazán, hogy az adott döntéshozó, vagy az egyén milyen vezetési stílust képvisel, milyen személyiséggel rendelkezik, ugyanis ezt a fázist tekintjük az akaratérvényesítés folyamatának is. Ekkor szükséges a döntés megvalósításának lehetőségeit, feltételeit is kidolgozni, az utasítást kiadni. A végrehajtást mindig a döntéshozónak – jelen esetben a vezetőnek – kell szerveznie, ez pedig akkor működőképes, és a döntést is akkor tekinthetjük optimálisnak, ha nemcsak az előzőekben ismertetett részcselekményeket, hanem a végrehajtást is megtervezik.

A folyamat ötödik eleme a döntés eredményességének, helyességének ellenőrzése. Az ellenőrző tevékenység kapcsán annak monitorozása szükséges, hogy az adott helyzetfelismerés, döntés-előkészítés, döntési cselekvések értékelése során milyen hibák, hiányosságok kerültek felszínre, azok kiküszöbölése, de leginkább a döntési folyamat célmegvalósító funkciója, az optimalizálás és maximalizálás vonatkozásában milyen eredményt generált. Annak függvényében kell a jövőben cselekedni és a hibákat javítani, a hiányosságokat pedig megszüntetni, a jövőben pedig ezek előfordulási lehetőségeit csökkenteni. A döntés minősége ugyan lehet opcionális, de a végrehajtásban felmerülő hibák és hiányosságok nem teszik lehetővé, hogy az eredeti döntés minőségileg megvalósulhasson, ezért is szükséges e szakaszok monitorozása.

A döntési mechanizmus utolsó szakasza a visszacsatolás és a hatékonyságvizsgálat. A legtöbben hajlamosak ezt a lépést kihagyni, ugyanakkor leginkább e folyamat elemnek van jelentősége. Gondoljunk csak bele abba, hogy ha nem mérjük a döntés minőségének határfokát, hatásnagyságát, egyszerűen annak vizsgálatát nem végezzük el, akkor honnan fogjuk tudni, hogy az adott eredmény beváltotta-e a hozzá fűzött reményeket és ígéreteket. Ha nem csatolunk vissza – akár pozitív, akár negatív, de mindenképpen, és kizárólag konstruktív jelzéseket –, akkor az eredményorientáltság elmarad. Az optimalizálás és a maximalizálás viszont az eredményorientáltsággal szoros összefüggésben áll.

A döntési mechanizmus e hat szakaszt öleli fel, amelyben végig a vezetői szerepkörre fókuszáltam, azonban e folyamat többtényezős fázisaiban, több résztvevő van jelen. Ilyen a problémagazda, a döntés-előkészítő, a döntéshozó egyén, a szakértő, a döntéselemző, a megvalósító.

A tanulmányban elméleti szinten ismertetésre került a döntés definíciója, annak mechanizmusa, valamint a különböző korokban létrejövő irányzatok, és döntéseméleti megközelítések. Mindezek tudatában, azt aprópéldákra váltva egy helyi rendvédelmi (rendőri) szerv életébe nyervehetünk betekintést, hogy mindezek hogyan, milyen mértékben, vagy egyáltalán jelen vannak-e.

Rendőrség

A tanulmánynak nem feladata, hogy a rendőrség társadalmi rendeltetését részletezze, hisz az a laikus számára is nyilvánvaló. Elmondható viszont, hogy korunk kihívásai összetettek, a veszélyek és fenyegetések sok területet érintenek, hatásai is egyre nehezebben jósolhatók meg [44]. Az állampolgárok ezért joggal várják el, hogy az állam e veszélyeket elhárítsa, polgárait pedig megvédje [45]. (Gondoljunk csak bele abba, hogy a világháborúk lezárását követően a terrorizmus is milyen mértékben fenyegette és fenyegeti a mai napig a polgárok napi életéhez elengedhetetlenül szükséges biztonság garantálását, amely komoly gondot jelent az állami apparátusnak. Különösen igaz ez az uniós polgárok vonatkozásában, miután a terror-szervezetek a 2004. március 11-ei madridi terrortámadást névjegyükkel fémjelezték [46] [47] [48] [49].)

A fentiekből levezethetően – ad absurdum – az állam kötelessége, hogy az ország belső rendjének védelmét és a külső támadástól mentes szuverenitását, autoritását biztosítsa. (A biztonság megteremtése iránti igény az Európai Unióban is közös követelménnyé lépett elő, amelyet költségtakarékosabb és hatékonyabb működéssel kell biztosítani, és amely nem nélkülözheti az uniós és hazai rendvédelmi szervek közös, egy rendszerben történő alkalmazásának szükségességét [50].)

(Lokális) rendőrség mint lineáris szervezeti modell és a döntés

A lineáris, azaz egyvonalas szervezeti forma azt jelenti, hogy a szervezetben munkafolyamatokat ellátó személyeknek egy vezetője van, mindenki egy személytől kaphat utasítást. (Általában egy kapitányságvezető, két helyettes – bűnügyi és rendészeti –, osztály jogállású vezetők, és alosztály jogállású parancsnokok. A parancs kiadásának jogszerű folyamatáról korábbi tanulmányomban részleteiben olvashatunk [6].)

A szervezet vertikálisan, és horizontálisan is bővíthető, különös tekintettel arra, hogy a végrehajtói, vagy a vezetői állomány létszáma megnövekszik. Itt ragadnám meg az alkalmat arra, hogy a bővítés indokaként néhány példát megemlítssek, tekintettel arra, hogy a létszámnövekedés nem az egyetlen motívuma a bővítésnek. Ilyen lehet egy új igény megjelenése vagy egy régi feladat kibővítése is. (Gondoljunk csak bele, hogy a bővítés lehetséges fejlesztése a döntési mechanizmust milyen mértékben, és minőségben tudná fejleszteni, ha rendelkezésre állna egy külön döntést előkészítő és megkönnyítő apparátus.)

Sajnos azonban az ilyen szervezetekre nem jellemző a specializáció. Ennek indoka a szervezet homogenitása, ahol párhuzamos feladatok zajlanak, nem nagy változásokkal. A specializáció megjelenése esetén már nem egyvonalas szervezetről beszélünk [23]. (A döntés-előkészítés viszont nem specializáció, hiszen általános, absztrahálható jellegét pont a vezetési folyamat megjelenése adja. Kötelező eleme is egyben, ezért annak megjelenése nem jelent speciális feladatkört. A bővítés mellett szükségesnek tartom azt is megjegyezni, hogy ezen elemek ugyanúgy szűkíthetők is.)

Az egyszemélyi felelősséggel rendelkező vezetőt (helyi rendőrkapitány) helyettesei segítik és tehermentesítik a vezető-irányító munka végzésében, de nem ritka, hogy a funkcionális feladatokat is elvégzik helyette.

Ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy a döntést is előkészítenék számára, vagy visszacsatolást és hatásvizsgálatot is végeznének, ugyanakkor ez is ellentmondónak tűnhet, mert az irányítási rendszer egyik sajátossága, hogy az alárendelt szervezeti egységek vezetőit a magasabb szervezeti szint vezetési folyamatába is bevonják. (Mindennek érvényesülése esetén viszont felmerül a kérdés: ez esetben a hierarchia szerepe nem gyengül? Hiába a szintek közötti alá-és fölérendeltségi viszony, ha az adott szint a saját elképzelései szerint alakítja a lehetséges verziók felállítását, még ha azok a szervezeti célokkal párhuzamosak is.)

A modell előnye, hogy az információáramlás gyors és pontos lehet, a visszacsatolási rendszer pedig a feladatok kiosztásánál segítséget nyújthat. Rendezettség tűnhet a felelősségi és hatásköri, valamint az alá-főlé rendeltségi szabályok kiosztása is, így a döntéshozatal megkönnyíthetővé válhat. Működtetése nem igényel nagyobb költségvetést.

A modell hátránya viszont, hogy összetettebb feladatkörök esetén a rendszer nem alkalmazható, mert kevésbé képes az egyes szakterületek eltérő sajátosságait mérlegelni. Ha a szervezeti egységek egymástól távol helyezkednek el, akkor az előny rögtön hátránnyá fordítható: hogy lehet működőképes a gyors, és pontos információáramlás a vezetési szintek között?

Nemhogy a vezetési folyamat és a döntés, hanem önmagában a koordináció is nehézséggé válik. Minden szervezet szakmailag, és emberileg egyaránt jól felkészült vezetőkre vágyik, több szervezeti egységet érintő probléma viszont így csak a vezetés legfelső szintjén kezelhető, azaz a döntési mechanizmus is a legfelső szinten születik, a cselekvési alternatívák előkészítése és felállítása csorbát szenved.

Az elkövetkezendőkben tekintsük meg, hogy a SWOT-elemzés szerint e szervezeti modell, azaz kifejezetten a helyi szervekre – így egy kerületi rendőrkapitányságra – jellemző döntési mechanizmus milyen erősségekkel, gyengeségekkel, lehetőségekkel és veszélyekkel rendelkezik.

2. táblázat. SWOT-elemzés a helyi szerv döntési mechanizmusa tekintetében

(Készítette: a szerző)

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> Az információáramlás gyors, és pontos, így könnyű lehet a döntési mechanizmus döntés-előkészítő szakaszának lefolytatása. 	<ul style="list-style-type: none"> Összetettebb feladatok végrehajtásához szükséges döntésmechanizmus tekintetében viszont gyenge, hiszen ha a szervezeti egységek egymástól távol helyezkednek el, az információáramlás nem lehet gyors és pontos, így már az előkészítő szakaszban is felmerülhetnek problémák. A koordináció megszervezése – akár a döntés-előkészítés – szakaszban is körülményessé válhat.

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> A visszacsatolási rendszer működőképessége, amely a döntést követően a végrehajtás és a hatásvizsgálat szakaszában kiemelt szerepkörhöz juthat. Alá-fölé rendeltségi és a hatásköri szabályok kiosztása megvalósul, így mindenkinek a döntési mechanizmusban betöltött szerepe tisztázottá válhat. 	<ul style="list-style-type: none"> A több szervezeti egység vezetőjét a döntési mechanizmusban döntési jogosultsággal felruházni, így alternatívaválasztási fázisba bevonni azért válhat aggályossá, mert a személyes és a szervezeti célok igencsak keveredhetnek. Az alternatívák felállítása kizárólag a szervezeti célok figyelembevételével valósulhat meg. A vezetői döntések – az összetettebb feladatok esetén – a problémák megoldására tekintettel csak a vezetési szint legtetetjén kezelhetők és oldhatók meg.
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> Kisebb feladatok végrehajtására a szervezeti modell alkalmazása lehetőséget teremthet, amely nem igényli nagyobb és hangsúlyosabb döntések meghozatalát. 	<ul style="list-style-type: none"> A döntési mechanizmus objektivitása veszélybe kerül, összetettebb feladatok és problémák kezelésére alkalmatlanná válhat.

A következőkben ismerjük meg a döntési mechanizmus fejlesztésének lehetőségeit.

A döntési mechanizmus fejlesztésének lehetőségei

Az elemzésekkel kapcsolatos eredmények tükrében álláspontom szerint egy olyan, a lineáris szervezeti formában létrehozott vertikális bővítésre lenne szükség, amely a helyi szerv vezetőjét a döntési mechanizmus során segíti, a többi, delegált döntési mechanizmusba tartozó feladattól a helyi szerv vezetőjének helyetteseit, illetve az alparancsnokokat pedig mentesíti. Egy olyan (al)osztály jogállású csoport létrehozása válhat indokolttá, amely a döntés mint mozzanat (azaz az alternatívák közötti tényleges választás) kivételével a döntés-előkészítő, valamint a döntésvégrehajtás és ellenőrzés szakaszait lefolytatja.

Vezetőre ebben a csoportban nincs szükség, a tájékoztatási, és koordinációs feladatvégzést egy kapitányi biztos, vagy kiemelt főreferens, mint esetleges „csoportfelelős” is végre tudja hajtani. Ez a csoport nincs alárendelve más szervezeti elem vezetőjének, a helyi szerv vezetőjének közvetlen alárendeltségében működik.

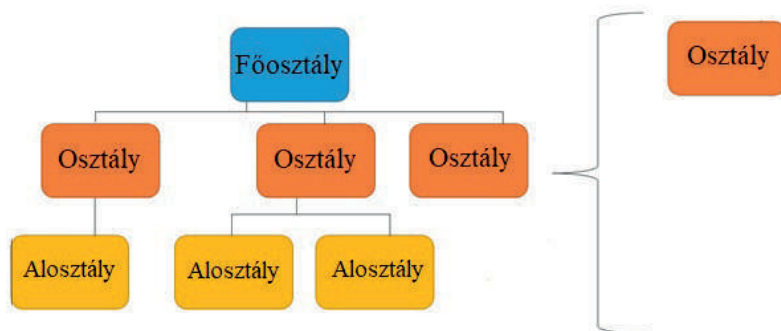
A döntési mechanizmus első fázisának végrehajtásához, a célmeghatározás támogatásához, illetve az információbeszerzés, és tájékoztatás vonatkozásában a többi szervezeti egységgel, és vezetőikkel összedolgozik. Irányítási és vezetési funkciót viszont nem gyakorol. Annak meghatározása, hogy a döntési mechanizmusba bevont támogató feladatvégzés milyen minőségű és milyen módszerű, okafogyott, hiszen annak más és más módszerei ismeretesek. (Gondoljunk csak egy „brainstorming”, egy ötletbörze vagy bármilyen más döntéstámogatás témakörben ismert rendszerre vagy módszerre.)

Ahogy azt a tanulmány során már ismertettem, a bővítési és feladatellátási indokkal megerősített helyi szerv nem speciális feladatot lát el, – a vezetési folyamat általános jellegéből adódóan – csupán a döntési funkció döntésmechanizmusának folyamatát erősíti, támogatja, a személyeket pedig a további feladatok ellátásától tehermentesíti.

Mindezt pedig úgy teszi, hogy az egyszemélyi felelősség és önmagában a döntés mint mozzanat megmarad a helyi szerv vezetőjének hatáskörében. Úgy is tekinthetünk erre a modellre, mint a döntés szűk és tág értelmezésének a lebontására. A szűk értelemben vett döntés mint a mechanizmus döntő cselekménye a helyi szerv vezetőjének kezében, míg a tág értelemben vett döntés, azaz maga a folyamat a támogató (al)osztály vagy csoport kezében marad. E konstellációval álláspontom szerint biztosítható, hogy a közös, társadalmi szükséglet kielégítésére, azaz a rendőrség feladatának elvégzésére létrehozott helyi szervek is a legoptimálisabb és leghatékonyabb döntés meghozatalára lesznek képesek.

A fentiekkel a veszélyek és fenyegetések kiküszöbölhetők, az erősségek, és a lehetőségek fejleszthetők és kiaknázhatók. A divizionális fejlesztésről alkotott rendszert az alábbi képpel illusztrálom.

A folyamatába megtekintését követően határozzuk meg azokat a mérföldköveket, amelyek prognosztizálhatók a változtatás eshetőségének függvényében az önfejlesztés, a változásokhoz való alkalmazkodás, a nyomás, és kudarckezelés, az emberekkel való munka, és az elemzés területén a döntés mint vezetési funkció szempontjából.



2. ábra. A vertikális bővítés lehetősége
(Készítette: a szerző)

1. Önfejlesztés

- Az egyszemélyi felelősséggel rendelkező vezető így dönthet afelől is, hogy szükség van-e azonnali cselekvésre, sietős-e a döntés meghozatala. A türelem sokat segít az optimalizálásban és a maximalizálásban.
- A végleges döntés meghozatala előtt az alternatív cselekvési változók következményeinek mérlegelésére és megismerésére is lehetőség van. Jövőismeret.
- A szélesebb perspektíva elérését a csoportmunkával fejleszthetjük, így nemcsak a részeket, hanem az egészet egyben is láthatjuk. A teljesség elérése.
- A döntéseket összefüggő rendszerben kell meghozni, értékelni és az érintettek vonatkozásában összefüggéseiben elhelyezni.

- Egyes alternatívákat több nézetből szükséges megvizsgálni, hogy a kiválasztás perspektivikus legyen, a döntés javuljon. Perspektívafejlesztés.
- A múltbéli hibákból való okulás, amely a stratégiafejlesztést segíti elő, hogy az optimális döntések megszületése predesztinálhatóvá válják.

2. Változásokhoz való alkalmazkodás

- Nyitottaknak kell lennünk az új ötletek elfogadására és az interperszonális kommunikációra, a stílus adaptálására. Új dolgok megismerése, rugalmasság.
- Kompromisszumok keresése, mint döntésméleti irányzat megjelenése. Változásmenedzselés.
- A szokás hatalmának levetkőzése és a döntések olyan irányú meghozatala, amely kerüli a sablonszerű végrehajtást. („Ez mindig így volt” alkalmazás elhagyása.)

3. Nyomás és kudarckezelés

- Az érzelmi önkontroll gyakorlása, pozitív kilátások fenntartása, a kritika konstruktív kezelése.
- A döntést támogató és segítő csoport véleménynyilvánítása a károk kezelése érdekében, a hatásvizsgálat fejlesztése.
- A döntési helyzet súlyosságának értékelése, mielőtt az alternatívák kiválasztására sor kerülne és a döntés végrehajtása megkezdődne.

4. Emberekkel való munka

- A csoportban dolgozók megértése, ugyanolyan szintű alkalmazkodás, csapatszellem építése. Elismerés és jutalmazás, a tanácsadás „meghálálása”, még ha szolgálati feladat, és társadalmi cél kielégítése is.
- Proaktív kommunikáció, tolerancia, empátia. A kollégák viselkedési stílusának megfigyelése, a leghatékonyabb módszer kiválasztása és gyakorlása. Modellkeresés, amely emulálja a viselkedést.

5. Elemzés

- A csoport képes arra, hogy numerikus és alfabetikus adatokat is elemezzon, az információforrást és az összetevőket, mintákat részre bontsa, kapcsolatokat építsen fel, logikai összefüggéseket tárjon fel. Ez könnyíti meg majd a döntést mint a mozzanat végrehajtását.
- Több alternatíva megvizsgálásának lehetősége, az előnyök és hátrányok feltárásával, és a legjobb megközelítés alkalmazásával.

Felhasznált irodalom

- [1] REINHOLD, R. (2005): *Wer die Wahl hat, hat die Qual*. Moers, Brendow Verlag.
- [2] GATES, B. – HEMINGWAY, C. (2000): *Business at the Speed of Thought: Succeeding in the Digital Economy*. London, Penguin Books.
- [3] STONE, B. (2013): *The everything Store: Jeff Bezos and the Age of Amazon*. Boston, Little Brown.
- [4] HAUTZINGER Z. (2010): *A katonai büntetőjog rendszertana*. Pécs, AndAnn Oktatási és Szolgáltató Kft.
- [5] KOVÁCS I. (2018): Vezetési funkciók egy helyi rendvédelmi szerv életében. Tervezés, mint az elérendő cél, és az ahhoz elvezető tevékenységek meghatározásának folyamata. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. sz. 194–212.
- [6] KOVÁCS I. (2017): Vezetési funkciók egy helyi rendvédelmi szerv életében. Ellenőrzés, mint a kiadott szabályok, és utasítások betartásának (kontroll)feladata. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 2. évf. 21. sz. 1–30.
- [7] KOVÁCS I. (2018): Vezetési funkciók egy helyi rendvédelmi szerv életében. Célmeghatározás, vagyis a feladatok kitűzésének, és tisztázásának folyamata. *Rendőrségi Tanulmányok*, 3. sz. 119–136.
- [8] KOVÁCS I. (2017): Gésa kultúra és japán prostitúció. *Hadtudományi Szemle*, 10. évf. 2. sz. 447–464.
- [9] DEÁK J. (2016): A Belügyi Szemle és jogelődei a mindenkori politika és a rendészettudomány szolgálatában (1918–1990). In ORBÓK Ákos szerk.: *A hadtudomány és a XXI. század*. Tanulmánykötet. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége. 31–48.
- [10] DEÁK J. (2014): A rendészettudomány kialakulása és fejlődése a Belügyi Szemle (1953–2013) tükrében. In GAÁL Gy. – HAUTZINGER Z. szerk.: *Pécsi Határőr Tudományos Közlemények*, XV. kötet. Pécs, 355–359.
- [11] KOVÁCS I. (2015): Az üzletszerű kéjlegéssel kapcsolatos rendőri visszaélések etikai vonatkozásai. *Belügyi Szemle*, 63. évf. 4. sz. 99–125.
- [12] SINGER, P. ed. (1993): *A Companion to Ethics*. Oxford, Blackwell.
- [13] BECKER, G. (1993): *Ökonomsche Erklärung menschlichen Verhaltens*. Tübingen, Mohr Siebeck.
- [14] COHEN L. – FELSON M. (1979): Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach. *American Sociological Review*, Vol. 44, No. 4. 588–608. DOI: <https://doi.org/10.2307/2094589>
- [15] KORINEK, L. (2001): *Irányzatok a kriminológiai gondolkodás fejlődésében*. Budapest, BM Kiadó.
- [16] DEÁK J. (2017): Etnikai-e vagy multikulturális a bűnözés? *Belügyi Szemle*, 65. évf. 7–8. sz. 93–107.
- [17] BÖHM-BAWERK, E. (1890): *Capital and Interest. A Critical History of Economical Theory*. London, Macmillan.
- [18] WEBER, M. (1987): *Gazdaság és társadalom: a megértő szociológia alapvonalai*. Budapest, KJK.
- [19] SIMON, H. A. (1947): *Administrative Behavior*. USA, Macmillan Publishers.
- [20] KINNER, B. F. (1938): *The Behavior of Organisms*. USA, D. Appleton & Company.
- [21] SIMON, H. A. (1982): *Models of Bounded Rationality*. Chicago, MIT Press.
- [22] VROOM, V. H. (1964): *Work and motivation*. New York, John Wiley and Sons.
- [23] CZUPRÁK O. – KOVÁCS G. (2017): *A szervezetvezetés elmélete*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó.
- [24] MACCRIMMON, K. R. (1973): Managerial decision making. In MCGUIRE, J. W. eds.: *Contemporary management: Issues and viewpoints*. New Jersey, Englewood Cliffs – Prentice Hall.
- [25] NEMÉNY V. (1973): *Gazdasági rendszerek irányítása*. Budapest, Közgazdasági Kiadó.
- [26] RHODES, P. C. (1993): *Decision Support Systems: Theory and Practice*. Henley on Thames, Alfred Waller Limited.
- [27] SPRADLIN, T. (2004): *A Lexicon of Decision Making*. Forrás: <http://dssresources.com/papers/features/spradlin/spradlin03052004.html> (A letöltés ideje: 2019.01.03.)
- [28] MALLACH, E. G. (2000): *Decision Support and Data Warehouse Systems*. McGraw Hill.
- [29] THOMAS, S. A. et al. (1991): *Clinical decision making for nurses and health professionals*. Sydney, W B Saunders/Ballie're Tindall.

- [30] MINTZBERG, H. – WATERS, J. A. (1990): Studying deciding: an exchange of views between Mintzberg and Waters, Pettigrew, and Butler. *Organization Studies*, Vol. 11, No. 1. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1177/017084069001100101>
- [31] HARRISON, E. F. – PELLETIER, M. A. (1997): Managerial attitudes towards strategic decisions: maximizing versus satisficing outcomes. *Management Decision*, Vol. 35, No. 5. 358–364. DOI: <https://doi.org/10.1108/00251749710173724>
- [32] EISENFUHR, F. (2011): *Decision making*. New York, Springer.
- [33] DRUCKER, P. F. (1967): The effective decision. *Harvard Business Review*, No. 1. 92–98.
- [34] KREITNER, R. (2009): *Management*. Boston, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.
- [35] BYRNES, J. P. (1998): *The Nature and Development of Decision-Making: A Self-Regulation Model*. Erlbaum, Mahwah.
- [36] KOVÁCS G. (2017): A rendészeti szervezetekben lejátszódó döntés-előkészítési folyamat jellemzői, az optimális döntés. In HAUZINGER Z. – GAÁL Gy. szerk.: *Szent Lászlótól a modernkori rendészettudományig. Pécsi Határőr Tudományos Közlemények*, XIX. 69–77.
- [37] KOVÁCS G. (2014): A rendészeti szervezetekben lejátszódó folyamatok. In KOVÁCS G. szerk.: *Rendészeti szervek vezetése, és szervezélmélete*. Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem. 57–92.
- [38] KOVÁCS G. (2018): *A rendészeti szervezetekben lejátszódó vezetési folyamatok*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó.
- [39] DOYA, K. (2008): Modulators of decision making. *Nature Neuroscience*, No. 11. 410–416. DOI: <https://doi.org/10.1038/nn2077>
- [40] MARKS, R. – WOODS, R. (2001): *Managerial Decision making*. Sidney, AGSM.
- [41] KOVÁCS I. (2017): Magyarország határain átnyúló szervezett bűnözés és prostitúciós bűncselekmények a schengeni térségben, különös tekintettel a SOCTA és EUROSTAT értékelésére. *Határrendészeti Tanulmányok*, 4. sz. 82–161.
- [42] MÁTYÁS Sz. (2018): A szervezett bűnözés kriminálgeográfiai vizsgálata. In FRIGYER L. szerk.: *Nemzetközi jellegű szervezett bűnözés nyomozásának kutatása információáramlási szempontból I*. Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem. 134–168.
- [43] MÁTYÁS Sz. (2018): A bűnözésföldrajz vitás kérdései. *Földrajzi Közlemények*, 142. évf. 2. sz. 102–109.
- [44] KOVÁCS I. (2017): Is the prostitution a threat/danger to a country's (national) security? *National Security Review*, Special Issues. 12–24.
- [45] KOVÁCS G. (2009): A rendészeti szervek szervezeti kultúrájának összetevői, és sajátosságai, a téma feldolgozása a Rendőrtiszti Főiskola vezetélméleti oktatásában. In GAÁL Gy. – HAUZINGER Z. szerk.: *Tanulmányok „A rendészet kultúrája – kulturált rendészet” című tudományos konferenciáról*. Magyar Hadtudományi Társaság Határőr Szakosztály Pécsi Szakcsoport. 223–234.
- [46] SALLAI J. et al. (2007): *Schengenre hangolva*. Budapest, HM Zrínyi Kommunikációs Szolgáltató Kht.
- [47] SALLAI J. (2004): A schengeni folyamatról. *Rendvédelmi Füzetek*, 32. sz. 1–17.
- [48] DEÁK J. (2018): Oroszország válaszainak rövid története az úrhadviselés, a migráció és a terrorizmus biztonsági kihívásaira. *Hadtudományi Szemle*, 11. évf. 1. sz. 414–426.
- [49] DEÁK J. (2018): Az Oroszországi Föderáció válaszai a biztonsági kihívások közül a migrációra. In CZENE-POLGÁR V. szerk.: *Innováció, elektronizáció, tudásmenedzsment*. Budapest, a Magyar Rendészettudományi Társaság Vám- és Pénzügyőri Tagozata. 71–90.
- [50] KOVÁCS G. (2015): A Magyar Rendőrség szerepvállalása hazánk határbiztonságában, és a schengeni külső határok ellenőrzésében. In Hautzinger Z. szerk.: *Migráció és rendészet*. Budapest, a Magyar Rendészettudományi Társaság Migrációs Tagozata.

Papp Tamás¹ – Karches Tamás²

Kevertési hatékonyság javítása vas és mangán eltávolításánál az ivóvíztisztításban

Improvement of Iron and Manganese Removal in Water Treatment

Ivóvizünk 95%-ban mélységi vízbázisból származik, amely számos szennyeződést (természetes vagy antropogén eredetű) tartalmazhat. Ezek nagy részét oxidációval és ezt követően fázisválasztással lehet eltávolítani. Az oxidálószer alkalmazásakor a hidrodinamikai folyamatoknak nagy szerepük van; a beadagolt vegyszert a nyers vízzel tökéletesen el kell keverni, hogy a vízben oldott anyagokkal reakcióba léphessen. A mélységi vizekben található vas és mangán vegyületek eltávolításához széles körben alkalmazzák a kálium-permanganátot. Kutatásomban a keveredési viszonyokat optimalizáltuk; propeller és lapátkeverő kevertési hatékonyságát különböző fordulatszámok alkalmazásával vizsgáltam. Eredményként pedig azt kaptam, hogy a geometriai kialakítása miatt a lapátkeverő nagyobb felületen érintkezik a kevertetni kívánt folyadékkal, ezért hatásfoka is jobb, mint a propellerkeverőé.

Kulcsszavak: kevertési hatékonyság, mélységi vízbázis, vas- és mangáneltávolítás, víztisztítás

In Hungary subsurface water courses are used generally (95%), which may contain numerous pollutants (from natural or anthropogenic source). Most of these pollutants can be removed by oxidation followed by phase separation. By applying oxidizers hydrodynamic conditions have a significant role in the process; the chemical added shall be perfectly mixed with the raw water in order to react with the soluble pollutants. For the removal of iron and manganese in subsurface water generally potassium permanganate is applied. In this paper the installation of mixers was

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi tanársegéd, e-mail: Papp.Tamas@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0001-5574-8508

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, főiskolai docens, e-mail: Karches.Tamas@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0003-2347-3559

optimized and propeller and paddle mixers at various rotational speed. As a result of the research it can be stated that paddle mixer has higher mixing efficiency compared to propeller mixer, since the contact surface area between the mixer and water is also higher.

Keywords: *mixing efficiency, subsurface water base, iron and manganese removal, water treatment*

Bevezetés

A felszín alatti víz természetes minőségét elsősorban a kőzet határozza meg, amelyben a víz elhelyezkedik és mozog. Jelentősen befolyásolják a vízminőséget az áramlási viszonyok, a víz felszín alatti tartózkodási ideje és a közeg hőmérséklete. Ezen vízminőséget az emberi tevékenységekből származó szennyezések befolyásolhatják [1]. A vízszennyezés olyan környezetszennyező folyamat [2], amely felszíni és felszín alatti vizeink minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz emberi használatát korlátozza, alkalmatlanná teszi, károsítja a szervezetet, pedig egyre nagyobb a társadalom igénye a jó minőségű, tiszta víz iránt [3].

A vas és mangán eltávolítása

Vas a felszín alatti vízbázisokban (talajvíz, védett rétegvíz, parti szűrészű víz) a redukív körülmények között, oldott állapotban jelenik meg. Felszínre kerülve azonban amint oxidálódik, rosszul oldódó vegyületté alakul és barnás színű csapadék formájában jelenik meg, így esztétikailag kifogásolható, de az emberi szervezetre ártalmatlan. Ahhoz, hogy a vasat valamilyen szilárd vagy folyadék fázisszétválasztási technológiával el tudjuk távolítani, először vízben rosszul oldódó vas(III) vegyületté kell átalakítani [4].

A vastalanítási technológia a következő alapfolyamatokból áll össze:

- oxidáció,
- kémiai kicsapás,
- szilárd-folyadék fázisszétválasztás [5].

Az első lépéshez, az oxidációhoz egy olyan oxidálószer használata szükséges, amelynek redoxpotenciálja meghaladja a vas(II)/vas(III) rendszer redoxpotenciálját.

A redoxpotenciál-különbség tehát a vas oxidálása a vegyszerek alkalmazásával megoldható. Amennyiben csak a vasat kell oxidálni, a levegő alkalmazása is elegendő lehet. Ilyenkor a technológia egy egyszerű levegőztetésből, majd ezt követő szilárd vagy folyadék fázisszétválasztásból áll, amely lehet szűrés, esetleg azt megelőzően ülepítés. Amennyiben a vas mellett más vegyületet is kell oxidálni (például mangánt), valamilyen erősebb oxidálószer alkalmazása is javasolt, úgymint klór, ózon, kálium-permanganát.

Ezekben a vízbázisokban a redukív jelleg miatt a vízben jól oldódó mangán(II) (Mn^{2+}) vegyületek dominanciája érvényesül.

Ahhoz, hogy a mangánt valamilyen szilárd vagy folyadék fázisszétválasztási technológiával el tudjuk távolítani a nyersvízből, először a vízben rosszul oldódó mangán(IV) vegyületté kell átalakítani. A mangántalanítási eljárások azonosak a vas eltávolításával, ezért a két folyamat

párhuzamosan is végbemehet annyi különbséggel, hogy az oxidálószer közül a levegő önmagában a mangán oxidálására alkalmatlan, valamilyen erősebb oxidálószer alkalmazására van szükség [6].

Amennyiben a vízben jelen lévő mangán koncentrációja nem haladja meg a 0,4–0,5 mg/L értéket, a vízben jelen lévő mangán erős oxidálószer alkalmazása nélkül, a levegő oxigénjének felhasználásával is oxidálható. Az eljárás lényege, hogy a szűrőszemcsék felületén egy speciális katalitikus réteget kell kialakítani. A katalizátor réteg KMnO_4 vagy MnCl_2 oldat szűrőhomokon való keringtetésével alakítható ki. Ezáltal a szűrőszemcsék felületén MnO_2 réteg alakul ki, amely már katalizátorként biztosítani tudja, hogy a mangán a levegő oxigénjének hatására oxidálódjon.

Az így előkészített szűrőt bedolgozott szűrőnek nevezik. A szűrő bedolgozását bizonyos időközönként meg kell ismételni, hiszen a katalizátor csak akkor működik megfelelően, ha az folyamatosan megújul.

A redoxpotenciál az elemek oxidáló mértéke, önmagában nem, csak más rendszerek redoxpotenciáljához képest értelmezhető, mindig a pozitívabb redoxpotenciálú rendszer képes oxidálni a negatívabbat. Általában, minél pozitívabb egy redoxpotenciál, annál oxidálóbb a rendszer [7].

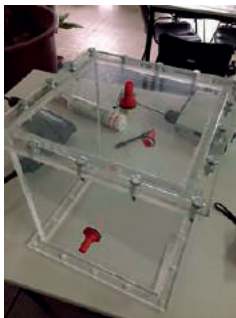
A mangán redoxpotenciálja 1,51 mV, oxidációjához 0,5–0,6 mV redoxipotenciál szükséges, tehát csak oxidálószer jelenlétében játszódik le. (Mn^{2+} -ból Mn^{4+} lesz.) A mangán oxidációja nem megfelelő hatásokkal oldható meg levegőztetéssel, mert oxigén hatására vörös színű hidroxid keletkezik, amely vízben nem oldódik, homokszűréssel, vagy derítéssel lehet eltávolítani, ezért oxidálószerekre van szükség, kálium-permanganátot (KMnO_4) alkalmaznak erre a célra.

Az európai uniós (2001 óta Magyarországon is érvényes) szabályozás szerint 0,2 mg/l a maximálisan megengedhető vas-, és 0,05 mg/l a maximálisan megengedhető mangánkoncentráció az ivóvízben.

Magáneltávolításhoz szükséges kálium-permanganát mennyisége: 1 mg/l mangán eltávolításához, oxidálásához, 1,9 mg kálium-permanganát adagolása szükséges.

Kísérleti berendezés

A nyersvízben található vas és mangán eltávolításához kálium-permanganát adagolása szükséges, szem előtt tartva a keverés hatékonyságát, és a megfelelő behatási időt, így olyan berendezést használtunk, ahol a vegyszeradagolás és az elkeveredés jól látható és viszonylag egyszerűen kialakítható több kísérleti változat (1. ábra). A tartálygeometria kiválasztásakor figyelembe vettük, hogy a valós tartályok kicsinyített mása legyen.



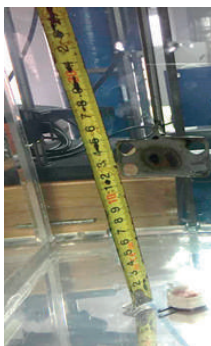
1. ábra. Plexi modell készítése
(Készítette: a szerző)

A skálátörvényeknek megfelelően a magasság, hossz és szélesség aránya a gyakorlatban alkalmazott kialakított változatoknak feleljen meg. Annak ellenére, hogy a négyzetes tartályok esetében a sarkokban holtterek fejlődhetnek ki a kivitelezési nehézségek miatt a kör alaprajzú reaktorok kevésbé terjedtek el. A kutatás célja elsősorban a vegyszer elkeveredésének vizsgálata, így a kálium-permanganátot telített sóoldattal helyettesítettük, így folyamatosan tudtuk keverés közben mérni a folyadék vezetőképesség változását.

A nyersvizet desztillált vízzel helyettesítettük, annak érdekében, hogy pontosabb méréseket tudjak elérni, mert ebben az esetben a nyersvíz minősége nem befolyásolta a mérést, így állandó volt a kiinduló vezetőképesség mértéke. A vizsgálat során 1 ml telített sókoncentrátumot adagoltunk 18 liter nyersvízhez, és a vezetőképességet 10 másodpercenként mértem, a modell sarkában és közvetlen a keverők fölött.

Leggyakrabban lapát vagy propellerkeverőket alkalmaznak, amelyek javasolt elhelyezésére a keverő geometriájából következtethetünk; a keverési keresztmetszet kétszeresének megfelelő távolságban kell a nyugalmi folyadékfelszíntől elhelyezni.

Keverés lapátkeverővel



2. ábra. Lapátkeverő 120 mm-es magasságban
(Készítette: a szerző)

Két vezetőképességmérőt (típus: HQ₄₀D digitális kétcsatornás multimérő) helyeztünk el, egyiket közvetlenül a keverőlapát felett, a másikat ugyanabban a magasságban, az edény sarkában, mert itt lehet mérni az esetlegesen kialakuló pangó zónát. Ez az elhelyezés biztosította az eredmények összehasonlíthatóságát.

A keverő fordulatszámai a kísérlet folyamán 900, 400 és 100 1/min.

A vezetőképességet két helyen mértem a medencében, egyet a keverő fölé helyeztem el, egyet pedig a medence sarkában, azonos magasságban, és 10 másodpercenként olvastam le. A mért adatokat táblázatban foglaltam össze (1. táblázat).

900 1/min fordulatszám esetében gyorsan elkeveredett a sóoldat a nyersvízzel, a két mérési pont között sincsen számottevő különbség, de így a behatási idő nem elegendő.

400 1/min fordulatszámon tovább tart az elkeverés, de ez a behatási időnek kedvez és a mérési pontok közti különbség is elhanyagolható.

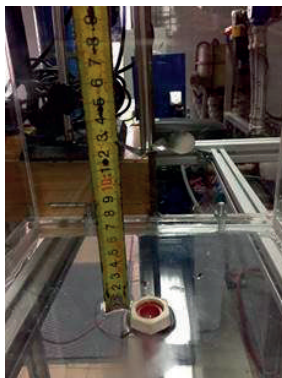
100 1/min fordulatszám esetén a teljes elkeveredés lassan megy végbe. A mérési pontok közti különbség viszonylag nagynak tekinthető és az azonos elektródánál mért vezetőképesség értékek is fel-le ugrálnak, aminek az oka az lehet, hogy a keverőlapát a medence sarkához kényszeríti a sóoldatot és onnan nagyobb mennyiségekben tudja kikeverni.

1. táblázat. A vezetőképesség alakulása
(Készítette: a szerző)

Keverő sebessége 900 1/min			Keverő sebessége 400 1/min			Keverő sebessége 100 1/min		
Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett
0 s	9,93 $\mu\text{s/cm}$		0s	10 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,7 $\mu\text{s/cm}$	
10 s	10,03	10,12	10 s	31,9	33,1	10 s	14,1	9,8
20 s	35,8	33,7	20 s	33,2	32,9	20 s	14,3	9,6
60 s	35,8	33,4	30 s	33,4	33,4	30 s	16,4	9,8
70 s	35,6	33,7	110 s	33,4	33,9	40 s	22,1	11,7
80 s	35,7	33,4	120 s	33,4	33,8	350 s	34,3	29,3
90 s	35,7	33,4	130 s	33,3	34,2	360 s	34,4	31,4
100 s	35,8	33,6	140 s	33,4	34	370 s	34,5	31,2

Keverés propellerkeverővel

A keverőt a medence aljától ennél a kísérletnél is 120 mm-re helyeztem el, mert a lapátkeverő átmérője 60 mm (3. ábra).



3. ábra. Propellerkeverő 120 mm-es magasságban
(Készítette: a szerző)

A méréseket ebben az esetben is 900, 400 és 100 1/min fordulatszámokon végeztem, két mérési ponton és 10 másodpercenként mértem. A mért adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A vezetőképesség alakulása
(Készítette: a szerző)

Keverő sebessége 900 1/min			Keverő sebessége 400 1/min			Keverő sebessége 100 1/min		
Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett
0s	9,6 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,8 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,9 $\mu\text{s/cm}$	
10 s	36,3	33,7	10 s	39,9	27,5	10 s	26,1	24,6
20 s	37	34,3	20 s	34,8	29,6	20 s	25,8	24,3
30 s	37	34,6	30 s	35,8	29,7	30 s	25,5	39,1
160 s	37,4	34,8	130 s	36	29,4	470 s	53,2	49
170 s	37,3	35	140 s	36	29,1	480 s	53,1	49,2
180 s	37,3	34,9	150 s	35,9	29,6	490 s	53,1	49,3
190 s	37,3	34,8	160 s	36	29,5	500 s	53,2	49,2

Propellerkeverő esetében lassabban keveredett el a sóoldat a nyersvízzel, mint a lapátkeverő esetében, és a két mérési pont között lényeges különbségek adódtak, amiből arra lehet következtetni, hogy ez a keverőtípus nem tudja megfelelően átkeverni azt a nyersvíz-mennyiséget, amennyit a modell tartalmaz.

Következtetések

Az ivóvízben található vas és mangán eltávolításához vegyszeres oxidációt alkalmazó rendszerekben a vegyszer és a nyersvíz minél nagyobb hatásfokú elkeveredését kell biztosítanunk. A keveredési folyamat elemzéséhez fizikai kismintát hoztunk létre, amelyet kétfajta keverővel kevertünk át. A kísérletek eredményeképpen a leghatékonyabb kevertetés lapátkeverő segítségével történt, 400 l/min-es fordulatszámom. Ebben az esetben a vezetőképesség szinte egyformán alakul a két mérőszonda között, a tartózkodási idő is elegendő, és a teljes térfogatot megfelelően át tudta keverni. A mangán eltávolítása ezekkel a beállításokkal a leghatékonyabb a modell berendezésben, így vegyszert és energiát takaríthatunk meg. A kísérletsorozat folytatásaként még több geometriai kialakítást vizsgálunk, illetve levegőztető rendszerek keverési tulajdonságait fogjuk elemezni.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, projekt címe: A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében).

Felhasznált irodalom

- [1] *Felszín alatti vizeink*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Forrás: www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/fav/favm/favm02.htm (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)
- [2] *A vízszennyezés okai. Globális problémák*. Forrás: <http://globalproblems.nyf.hu/a-viz/a-vizszennyezés-okai/> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)
- [3] BEREK Tamás – RÁ CZ László (2013): Víz bázis mint nemzeti létfontosságú rendszerem védelme. *Hadmérnök*, 8. évf. 2. sz. 120–133.
- [4] ÖLLÖS Géza (1998): *Víztisztítás-Üzemeltetés*. Egri Nyomda, 966.
- [5] ELLIS, D. – BOUCHAR D, C. – LANTAGNE, G. (2000): Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration. *Desalination*, Vol. 130, No. 3. 255–264. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00090-4)
- [6] LAKY Dóra (2008): *Ivóvíztisztítás*. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tsz.
- [7] *Víztisztítás* (2007). Forrás: ttmk.nyme.hu/flidi/Documents/Korponai%20J%C3%A1nos/viztisztitas_jegyzet.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)

Ágh Csaba¹

Vasúti pályák vizsgálatának korszerű módszerei

Recent Diagnostic Methods for Railway Tracks

A vasúti pályának biztosítania kell a szállítmányok balesetmentes közlekedtetését, az adott pályára alkalmazható lehető legnagyobb sebességgel és tengelyterheléssel. A magyarországi vasúti pályahálózat-üzemeltetők (például MÁV, GYSEV) évente milliárd forintos nagyságrendű összeget fordítanak vasúti felépítmény- és alépítmény-diagnosztikára, illetve a diagnosztikai eredményeken alapuló hálózatelemzésre. A vizsgálati eredmények figyelembevételével történik a közvetlen veszélyt jelentő lokális hibák elhárítása, valamint az átfogó felújítások tervezése. Ez a cikk a Magyarországon alkalmazott (illetve a közeljövőben alkalmazandó) vasúti pályadiagnosztikai módszereket tekinti át, amelyek eredményeire alapozva katonai és polgári baleset-megelőzési célú elemzések is készíthetők.

Kulcsszavak: vágánygeometria, síndiagnosztika, kisiklás, szakértői rendszer

The railway track must ensure safe railway transport with the maximum speed and axle load that can be applied to the track. Hungarian railway infrastructure managers (eg. MÁV, GYSEV) are spending large amount of money on railway superstructure and substructure diagnostics and on network analysis based on diagnostic results. Taking into account the results of the measurements, repairs of local defects that pose a direct threat, as well as the planning of comprehensive reconstructions are carried out. This article reviews the railway track diagnostic methods used (or to be applied in the near future) in Hungary, based on the results of which military and civil accident prevention analyses can be made.

Keywords: track geometry, rail diagnostics, derailment, expert system

¹ MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft., Vágánydiagnosztikai Osztály, osztályvezető; Széchenyi István Egyetem, PhD-hallgató, e-mail: csagh@mavkfv.hu, ORCID: 0000-0002-0361-9832

Bevezetés

A biztonságos és kiszámítható vasúti közlekedés biztosítása össztársadalmi érdek. A vasúti pályafenntartási tevékenység keretében végzett ellenőrző mérések, vizsgálatok célja a balesetmegelőzés, illetve a gazdaságos pályafenntartás segítése. A vasúti pálya már megépítésétől kezdve geometriai méreteltérésekkel terhelt és anyagszerkezeti tökéletlenségeket tartalmaz. Ezek a kezdeti deformációk és folytonossági hiányok az áthaladó forgalom hatására az idő múlásával növekednek és veszélyessé válhatnak. Ezért a forgalom alatt álló vasúti pályákat rendszeresen ellenőrizni kell. A vizsgálatok eredménye alapján a pálya fenntartója dönt a szükséges javítási munkálatokról, illetve ha a javítás nem lehetséges, a pálya igénybevételének kényszerű csökkentését rendelheti el (sebességkorlátozás, tengelyterhelés-korlátozás stb.), hogy a vonatok biztonságosan közlekedhessenek a hibák elhárításáig.

A vasúti balesetek főbb típusai közül (vasúti járművek ütközése, vasúti járművek kisiklása, közötti járművel ütközés, személygázolás, tüzeset a vasúti járművön stb.) jelen cikkben kizárólag a vasúti pálya nem megfelelő műszaki állapotából adódó kisiklásokat értem baleset alatt, valamint kitérek a túlméretes szállítmányok (például hadászati eszközök) pálya menti objektummal való ütközésére is. Nem vizsgálom a biztosítóberendezések működését, a járművezetők figyelmetlenségét, a vasúti járművek műszaki állapotát stb.

Pályadiagnosztikai módszerek

A vasúti pályadiagnosztika rendkívül szerteágazó tevékenység, a feladatok és a rendelkezésre álló módszerek és eszközök egy lehetséges – teljesség igénye nélküli – csoportosítását mutatja az 1. táblázat.

Az első nagy csoportot a geometriai méreteltérések jelentik. A vágánygeometriai jellemzők a sínszálaknak mint térgörbéknek az ideálistól mért lokális eltolásait reprezentálják. Közvetlen siklásveszélyt jelenthet a vágánygeometriai paraméterek közül a síktorzulás, az irány és nyomtávolság elnevezésű paraméterek nem megfelelő értéke. A kitérők a vasúti vágányhálózat rendkívül érzékeny pontjai, ellenőrzésükre kiemelt figyelmet kell fordítani, nem kizárólag geometriai szempontból. A sínkopás növekedése általában nem jelent közvetlen balesetveszélyt, ám a kopás miatti síncserék költsége jelentős. A szabad úrszelvény ellenőrzése katonai szempontból is releváns lehet túlméretes rakomány szállításának igénye esetén. Villamosított vonalakon a felsővezeték térbeli pozíciójának rendszeres műszeres mérése szükséges az áramszedők akadálymentes haladásának biztosításához. A felsővezeték meghibásodása, szakadása gyakran okoz jelentős vonatkéséseket [1].

A második nagy csoportot az anyagjellemzőkre vagy szerkezeti állapotokra vonatkozó vizsgálatok alkotják. A sínanyag repedésvizsgálatai elengedhetetlenül fontosak a balesetveszélyes sinitörések megelőzéséhez. Az egyéb pályaszerkezeti elemek (rugalmas közbetétek, kapcsolószerkek, aljak, ágyazat, alépítmény) túlzott avultsága esetén a javító munkálatások (például vágányszabályozás) nem végezhető el hatékonyan, így az elsődleges vágánygeometriai jellemzők nem javíthatók megfelelően. A pontszerű (objektumszerű) mérnöki létesítmények (hidak, alagutak,

tám- és bélésfalak, kitérők stb.) magasabb fokú vizsgálatai elkülönülnek a vasúti pálya teljes hosszában végzendő vizsgálatoktól.

A vizsgálatok harmadik csoportjában a vasúti pálya-jármű rendszer egészét érintő két ellenőrző módszert tüntettem fel. A korszerű vasúti pályadiagnosztikában ugyanis nem elég a két alrendszert (pályát és járművet) külön-külön vizsgálni, hanem azok együttműködésének megfelelőségét is célszerű ellenőrizni. Elképzelhető ugyanis, hogy bizonyos járművek esetében egy adott pálya veszélyes lehet, más járművek azonban biztonságosan futnak rajta. A járműdinamikai és egyenértékű kúposági méréseket e cikkben nem részletezem, jó áttekintést ad a szakirodalom (lásd [2] és [3]).

A pályafelügyelet, illetve a vizsgálati tevékenységek részletes és szigorú eljárásrend szerint zajlanak [4], az egyes módszerek kiegészítik egymást. Gyalogbejárások, vonalbeutazások például heti-havi rendszerességgel történnek, míg mérőkocsis vágánygeometriai, illetve ultrahangos vizsgálat évente általában egy-két alkalommal zajlik Európa országaiban. A mérőkocsival végzendő és egyes kézi műszerekkel végrehajtandó vizsgálatokra a MÁV Zrt. leányvállalata, a MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. szakosodott, amely rendszeres mérési szolgáltatásokat nyújt határainkon túl is, jellemzően Ausztriában, Szlovákiában, Horvátországban és Szlovéniában.

1. táblázat. Pályadiagnosztikai módszerek, eszközök
(Készítette: a szerző)

vizsgálat tárgya			terhelés nélküli módszer		terheléses módszer
			emberi észlelés	mérés kézi műszerral	mérés mérővonattal
geometriai méreteltérések	vágánygeometria	hosszfekszint (süppedés), irány	gyalogbejárás, vonalbeutazás	geodéziai módszerek, kézi húrmagasságmérés	lézeres húrmérés, mérőkerekes húrmérés, inerciális mérés
		keresztfekszint (túlemelés), síktorzulás	vonalbeutazás	libellás túlemelésmérő, vágánymérő kiskocsi, geodéziai módszerek	giroszkópos, illetve egyéb inerciális elvű szögmérés
		nyomtávolság, vezetéstávolság		kézi nyomtáv mérő, vágánymérő kiskocsi	lézeres távmérés, mérőkerekes elmozdulásmérés
	kitérő geometriája		megszemlélés	kézi bemérés	
	sinkopás	keresztprofil	gyalogbejárás	kézi sinkopásmérő	lézeres sínprofilmérés
		hosszprofil	gyalogbejárás, vonalbeutazás	sínegyenességmérő	hullámos kopás mérése mágneses szenzorral
	szabad úrszelvény		gyalogbejárás	geodéziai és fotogrammetriai eszközök	forgólézeres-videokamerás felmérés
	felsővezeték geometriája				mérőáramszedős rendszer

vizsgálat tárgya			terhelés nélküli módszer		terheléses módszer
			emberi észlelés	mérés kézi műszerrel	mérés mérővonattal
anyagfolytonosság, szerkezeti állapot, rétegszerkezet	sínanyag	szemmel nem látható belső repedések		ultrahangos kézi készülék	ultrahangos mérőrendszer
		felületi repedések	gyalogbejárás	örvényáramos kézi készülék; folyadékbehatolásos (penetrációs) vizsgálat	örvényáramos mérőrendszer
		mechanikai feszültség		Barkhausen-zaj értékelése, oldalhúzó vizsgálat	
		rugalmas közbetétek		kézi síndőlésmérés	lézeres síndőlésmérő rendszer
		kapcsolószerek	gyalogbejárás		videós pályafelügyeleti rendszer
		aljak	gyalogbejárás		videós pályafelügyeleti rendszer
		ágyazat és alépitmény	gyalogbejárás, vonalbeutazás	szondázások, minták laboratóriumi vizsgálata	georadar, hosszfeksint idősoros elemzése
		hidak, alagutak, tám- és bélésfalak	megszemlélés	specifikus vizsgálatok	
pálya-jármű rendszer		kerék-sín erők	vonalbeutazás		járműdinamikai mérőrendszer
		egyenértékű kúposág	vonalbeutazás		lézeres sínprofil- és kerékprofilmérés

A mérési és vizsgálati eredmények kiértékeléséhez az azokat megrendelő vasúttársaság által meghatározott mérethatárokra, határértékekre, illetve a hibák súlyosságától függő előírt intézkedésekre van szükség. A legfontosabb vizsgálandó pályaparaméterek határértékeiről európai uniós szintű jogszabály rendelkezik [5]. Nagyobb sebességgel bejárható pályarészek rendszerint szigorúbb határértékek és előírások érvényesek, mint az alacsonyabb sebességű szakaszokon.

A korszerű diagnosztikai adatértékelésben nem csupán a pálya aktuális állapota értékelendő, hanem az adott szakasz időbeli romlási trendjei is. A rendszeres vizsgálatok során képződő idősorok, valamint a múltbéli felújítási munkákról szóló információk alkalmasak arra, hogy előrebecsüljük egy vasúti vonalszakasz jövőbeni állapotváltozását. Az ilyen jellegű számítások katonai feladatok esetén is relevánsak lehetnek, amennyiben egy vasútvonal hadi szerepéről kell döntenie annak várható leromlása alapján.

A következőkben részletesebben bemutatom a balesetek megelőzése szempontjából legfontosabb mérési és vizsgálati módszereket, a mérőkocsikkal történő mérési módszerekre koncentrálna.

Vágánygeometriai mérések

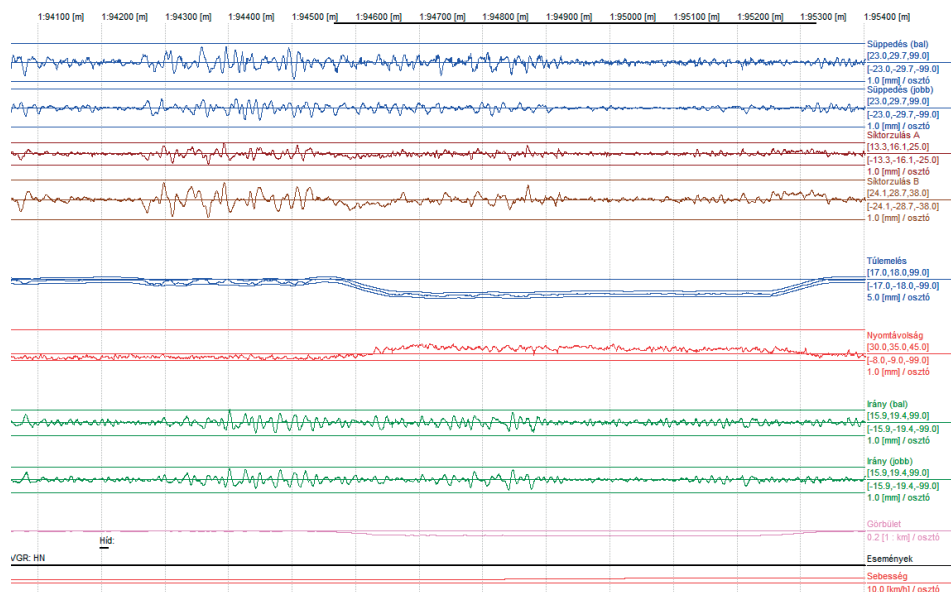
Vágánygeometriai hibák alatt a sínszálaknak mint térgörbéknek a tervezett állapotuktól való milliméteres-centiméteres nagyságrendű geometriai eltéréseit értjük. Az ilyen eltéréseket a járművek a haladásuk közben csak bizonyos mértékig képesek követni, ezért a kisiklás megelőzése érdekében fel kell deríteni és el kell hárítani őket. A tapasztalatok szerint a vágánygeometriai hibák jelentős része az áthaladó járművek által újra és újra kifejtett erők miatt folyamatosan növekszik, ezért időről időre ellenőrizni kell azokat. Valamely sínszál függőleges irányú deformációja esetén fekszinthibáról, vízszintes (vágánytengelyre merőleges keresztirányú) torzulása esetén irányhibáról beszélünk. Valamely sínszál fekszintjét a pálya hossza mentén vizsgálva a *hosszfekszint* (süppedés) paramétert kapjuk, a sínszálak relatív magasságkülönbségét egy adott vágánykeresztmetszetben pedig *keresztfekszint* paraméternek nevezzük (a vonatokra ható kiegyenlített szabad oldalgyorsulás mérséklésére pályávekben az ívsugártól és engedélyezett sebességtől függő, 0-tól eltérő keresztfekszint kialakítása szükséges: ez a *túlemelés*). A *nyomtávolság* a két sínszál távolsága egy adott vágánykeresztmetszetben. Fontos megemlíteni a keresztfekszint vágány hossza menti megváltozásából számítható *síktorzulás* paramétert, amelyre a vasúti járművek kisiklás szempontjából rendkívül érzékenyek. A fentiekén túl további származtatott vágánygeometriai paraméterek is figyelembe vehetők [6].

Bizonyos vágánygeometriai hibák rejtve maradnak terheletlen mérések esetén és csak terhelés alatti deformációk esetén mutatkoznak meg (például az ágyazati tényező lokális megváltozása miatti vaksüppedés), ezért is indokolt a vágánygeometriai méréseket mérőkocsikkal végezni kézi mérőeszközök helyett. Magyarországon ezt a munkát az *FMK-004* és *FMK-007* jelű mérőkocsik végzik (1. és 5. kép). A vágánygeometriai mérőrendszerek általában a pályákra engedélyezett legnagyobb sebességgel is képesek mérést végezni.

A mérési eredmények kiértékelése automatikusan történik. Valamely mérési regisztrátum (2. kép) mérethatárt meghaladó kitérése esetén lokális hibáról beszélünk. A mérőkocsik a regisztrátumok integrálján vagy szórásán alapuló úgynevezett általános minősítési értékeket is szolgáltatnak minden 200 méteres hosszúságú vágányszakaszra vonatkozóan.



1. kép. MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. FMK-007 jelű lézeres vágánygeometriai mérőkocsija (balra)
(Forrás: MÁV KfV Kft.)



2. kép. Vágánygeometriai mérési regisztrátumok
(Forrás: MÁV KfV Kft.)

A vágánygeometriai mérőkocsis méréseknek két fő módszerét különböztethetjük meg: inerciális mérések és távolságmérések.

Inerciális mérési módszerek

Az inerciális mérések gyorsulásmérőkkel, illetve szöggyorsulásmérőkkel, giroszkópokkal valósíthatók meg. Könnyen belátható, hogy a torzult sínszálon végiggördülő kerékre szerelt gyorsulásmérők jeleinek kétszeres integrálásával számítható a sínszál geometriája. A nemzetközi

gyakorlatban azonban rendszerint a mérőjármű kocsiszekrényére (mint nagy frekvenciájú rezgéseknek kevésbé kitett testre) helyezik az inerciális egységet, ezáltal a kocsiszekrény térbeli pályája számítható. A sínszalak pozícióját a kocsiszekrény kiszámított pályájához képest optikai távolságmérő eszközökkel veszik fel.

Rendszerint minden mérőkocsin inerciális (giroszkópos) méréseken alapuló dőlésszögmérés segítségével történik a keresztfekszint (túlemelés) meghatározása, amit szintén valamilyen távolságmérő rendszerrel kell kiegészíteni, hogy a pálya keresztfekszintjét megismerjük a kocsiszekrény pillanatnyi dőlése alapján. Az inerciális rendszerek előnye, hogy viszonylag könnyen telepíthetők (egyszerűbb verziókat újabban akár utasszállító vonatokra is, tömegesen [7]), időjárási viszontagságokra nem érzékenyek. Hátrányuk, hogy csak a mérőjármű bizonyos haladási sebessége felett adnak releváns eredményt [8].

Távolságméréses módszerek

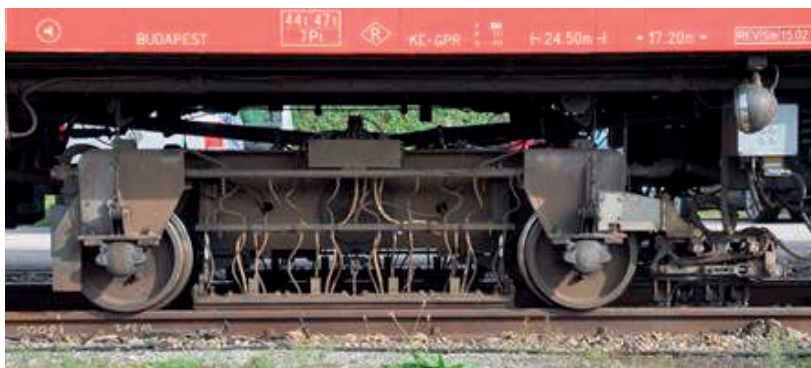
A távolságmérési eljárások lehetnek érintkezéssesek (például sínhez szorított mérőkerekkel elmozdulásának regisztrálása induktív jeladókkal) vagy érintkezésmentesek (például kocsiszekrényre erősített lézeres optikai egységek). Távolságméréssel történik a nyomtávolság mindenkori meghatározása. A hosszfekszint és irány paraméterek inerciális méréseken alapuló eljárással is, de pusztán relatív távolságméréses úton is meghatározhatók, úgynevezett hárompontos húrméréssel. Ebben az esetben a mérőkocsi hossza mentén három különböző keresztmetszetben történik a kocsiszekrény és a sínszalak relatív távolságának meghatározása, majd ezek alapján a hosszfekszint és irány számítása [9]. A távolságmérésen alapuló rendszerek előnye, hogy bármely kis mérési sebesség esetén eredményesek. Az érintkezésses mérőrendszerek nem számítanak korszerűnek, a kopó alkatrészek és a gyakori mechanikai jellegű meghibásodások miatt. Az érintkezésmentes, optikai rendszereknél is előfordulhatnak azonban környezeti zavarok (szenzor szennyeződése, gyomos vágány stb.).

Sínanyag repedéseinek vizsgálatai

A síntörések megelőzése érdekében indokolt a sínanyag folytonossági hiányainak időben történő felderítése, mivel – az általában télen bekövetkező – síntörések kisiklást okozhatnak. A sínszalak belsejében szabad szemmel nem látható folytonossági hiányok fordulhatnak elő (például gyártási problémából eredő zárvány vagy hegesztési hiba), amelyek a terhelés hatására napról napra növekednek. Ezek felderítése napjainkban ultrahangos technológiával történik. A sínfej felületén a gördülő érintkezésből eredő hajszálpredések felületi vizsgálatára az örvényáramos technológiát alkalmazzák [10]. Magyarországon az ultrahangos és örvényáramos vizsgálatokat az *SDS* és *FMK-008* jelű mérőkocsik végzik speciális mérőforgóvázuk segítségével (3. kép).

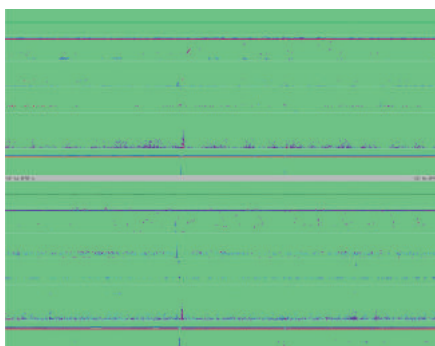
Ultrahangos vizsgálatok

Az ultrahangos vizsgálat jelentősebb vasútvonalakon két lépésben zajlik: folyamatos mérőkocsis vizsgálat (max. kb. 60 km/h sebességgel), majd a kiértékelés során kockázatosnak talált részekben kézi ultrahangos utóvizsgálat következik. A fizikai elv mindkét esetben azonos: a sínben csúszó vizsgálófejbe épített piezoelektromos kristályok segítségével a mérőberendezés elektromos jelből mechanikai hullámokat állít elő, ezek a hullámok behatolnak a vizsgálandó sínbe, majd a visszaverődő hullámokat a piezoelektromos kristály visszaalakítja elektromos jellé. A visszhang rendellenességéből lehet következtetni a sínben lévő repedések méretére és jellegére. A vizsgáló fej és a sín közt csatolófolyadéként vízréteget kell biztosítani a vizsgálat során folyamatosan. A különböző szögben besugárzott ultrahangok visszhangjaiból készülő regisztrátumok (4. kép) kiértékelése emberi közreműködéssel történik: a kiértékelő szakember becsüli meg a repedések súlyosságát. A technológia a sínfej felülete alatti 4–5 mm-es felső réteget leszámítva a sántalpig alkalmas a repedések feltérképezésére.



3. kép. MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. SDS és FMK-008 jelű síndiagnosztikai mérőkocsijai alá épített, ultrahangos és örvényáramos vizsgálórendszert hordozó mérőforgóváz

(Forrás: MÁV KfV Kft.)



4. kép. Különböző besugárzási szögű ultrahangos vizsgálófejek regisztrátuma [B-kép]

Forrás: MÁV KfV Kft.

Örvényáramos vizsgálatok

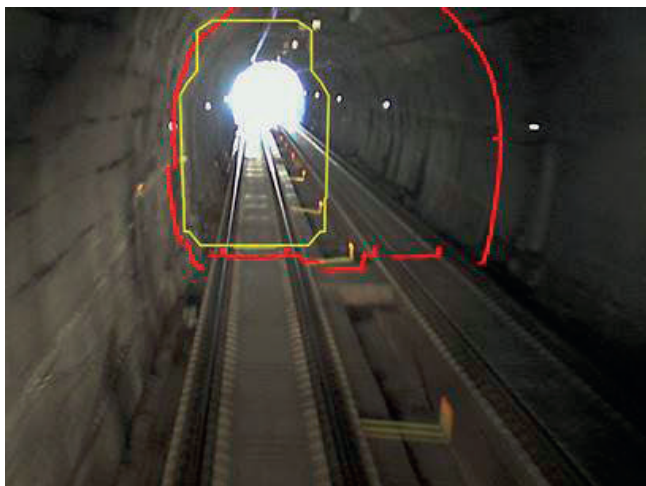
Az örvényáramos vizsgálat során a sín felett haladó, váltóárammal gerjesztett tekercs a sínben örvényáramokat kelt. Az örvényáramok az őket létrehozó (primer) mágneses teret gyengíteni igyekvő (szekunder) mágneses teret hoznak létre, amelynek erőssége szintén tekercs segítségével mérhető. Amennyiben a sín felületén folytonossági hiányok (repedések) találhatóak, az örvényáramok keletkezésében zavar lép fel, s ez az általuk keltett mágneses tér megváltozásaként érzékelhető, regisztrálható. A tapasztalatok alapján a nyers jelekből (különös tekintettel azok változásaira és periódusosságára) megállapítható a repedések mélysége, illetve darabszáma. A mérővonatokon alkalmazott örvényáramos mérőrendszereket a sínen apró görgők vezetik, 80 km/h mérési sebességre alkalmasak, és jellemzően 3–4 mm mélységig képesek a felületi repedésekről információt adni.

Túlméretes küldemények továbbíthatóságának vizsgálata űrszelvénytérképezéssel

A vasúti árufuvarozási feladatok közt előfordul olyan, amikor az elszállítandó rakomány (például hadi eszköz) méretei meghaladják a szabványos vasúti rakszelvény által megengedett térigényt. Ilyen esetben rendkívüli küldeményről beszélünk, mert fennáll a veszélye annak, hogy szállítás közben a kilógó rakomány egy pálya menti objektummal ütközik. Ennek eldöntésére, hogy egy adott vágányszakaszon (két kitérő közötti szakaszon) elfér-e az adott küldemény vagy sem, egy háttéradatbázison alapuló szimulációt végeznek. A háttéradatbázis megfelelő adatokkal való feltöltéséhez segítséget nyújt hazánkban az *FMK-004* mérőkocsira szerelt űrszelvénytérképező berendezés (5. kép), amely egy forgólézeres egységen alapszik, és éjszaka is alkalmazható videokamera-rendszer egészíti ki [11]. A mérőkocsi haladása közben a lézer körbepásztáz és a vasúti sínparhhoz viszonyítva meghatározza a pályamenti objektumok térbeli koordinátáit. Korszerű, több száz Hz-es forgási frekvenciával rendelkező eszközök esetén a mérési sebesség nincs korlátozva. Az így felvett pontfelhő alapján, a videófelvétel segítségével végzett megfelelő kiértékelés (6. kép) és adatfeldolgozás után (például a belógó növényzetet nem kell figyelembe venni) a rendkívüli küldemények útja biztonságosan kijelölhető. Amennyiben a pálya két oldalán felváltva vannak jelen akadályok, akkor meg lehet határozni azokat a pontokat, ahol a vasúti kocsin a túlméretes rakományt valamely irányba el kell csúsztatni a szállítás közben.



5. kép. MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. FMK-004 jelű vágánygeometriai mérőkocsija űrszelvényt mérő forgólézerrel és videorendszerrel
(Forrás: MÁV KfV Kft.)



6. kép. Űrszelvényt mérési eredmények összevetése a térigénnyel
(Forrás: MÁV KfV Kft.)

Pályafenntartási döntéssegítő szakértői rendszer

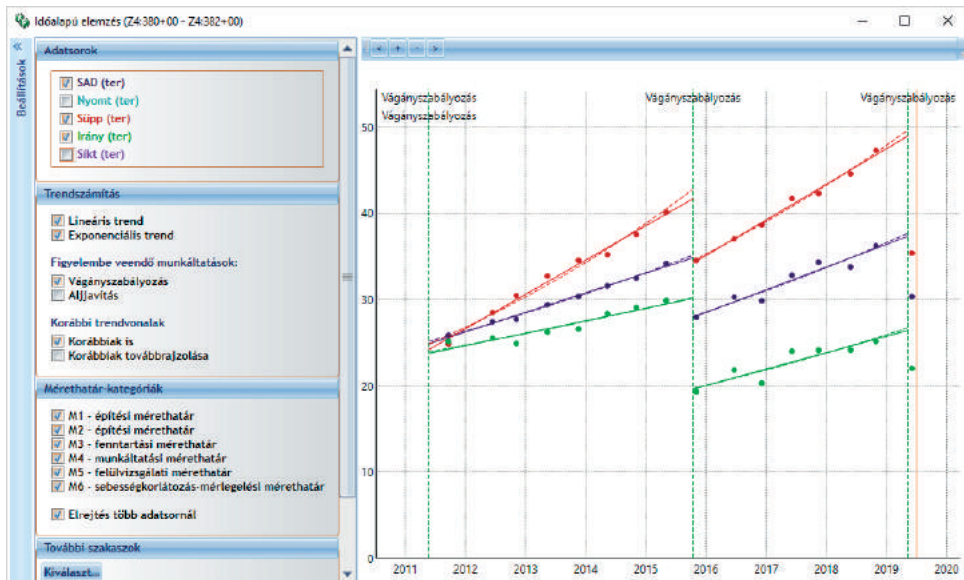
A fent említett különböző típusú, és időről időre ismételt elvégzett vizsgálati eredmények a pályafenntartó szakemberek számára – vagy éppen a stratégiai döntések előtt álló katonai szakértők számára – azok mennyisége miatt nehezen láthatók át. Szükség van a pályaszakaszok, illetve pályák hálózati szintű értékelésére, a pályák romlási sebességének megállapítására. A kiértékelt eredmények egységes szerkezetben történő megjelenítésére, illetve idősorok

kezelésére alkalmas szakértői rendszer megkönnyítheti a döntések meghozását. A jellemzően félévenként halmozódó, minősített mérési-vizsgálati információhalmaz (és más, elemzésükhöz szükséges adatok) megjelenítése (7. kép) mellett napjaink szakértői rendszerei az adatbázisban szereplő értékekkel kalkulációkat végeznek, amelyeknek egyik lehetséges kimenete a javító, felújító munkálatások várható helyére és idejére vonatkozó javaslat, illetve előrejelzés. A MÁV-nál alkalmazott „PÁTER” szakértői rendszer adatbázisa 2011-től tartalmaz adatokat, és a vasúthálózatot több tízezer rövid szakaszra felbontva az egyes kis pályarészek vagy kitérők állapotváltozását külön-külön figyeli. Főbb inputok:

- diagnosztikai eredmények (helyszín, időpont, érték);
- diagnosztikai eredmények elemzéshez szükséges infrastruktúra-adatok;
- diagnosztikai eredmények baleset-megelőzési és gazdaságossági szempontú értékeléséhez szükséges határértékek;
- elvégzett pályafelújítások és -karbantartások adatai (hely, idő, jelleg);
- kiegészítő dokumentumok, képfájlok stb.

Főbb felhasználási lehetőségek:

- egyes diagnosztikai eredmények, infrastruktúra-adatok, pályafelújítások stb. idősoros vizualizációja;
- különböző diagnosztikai módszerekkel nyert eredmények közti összefüggések feltárása;
- sebességkorlátozásra, illetve jövőbeni karbantartásra vonatkozó javaslatok számítása.



7. kép. Adott pályaszakasz vágánygeometriai állapotváltozásának idősoros megjelenítése a PÁTER szakértői rendszerben
(Forrás: MÁV KfV Kft.)

Összefoglalás

A vasúti pálya állapotának ellenőrzésére számos, különböző fizikai elveken nyugvó vizsgálati módszert alkalmaznak. A közlekedés biztonsága szempontjából – illetve a vasútvonalak hadi felhasználása céljából – legfontosabb diagnosztikai tevékenységeknek a kritikus objektumok (például hidak, kitérők) ellenőrzése mellett a vágánygeometriai mérések és sínanyag-folytonossági vizsgálatok tekinthetők. A kitérők a vasúthálózat kockázatos pontjai: nagy gyakorisággal vizsgálják őket kézi módszerekkel. A nyíltvonalai vágányok rendszeres műszeres ellenőrzésére mérőkocsikat alkalmaznak, amelyek nagy mennyiségű digitális adatot szolgáltatnak a pályaszakaszok lokális hibáiról és aktuális állapotáról. A mérési eredmények értékelése összetett határértékrendszer alapján történik. Stratégiai döntések meghozása előtt célszerű az aktuális mérési adatokat az azonos szakaszon kapott korábbi és más típusú eredményekkel együtt értékelni, figyelembe véve a kialakuló romlási trendeket.

Felhasznált irodalom

- [1] BODA Péter (2018): A magyarországi vasúti árutovábbítás elemei, az elemek érzékenysége és ellenálló képessége a katasztrófa-helyzetek hatásaival szemben. *Műszaki Katonai Közlöny, Online*, 28. évf. 2. sz. 252–263. Forrás: https://dev2.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/PDF_2018_2sz.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 01. 01.)
- [2] ÁGH Csaba (2018): A new arrangement of accelerometers on track inspection car FMK-007 for evaluating derailment safety. In KALINČÁK, Daniel szerk.: *Proceedings of 23rd International Seminar Track Maintenance Machines In Theory and Practice: SETRAS 2018*. 7–14.
- [3] ÁGH Csaba (2012): Egyenértékű kúposág mérése Magyarországon – Pálya és jármű kapcsolata – futási instabilitás. *Sínek Világa*, 54. évf. 6. sz. 10–13.
- [4] D.5. Pályafelügyeleti utasítás (2017). Budapest, MÁV Zrt.
- [5] Európai Bizottság 1299/2014/EU rendelete az Európai Unió vasúti rendszerének infrastruktúra alrendszerére vonatkozó átjárhatósági műszaki előírásokról
- [6] MSZ EN 13848 szabványcsalád (Vasúti alkalmazások. Vágány. A vágánygeometria minősége.).
- [7] LINDER, C. – SCHENKENDORF, R. – LACKHOVE, C. (2014): Prognoseverfahren zur Gleislageabweichung bei Einzelfehlern. *Der Eisenbahningenieur*, 02/14. 17–20.
- [8] HAIGERMOSER, A. et al. (2015): Road and track irregularities: measurement, assessment and simulation. *Vehicle System Dynamics*, Vol. 53, No. 7. 878–957. DOI: <https://doi.org/10.1080/00423114.2015.1037312>
- [9] ÁGH Csaba (2018): Vágánygeometriai irány- és fekszinhibák valós nagyságának értékelése hűmérési eredmények alapján. *Közlekedéstudományi Szemle*, 68. évf. 5. sz. 46–55.
- [10] DEY, A. et al. (2009): *Die Klassifizierung von Oberflächenfehlern in Schienen mit der Wirbelstromprüfung*. DGZfP-Jahrestagung.
- [11] BÉLI János – PUSKÁS Bence – SZALAI Csaba (2012): A vasúti pálya úrszelvénymérése. *Sínek Világa*, 54. évf. 3–4. sz. 82–86.

Fekete Árpád¹

Harci modellek vizsgálata differenciálegyenletekkel

Analysis of Combat Models Via Differential Equations

Az első világháború alatt F. W. Lanchester matematikai modellt adott a szembenálló haderők veszteségeinek leírására, amely feltételezte, hogy két homogén haderő (a harcászati egységeknek csak egy típusát tartalmazza) harcol egymás ellen és a teljes harcászati információk birtokában vannak (egy tetszőleges harci egység bármikor képes észlelni legalább annyi ellenséges egységet, amennyit meg is tud semmisíteni). Lanchester modelljét azóta sokat fejlesztették és munkája alapot adott más jellegű harci modellek felállítására, mint a gerilla-gerilla harc vagy a hagyományos-gerilla harc. Ebben a cikkben az ezekhez a modellekhez tartozó differenciálegyenleteket ismertetjük, elemezzük és konkrét példákon, történelmi csatákon keresztül vizsgáljuk meg a harcok megnyerésének esélyeit. Napjainkban a NATO is erősen támogatja a harcok rendszerdinamikai modellezésének kutatását.

Kulcsszavak: Lanchester modellje, négyzetes törvény, hagyományos harc, gerillaharc, hagyományos-gerilla harc

During the First World War F. W. Lanchester made up a mathematical model for a combat situation to describe the attrition of two hostile homogeneous forces (a homogeneous force is a force including only one type of military units), both fighting with the knowledge of full tactical information (it means that an arbitrary operational unit is at any time able to detect at least that many hostile operational units as it is capable of eliminating). Over the years there have been many analyses and extensions of the Lanchester model such as guerilla model or mixed combat model. In this study we describe and analyse these models with differential equations and we examine the chance of prevailing in combat via historical battles. Today the system dynamics models of combat are a fairly supported research area by NATO.

Keywords: Lanchester model, Square Law, conventional warfare, guerilla warfare, mixed combat warfare

¹ Nemzeti Közszerológati Egyetem, Vízudományi Kar, főiskolai docens, e-mail: fekete.arpad@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-1435-8658

Bevezetés

Lanchester az első világháború alatt tanulmányozta a nyugati front légi harcait. Elsősorban az a kérdés foglalkoztatta, hogy amely tényezők befolyásolják azok kimenetelét, és ezeket hogyan lehetne számszerűsíteni.

A témával kapcsolatban 1916-ban publikálta Londonban *Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm* című cikkét [1], amelyben leírta harci modelljének eredményét, amelyet azóta Lanchester négyzetes törvényeként tartanak számon.

Lanchester a két szembenálló felet elnevezte kékeknek és pirosaknak. Ezek harci ereje több tényezőtől tevődik össze: harcosok száma, fegyverzete, kiképzése stb. Csak a harcosok számát tekintjük: $k=k(t)$, $p=p(t)$ jelentse a t időpontban (napok vagy órák) a szembenálló felek, azaz a kékek és a pirosak harcosainak számát.



1. kép: Frederick William Lanchester (1868–1946) [12]

A $k(t)$ és $p(t)$ függvények változásának sebessége általános esetben függ a működési veszteségtől (MV), a harci veszteségtől (HV) és az utánpótlástól (U). Ekkor felírható például a kék csapat harci egységei számának változása:

$$(1) \quad \frac{dk(t)}{dt} = -MV - HV + U.$$

A működési veszteségeket jelentik például a betegségek, balesetek, általában a nem harci eseményekkel kapcsolatos veszteségek. Lanchester az (1) egyenletet egyszerűsítette, azaz feltette, hogy az MV elhanyagolható és nincs utánpótlás. Meg kell jegyezni, hogy az MV olykor nem elhanyagolható és döntő szerepe lehet. I. Napóleon francia császár 1812-es oroszországi hadjárata idején (Moszkva leégése után, a visszavonulás alatt) több százezer katona halt meg a kemény télben (éjszakánként olykor -30 °C is előfordult), a Grande Armée így gyakorlatilag megsemmisült.

Megvizsgálunk egy olyan csatát is (Ivo Dzsima, 1945), amelyben az utánpótlásnak volt döntő szerepe a csata megnyerésében, ezért ott az (1) egyenletben az U -t is figyelembe vesszük.

A harci veszteségek leírására vett tényező alapján a harcokat kategorizálhatjuk hagyományos, gerilla-gerilla, illetve hagyományos-gerilla csatákra.

A hagyományos harci modell

Előjáróban azzal a feltételezéssel kell élnünk, hogy hagyományos harc esetén a harcosok egymáshoz képest láthatóan, lőtávolságban vannak. Írjuk fel a kék és a pirosak létszámának változását:

$$(2) \quad \frac{dk(t)}{dt} = -\kappa_p p(t), \quad k(0) = K,$$

$$(3) \quad \frac{dp(t)}{dt} = -\kappa_k k(t), \quad p(0) = P,$$

ahol κ_p jelöli a piros harcászati egység semlegesítési (hatékonysági) rátáját a kék harcászati egységgel szemben, míg κ_k a kék harcászati egység semlegesítési rátája a piros harcászati egységgel szemben [2]. A κ_k és κ_p állandók becslése bonyolult feladat, néha csak később, harc után derül ki, hogy mik is lettek volna jobb adatok. K és P jelöli a kék, illetve a piros csapatok kezdeti harcászati egységeinek számát.

Szorozzuk meg a (2) egyenletet $\kappa_k k(t)$ -vel, a (3) egyenletet $\kappa_p p(t)$ -vel és vonjuk ki őket egymásból:

$$(4) \quad \frac{dk(t)}{dt} \kappa_k k(t) - \frac{dp(t)}{dt} \kappa_p p(t) = 0.$$

Integráljunk 0-tól t -ig és rendezzük:

$$(5) \quad \kappa_k \int_0^t k dk = \kappa_p \int_0^t p dp.$$

Elvégezve az integrálást:

$$(6) \quad \kappa_k [k^2(t) - k^2(0)] = \kappa_p [p^2(t) - p^2(0)].$$

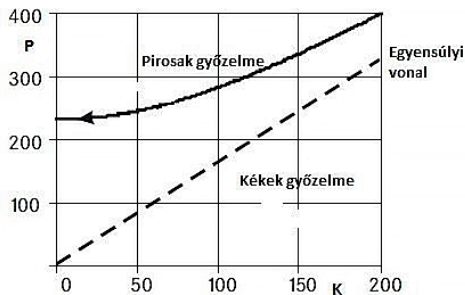
Átrendezve és beírva a kezdeti feltételeket megkapjuk *Lanchester négyzetes törvényét*:

$$(7) \quad \kappa_p p^2(t) - \kappa_k k^2(t) = \kappa_p P^2 - \kappa_k K^2.$$

A (7) egyenlet jobb oldala egy konstans szám. Könnyű belátni, hogy ha ez pozitív, azaz $\kappa_p P^2 > \kappa_k K^2$, akkor a pirosak győznek, míg ha $\kappa_p P^2 < \kappa_k K^2$, akkor a kék. Ha a jobb oldali konstans 0, akkor a két fél egyszerre semmisül meg. A pirosak győzelméhez tehát $P > K \sqrt{\frac{\kappa_k}{\kappa_p}}$, míg a kék győzelméhez $K > P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}}$ feltétel szükséges. Itt a hagyományos harcnál érvényes az a mondás, hogy a „mennyiség fontosabb a minőségénél”.

Nézzünk egy konkrét példát: $K = 200$, $\kappa_k = 0,4$, $P = 400$, $\kappa_p = 0,15$.

Ekkor $\kappa_p P^2 - \kappa_k K^2 = 8000 > 0$, tehát a pirosak győznek. Ezt szemlélteti az alábbi ábra:



1. ábra. Fázistér
(Készítette: a szerző)

Érdekesként számítsuk ki, hogy az 1526-os mohácsi csatában milyen semlegesítési rátaarány lett volna szükséges a magyarok győzelméhez. A magyar csapatok száma kb. 26 800 fő volt, a törököké kb. 58 400. Ha behelyettesítjük a számokat a képletbe, akkor megkapjuk, hogy $\kappa_m > 4,75\kappa_t$. Látjuk, hogy sajnos irreális lett volna a győzelmünk, tekintve, hogy a törökök a legkorszerűbb európai haditechnikával rendelkeztek, kb. négyszeres több ágyújuk volt, és a janicsárok közül sokan puskával voltak felfegyverezve.

Az 1. táblázat megadja a hagyományos történelmi csaták statisztikai adatbázisát [3], amely tartalmazza az általában nagyobb számú támadó csapat és a kisebb létszámú védekező csapat győzelmeinek számát. Ez a táblázat is azt támasztja alá, hogy hagyományos csatában a létszám döntő tényező. Vietnam nem szerepel a táblázatban, arról külön lesz még szó, ott egy hagyományos-gerilla harc zajlott, és mint látni fogjuk, ott már nem elsősorban a mennyiség volt a döntő.

1. táblázat. Történelmi csaták és kimeneteleik [3]

Korszak	Kezdő év	Befejezés	Csaták száma	Támadók győzelmei	Védekezők győzelmei
Régmúlt	-490	1598	63	36	27
17. század	1600	1692	93	67	26
18. század	1700	1798	147	100	47
Forradalmak	1792	1800	238	168	70
Napóleon	1805	1815	327	203	124
19. század	1803	1905	126	81	45
Első világháború	1914	1918	129	83	46
Második világháború	1939	1945	233	165	68
Korea	1950	1953	20	20	0
20. század második fele	1950	2008	118	86	32

Térjünk most vissza a kezdeti (2) és (3) egyenletekhez. Azt már láttuk, hogy milyen feltételnek kell teljesülni az egyes csapatok győzelméhez, de még nem adtuk meg a csapatok létszámát a csata során az idő függvényében. Ehhez megoldjuk a kiindulási differenciálegyenlet-rendszert, azaz megadjuk a $k(t)$ -t. (Teljesen hasonlóan vezethető le $p(t)$ is.) Ehhez lederiváljuk a (2) egyenletet és $(p'(t))$ helyére beírjuk a (3) egyenletből adott alakját:

$$(8) \quad k''(t) = -\kappa_p p'(t) = \kappa_p \kappa_k k(t).$$

Ez egy másodrendű differenciálegyenlet, amelynek karakterisztikus egyenlete $\lambda^2 = \kappa_p \kappa_k$, amiből $\lambda = \pm \sqrt{\kappa_p \kappa_k}$. Felírva az általános megoldást:

$$(9) \quad k(t) = C e^{t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}} + D e^{-t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}}.$$

A C és D állandókat a kezdeti feltételekből számíthatjuk ki. (9)-be t helyére 0 -t írva: $k(0) = K = C + D$. (2)-be $t = 0$ helyettesítéssel kapjuk: $k'(0) = -\kappa_p P$. Használjuk még fel a (9) egyenlet deriváltját:

$$(10) \quad k'(t) = C \sqrt{\kappa_p \kappa_k} e^{t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}} - D \sqrt{\kappa_p \kappa_k} e^{-t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}}.$$

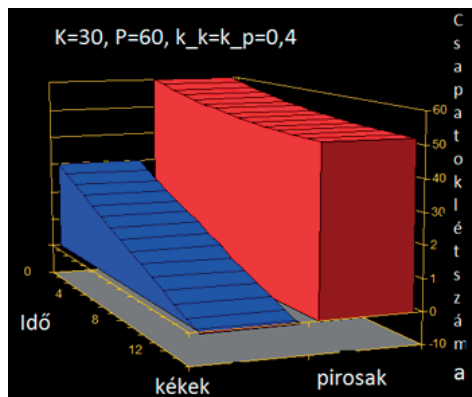
Ebből $k'(0) = C \sqrt{\kappa_p \kappa_k} - D \sqrt{\kappa_p \kappa_k} = -\kappa_p P$. Így a C és D állandók meghatározására a következő egyenletrendszerhez jutunk:

$$(11) \quad \begin{aligned} C + D &= K \\ C - D &= -P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}}. \end{aligned}$$

Ezt megoldva kapjuk, hogy $C = \frac{1}{2} \left(K - P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}} \right)$ és $D = \frac{1}{2} \left(K + P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}} \right)$. Most már megadhatjuk a kék haderő létszámát az idő függvényében az ütközet során, azaz a (9) egyenlet partikuláris megoldását:

$$(12) \quad k(t) = \frac{1}{2} \left(K - P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}} \right) e^{t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}} + \frac{1}{2} \left(K + P \sqrt{\frac{\kappa_p}{\kappa_k}} \right) e^{-t\sqrt{\kappa_p \kappa_k}}.$$

A 2. ábra jól szemlélteti három dimenzióban a csata során alakuló csapatok számát. A kezdeti feltételek: $K = 30$, $P = 60$, $\kappa_p = \kappa_k = 0,4$.



2. ábra. A létszámok alakulása a csata során

(Készítette: a szerző)

Az ábráról leolvasható, hogy a kékek 14 időegységen belül megsemmisülnek az ütközetben, míg a pirosak ekkor meglepő módon kb. 52-en maradnak. A megsemmisülésig eltelt idő a (12) egyenletből kiszámítható a $k(t) = 0$ megoldásával. Ekkor a piros csapat megmaradó harci egységeinek számára a $p_{\text{túlélő}} = \sqrt{P^2 - \frac{\kappa_k}{\kappa_p} K^2} \approx 52$ adódik.

Az Iwo Dzsima-i csata

A csata a második világháború egyik legvéresebb összecsapása volt, mely 1945. február 19. és március 26. között zajlott. Az amerikaiak győzelmében hatalmas szerepet játszott a csata során a folyamatos utánpótlás, egyfolytában érkeztek az újabb egységek és harci eszközök miközben a japánok megállás nélkül lötték a partot. Végül a tengerészgyalogosoknak sikerült elindulniuk a sziget belseje felé és hatalmas veszteségek árán egyenként megsemmisíteni az útjukba kerülő bunkereket és lövészpostákat. Engel 1954-ben írta fel az erre a csatára vonatkozó harci veszteségek alakulását [4]:

$$(13) \quad \frac{dk(t)}{dt} = -\kappa_p p(t) + u(t), \quad k(0) = K,$$

$$(14) \quad \frac{dp(t)}{dt} = -\kappa_k k(t), \quad p(0) = P,$$

ahol $k(t)$ jelöli az amerikai, $p(t)$ a japán csapatok harci egységeinek veszteségeit, $u(t)$ jelöli az amerikaiak utánpótlását az idő függvényében. A korabeli újságokat tanulmányozva Engel a $\kappa_p = 0,0544$, $\kappa_k = 0,0106$ becslést semlegesítési rátákkal számolt. A japánok rátája tehát több mint az ötszöröse volt az amerikaiaknak, mivel a japánok jobban ismerték a terepet és állítottak bunkerekből, lövészpostákból nyitottak koncentrált tüzet az amerikaiakra. Nagy előnyük

volt, hogy az egész szigetet egyetlen hatalmas, barlangokból, föld alatti folyosókból, álcázott bunkerekből álló erődítménnyé változtatták.

Engel numerikusan megoldotta a differenciálegyenlet-rendszert és valóban megkapta, hogy bizonyos idő eltelte után a japán egységek megsemmisülnek, felörlődnek köszönhetően az utánpótlás folyamatosságának, azaz az $u(t)$ függvénynek. A történelmi tényeket nézve a 36 napos csatában 26 ezer amerikai sebesült meg, közülük 6800-an meghaltak. A húszezer japán védőből mindössze 1083-an éltek túl az inváziót [5].

A gerilla-gerilla harc modellje

A gerilla hadikultúra alapja az ellenség felörlése állandó rajtaütésekkel és utánpótlási vonalainak sorozatos elvágásával. Politikailag elkötelezett, elkeseredett vagy fanatizált néprétegeket, valamint kisszámú, jól képzett tanácsadót igényel. Erőssége a rugalmasság, a váratlanság, s hogy a hadviselés klasszikus módszereivel általában nem számolható fel. Gyenge pontja, hogy erdőshegyes terephez és/vagy nagyvárosokhoz kötött, létfeltétele a lakosság támogatása.

Modellünkben feltesszük, hogy mindkét haderő gerilla harcmodort követ, azaz a harci egységek igyekeznek rejtve maradni az ellenséges harci egységek elől. Feltesszük, hogy a leleplezett harci egység megsemmisül. Ez a modell végeredményben azt a harci szituációt írja le, amelynek jelmondata: „Ha látható vagy, halott vagy.” A modellben a felderítési ráta az egyetlen korlátozó tényező [6]. A kék és pirosak létszámának változását most az alábbi egyenletek írják le:

$$(15) \quad \frac{dk(t)}{dt} = -\delta_p p(t)k(t), \quad k(0) = K,$$

$$(16) \quad \frac{dp(t)}{dt} = -\delta_k p(t)k(t), \quad p(0) = P,$$

ahol δ_p , illetve δ_k jelöli a piros, illetve a kék csapatok felderítési rátáját. A (15) egyenletet δ_k -val, a (16) egyenletet δ_p -vel szorozva, majd kivonva őket egymásból, azt kapjuk, hogy

$$(17) \quad k'(t)\delta_k - p'(t)\delta_p = 0.$$

Integráljunk 0-tól t -ig:

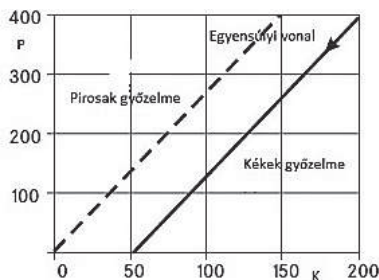
$$(18) \quad \delta_k \int_0^t dk = \delta_p \int_0^t dp.$$

A (18) egyenletet rendezve, a következő összefüggés adódik:

$$(19) \quad \delta_k k(t) - \delta_p p(t) = \delta_k k(0) - \delta_p p(0) = \delta_k K - \delta_p P := Z.$$

Ha $Z > 0$, azaz $\delta_k K > \delta_p P$, akkor a kékék győznek, ellenkező esetben a pirosak. $Z = 0$ esetben, azaz $\delta_k K = \delta_p P$ esetén egyensúlyi helyzet áll elő, mindkét fél megsemmisül.

A hagyományos modellünknel a $K = 200$, $\kappa_k = 0,4$ $P = 400$, $\kappa_p = 0,15$ példát néztük. A semlegesítési rátákat most cseréljük fel felderítési rátákra és nézzük meg a gerillaharc kimenetelét. Tehát legyen $\delta_k = 0,4$ és $\delta_p = 0,15$. Ebben az esetben $\delta_k K - \delta_p P = 20 > 0$, tehát ebben az esetben a kékek nyerne! Az alábbi ábra szemlélteti ezt a kimenetelt:



3. ábra. Fázistér
(Készítette: a szerző)

Érdekes kiszámítani, hogy az imént megadott K, κ_k, κ_p esetén mekkora legyen a piros csapat száma a győzelem eléréséhez. A $\delta_k K > \delta_p P$ egyenlőtlenségből $P > 533$, tehát legalább 533 kezdeti harci egység szám kell a sikerhez. Viszont ha ragaszkodunk a kezdeti 400 főhöz, akkor legalább 0,2 felderítési ráta szükséges a győzelemhez. Levonható a következtetés, hogy gerilla-gerilla harc esetén a mennyiség és a minőség egyenlő jelentőségű. Gerilla-gerilla harc viszont ritkán fordult elő a történelem folyamán, így ez az eset nem is különösebben érdekes.

A vegyes, hagyományos-gerilla harc modellje

A történelem folyamán a hagyományos csaták mellett számtalan esetben fordult elő vegyes harc, azaz az egyik fél a hagyományos harcmodort, míg a másik gerilla harcmodort követ. Modellünkben a kék csapat képviseli a hagyományos, míg a piros csapat a gerilla harcmodort. A kékek számának változása a gerillák semlegesítési rátájától és számuktól függ. A gerillák számának változása függ a kékek felderítési rátájától és mindkét csapat aktuális harci egységének számától [2]. Alapegyenleteink tehát most a következők:

$$(20) \quad \frac{dk(t)}{dt} = -\kappa_p p(t), \quad k(0) = K,$$

$$(21) \quad \frac{dp(t)}{dt} = -\delta_k p(t)k(t), \quad p(0) = P.$$

A (20) egyenletet $\delta_k k(t)$ -vel, a (21) egyenletet κ_p -vel szorozva, majd kivonva őket egymásból adódik, hogy

$$(22) \quad \delta_k k(t)k'(t) - \kappa_p p'(t) = 0.$$

Integráljunk 0-tól t -ig:

$$(23) \quad \delta_k \int_0^t k dk = \kappa_p \int_0^t dp.$$

Elvégezve az integrálást azt kapjuk, hogy

$$(24) \quad \frac{1}{2} \delta_k [k^2(t) - k^2(0)] = \kappa_p [p(t) - p(0)].$$

A (24) egyenletet rendezve és beírva a kezdeti harci egységek számát, a következő összefüggés adódik:

$$(25) \quad \delta_k k^2(t) - 2\kappa_p p(t) = \delta_k K^2 - 2\kappa_p P := Z.$$

Ha $Z > 0$, azaz, akkor $\delta_k K^2 > 2\kappa_p P$ a kékek, azaz a hagyományos erő győz, ellenkező esetben a pirosak, azaz a gerillák. $Z = 0$ esetben, azaz $\delta_k K^2 = 2\kappa_p P$ esetén egyensúlyi helyzet áll elő, mindkét fél megsemmisül.

Példánkban legyen most $K = 200$, $\delta_k = 0,1$, $P = 200$. Vizsgáljuk meg, hogy mely κ_p esetén győznének a gerillák? A $\kappa_p > \frac{\delta_k K^2}{2P}$ egyenlőtlenségből azt kapjuk, hogy $\kappa_p > 10$ esetén győznének a gerillák, tehát igen hatékonyak kell lenniük. Levonhatjuk azt a következtetést, hogy a hagyományos erő esetén a minőség (felderítési ráta) fontosabb a mennyiségnél, míg a gerillák esetében a mennyiség és a minőség egyenlő fontosságú.

A történelemben számos példát találunk egyes harcokra. Ilyen harcot vívott többek között Spartacus gladiátorok vezette rabszolgaserege a rómaiak ellen, Budai Nagy Antal, Dózsa György és Esze Tamás paraszti hadai a nemesi csapatok ellen [7]. Egy jelentős gerillaküzdelem a varsói felkelés, a lengyel emigráns kormány kezdeményezésére tört ki 1944. augusztus 1-jén. A cél azt volt, hogy még a szovjet Vörös Hadsereg beérkezése előtt a Honi Hadsereg (Armija Krajova) kezébe kerüljön Varsó és Lengyelország egy része. A lengyel felkelő erők három nap alatt lefegyverezték a Varsót megszálló német csapatokat és jelentős mennyiségű fegyvert zsákmányoltak. A Wehrmacht és a Waffen SS csapatai rövid idő alatt reagáltak a felkelésre és nagy erőket vetettek be a lengyelek ellen. A németek nehéztüzérséggel, bombázó légierővel, harckocsikkal és lángszórós csapatokkal támadták a felkelő erőket. A felkelők hősiessen harcoltak a túlerő ellen, de sem a tüzérség, sem a légierő támadásait nem tudták elhárítani, ezért rövid idő elteltével a föld alá, a város csatornarendszerébe vonultak vissza, ahol kéthónapos harc után 1944. október 2-án feladták a harcot [7]. A matematikai modellt tekintve végül is a németek jól reagáltak a gerilla harcmodorra, megsokszorozták a fellépő haderőt és felderítési rátájukat, így ezek messze felülmúlták a lengyel felkelők számát és semlegesítési rátáját, a felkelés tehát elbukott.

A hagyományos-gerilla harc tipikus példája volt a vietnami háború (1955–1975) alatt megvívott Ap Bac-i csata. Ap Bac ostroma 1963. január 2-án zajlott le, amely a vietnami háború egyik első ütközetének számított. A dél-vietnami hadsereg amerikai támogatással megtámadta a Vietkong egységeit, de a rajtaütés vereséggel végződött. Egy körülbelül 350 fős Vietkong gerillaegység súlyos veszteségeket (kb. 90 halott, 110 sebesült) okozott az amerikai és dél-

vietnami egységeknek. Az USA az ütközet közben 5 helikoptert is elvesztett, míg a Vietkong veszteségei jóval kisebbek voltak (kb. 18 halott, 39 sebesült). Ez volt az első csata a vietnami háború alatt, amelyben a Vietkong ilyen jelentős győzelmet aratott. Ha matematikai modellünkkel nézzük ezt a csatát, akkor itt a (25) egyenletben szereplő értékek kb. $K: = 950$, $\delta_k = 0,008$, $P: = 350$, $\kappa_p = 11,2$ voltak. A gerillák semlegesítési rátája nagyon magas volt, mivel lesből támadtak és a tűzerejük is kimagasló volt. Ezzel szemben az amerikaiaknak ismeretlen volt a terep, alig találták meg az ellenséget. Ez a csata is megmutatta, hogy az amerikai győzelemhez több ember kellett volna. William C. Westmoreland tábornok is felismerte ezt és folyamatosan utánpótlást kért az elnöktől. Az 1964-es évben 16 300-ról 20 ezerre nőtt az amerikai csapatok száma. 1965. július 28-án Johnson elnök bejelentette, hogy a Dél-Vietnamban állomásozó amerikai erők létszámát rövid időn belül 75 ererről 125 ezerre növelik, és hogy megkettőzik a hadkötelesek behívását. Havonta összesen 35 ezer sorköteles vonult be. A Pentagon arról tájékoztatta az elnököt, hogy ha egy éven belül a tervek szerint ki akarják űzni az észak-vietnami erőket az országból, akkor a Vietnamban harcoló amerikai csapatok létszámát a jelenlegi 120 ezerről rövid időn belül 400 ezerre kell növelni. McNamara védelmi miniszter figyelmeztette Johnson elnököt, hogy akár havi 1000 fő is lehet az amerikai áldozatok száma. 1965 végére körülbelül 185 ezer amerikai volt Vietnamban [8]. A háborút azonban nem tudták megnyerni. Ennek egyik oka a Vietnami Néphadsereg megerősödése és az amerikai nép kormányellenes közhangulata mellett az is volt, hogy a Vietkong hadsereg harci műveleteit 1969-ig javarészt a gerilla-hadviselés jellemezte. Általában kis létszámú, mozgékony csapatok beásva várakoztak a járőröző amerikai csapatokra. Gyors rajtaütés után a harcérintkezést még azelőtt megszüntették, mielőtt az amerikai tüzérség vagy a légierő csapást mérhetett volna rájuk, vagy pedig olyan közel húzódtak, amennyire csak tudtak, ezzel téve lehetetlenné a tüzérségi vagy a légitámadást. Nagy létszámú erők összetűzésére csak ritkán került sor. Sok áldozatot szedtek a gerillák által felállított csapdák, aknák és rejtett bombák. Ezekhez a házilag barkácsolt robbanótestekhez fel nem robbant amerikai bombákat szedtek szét és használták fel [8].

Összefoglalás

A katonai harci modelleknek két típusát különböztethetjük meg: a homogén, illetve a heterogén modellt. Ezeknek célja, hogy a csata során bekövetkezett harci veszteségeket leírják az idő függvényében. Cikkünkben a homogén modell három fajtáját mutattuk be, amelyekben egy skalár adta meg az egységek harci erejét (semlegesítési ráta a hagyományos haderő ellen, illetve felderítési ráta a gerillák ellen), és mindkét félnél azonos fegyverhasználatot, fegyverhatékonyságot feltételeztünk. Ez a modell matematikailag könnyen átlátható, a két fél vesztesége elsőrendű differenciálegyenletekkel felírható. A történelem régebbi csatáinak modellezéséhez viszonylag jól használható, de némi korlátozással támpontot ad a modern hadviselés korában zajlott csata veszteségeinek becsléséhez is (például a vietnami háború).

Lanchester differenciálegyenleteit Helmbold 1965-ben [9], majd ezeket még Bracken egy taktikai paraméterrel 1995-ben általánosította, és megmutatta, hogy ennek segítségével például az ardenneki offenzíva vagy a kurszki csata még jobban leírható [10].

A modern hadviselés leírására mégis inkább a heterogén modell alkalmasabb, amely már figyelembe veszi a két haderő különböző harci erősségeit, a harctér peremvonalán zajló (FEBA²) mozgásokat és a döntéshozatali folyamatot. Itt már többparaméteres sztochasztikus differenciálegyenleteket írnak fel, amelyeknek numerikus megoldása igen bonyolult. Fontos kiemelni a harc közbeni döntéshozatalt. Adott harci körülmények között a parancsnok számára egy megalapozott döntés érdekében alapvetően fontos minél több harcászati és matematikai megfontolást keresni a valós harc helyzet minél pontosabb megítélés érdekében (harcászati, technikai, ballisztikai, pszichológiai tényezők és azok hatásai) [11]. A harc helyzet minden részletre kiterjedő prezentálása azonban a döntéshez szükséges harcászati megfontolások számát is jelentősen növelné egy olyan környezetben, ahol a megfelelő döntés meghozatalához csak igen kis idő áll rendelkezésre. Egy harcászati döntésnek két alapvető mozzanata van [11]:

- a kiinduló harcászati adatok (létszámarány, technikai adatok, egyéb körülmények) alapján a veszteség megítélés, több változat kidolgozása mellett;
- a változatok összehasonlítása és az induló és várható következmény értékelése alapján a kedvező változat kidolgozása (játékelméleti megközelítés).

A homogén, heterogén (ezen belül a sztochasztikus) harci modellek vizsgálata még számtalan kutatást ösztönözhet, a NATO is egyre jobban támogatja a harcok matematikai modelljeinek korszerű leírását, szimulációját. Magyar nyelven alig jelentek még meg cikkek erről a témáról.

Felhasznált irodalom

- [1] LANCHESTER, F. W. (1916): *Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm*. London, Constable and Company.
- [2] LEPINGWELL, John W. R. (1987): The laws of combat. Lanchester reexamined. *International Security*, Vol. 12, No. 1. 89–134. DOI: <https://doi.org/10.2307/2538918>
- [3] PERRY, Nigel (2012): *Applications of Historical Analyses in Combat Modelling*. Commonwealth of Australia.
- [4] ENGEL, J. H. (1954): A verification of Lanchester's law. *Journal of the Operations Research*, Vol. 10, No. 6. 818–827. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.2.2.163>
- [5] KUMIKO, Kakehasi (2008): *Szomorú hősi halál – Levelek Ivo Dzsímáról*. Budapest, Európa Könyvkiadó.
- [6] DEITCHMAN, S. J. (1962): A Lanchester model of guerrilla warfare. *Operations Research*, Vol. 10, No. 6. 818–827. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.10.6.818>
- [7] KŐSZEGVÁRI Tibor (2009): Gerilla-hadviselés a városokban. *Hadtudomány*, 1–2. sz. 63–71.
- [8] DAUGHERTY, Leo J. (2003): *A vietnami háború napról napra*. Debrecen, Hajja & Fiai Könyvkiadó.
- [9] HELMBOLD, R. L. (1965): A Modification of Lanchester's Equations. *Operations Research*, Vol. 13, No. 5. 857–859. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.13.5.857>
- [10] BRACKEN, J. (1995): Lanchester models of the Ardennes campaign. *Naval Research Logistics*, Vol. 42, No. 4. 559–577. DOI: [https://doi.org/10.1002/1520-6750\(199506\)42:4<559::AID-NAV3220420405>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1520-6750(199506)42:4<559::AID-NAV3220420405>3.0.CO;2-R)
- [11] FÜLEKI András (2012): Döntéshelyzetben. *Hadtudományi Szemle*, 5. évf. 1–2. sz. 185–193.
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_W._Lanchester

² FEBA: Forward Edge of Battle Area – a harctér mellső peremvonala.

Debreceni Péter¹ – Pántya Péter²

A fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának lehetőségei

Possibilities for Definition of High Fire Danger Periods

Az elmúlt években jelentős számú vegetációtűzet regisztráltak hazánkban, amelyek jelentős része a tűzgyújtási tilalom idején keletkezett. A közigazgatási szervezeti változások, a megváltozott tűzvédelmi szabályozás, az aktívabb tűzmelőzési kommunikáció és a változó tűzgyújtási szokások miatt a tűzgyújtási tilalom rendszerének megváltoztatása vált szükségessé. Az új szabályozás megteremti a lehetőségét a napi tűzveszély-értékelésen alapuló rendszer bevezetésének. A szerzők a nemzetközi jó gyakorlatok bemutatása mellett a fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának aktuális fejlesztési lehetőségeit tárják fel.

Kulcsszavak: erdőtűz-megelőzés, fokozott tűzveszély, tűzgyújtási tilalom, tűzhasználat, tűzkockázat értékelés

In the past few years several wildfires have been registered in Hungary. A significant proportion of wildfires was broken out during total fire ban. Thus it was necessary to change the fire ban system owing to reorganization of the public administration, the alteration of the fire protection regulation, more efficient communication on wildfire protection and changing fire ignition habits. The new regulation can promote establishing a new fire ban system based on fire danger rating. A review of the related best practices around the world is a great way to consider the scope of developments.

Keywords: wildfire prevention, high fire danger, total fire ban, use of fire, fire danger rating

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, levelező tagozatos doktorandusz, e-mail: debreceni@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1886-9076

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, egyetemi adjunktus, e-mail: Pantya.Peter@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0003-2732-2766

Bevezetés

A vegetációtűz az egyik leggyakoribb természeti katasztrófa a világon, amely minden évben több százmillió hektáron okoz károkat. A természetes okból keletkező tüzek már a történelem előtti idők óta részei a mindennapi életnek, jelentősen formálhatják az ökoszisztéma összetételét és dinamikáját, beleértve az erdőterületeket és a művelt tájat is.

A földművelés kezdete óta a tűz használata hozzájárul és segíti az emberi fejlődést, a kiterjedt tüzek formálják a tájat, befolyásolják a termőterületek produktivitását és a levegő minőségét. A világ egyes részein a vegetáció alkalmazkodott a természetes tüzek frekvenciájához és intenzitásához, mások csak elviselik vagy nagyon érzékenyek a tűz okozta hatásokra. A népesség növekedésével és a területhasználat folyamatos bővülésével a vegetációtüzek a lakott területek és a természetes környezet határán³ az emberi vagyont is veszélyeztethetik, így a környezet mellett a társadalomra és a gazdaságra is hatással vannak [1].

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal és a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által közösen működtetett Erdőtűz Információs Rendszer adatai alapján megállapítható, hogy a vegetációtüzek döntő többsége emberi gondatlanság vagy szándékosság következménye.

Hazánkban a klimatikus viszonyok és a vegetáció összetétele miatt az erdő- és vegetációtüzek természetes úton való keletkezése nem jellemző, arányuk alig egy százalék. A tűzstatistikai adatok alapján elmondható, hogy az év folyamán két jól elkülöníthető tűzveszélyes időszak alakul ki, amelynek során jelentősen megnő a vegetációtüzek száma [2].

A klímaváltozás hatásait, mértékét kormányközi testületek, külföldi és hazai kutatók folyamatosan elemzik. A kutatási eredmények előrevetítik, illetve meteorológiai adatok trendvizsgálatával részben már ma igazolható, hogy belátható időtávon belül a Kárpát-medence területén egyenetlenebbé válik a csapadékeloszlás és várhatóan emelkedni fog a nyári és őszi napi átlaghőmérséklet is.

A klímaváltozás hatásai közvetett módon a tűzveszélyes időszakok elnyúlásában, az erdő- és vegetációtüzek számának növekedésében, valamint térbeli és időbeli eloszlásában, a tűzintenzitás emelkedésében is kimutathatók lesznek. Ez előrevetíti, hogy a jövőben még nagyobb kihívás elé néznek a szabadterületi tüzek megelőzéséért, oltásáért felelős hazai szervezetek [2] [3]. A természetvédelmi és környezetbiztonsági problémák mellett az éghajlatváltozás hatásai az ökoszisztéma mellett a társadalom valamennyi szereplőjét is érintik [4].

Társadalmi és kormányzati elvárás, hogy az erdőtűz megelőzéséért és a tűzoltásért felelős szervek hatékonyan tudjanak együttműködni, megfelelő időben tudjanak reagálni a tűzveszélyes időszakokban keletkező veszélyhelyzetekre.

Ennek egyik előfeltétele, hogy a fokozottan tűzveszélyes időszakok térbeli és időbeni lehatárolásához megfelelő módszer és informatikai infrastruktúra álljon rendelkezésre. Jelen kutatás célja, hogy áttekintse a hazai lehetőségeket és a releváns nemzetközi gyakorlatot, amely segítséget nyújthat a rendszer továbbfejlesztésében.

³ Angol nyelvű szakirodalomban: Wildland–Urban Interface, rövidítése: WUI.

A fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának jogszabályi alapjai hazánkban

A tűzgyújtási tilalom szabályozásának fejlődése

A fokozott tűzveszély időszakában alkalmazandó erdőtűz-megelőző intézkedéseket jogszabályba foglaltan hirdetik ki, amelyek kötelezők az erdőtűz megelőzésért felelős hatóságokra, az erdőgazdálkodókra és az erdőt látogatókra egyaránt. Annak érdekében, hogy a jövőbeni fejlesztésekre javaslatot tudjunk adni, megvizsgáltuk az 1997-től hatályos szabályozást, annak változásait és a korábbi működés korlátait.

A fokozott tűzveszély időszakában elrendelhető tiltó rendelkezések már az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996. évi LIV. törvényben is megjelentek, amelyek 1997 és 2009 között voltak hatályban. Ebben az időszakban az erdőtörvény felhatalmazása alapján a fokozott tűzveszély esetén az erdőgazdálkodásért felelős miniszter határozatban általános tűzgyújtási tilalmat rendelt el. A tűzgyújtási tilalom kihirdetése és visszavonása a *Magyar Közlöny*ben történt.

A kihirdetett határozatot a közmédiában is közzétették [5; 56 §.]. Az ebben az időszakban kihirdetett tűzgyújtási tilalmak tartalmát nem vizsgáltuk és nem volt lehetőségünk a tüzeset adatokkal való összevetésére sem. Megállapítható azonban a jogszabály szövegéből, hogy nem tartalmazott iránymutatást arra vonatkozóan, mely paramétereket kell vizsgálni a fokozott tűzveszély időszakának lehatárolásához, akár a kihirdetés, akár a visszavonás tekintetében.

Az erdőtörvényben foglalt erdőtűz-megelőzési szabályokat az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvénybe is beépítették, amelyek változtatásokkal, de a jogszabály hatálybalépése óta megtalálhatók a szövegben. 2009 és 2017 között a törvény miniszteri határozatban rendelte kihirdetni és visszavonni az általános tűzgyújtási tilalmat.

Jelentős változás volt a korábbi szabályozáshoz képest, hogy ettől az időponttól kezdve nemcsak az erdőgazdálkodásért felelős miniszter, hanem az erdészeti hatóság is rendelhetett el a saját illetékességi területén tűzgyújtási tilalmat a megyei katasztrófavédelmi igazgatósággal való egyeztetés mellett, megye vagy település területére is [6; 67 §.]. Az ebben az időszakban kialakult gyakorlat szerint megyei szinten rendelték el az általános tűzgyújtási tilalmat [2].

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal mint erdészeti hatóság és a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által közösen működtetett Erdőtűz Információs Rendszer [7] tartalmazza a 2009-től kihirdetett tűzgyújtási tilalmakról szóló miniszteri és erdészeti hatósági határozatokat, valamint a vegetációtűz adatlapokat.

Lehetőségünk volt így megvizsgálni és összehasonlítani az egyes határozatokban foglalt tilalmak területi hatályát, a napokban kifejezett hosszát, a vizsgált időszakban keletkezett vegetációtűzek számát, továbbá az Országos Meteorológiai Szolgálat által regisztrált nyári napos és hőségnapok számát.

Az adatgyűjtés rendszere [2] jogszabály-módosítás és módszertani egységesítés miatt 2011-ben megváltozott, ezért azoknál a vizsgálatoknál, ahol tüzesetszámok is bekerülnek a vizsgálatba, a továbbiakban a 2011 és 2018 között keletkezett vegetációtűzek kerülnek bemutatásra.

Az egy évben keletkezett összes vegetációtűzek számát összehasonlítva a tűzgyújtási tilalom ideje alatt keletkezett tüzesetek számával megállapítottuk, hogy a vizsgált időszakban átlagosan a tüzek 38%-a tűzgyújtási tilalom idején keletkezett.

Az 1. táblázatban feltüntetett adatokból levonható következtetésünk, hogy a kihirdetett tiltásnak nem volt elegendően erős kommunikációs hatása és a tiltás ellenére nagyszámú vegetációtűz keletkezett a fokozott tűzveszély időszakában is.

Mind az országos, mind a megyei tűzgyújtási tilalom elrendelése esetén alakszerű közigazgatási határozatot kellett hoznia az elrendelő szervnek. A határozat az első közléssel jogerőssé és végrehajthatóvá vált [8; 101 §.].

Az elrendelésben közreműködő szervezetek az elmúlt években rugalmasan és gyorsan folytatták le a szükséges közigazgatási eljárásokat, de előfordultak olyan esetek, amikor több nap telt el a valós tűzveszély kialakulása és a határozat kihirdetése között.

1. táblázat. Tűzgyújtási tilalom idején keletkezett vegetációtűzek aránya az éves vegetációtűz esetszámhoz viszonyítva [2] (Készítették: a szerzők)

Évjárat	Vegetációtűzek száma (db)	Tűzgyújtási tilalom idején keletkezett tüzek aránya (%)
2011	8 436	17
2012	15 794	66
2013	4 424	38
2014	5 535	19
2015	5 057	27
2016	2 531	1
2017	6 782	72
2018	2 981	3

Ugyanez igaz a tűzveszély mérséklődése esetén a határozat visszavonására is [2].

A hatályos szabályozás, a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetése

A jogalkotó az erdőtűz megelőzésért felelős hatóságok indokai alapján, valamint a rugalmasabb szabályozás és a hatékonyabb kommunikáció igényének megjelenésével az erdőtörvény vonatkozó bekezdéseinek megváltoztatása mellett döntött. Ennek eredményeként az erdőtörvény 2017. szeptember 1-én hatályba lépett módosítása alapján a tűzgyújtási tilalom közzétételének rendje megváltozott.

Ettől az időponttól kezdve nem miniszteri vagy erdészeti hatóságok határozatban hirdették ki az általános tűzgyújtási tilalmat, hanem a fokozott tűzveszély időszakát hirdették ki az ország teljes területére, illetve megye vagy település területére vonatkozóan. A fokozott tűzveszély időszakának meghatározásáról és a lakosság tájékoztatásáról az erdőgazdálkodásért felelős miniszter gondoskodik a katasztrófavédelem központi szervének bevonásával [6; 67 §.]. A fokozott tűzveszély időszakának kihirdetése és visszavonása a jelenleg alkalmazott módszertan szerint a meteorológiai körülményektől, az erdőben található élő és holt biomassza szárazságától és a keletkezett tüzek gyakoriságától függ.

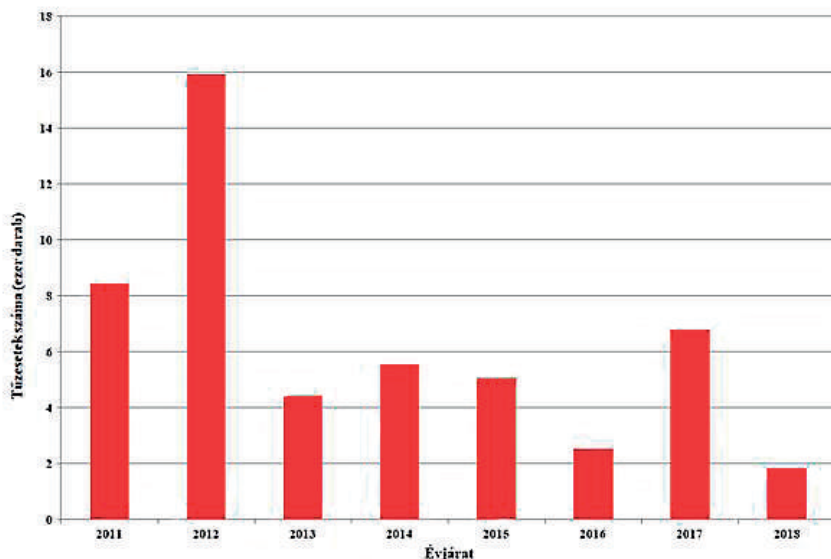
Az erdőtörvény kimondja, hogy a fokozott tűzveszély időszakában tilos tüzet gyújtani az erdő, valamint annak kétszáz méteres körzetében lévő külterületi ingatlanokon [6; 65 §.]. A tűzgyújtásra vonatkozó tiltás tehát abban az esetben is érvényes, ha az illetékes hatóság nem rendelt el határozatban tűzgyújtási tilalmat, de egyértelműen lehatárolják a fokozottan tűzveszélyes területet. Az erdőtörvény mellett az egyéb, szabadterületi égetést szabályzó jogszabályok is a fokozott tűzveszély időszakához kötik a tiltó, korlátozó rendelkezések életbe lépését.

A szabadterületi tűzgyújtásra és a tűzmegeelőző intézkedésekre vonatkozó szabályokat az erdőgazdálkodásról [6], a tűzvédelemről [7] [9], a természetvédelemről [10] és a környezetvédelemről [11] [12] [13] szóló jogszabályok tartalmazzák. A jogszabály-módosítás tehát előrelépés abból a szempontból is, hogy segíti az ágazati szabályok egységes értelmezését is.

A fokozottan tűzveszélyes időszakok lehatárolása a tűzveszély-értékelésbe bevonható paraméterek bemutatásán keresztül

Az Erdőtűz Információs Rendszerben a fokozottan tűzveszélyes időszakok térbeli és időbeli változását az elmúlt időszakban keletkezett vegetációtüzek földrajzi koordinátájával, a tüzesetek számával, a leégett terület kiterjedésével, a riasztástól az eloltásig eltelt idő hosszával, a károsodott biomasszatípus megadásával, továbbá a tüzesetek idején fennálló időjárási viszonyokkal tudjuk jelenleg jellemezni.

A vegetációtüzek számát vizsgálva jelentős különbségek adódnak az egyes évek között. A vizsgált időszak első két évében a rendkívüli aszálynak köszönhetően keletkezett az átlagosnál több mint négyszer annyi tüzeset. A tüzesetszámok éves eloszlását az éves csapadékeloszlás és a tűzhasználati szokások [14] befolyásolják.



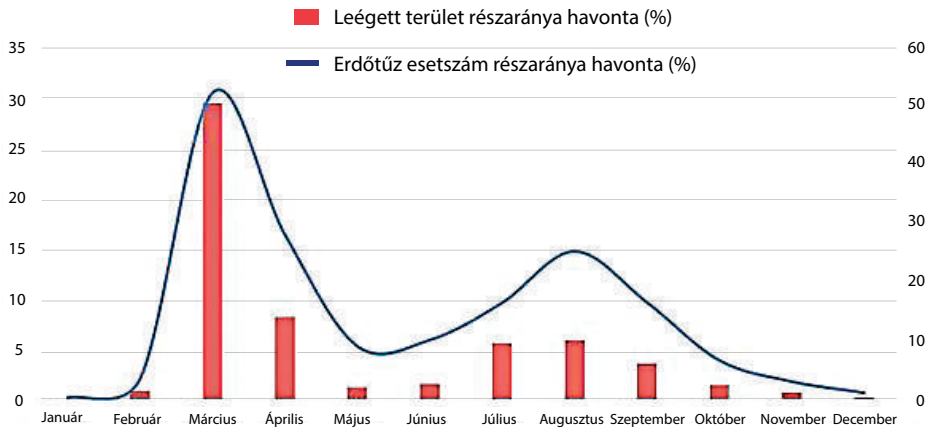
1. grafikon. Tűzoltói beavatkozást igénylő vegetációtűzek száma 2011–2018 között [2]

(Készítették: a szerzők)

A tűzesetszám és a leégett terület vizsgálatával megállapítható, hogy az év folyamán két jól elkülöníthető tűzveszélyes időszak alakul ki. Ahogy a 2. grafikonon is látható, a szabadterületi tüzek száma február közepén–végén kezd meredeken emelkedni. Ugyan nem alakulnak ki nagy kiterjedésű, hosszan tartó tüzek, az éves tűzesetszám több mint 30%-a márciusban keletkezik. Az egy tűzszезонban károsodott területet tekintve a március folyamán leégett terület teszi ki az év során károsodott teljes terület mintegy 50%-át. A leégett területet vizsgálva megállapítottuk, hogy a vizsgált időszakban átlagosan 13 nap van egy évben, amikor legalább egy nagy kiterjedésű (50 ha-nál nagyobb) vegetációtűz alakul ki. A tűzesetszám április közepe és május első hete közötti időszakban eléri az éves tűzesetszám 50%-át. A nyár folyamán július–augusztusban tapasztalható további meredekebb tűzesetszám-növekedés, amely a rendszerint kialakuló, néhány hetes aszályos időszaknak köszönhető. A tűzesetszámok és a leégett terület éves lefutása alapján megállapítható az is, hogy a két kiemelten veszélyes időszakban eltérő meteorológiai körülmények miatt alakulhatnak ki a fokozottan tűzveszélyes időszakok. Tavasszal a napi átlaghőmérséklet emelkedésével, csapadékmentes időben néhány nap alatt éghető állapotba kerülhet a rendkívül gyúlékony erdei avar, elszáradt növényi maradványok. A nyári időszakban pedig az aszály hatására alakulhatnak ki veszélyeztetett időszakok. A nyári aszály idején gyakoriak a nyári napok⁴ és a hőségnapok⁵ [15].

⁴ Nyári nap: az adott napon a maximális hőmérséklet meghaladja a 25 °C-ot.

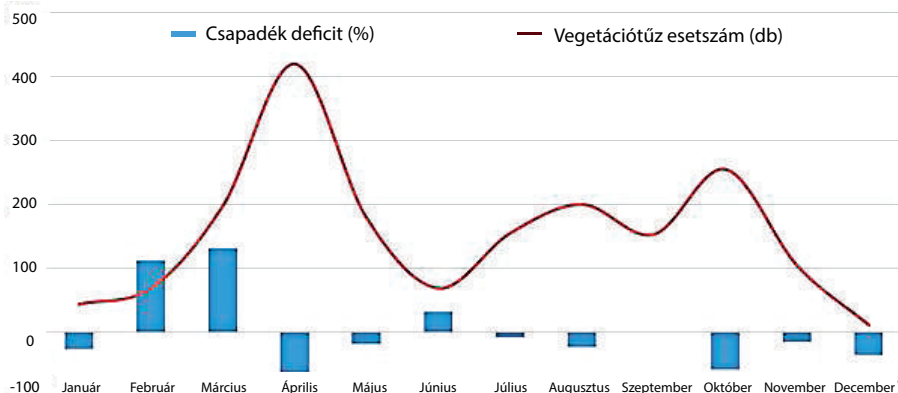
⁵ Hőségnap: az adott napon a maximális hőmérséklet meghaladja a 30 °C-ot.



2. grafikon. Vegetációtűzek száma és a leégett terület részaránya havonta 2011–2018 között [2]
(Készítették: a szerzők)

A vegetációtűzek keletkezését és viselkedését alapvetően három tényező határozza meg: az élő és holt biomassa nedvességtartalma, az időjárás és a domborzat. Az időjárás lokálisan, évszakonként és naponként is változik, ami jelentősen tudja befolyásolni a tűz viselkedését. Az időjárási faktorok közül a tűz viselkedését a léghőmérséklet, a relatív páratartalom, az elmúlt 24 órában lehullott csapadék, valamint a szélsebesség befolyásolja. Az első három faktor a biomassa nedvességtartalmára van hatással. A szél kismértékben a hat a nedvességtartalom változására, a legnagyobb mértékben a tűz terjedését befolyásolja [16].

Tengerentúli és európai kutatások igazolják, hogy a csapadékhiányos időszakok és a vegetációtűz esetszámainak növekedése között összefüggés mutatható ki. A hazai vizsgálatok kezdetén országos statisztikák tanulmányozására volt lehetőségünk. Az Országos Meteorológiai Szolgálat havi jelentései alapján összehasonlítottuk a sokévi átlaghoz viszonyított havi csapadékeloszlást a vegetációtűzek számának alakulásával 2011 és 2018 között. A 2018-ban keletkezett vegetációtűzek havi eloszlásának és a havi csapadékdeficit összehasonlításának eredménye – amit a 3. grafikonon jelenítettünk meg – jól jellemzi az általános folyamatot. Az év folyamán jól elkülöníthető tavaszi és nyári tűzveszélyes időszak vehető ki a tüzesetszámokat jellemző folytonos vonal futásából. Március elején az átlagosnál több csapadék hatására a tavaszi tűzveszélyes időszak áprilisra tolódott, amikor a bázisévekhez viszonyítva 64%-kal kevesebb csapadék hullott. Májusban is csapadékhiány volt tapasztalható, azonban a tüzesetszámok a lombfakadással együtt járó biomassa nedvességtartalom-növekedésének köszönhetően nem mutatnak kiugró értéket. A nyár folyamán augusztusban alakult ki olyan csapadékhiányos időszak, amely befolyásolta a tüzesetszámot. A korábbi évektől eltérően a nyári tűzveszélyes időszak októberre is átnyúlt.



3. grafikon. Országos havi csapadékösszeg a sokévi (1981–2010) átlag százalékos arányában kifejezve és a vegetációtűz esetszámok összehasonlítása 2018-ban [2] [15]

(Készítették: a szerzők)

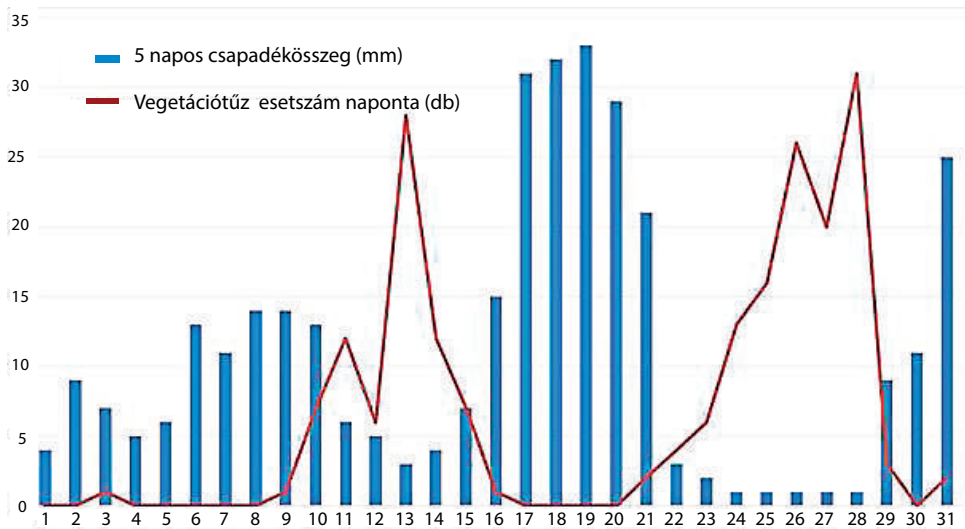
Kanadában, az Amerikai Egyesült Államokban és Európában is folynak kutatások arra vonatkozóan, hogyan lehet egy-egy területegységre vonatkozóan is számítani napi tűzkockázatot. A holt biomassza nedvességtartalmának becslése kiemelt fontosságú, mivel ez befolyásolja a gyúlékonyságot és a tűzterjedési tulajdonságokat. A mediterrán régióban, hasonlóan a tengerentúlon használt módszerekhez, meteorológiai adatok segítségével tesznek becslést a nyílt gyepek és a fával borított területeken található holt biomassza nedvességtartalmára [38]. Az éghető holt biomassza nedvességtartalom-változása az időjárási paraméterek változását követi. A talajon fekvő holt biomassza mérettől és a lerakódott rétegek mélységétől függően eltérő mennyiségű csapadék hatására éri el a kialvási nedvességtartalmat.⁶ Kanadai kutatások szerint a talajfelszínen összegyűlt könnyű, kisméretű biomassza 21 °C, 45% páratartalom és 13 km/h szélsébség mellett 1 mm-nél kevesebb csapadék esetén 1–3 nap alatt éghető állapotba tud kerülni. A mélyebb rétegekben található humifikálódott réteg és a felszíni nagyobb biomasszadarabok 15–50 napos időtávon követik a levegő nedvességtartalom változását, amelyhez ezen az időtávon 15–100 mm csapadékösszeg szükséges [16].

A kutatások igazolták, hogy a fával borított területektől eltérően a nyílt gyepekben 5 mm csapadék után 25 °C átlaghőmérséklet és 25% páratartalom mellett egy nap alatt éghető állapotba kerülhet az éghető holt biomassza [39].

Hazai viszonyok között a csapadék hatását vizsgálva a tűzesetszám-változásra a 2018 márciusában mért ötnapos csapadékösszeget hasonlítottuk össze a napi esetszámokkal. A 4. grafikon alapján megállapítjuk, hogy az ötnapos csapadékösszeg 5 mm alá csökkenése esetén

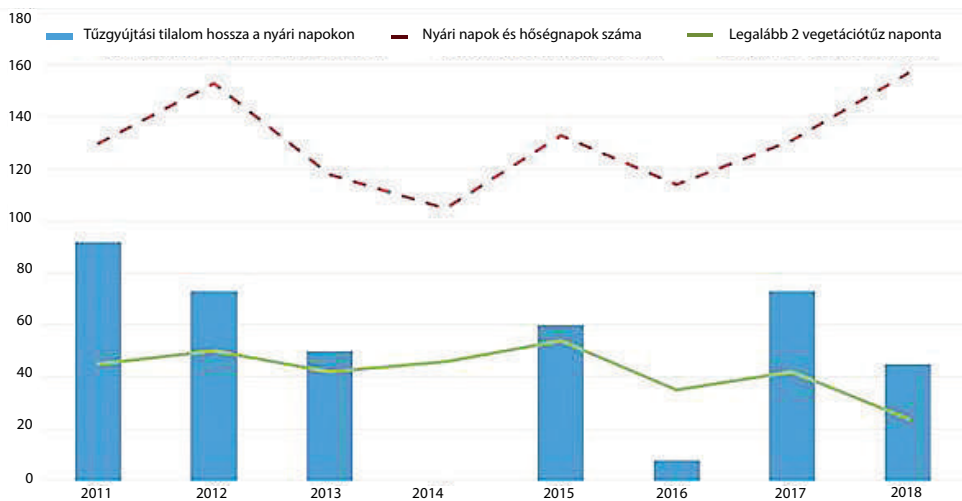
⁶ Kialvási nedvességtartalom: a holt biomassza azon nedvességtartalom-szintje, amely felett a tűz nem képes terjedni (angol nyelvű szakirodalomban: moisture of extinction).

már kimutatható a tüzesetszám növekedése, annak ellenére, hogy a márciusi napi középhőmérséklet 5 °C körül alakul [15]. A nyári időszakban hasonló folyamat játszódik le azzal a különbséggel, hogy a napi maximum hőmérséklet a hónap nagyobb részében 30 °C felett van, ezért a többnapos csapadékmentes időszakokban néhány óra alatt is ki tud száradni a holt biomassza.



4. grafikon. Az ötnapos csapadékösszeg és a napi vegetációtüz esetszám összehasonlítása, 2018. március [2] [15]
(Készítették: a szerzők)

A vizsgált időszakban az 5. grafikon segítségével évenként összehasonlítottuk a június 1. és október 31. között a tűzgyújtási tilalommal érintett napok számát a regisztrált nyári és hőségnapok számával és azoknak a napoknak a számával, amikor legalább két, egy hektárt meghaladó vegetációtüz keletkezett. A tűzgyújtási tilalommal érintett nap alatt azt értjük, amikor egy adott napon legalább egy megyében tilalom volt kihirdetve. A fokozott tűzveszély időszakában fennálló napi hőmérsékleti maximumok és a tüzesetek trendjét a szárazabb években (2011, 2012, 2015) – az elővigyázatossági szempontokat is figyelembe véve – jól leköveti a hatósági intézkedéssel érintett napok száma. A csapadékosabb években a nyári és hőségnapok magas száma ellenére nehezebb lekövetni a változó csapadékeloszlás miatt bekövetkező biomassza-nedvességtartalom változásokat. Az éghető holt biomassza nedvességtartalma az időjárási körülmények változását követi, a lokális környezeti paraméterekre reagálva a kis-méretű finom biomassza néhány nap alatt is éghető állapotba kerülhet.



5. grafikon. Tűzgyújtási tilalommal érintett napok összehasonlítása a nyári napok és hőségnapok számával, valamint azon napokkal, amikor legalább két vegetációtűz keletkezett 2011–2018 között [2] [15]

(Készítették: a szerzők)

Megállapítjuk, hogy a fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásához a tűzesetszám és a károsodott terület nagyságán felül meteorológia paraméterek és a biomassa-nedvességtartalom változását is szükséges ismerni ahhoz, hogy a tűzveszély napi változásai pontosabban meghatározhatók legyenek. A következő fejezetben a nemzetközi szakirodalom segítségével megvizsgáljuk meg, hogy a világ más országaiban milyen módszerekkel számítják, értékelik a napi tűzveszélyt.

Vegetációtűz-veszély értékelése a nemzetközi gyakorlatban

A vegetációtűz-kockázatértékeléssel kapcsolatos alapfogalmak

A tűzkockázat-értékelésnek a világon számos módja alakult ki. Az értékelésbe bevont paraméterek alapján különböző kockázatfogalmakat használ a nemzetközi tűzökológiai szakirodalom.

Az adott területen lévő éghető biomassa mennyiségének, típusának, állapotának, szerkezetének és elhelyezkedésének figyelembevételével határozzák meg az éghetőséget kifejező mutatót, a „fire hazard”, amely statikus kockázatként fordítható. A statikus kockázat utal arra, mennyire gyúlékony a biomassa és tűz esetén milyen nehézséget okoz az oltása. A „fire risk” kifejezés azt a kockázatot fejezi ki, amikor az éghető biomassa egy adott területen az emberi tevékenység következményeként meggyullad, esetleg egy villám begyújtja. Ez a kifejezés a dinamikus kockázatként értelmezhető. A „fire danger” kifejezés pedig annak a veszélye, hogy adott területen, adott környezeti feltételek mellett (éghető biomassa, mikroklíma, időjárás

és szocioökonómiai viszonyok) között tűz keletkezik [17] [18]. Az erdészeti hatóság a 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet [7] alapján az erdőterületekre elkészítette a tűzveszélyességi besorolást (fire hazard). Azonban az erdőn kívüli területekről, ahol a vegetációtüzek 60%-a keletkezik, nem rendelkezünk adatokkal az éghető holt biomassza típusáról, mennyiségéről, szerkezetéről.

A fejlett országokban alkalmazott rendszerek a napi tűzveszély-értékelés (fire danger evaluation) során a tüzkörnyezet azon állandó és változó összetevőinek változását követik nyomon, amelyek meghatározzák a biomassza-gyúlékonyságot, a tűz terjedési sebességét, és amelyek a tűzoltás során a kontrolálási nehézségeket okozzák. A tűzveszély-előrejelzés (fire danger forecast) segítségével meghatározhatók azok a veszélyes időszakok, amikor a tüzek keletkezhetnek. A tűzveszély mértéke folyamatosan változik az időben és térben, összefüggésben az időjárással és a vegetáció összetételével [18].

Nemzetközi fejlesztési irányok

A nemzetközi gyakorlatot tanulmányozva két ellentétes folyamat körvonalazódik. A fejlett országok éves szinten nagy összegeket költenek annak érdekében, hogy az erdő- és vegetációtüzek hatásait képesek legyenek csökkenteni, korlátozni, a tüzeket kontrolálni és előrejelezhetőek legyenek a fokozottan tűzveszélyes időszakok. Ezzel ellentétes folyamat játszódik le a fejlődő országokban, ahol nem vagy csak nagyon kis összegeket költenek a tüzek kontrollálására, a lehetséges hatások csökkentésére. Ezek a legtöbb esetben azok az országok, ahol az ökoszisztéma érzékeny a tüzek okozta kártételekre, így ezekben az államokban kimutatható a tűzfrekvencia növekedése, valamint az emberi élet és vagyon veszélyeztetettségének növekedése is. A szakirodalom segítségével megállapítható, hogy a nemzetközi gyakorlatban egyértelműen a napi tűzkockázat megfelelő értékelésére és csökkentésére irányuló módszerek terjedtek el széles körben, illetve ezeket fejlesztik tovább a napi gyakorlat számára. Mind az ENSZ, mind pedig az Európai Unió az olyan vegetációtűz-menedzsment stratégiák és politikák fejlesztését támogatja, amelyek egységes szemléletben kezelik a tájhasználat, a tüzmelegedés, valamint a tűzoltás problémáit, valamint megfelelő mennyiségű, minőségű információt tudnak szolgáltatni a döntéshozók és az érintett lakosság számára a vegetációtűz veszély időbeli és térbeli változásáról [1]. A fokozottan tűzveszélyes időszakok időbeli és térbeli lehatárolása hatékonyabbá teheti a megelőzési intézkedéseket és információval szolgálhat az oltásban részt vevő egységek részére is [19].

Globális szinten az ENSZ és szervezeteinek támogatásával olyan kutatások, fejlesztések folynak, amelyek a nemzeti szint feletti (szupranacionális) mintázatok (hasonlóságok és különbségek) feltárására, a hatékony megelőzés és válaszméchanizmusok fejlesztésére, koordinálására irányulnak, illetve a világ azon részeinek meghatározására, ahol részletesebb kockázat modellezésére van szükség, valamint elmozdíthatók az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások [1].

Regionális szinten olyan együttműködések születtek az elmúlt évtizedben, ahol több ország területére számítják ki a napi tűzkockázatot a bekövetkezett tüzesetek és meteorológiai adatok segítségével. Ilyen együttműködés alakult ki például az Észak-Európa és Eurázsia or-

szágai között, Dél-Amerikában, az Amazonas folyó keleti és délkeleti régiójában vagy Közép-Amerikában [19] [20] [21] [22] [23]. Az Európai Unió területén az Európai Bizottság kutatási Központja (Joint Research Center) által fejlesztett Európai Erdőtűz Információs Rendszer (European Forest Fire Information System) szolgál a tagországokban bekövetkezett tüzesetek regisztrálására, az adatgyűjtési rendszerek összehangolására, a jó gyakorlatok összegyűjtésére és megosztására [24].

A regionális és egyedi megoldásokat tanulmányozva elmondható, hogy a tűzkockázati értékelésnek a világon számos módja alakult ki. Nemzeti szinten a fejlett országok nagy részében kifejlesztettek valamilyen tűzveszély értékelő rendszert. Mindegyik közös jellemzője, hogy a napi tűzkockázat-értékelésen alapul.

A nemzetközi gyakorlatban használt tűzkockázat-értékelő rendszerek

Az erdőtűzkockázat-értékelő rendszerek alapvetően két nagyobb csoportra oszthatók. Az időjárás alapú indexek számításánál a tűz kialakulása és fejlődése szempontjából lényeges időjárási paramétereket veszik figyelembe (hőmérséklet, csapadék, relatív nedvesség, szélesebség), és legtöbbször empirikus alapon osztják értékeit veszélyességi osztályokba. Ezen indexek ezért egy-egy ország, régió éghajlatához igazodva az ottani viszonyokat jól tükrözik, de szélesebb körű alkalmazásuk mindenképpen előzetes vizsgálatokat igényel.

Érdekesebbek és a tűz megelőzés szempontjából informatívabbak a komplex tűzkockázati értékelő rendszerek, amelyek az időjárás alakulása mellett a biomassza nedvességtartalom-változásait is figyelembe veszik [24].

A korszerű kockázatértékelő rendszerek a tűzveszélyt (fire danger) képesek napi szinten újraszámítva értékelni. A nemzetközi gyakorlatban három fő modell terjedt el. A legrészletesebb és legszélesebb körben használt az 1968 óta használatban lévő és folyamatosan fejlesztett Kanadai Erdőtűzkockázat-értékelő Rendszer (Canadian Forest Fire Danger Rating System). Terepi méréseken és megfigyeléseken alapuló, részletesen dokumentált és publikált modellről van szó. Két fő alrendszere van, az Erdőtűz Időjárási Index (Fire Weather Index) és a Tűz Viselkedését Előrejelző Index (Fire Behavior Prediction Index). A rendszert további modulok egészítik ki, amelyek segítségével nyomon követhető a biomassza nedvességtartalom-változása és az adott napi időjárási helyzet mellett létrejövő tűzpotenciál. A rendszer terepi meteorológiai állomások adataiból számol és a Kanadában honos fenyőfaállományra lett kidolgozva. A Banks fenyő (*Pinus banksiana*) állomány jellegzetessége a vastag nyers humusz réteg (duff), amelynek nedvességtartalom-változása alapvetően befolyásolja a gyulladási égési körülményeket [16].

Az Amerikai Egyesült Államokban használt Nemzeti Tűzkockázat-értékelő Rendszer (US National Fire Danger Rating System) alapját azok az égési paraméterek és laborban meghatározott matematikai modellek adják, amelyek segítségével leírható a biomassza – időjárás – domborzat alkotta tűzkörnyezeti háromszögből származó tűzveszély [26] [27]. A napi számításához napi mérésből származó meteorológiai paramétereket, valamint az élő és holt biomassza nedvességtartalmának meghatározásához szükséges paramétereket használnak. A modell az Egyesült Államokban található nyílt, füves vegetációra és az azokhoz csatlakozó

erdőterületekre, valamint a bozót dominálta száraz területekre lett kidolgozva, ahol nincs vagy nagyon vékony a nyers humusz réteg.

A harmadik fő típus az Ausztráliában kifejlesztett Erdőtűzkockázat-értékelő Rendszer, amelynek alapjait 1958-ban McArthur⁷ hozta létre. A modell az eukaliptuszállományokban található nagy mennyiségű kiszáradt erdei alomban keletkező tűz terjedési sebességének becslésén alapszik, több mint 800 tüzeset megfigyelésére alapozva. A modellt kimondottan erdős területeken használják, a füves vegetációkra egy külön indexet fejlesztettek ki [27].

A világ más részein fejlesztett rendszerek alapvetően a három fenti modellből vannak származtatva. Az Európai Erdőtűz Információs Rendszerbe adaptálás és hosszas fejlesztőmunka után a Kanadai Erdőtűzkockázat-értékelő Rendszer alrendszerét a Tűz Időjárási Indexet (Fire Weather Index) építették be. Az indexet úgy fejlesztették ki, hogy csak időjárási adatokra van szükség a napi biomassa-nedvesség és tűzveszély számításához, elvonatkoztatva a biomassa típusától [16]. Az index tehát önállóan is használható azokban az országokban, ahol a komplex tűzkockázat-értékeléshez nem áll rendelkezésre minden adat, mint például Magyarországon is. Az Európai Erdőtűz Információs Rendszerben napi frissítéssel térítésmentesen elérhető a napi tűzveszély térkép [24].

Az index segítségével kimutathatók az időjárás hatásai a tüzek várható kialakulására. Egy adott naphoz viszonyítva az elmúlt napok és az éppen fennálló időjárási paraméterek ismeretében az index segítségével értékelhetők az időjárás hatásai az erdő talaján található biomassa nedvességtartalmára, továbbá kiterjedt tüzek esetén segítséget nyújt a tűz várható viselkedésének becslésére. A biomásszóra vonatkozó részindexek változásának nyomon követése lehetőséget ad a tűzpotenciál-változás folyamatos nyomon követésére is. Tekintettel arra, hogy az indexet egy általános modell alapján adaptálták Európára és az index nem hazai meteorológiai adatok alapján számol, ezért a helyi viszonyokra csak megfelelő vizsgálatok elvégzése után használható.

Az Európai Unió területére használható egységes tűzveszély-értékelési módszer jelenleg fejlesztés alatt áll. Az Európai Bizottság a Joint Research Center koordinálásában folyamatosan keresi a jó gyakorlatokat, az egységesítés lehetőségét [28]. Az európai kutatások jelenleg arra irányulnak, hogy a kockázatértékelésbe bevonható legyen a tűz hatását a társadalmi és ökológiai értékekre vonatkozó kockázat is [29].

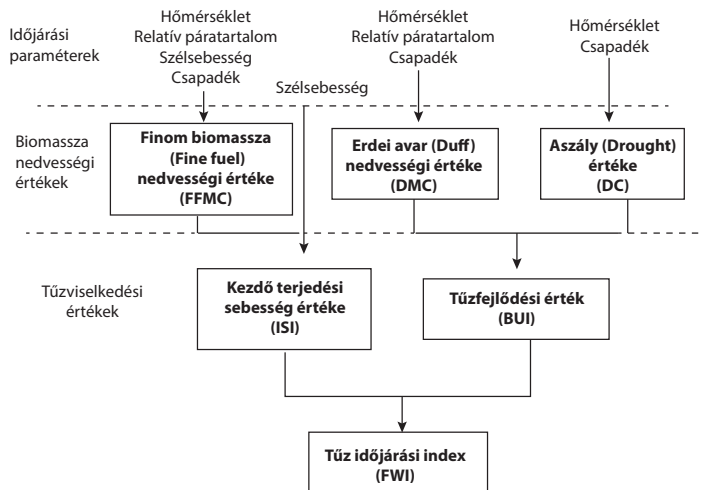
Tűz időjárási index bevezetésének lehetőségei

A magyarországi tűzszezon folyamán szinte minden nap keletkezik vegetációtűz a helytelen tűzhasználati szokások miatt [2]. Az erdő- és vegetációtűz megelőzéséért felelős hatóságok az időjárási index segítségével napi szinten tudják nyomon követni a tűzveszélyt befolyásoló paraméterek változásait. A gyors reagálás lehetőségének megteremtésével rugalmasabbá válik a rendszer.

Az Európai Erdőtűz Információs Rendszerben publikált Tűz Időjárási Index (Fire Weather Index, röviden: FWI) térítésmentesen elérhető [24]. Az alábbiakban vizsgáltuk meg az index

⁷ Alan Grant McArthur ausztrál erdész, tűzőkológus (1923–1978).

bevezetésének lehetőségeit. A szakirodalmi adatok alapján a dinamikus kockázatértékeléshez a Tűz Időjárási Index az egyik leghatékonyabb és könnyen érthető modell. A vizsgálatok során kimutatták, hogy az FWI napi értékek korrelálnak legjobban a havi tüzesetszámokkal és a hőmérséklet és páratartalom napi változásával [30].



1. ábra. Tűz Időjárási Index felépítése [16]

(Készítették: a szerzők)

Az 1. ábrán látható, hogy a Tűz Időjárási Index hat részkomponenst tartalmaz, amelyből az első három a talajfelszínen található biomassa nedvességtartalmát modellezi meteorológiai paraméterek alapján. Tekintettel arra, hogy hazánkban az erdőn kívüli területekre nem áll rendelkezésre biomasszatérkép, az index használatával ez a hiányosság kiküszöbölhető. A tűz várható viselkedését modellező további két részkomponens a tűz valószínű terjedési tulajdonságairól ad információt. A hatodik elem az összetett index értéke, amely a részindexekből származtatott, súlyozott mutató. Az index egy dimenzió nélküli érték, ami az egységnyi tűzfronton mérhető tűzintenzitás mértékére utal, ezért kiterjedt tüzek esetén használható a tűz eloltásához szükséges feltételek meghatározásához is [31].

Tekintettel arra, hogy a szabadterületi tüzek a finom biomasszában keletkeznek és terjednek a legkönnyebben, ezért a tavaszi időszakban a tűzveszélyes időszak meghatározásánál a finom biomasszára vonatkozó komponens értékeinek alakulását kell nyomon követni. Ez a részindex a megelőző egy-három nap időjárási paramétereinek változására reagál, így a gyorsan változó tavaszi időjárás hatására ezen érték növekedésével a tüzek bekövetkezésének valószínűsége is exponenciálisan növekszik [32]. Ezen részindex hazai viszonyok közötti viselkedésének meghatározása további kutatásokat igényel.

A modell működéséből fakadóan a tűzszezon elején megközelítőleg egyhónapos átmeneti időszakra van szükség, amíg a biomasszára vonatkozó részindexek számított értékei egyensúlyba kerülnek a meteorológiai viszonyokból fakadó nedvességtartalom változásokkal [33].

Emellett összehasonlító vizsgálatokat kell végezni az index biomasszára vonatkozó három komponensének és az adott területen regisztrált tűzaktivitás (tűzesetszám, tűzterjedés), valamint a helyben mért meteorológiai adatok figyelembevételével. A validálás során az index értékeitől független, a hazai meteorológiai állomásokból nyert adatsorral is összehasonlítást kell végezni [34] [35].

A fokozottan tűzveszélyes nap meghatározásához a hőmérsékletet, a szélsébséget, a szélirányt, a relatív páratartalmat, az előző napok csapadékát, a megelőző napokban kialakult tűzesetek számát, a leégett területet és a biomassza szárazságát kell figyelembe venni. Azt a napot tekinthetjük tűzveszélyes napnak, amikor egy szintet elér ezeknek a kombinációjából számított érték [36] [37].

Megvizsgáltuk, hogy milyen lehetőségek vannak a tűzveszély meghatározásra. Hazai viszonyok között két alapvető kérdés merül fel a bevezetést illetően. A tűzszezon indításához meg kell határozni a Tűz Időjárási Index indító paramétereinek értékeit és vizsgálatot kell folytatni arra vonatkozóan, hogy az időjárási index napi értékeinek, a statisztikai adatok és a meteorológiai paraméterek kiértékelésével milyen kritériumok alapján határozhatók meg a tűzveszélyes napok.

Összegzett következtetések

Az Európai Unió az olyan vegetációtűz-menedzsment stratégiák és politikák fejlesztését támogatja, amelyek egységes szemléletben kezelik a tájhasználat, a tűz megelőzés, valamint a tűzoltás problémáit, valamint megfelelő mennyiségű, minőségű információt tudnak szolgáltatni a döntéshozók és az érintett lakosság számára a vegetációtűz-veszély időbeli és térbeli változásáról.

Az Európai Unió területén az Európai Erdőtűz Információs Rendszer szolgál a tagországokban bekövetkezett tűzesetek regisztrálására, az adatgyűjtési rendszerek összehangolására és a napi tűzkockázat értékelésére. A tűzkockázati index a tűzkörnyezet azon állandó és változó összetevőinek változását követi nyomon, amelyek meghatározzák a biomassza-gyűlékonyságot, a tűz terjedési sebességét és azokat, amelyek a tűzoltás során a kontrollálási nehézségeket okozzák. Az indexet egy általános modell alapján adaptálták Európára, továbbá az index nem hazai meteorológiai adatok alapján számol, ezért a helyi viszonyokra csak megfelelő vizsgálatok elvégzése után használható.

Hazai viszonyok között két alapvető kérdés merül fel a bevezetést illetően. A tűzszezon indításához meg kell határozni a Tűz Időjárási Index indító paramétereinek értékeit és vizsgálatot kell folytatni arra, hogy az időjárási index napi értékeinek, a statisztikai adatok és a meteorológiai paraméterek kiértékelésével milyen kritériumok alapján határozhatók meg a tűzveszélyes napok.

A tűzgyűjtési tilalom jelenlegi hazai rendszere a közigazgatási szervezeti változások, a megváltozott tűzvédelmi szabályozás, az aktívabb tűz megelőzési kommunikáció és a változó tűzgyűjtési

szokások miatt változtatásra szorult. Az elmúlt évben hatályba lépett szabályozás lehetőséget ad arra, hogy a fokozottan tűzveszélyes időszakokban elrendelt tűzgyújtási tilalom rendszerének fejlesztésével rugalmassá tehető a tilalmi rendszer. Adott esetben nem kell az egész országra vagy megyére elrendelni általános tilalmat, hanem csak a valóban veszélyeztetett országrészekre. Egy meteorológiai alapon működő tűzveszély-értékelő rendszer magyarországi bevezetésével differenciáltan rendelhető el a szükséges korlátozások, így csak a legszükségesebb esetben, a legkisebb helyen és a legrövidebb ideig akadályozza a tűz megelőzéshez kapcsolódó tilalom az erdőgazdálkodási tevékenységek végzését és az erdő közjóléti funkciójának hasznosítását.

Felhasznált irodalom

- [1] *Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment, Hazard Specific Risk Assessment* (2017). UNISDR. Forrás: www.unisdr.org/files/52828_06wildfirehazardandriskassessment.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [2] A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdőtűz Információs Rendszer adatai. Budapest, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.
- [3] DEBRECENI Péter et al. (2015): Erdő- és vegetációtüzek Magyarországon. Átalakuló területi, időbeli jellemzők. *Erdészeti Lapok*, 60. évf. 4. sz. 106–108.
- [4] PADÁNYI József – HALÁSZ László (2012): *A klímaváltozás hatásai*. Tanulmány, Budapest, Nemzeti Köszolgálati Egyetem, 157.
- [5] 1996. évi LIV. törvény az erdőről és az erdő védelméről
- [6] 2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról
- [7] 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről
- [8] 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás szabályairól
- [9] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- [10] 1996. évi LIII. törvény a természet védelméről
- [11] 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- [12] 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a levegő védelméről
- [13] 67/1998. (IV. 3.) Korm. rendelet a védett és fokozottan védett életközösségekre vonatkozó korlátozásokról és tilalmakról
- [14] SZABÓ-TÓTH Kinga et al. (2012): *Az erdőtüzek szociológiai vizsgálata Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. Empirikus kutatások és elemzések*. Miskolc, Miskolci Egyetem Szociológiai Intézet.
- [15] Elmult évszakok időjárása. Országos Meteorológiai Szolgálat. Forrás: www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa (A letöltés dátuma: 2018. 12. 27.)
- [16] LAWSON, B. D. – ARMITAGE, O. B. (2008): *Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Edmonton, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. Forrás: <http://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/29152.pdf> (A letöltés dátuma: 2013. 07. 31.)
- [17] NAGY Dániel (2008): *Az erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata*. Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem, 33.
- [18] *International Handbook on Forest Fire Protection* (2001). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forrás: www.fao.org/forestry/27221-06293a5348df37bc8b14e24472df64810.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 12. 27.)
- [19] GFMC Wildland Fire Early Warning Portal. Forrás: www.fire.uni-freiburg.de/fwf/fwf.htm (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [20] *FAO Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the Baltic Region and adjacent countries* (2006). Fire Management Working Paper 7. Forrás: www.fao.org/forestry/site/fire-alerts/en (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)

- [21] *FAO Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the Mediterranean Region* (2006). Fire Management Working Paper 8. Forrás: www.fao.org/forestry/site/fire-alerts/en (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [22] *FAO Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the North East Asian Region* (2006). Fire Management Working Paper 6. Forrás: www.fao.org/forestry/site/fire-alerts/en (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [23] *FAO Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the South East Asian Region* (2006). Fire Management Working Paper 10. Forrás: www.fao.org/forestry/site/fire-alerts/en (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [24] European Forest Fire Information System. Forrás: <http://effis.jrc.ec.europa.eu> (A letöltés dátuma: 2015. 02. 24.)
- [25] NAGY Dániel et al. (2007): Meteorológiai és geoinformációs módszerek alkalmazása az erdőtűz megelőzésében. In MÁTYÁS Cs. – VIG P. szerk.: *V. Erdő és Klíma Konferencia*. Mátrafüred: Nyugat-magyarországi Egyetem, 162–170.
- [26] US National Fire Danger Rating System. Forrás: www.wfas.net/index.php/fire-danger-rating-fire-potential-danger-32 (A letöltés dátuma: 2018. 04. 22.)
- [27] XIAO-RUI, Tian et al. (2004): Comparisons and assessment of forest fire danger systems. *Forestry Studies in China* 7, 53–61. Forrás: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11632-005-0058-0> (A letöltés dátuma: 2018. 12. 27.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11632-005-0058-0>
- [28] POLJANSEK, Karmen et al. (2017): *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*. Executive Summary. Luxembourg, Publications Office of the European Union. Forrás: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/science-disaster-risk-management-2017-knowing-better-and-losing-less> (A letöltés dátuma: 2018. 04. 25.) DOI: <https://doi.org/10.2760/451402>
- [29] CHUIVECO, Emilio et al. (2012): Integrating geospatial information into fire risk assessment. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 23, No. 5. 606–619. Forrás: www.researchgate.net/publication/236942076_Integrating_geospatial_information_into_fire_risk_assessment (A letöltés dátuma: 2018. 04. 26.) DOI: <https://doi.org/10.1071/WF12052>
- [30] TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira et al. (2017): Analysis of efficiency of fire danger indices in forest fire prediction. *Árvore*, Vol. 41, No. 2. Forrás: www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622017000200109&script=sci_arttext (A letöltés dátuma: 2017. 09. 22.) DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000200009>
- [31] WAGNER, C. E. van (1974): *Structure of Canadian Forest Fire Weather Index*. Ottawa, Department of the Environment, Canadian Forestry. Forrás: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.3231&rep=rep1&type=pdf> (A letöltés dátuma: 2013. 07. 31.)
- [32] WOTTON, Mike (2009): *A grass moisture model for the Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Conference: 8th Fire and Forest Meteorology Symposium, At Kalispell. Forrás: www.researchgate.net/publication/253644923_A_grass_moisture_model_for_the_Canadian_Forest_Fire_Danger_Rating_Sytem (A letöltés dátuma: 2013. 07. 31.)
- [33] BEDIA, Joaquín et al. (2017): Seasonal predictions of Fire Weather Index: Paving the way for their operational applicability in Mediterranean Europe. *Climate Services*, Vol. 18, No. 4. Forrás: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880716300826 (A letöltés dátuma: 2017. 09. 07.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.04.001>
- [34] DE JONG, Mark et al. (2016): Calibration and evaluation of the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System for improved wildland fire danger rating in the United Kingdom. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 16, 1217–1237. Forrás: www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/16/1217/2016 (A letöltés dátuma: 2017. 09. 22.) DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1217-2016>
- [35] BEDIA, J. et al. (2012): Sensitivity of fire weather index to different reanalysis products in the Iberian Peninsula. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 12, No. 3. 1–10. Forrás: www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/699/2012/nhess-12-699-2012.html (A letöltés dátuma: 2017. 09. 07.) DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-12-699-2012>
- [36] TEKNŐS László (2017): A lakosság szélsőséges időjárási eseményekre történő felkészítésének lehetőségei Magyarországon I. *Bolyai Szemle*, 26. évf. 3. sz. 137–160.

- [37] *More about Fire Danger Ratings*. South Australian Country Fire Service. Forrás: www.cfs.sa.gov.au/site/bans_and_ratings/more_about_fire_danger_ratings.jsp (A letöltés dátuma: 2017. 09. 07.)
- [38] AGUADO, I. et al. (2007): Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 16, No. 4. 390–397. Forrás: www.researchgate.net/publication/225076601_Estimation_of_dead_fuel_moisture_content_from_meteorological_data_in_Mediterranean_areas_Applications_in_fire_danger_assessment (A letöltés dátuma: 2018. 05. 03.) DOI: <https://doi.org/10.1071/WF06136>
- [39] WOTTON, M. (2009): *A grass moisture model for the Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Conference: 8th Fire and Forest Meteorology Symposium, At Kalispell. Forrás: www.researchgate.net/publication/253644923_A_grass_moisture_model_for_the_Canadian_Forest_Fire_Danger_Rating_System (A letöltés dátuma: 2013. 07. 31.)

