

VÉDELEM

Tudomány

A KATASZTRÓFAVÉDELEM ONLINE SZAKMAI, TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

10. ÉVFOLYAM 3. SZÁM (2025)



Szerkesztőbizottság:

Dr. Berki Imre

Katasztrófavédelem Központi Múzeum
igazgató

Dr. Bognár Balázs tő. dandártábornok

Katasztrófavédelmi Tudományos Tanács
elnök

Dr. Hábermayer Tamás tő. ezredes

Katasztrófavédelmi Tudományos Tanács
alelnök

Dr. Jackovics Péter tő. ezredes

Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály főosztályvezető

Dr. Kanyó Ferenc tő. ezredes

Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság
tűoltósági főfelügyelő

Dr. Mógor Judit tő. vezérőrnagy

Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
hatósági főigazgató-helyettes

Prof. Dr. Pátzay György

Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Katasztrófavédelmi Intézet Iparbiztonsági Tanszék
professor emeritus

Dr. Tóth András tő. alezredes

Zala Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
polgári védelmi főfelügyelő

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Hábermayer Tamás tő. ezredes

Olvasószerkesztő:

Dr. Ackermann Zsuzsanna tő. alezredes

Takács Gergely tő. főhadnagy

Technikai szerkesztő:

Dr. Tóth András tő. alezredes

Dr. Győző-Molnár Árpád tő. alezredes

ISSN:

ISSN 2498-6194 (Online) 10. évfolyam

Felelős kiadó:

Dr. Góra Zoltán tő. altábornagy főigazgató

Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi
Főigazgatóság, 1043 Budapest, Mogyoródi u. 43.

Tartalomjegyzék

Dombrády Gábor	1-13
A katasztrófavédelmi műveletekbe bevont helikopterek logisztikai biztosítása II. rész	
Dr. Mógor Judit, Dr. Baloghné Pruha Mária Anett	14-25
A kockázat alapú gondolkodás gyakorlati elemei a kritikus szervezeteknél I. rész	
Orgoványi Péter	26-44
A magyar ivóvízhálózatok statisztikai értékelése a kritikus infrastruktúra-védelem keretében	
Kozma Sándor, Bori Milán	45-58
Kockázatok csökkentése és a balesetek megelőzése a vasúti veszélyesáru-szállítás ellenőrzése során	
Dobai András, Dobos Endre Zsolt	59-72
GIS alapú villámárvíz-kockázati térképezési módszertan eredményeinek bemutatása	
Dr. Tóth András	73-86
A Mura folyón 2023. augusztusában levonult ár védekezési munkálatainak katasztrófavédelmi tapasztalatai	
Dsupin Gyula	87-100
Rendkívüli események kezelését célzó külföldi projektek és informatikai fejlesztése bemutatása	
II. rész: az EDERA projekt	
Kovács Nándor	101-132
The role of controlling in public finance: a systematic literature review with a disaster management perspective	
A kontrolling szerepe az államháztartásban: szisztematikus irodalomelemzés katasztrófavédelmi kitekintéssel	

A katasztrófavédelmi műveletekbe bevont helikopterek logisztikai biztosítása II. rész

Logistical support for helicopters involved in disaster management operations Part II.

Dombrády Gábor tű. alezredes
Szabolcs-Szatmár-Bereg Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Mátészalkai Katasztrófavédelmi Kirendeltség
tűzoltósági felügyelő
gabor.dombrady@gmail.com
ORCID: 0009-0002-7339-9545 

Absztrakt:

Jelen tanulmány célja, hogy bemutassa a helikopterek logisztikai támogatásának lehetséges formáit, különös tekintettel az erdő- és vegetációs tüzesetek során. Ismertetésre kerülnek az üzem- illetve oltóanyag vételezése során betartandó biztonsági előírások, az oltóanyag ellátásának lehetséges megoldásai, azok előnyeinek és hátrányainak ismertetésével. A beavatkozás hatékonyságának növelése érdekében szükséges technikai módosítások és fejlesztések mellett a légi műveleti koordinátor, mint új beosztás is bemutatásra kerül, amely a bel- és külföldi szabadtéri tüzesetek során tapasztaltak alapján az események felszámolásánál nélkülözhetetlen feladatkörként jelenik meg. A tanulmány zárásaként összegzésre kerülnek mindazon fejlesztési javaslatok, amelyek személyi, technikai és képzési szinten is ajánlásokat fogalmaznak meg, melyek által a helikopterek jelenlétében történő beavatkozások gyorsabbak, hatékonyabbak és biztonságosabbak lehetnek a jövőben.

Kulcsszavak: helikopter biztonság, katasztrófavédelem, logisztikai támogatás, légi műveleti koordinátor, képzés, fejlesztés

Abstract:

This study presents the possible forms of helicopter logistical support, with particular attention to forest and vegetation fires. The safety regulations to be observed during the procurement of fuel and extinguishing agents, the possible solutions for the supply of extinguishing agents, and their advantages and disadvantages are described. In addition to the technical modifications and developments necessary to increase the efficiency of the intervention, the air operations coordinator is also presented as a new role, which, based on the experiences during domestic and foreign vegetation fires, appears as an indispensable task in the elimination of incidents. The study concludes with a summary of all development proposals that formulate recommendations at the personal, technical and training levels, which will make interventions in the presence of helicopters faster, more efficient and safer in the future.

Keywords: helicopter safety, disaster management, logistical support, air operations coordinator, training, development

1. BEVEZETÉS

A tanulmány első részében ismertetésre kerültek azon helikopter típusok, amelyekkel egy-egy káresemény során találkozhatunk, kiemelve mindazon veszélyforrásokat, amelyek hatással lehetnek testi épségünkre és biztonságunkra. Ezt követően a veszélyforrásokra adható válaszlépéseket, a helikopterek környezetében tanúsítandó magatartási formákat és biztonsági előírásokat mutattam be, melyek betartása esetén garantálhatjuk saját, társaink és a társszervek tagjainak testi épségét. Végül pedig megismerhettük a lehetséges kommunikációs csatornákat, amelyek a légi- és földi személyzet tagjai között elengedhetetlenek.

Az általános bemutatást követően jelen írás a helikopterek szabadtéri tűzesetek helyszínén történő alkalmazására fókuszál, amely, mint látni fogjuk egy olyan összetett helyszínné és feladatkörre válik, amelynek a logisztikai területet érintő megtervezése már a felkészülési, képzési időszakban el kell, hogy kezdődjön.

A tanulmány zárásaként megfogalmazásra kerülnek majd mindazon fejlesztési javaslatok, amelyek bevezetése, alkalmazása esetén a katasztrófavédelmi műveletekbe bevont helikopterek logisztikai biztosítása hatékonyabbá válhat általunk.

2. LOGISZTIKAI HÁTTER BIZTOSÍTÁSA ERDŐTŰZ OLTÁSA SORÁN

2.1. Biztosítás üzemanyagtöltés során

Az üzemanyag szállítását és a helikopterek tankolását a Magyar Honvédség saját logisztikai alakulatai hajtják végre, melynek során, amennyiben szükséges és a honvédség földi egységei igénylik, tűzoltói biztosításra is sor kerülhet. Ezt történhet a MH saját tűzoltó alegységei által, amennyiben a helyszínen tartózkodnak, illetve ebben közreműködhet a katasztrófavédelem is. Ehhez alapvetően a rendszeresített gépjárműfecskendők és az azokon málházott szakfelszerelések megfelelőek lesznek. Mivel nagy mennyiségű repülő üzemanyag lehet a helyszínen a tankolás végrehajtása során, a tűzoltóság részéről is megfelelő szintű biztosítást kell nyújtani, amelyhez rendelkezésre kell, hogy álljon a helyszínen oltóhab, illetve víz, a személyi állomány részéről pedig a rendszeresített, teljes védőöltözet. Az üzemanyag vételezés, tankolás végrehajtása során a helikopterek leszállási területének általános biztosítási szabályait kell betartani. Az üzemanyag töltését végrehajtó honvédségi erők helyszínen tartózkodó parancsnokával a háttérparancsnoknak minden esetben egyeztetni, illetve együttműködni kell, és alapvetően az ő igényeiket figyelembe véve kell a helyszín biztosításában közreműködni a készenléti szolgálatnak. A háttérparancsnok feladata nem csak a koordináció és egyeztetés végrehajtása lesz, hanem a biztosító állomány felkészítése a várható feladatokra, figyelmük felhívása a várható veszélyekre és betartandó biztonsági előírásokra. A koordináció keretében a háttérparancsnok nem csak a honvédség földi erővel, hanem a légi egységet irányító földi személlyel, a légi műveleti koordinátorral is tartsa a kapcsolatot, amely során jelentse a helikopterrel kapcsolatos eseményeket, mint például az üzemanyag vételezés megkezdése, befejezése, oltóanyag utántöltés megkezdése, befejezése, illetve bármi olyan mozzanatot, eseményt, amely befolyásolja a helikopter tűzoltás helyszínére való kiérkezését.

2.2. Oltóanyag ellátás

Az oltóvízzel történő ellátás során természetes és mesterséges vízvételi forrásokat vehet igénybe a helikopter személyzete az oltóanyag, a víz felvételéhez.

2.2.1. Természetes vízforrások előnyei és azok hátrányai

Természetes lesz az összes állóvíz, illetve olyan szabadtéri vízforrás, amelybe a helikopter képes megmeríteni a Bambi Bucketet. Ezek előnye, hogy rendelkezésre állnak azonnal és a nagy kiterjedésnek köszönhetően könnyebb a vízszállító eszközének megmerítése. Hátránya lehet viszont, hogy nagy távolságra helyezkedik el a tűzoltás helyszínétől, így csökkentett hatásfokkal alkalmazható továbbá igénybevételének költsége és az oltás hatásfoka nem áll összhangban, az aránytalanul magassá válik. A víz felszínén úszó tárgyak, hulladék lehet, amely a bucket károsodásához vezethet, illetve amennyiben valakit a kiáramló vízzel együtt zuhanó tárgy eltalál, még nagyobb sérülést okozhat. Ezen kívül a nyitott, szabad vízforrások sok esetben, mint sportolási helyszínek jelennek meg a lakosság körében, ahol horgászhatnak, csónakázhatnak, úszhatnak emberek, ezért potenciálisan ők is veszélyben lehetnek a helikopter vízfelszín feletti tartózkodása során, továbbá a bámsztkodó tömeg színhelye lehet, amely szintén növeli a kockázatot ezen helyen történő vízvételéskor. A szabad vízfelszín alkalmazása esetén a logisztikai biztosítás megszervezéséért felelős háttérparancsnok vegye figyelembe, hogy a vízvétel helyszínét megfelelő rendőri erővel, polgárőrökkel biztosítsa vagy zárja le annak érdekében, hogy oda illetéktelen személy a saját testi épsége megóvása érdekében ne léphessen be. A helikopter személyzetének védelme érdekében javasolt vízi biztosító erő helyszínre rendelése, például egy tűzoltósági motorcsónak, amely a helikopter esetleges vízbecsapódása, vízen landolása esetén azonnal a személyzet segítségére tud sietni. Ebben az esetben ennek a biztosító erőnek addig kell a helyszínen készenlétben maradnia, ameddig a légi egység a vízvételéseket végrehajtja.

2.2.2. A mesterséges vízforrások előnyei és azok hátrányai

A mesterséges vízforrás lehet egy megfelelő méretű merítő medence, amelyet a földi egységek alakíthatnak ki, továbbá ilyen vízforrásnak tekinthetjük azt az esetet, amennyiben a földi személyzet tölti meg a Bambi Bucketet.

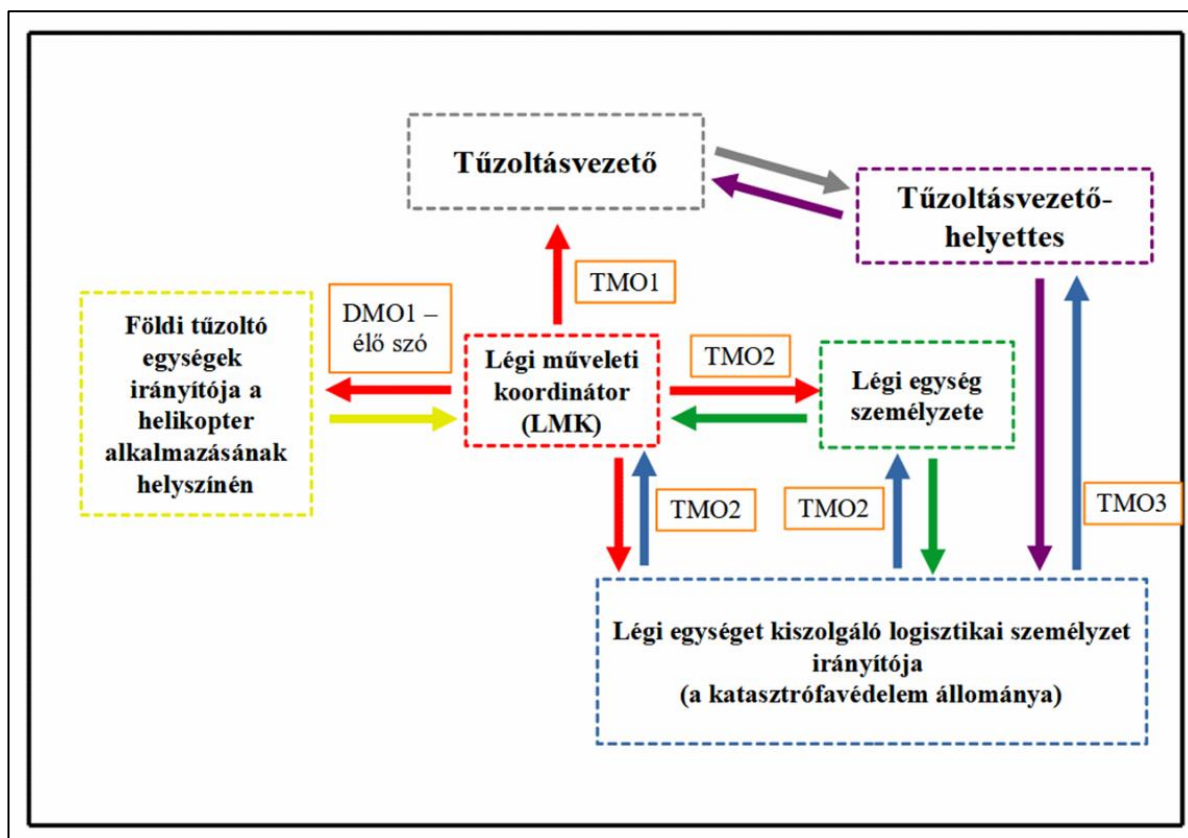
A mesterséges vízforrások előnye, hogy a káresemény helyszínéhez közel lehet kialakítani, így az igénybevétel költsége és a hatásfokkal arányos lesz és megfelelő mértékű, mivel a repülési távolság lerövidül és vizet is hamarabb juttathatunk az égő területre. Továbbá az őrzés védelme a vízvételi helyszínnek jobban megoldható, környezete lezárható így illetéktelen személy oda belépni nem tud, nem kerül veszélybe. A mesterséges vízvételi helyek kialakítása környezetvédelmi szempontból is előnyösebb, mivel így a helikopternek nem kell a természetes vízfelszín felett repülnie és így elkerülhető, hogy a helikopter esetleges műszaki meghibásodása esetén valamilyen technikai folyadék a természetes vízforrásba jusson és elszennyezze azt. A megfelelő eszközök segítségével akár az is megoldható, hogy a természetes vízforrásból nyert vizet közvetíthetjük a mesterséges víztározó medencébe, így elkerülhetjük a fentebb említett veszélyeket. A mesterséges vízvételzés másik alternatívája lesz, amikor a földi személyzet tömlők segítségével tölti fel a helikopter Bambi Bucketjét, amely eközben a levegőben tartózkodik. Ennek kivitelezése több módon is lehetséges. Amennyiben rendelkezésre áll megfelelő vízhozammal rendelkező természetes vízforrás, úgy egy átemelő szivattyú segítségével nem egy mobil víztározó medencét, hanem közvetlenül a Bambi Bucketet töltjük meg vízzel. Amennyiben természetes vízforrás nem áll rendelkezésre, úgy egy nagy kapacitású vízszállító szerből kell, hogy megtápláljuk a Bambi Bucketet. Ebben az esetben a vízszállító, mint puffer tartály fog működni és vízszállítók illetve/vagy fecskendők segítségével átadjuk ennek, a minimum 7.000 literes vízszállítónak a vizet, azonban optimálisabb a 10.000 literes vízszállító alkalmazása erre a feladatra. Kombinálhatjuk a vízszállítást végző szerek és a mobil víztározó medence, illetve átemelő szivattyú alkalmazását is. Ebben az esetben a mobil víztározó medence szolgál puffer tartályként, a vízszállítást végző szerek a vizet a tartályba szállítják, míg az átemelő szivattyú továbbítja a vizet a Bambi Bucketekig. Hátránya lesz a mesterséges vízforrásoknak, hogy a kialakításához megfelelő erőre és eszközökre lesz szükségünk, amelyet a helyszínre kell szállítani és amely tartósan elvonja az ott készenlétben tartott erőket.

2.3. A helikopterek és a vízdobás koordinálása, avagy a légi műveleti koordinátor megszületése

Az oltóvíz felvételét követően annak megfelelő, célzott helyre történő kijuttatása jelenti a földi személyzet következő logisztikai jellegű kihívását. Ehhez a földön és levegőben dolgozók összehangolt koordinációjára lesz szükség, valamint aktív kommunikációjára. Kommunikációra alapvetően VHF/UHF rádiót használ jelenleg a MH, mellyel azonban a katasztrófavédelem nem rendelkezik, nem ez az elsődleges rádióforgalmazási platformja. Megoldás lehet a MH részéről földi személyzet, egy összekötő delegálása a tűzoltás vezetője mellé, mivel így rendelkezésre állna megfelelő kommunikációs eszköz, viszont ebben az esetben torzulhat a tűzoltás vezető kérése, amennyiben nem egy tűzoltásban is jártas személyen keresztül tud kommunikálni a helikopter személyzetével. Rendelkezésre áll továbbá az EDR EMÜ csatorna, amelynek köszönhetően könnyen kommunikálni tud egymással a két szervezet. Ennek alkalmazása egyeztetést igényel a helikopter személyzete és a tűzoltás vezetője között, illetve a helikopter riasztását végrehajtó légi irányítás és a katasztrófavédelem Műveletirányítása között. Az EDR-en keresztül történő forgalmazás bizonyította már működőképességét gyakorlatok és éles káresemények felszámolása során, így ennek alkalmazását látom kézenfekvőnek. [1]

A kommunikációs csatorna megléte és a folyamatos, közvetlen kapcsolat a földi és légi személyzet között a siker egyik alapköve, azonban a következő lépés az oltóanyag megfelelő helyre juttatása, amely sikerre vezet a tűz oltását. Ehhez egy olyan földi, összekötő személyre lesz szükségünk, aki megfelelő tűzoltási tapasztalatokkal rendelkezik, megfelelő ismeretekkel a helikopter irányításával kapcsolatban, ismeri a légi tűzoltás és a vízdobás alapvető szabályait és rendelkezésére áll a megfelelő kommunikációs eszköz. Amennyiben ezeket a kritériumokat teljesíteni tudjuk, megkapjuk a légi műveleti koordinátorunkat (a továbbiakban: LMK). Az LMK feladata lesz a helikopterek vízdobási helyszínre irányítása, a dobás műveletének koordinálása, illetve a tűz frontjában, a dobás helyszínén tartózkodó, tűzoltást végző személyek koordinálása az őket közvetlenül irányító tűzoltás vezetésével megbízott személyen keresztül.

A végrehajtott dobásokat, annak eredményét közvetlenül jelenti a tűzoltás vezetőjének, illetve javaslatot fogalmazhat meg számára a helikopter alkalmazását illetően. Az LMK a tűzoltás vezetője mellett kapcsolatot tart a helikopter logisztikai ellátásáért felelős háttérparancsnokkal is, amennyiben ilyen beosztás kialakításra került. A megfelelő tűzoltás vezetői és légi tűzoltással kapcsolatos ismeretek elsajátítása, illetve megléte elengedhetetlen az LMK számára, ugyanis a légi tűzoltás önmagában nem vezet sikerre, a földi személyzet szükséges az utómunkálatok végrehajtásához, a tűz végleges eloltásához. Viszont a földi személyzet biztonságának megtartása ebben az esetben az LMK feladata lesz, mivel az általa meghatározott helyszínre és módon kerül majd kijuttatásra az oltóanyag. Az LMK hiányában a ledobott víz kárt tehet a földön tartózkodó és beavatkozó állományban és technikában, továbbá olyan tűz eloltása is bekövetkezhet, amely a beavatkozó erők által került meggyújtásra, mint ellentűz és amely így funkcióját veszítheti, hátráltatva ezzel az oltás sikerét. A helikopterrel történő kommunikáción belül megfelelő ismeretekkel kell rendelkezzen a koordináta meghatározásban, amely a helikopterek esetében a WGS 84 típusú koordináta lesz, illetve a helikopter személyzete számára meg kell tudni határozni az elvárt és alkalmasnak vélt vízdobási mintázatot, melyhez a helikopter repülési magasságát és sebességét kell megváltoztatnia. Az LMK által a pilóta felé meghatározott utasítások, mint a légi tevékenységeknél általában, nem kötelező érvényűek, mivel minden esetben a pilóta felül írhatja azt, mint a helikopter tevékenységéért és épségéért felelős személy.



1. ábra: Lehetséges kommunikációs kapcsolat a káresemény helyszínén (készítette a szerző)

3. LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI ÉS MEGOLDÁSI JAVASLATOK

3.1. Oktatás, képzés a drónok bevonásával

A bemutatott kézjelekkel történő kommunikáció elsajátítása, mint ahogy írásomban is említettem, nem szokatlan a készenléti jellegű szolgálat tagjai számára, akik megszokták már, hogy sokszor zajterhelés mellett kell, hogy kommunikáljanak. Így történik ez például a daruval történő különböző emelési feladatok végrehajtása során is, ahol a teherkötözői foglalkozásokon elsajátított tudásnak köszönhetően a daru kezelője és a daruzást irányító személy képesek élő szó nélkül, pusztán kézjelekkel is megértetni a végrehajtandó feladatot. A helikopterek irányításához használt kézjeleknek, mozdulatoknak több változata is létezik, az általam említettek a legalapvetőbb helikopteres mozgásformák, amelyekkel találkozhatunk, és amelyek elegendőek lehetnek ahhoz, hogy a pilóták megértsék szándékunkat. A képzés elméleti és gyakorlati részből állhat. Az elméleti részében a foglalkozáson résztvevők megismernék a kézjeleket, a leszállási hely ideális paramétereit, a biztosítás követelményeit, a helikopter főbb veszélyforrásait. A gyakorlati foglalkozáshoz, mivel helikopter nem áll rendelkezésre, ezért érdemes lehet akár a vármegyei igazgatóságokon rendszeresített drónok bevetése. Ezek földre irányítása során akár videó is készíthető az alkalmazott kézjelekről, melyet ezt követően tanulási, tanítási célra is fel lehet használni. Mivel a drón alkalmazása költséghatékony, nem igényel nagyobb szervezést, nem von el nagy erő- és eszközt sehonnán, mindenhol rendelkezésre áll, gyorsan bevethető és nem igényel nagy területet alkalmazásuk, illetve kellően nagyok és láthatóak, ezért ez lehet a legkézenfekvőbb megoldás. A szituációban minden mozdulatot elpróbálhatnak az oktatáson résztvevők, kezdve a leszállási terület felmérésével, kijelölésével és biztosításával, illetve visszajelzést is kaphatnak a drón pilótákon keresztül az általuk végzett/végrehajtott irányítási tevékenységről. A képzést vármegyei szinten így mindenki meg tudja oldani minimális erőbefektetés és eszközráfordítás árán, melynek köszönhetően az év folyamán többször is végezhetnek ilyen gyakorlati foglalkozásokat.

Mivel fontos elsajátítani ezt a tudást és azt frissen is kell tartani, ezért javaslom az éves kiképzési tervbe beépíteni, mint kötelező oktatási elem és azt évente legalább egy alkalommal, de ideális esetben félévente egy alkalommal megtartani. Központilag oktatási előadásanyag illetve videós melléklet is készíthető hozzá, amely megkönnyíti az állományt oktató személy feladatát. A fentebb említett képzéshez így igazából rendelkezésre áll a megfelelő technikai háttér, az elméleti előadás elkészítése pedig szintén könnyen kivitelezhető. A képzés nem csak a hivatásos állomány, hanem az önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesületek állománya számára is mértékadó és fontos volna, mivel egy-egy komplexebb káreset során kerülhetnek olyan helyzetbe, ahol akár ők maguk is végre kell, hogy hajtsák ezeket a manővereket, eljárásokat, illetve rendelkeznek a helikopter helyszínének biztosításához szükséges technikai háttérrel.

3.2. VR technológia alkalmazása

A helikopterek fizikális megismerése első sorban azon tűzoltóságok esetében valósítható meg könnyebben, ahol helikopteres egységek a közelben vannak. Mivel ez a szám nagyon alacsony, ezért olyan megoldások alkalmazása is szükséges, ami minden tűzoltóság részére biztosítja a felkészítést. Erre egy viszonylag új technológia is a segítségünkre lehet, mégpedig ez a virtuális valóság alkalmazása. Ehhez alapvetően szükségünk lesz egy software-re és magára a VR technológiát alkalmazó eszközparkra. A VR technológia oktatási, tájékoztatási célú alkalmazása nem idegen a katasztrófadelem rendszerében, ugyanis minden vármegye ellátásra került ilyen eszközökkel, így a hardware része adott. Jelenleg a tűz megelőzés és a tűzvizsgálat területén kerültek software-k bemutatásra, elkészítésre, azonban ezek a programok kiegészíthetők lennének egy olyan szimulációs programmal, amelyben a kontrollerek segítségével helikoptert tudnánk kézjelekkel a földre irányítani. A Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesületének (a továbbiakban: RSOE) VR technológiájáért és az ehhez köthető fejlesztésekért felelős személlyel történt egyeztetést követően, elmondása alapján kialakítható egy ilyen alkalmazás, amely jelentős mértékben segítené az állomány oktatását és tudásának szinten tartását. Az RSOE tagjának elmondása alapján hasonló program már elkészítésre került a Miskolci Rendvédelmi Technikum számára, ahol a rendőr tanulók a kézjelekkel történő forgalomirányítást gyakorolhatják.

A programon belül ezen kívül gyakorolható lenne az az opció is, hogy mi a teendő egy helikopter visszazuhanása esetén, hogy a gépet leállíthassuk. biztonságos beavatkozás feltételeket megteremthessük. Egy ilyen programon keresztül a helikopterek vészleállítását gyakorolhatná az állomány egy valódi helikopter jelenléte nélkül akár egy tantermen belül is, illetve mivel minden hazai helikopter vezérlő felülete más és más metódust igényel annak leállítása, ezért ezen az egy programon keresztül minden helikopter esetében elpróbálhatjuk azok vészleállítását.

3.3. Az egyéni védőfelszerelés fejlesztése

Az egyéni védőeszközök fejlesztése első sorban a Légi Műveleti Koordinátor beosztásában lévő személyeket érintené, amely akár központilag is kialakítható, vármegyei szinten, nem szükséges azt az állomány minden tagja számára, illetve gépjármű fecskendőnként elhelyezni.

3.4. Rádiós mellények és headsetek alkalmazása

Az LMK számára, mivel a kommunikációs csatornákon keresztül legalább két különálló egységgel is kapcsolatban áll (irányítandó helikopter személyzete a honvédségnél és a tűzoltóság tűzoltás vezetője/háttérparancsnoka), fontos a rádiókapacitásának növelése anélkül, hogy kezei folyamatosan foglaltaknak lennének, mivel megbéníthatja őt mozgás, koordináta leolvasás, vagy a gép navigálása közben. Ennek legjobb megoldása egy rádiós mellény alkalmazása lenne, amelyen legalább két rádiót tudunk tárolni.

Több verziója is létezik, így találkozhatunk katonai kivitelűvel is, ahol egy úgy nevezett molle rögzítési rendszerű chest rigre helyezhetjük fel a szükséges célzsebeket, illetve létezik több változatban a tűzoltóság számára kialakított rádiótartó zsebbel ellátott mellény is, amelynek felülete fix, így az speciálisabb zsebekkel már nem bővíthető. Köszönhetően a mellényen tárolt rádióknak, azok a használója kezét nem foglalják le folyamatosan. A kommunikáció szempontjából az is fontos, hogy az adott és vett rádióforgalmazások jól érthetőek legyenek különösen olyan környezetben, ahol a tűz ropogó hangja vagy egyéb környezeti zajok megzavarhatják azt. Éppen ezért javasolt headsetek alkalmazása a rádiók esetén, illetve a koponyamikrofonnal ellátott, könnyített sisakok alkalmazása, amelynek köszönhetően az LMK által adott utasítások jól érthetőek lesznek, továbbá így kisebb a kommunikációból eredő hiba lehetősége. A rendszeresített Motorola MTP 3250 típusú rádiók jelenleg is rendelkeznek kézi mikrofonnal történő bővítési lehetőséggel, illetve a gáztömör védőruhák esetén is alkalmazható PTT gombos kezelőegységgel, amelyhez csatlakoztatni lehet koponyamikrofonnal ellátott headsetet. Tehát ezek is alapvetően rendelkezésre állnak a katasztrófavédelem rendszerében, így nagyobb beruházást nem igényel, csak a szettnek az összeállítását kell végrehajtani és azt ebben a formájában készenlétben tartani.



1. kép: Chest rig típusú málhamellény a Légi Műveleti Koordinátoron (készítette a szerző)



2. kép: Két rádió elhelyezésére alkalmas, fix elrendezésű mellény (készítette a szerző)

3.5. A tűzoltó gépjármű, mint tájékozdási pont

A helikopterekkel történő közös munka egyik sarkalatos pontja a saját helyzetünk meghatározása, továbbá egy olyan tájékozdási, viszonyítási pont meghatározása, amelyet a helikopter pilótája is jól be tud azonosítani a kárhelyszínen végrehajtott 360 fokos felderítő repülése során. Amennyiben jól beazonosítható pont vagy tereptárgy rendelkezésre áll, amely nem összetéveszthető más tereptárggyal, eszközzel, abban az esetben a légi irányításban segítő földi személyzetnek ideális helyzete van. Előfordulhat viszont, hogy nem áll rendelkezésre megfelelő azonosítási pont, amely esetben jól jöhet, ha a helyszínen tartózkodó, nagy felületű és a levegőből is jól látható tűzoltó gépjárművet adjuk meg, mint tájékozdási lehetőség. A tűzoltó gépjárművek esetén a katasztrófavédelem állománya számára egyértelműen megkülönböztethetőek a készenléti szerek, viszont a társszervek számára nem, így szükséges azok egyedi azonosítóval történő ellátása, amelyre hivatkozva a helikopter pilótája is képes a levegőből felismerni azt és egyértelműen beazonosítani. Éppen ezért javasolt volna a tűzoltó gépjárművek tetejének, illetve amennyiben személygépjárműről beszélünk, motorháztetejének megjelölése egyedi azonosítóval.

Ez a jelölés nem csak a tűzoltó gépjármű tetején, felfelé néző karosszéria elemein kerülne elhelyezésre, hanem oldalain is, annak érdekében, hogy a földi személyzet is le tudja azt olvasni. Nemzetközi szinten ez az eljárás már alkalmazott és kifejezetten a helikopterekkel végzett közös munka során már bizonyította létjogosultságát. A jelölések különböző betűkből és/vagy számokból továbbá bizonyos országokban egyéb piktogramokból álló kombinációk, amelyet a hazai igényeknek megfelelően alakítanak ki, így abban egységes nemzetközi előírásokat nem találunk. Hazánkban véleményem szerint az ideális jelölés betűk és számok kombinációja volna. Mivel egyedinek és rövidnek kell lennie, továbbá egy esetleges szercsere illetve újonnan rendszerbeállított szer esetén sem változtathatja meg a korábban kialakított és kiadott számsorokat, ezért javaslom a szerek vármegyei igazgatóságoként történő regisztrálását és megjelölését. Az egyedi azonosító a vármegye három betűs rövidítéséből (pl. Szabolcs-Szatmár-Bereg: SSB, Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság: FKI, Győr-Moson-Sopron:GMS) és a vármegye által meghatározott számból állna. A számsor minden esetben az egyes számtól indul. Ennek megfelelően például a Szabolcs-Szatmár-Bereg Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Katasztrófavédelmi Művelti Szolgálatának gépjárműve az SSB1 feliratot kapná, a Katasztrófavédelmi Mobil Labor az SSB2 feliratot, míg a Nyíregyháza HTP 1-es gépjárműfecskendője az SSB3 feliratot. Amennyiben egy tűzoltó szer a rendszerből kivonásra vagy más vármegyének átadásra kerül, abban az esetben a feliratot megfelelően módosítani kell és korábbi szolgálati vármegyéjében azt a számot ki kell vezetni vagy átadni más gépjárműnek. A megfelelő láthatóság érdekében a betűknek és számoknak legalább 400 mm-es mérettel kell rendelkezniük és piros alapszínen fehér, míg fehér alapszínen továbbá fém színén feketének kell lennie. Elhelyezés szempontjából a szerek fülkéjének teteje a legideálisabb. [2]

3.6. Erdő- és vegetációtüzes oltási egység

A helikopteres légítűzoltás egyik kardinális eleme a megfelelő vízellátás biztosítása. Ennek azonban megfelelő logisztikai háttérrel kell biztosítani, az eszközparkot folyamatosan bevezethető állapotban kell tartani a megfelelő kezelőszeméllyel. Ezért szükséges egy olyan logisztikai egység eseti kialakítása, amely bevezethető azon esetekben, ahol távolsági vízszállításra, légi tűzoltás vízellátásának biztosítására van szükség. Ennek az egységnek a neve lesz az erdő- és vegetációtüzes oltási egység (rövidítve: EVO). Az EVO alapvetően nem egy önálló gépjármű, hanem egy eszköz parkot sorakoztat fel és amelynek elemei, ha szükséges bizonyos mértékig cserélhetőek. Az EVO kialakításának lényege az, hogy amint a tűzoltás vezetője szükségesnek látja egy ilyen speciális háttér bevetését, abban az esetben nem neki kell kitalálni, hogy milyen erőket és eszközöket kell az adott feladatra leriasztani. Az EVO-t jelenleg is rendszeresített és rendszerben lévő tűzoltó gépjárművek alkotják, az elhelyezett tűzoltó technikákból, eszközökből pedig a készenléti szolgálat tagjai részben megfelelő technika kezelői végzettséggel rendelkeznek. Az EVO áll egy erdőtüzes konténerből, két darab legalább 7000 literes vízszállítóból (az ideális a 10.000 literes) és két darab gépjárműfecskendőből, amely vízszállítási kapacitása 4000-4000 liter. A vízellátás biztosítására természetesen egyéb szervezetek vízszállító járművei is igénybe vehetőek, mely esetben csökkenthető a katasztrófavédelem részéről bevetett eszközpark. Az EVO alkalmazásának módozatát már részleteztem. Amennyiben nem természetes vízforrásból biztosítjuk a vízfelszívást, úgy a nagyobb vízkapacitású vízszállítónk lesz a puffer tartály, amelyre folyamatos ingajáratban szállítják a vizet a gépjárműfecskendők, illetve a második vízszállító. Mivel a jelenleg rendszeresített Bambi Bucketek vízszállító kapacitása 2500 liter, ezért az egyszerre kivett víz mennyisége olyan mértékű még, amely viszonylag gyorsan pótolható lesz és ha szükséges, akkor annak utánpótlását a pufferként szolgáló vízszállító biztosítani tudja egy meghatározott ideig, így az ingajarat hossza/távolsága bizonyos mértékig növelhető. Amennyiben megfelelő vízhozamú, szabad vízforrás rendelkezésre áll a közelben, egy legalább 1500 liter/perces vízhozamú kismotorfecskendővel szintén biztosítani tudjuk a Bambi Bucketek vízellátását.

A helikopterek vízvételési helye egy kb. 100 x 100 méteres (sportpálya méretű) terület legyen, amelytől kisebb is kialakítható, amennyiben erről előzetesen egyeztetünk a bevetésre kerülő (Magyar Honvédség, Rendőrség) illetékes állományával. Ekkora területre azért van szükség, mert figyelembe kell venni azt is, hogy kényszerleszállás végrehajtása esetén a pilótának olyan helyre lesz szüksége, ahol nem tartózkodik élő erő, illetve egyéb technika. A kijelölt terület közelében nagyfeszültségű vezetékek, árbocok, ipari kémények stb. nem lehetnek, illetve a terület megközelítési és indulási irányában sem. A feltöltés helyszínén történő mozgás továbbá a helikopter megközelítésének szabályai a korábban leírtak szerint történjen. A helikopterek vízellátásának biztosítása azonban új technikai eszközök beszerzését is igényelni fogja, mely eszközöket az erdőtüzes konténereken tárolhatjuk.

3.6.1. Víz tározó medence

Első és egyben legfontosabb eszközünk egy víz tárolására alkalmas medence lesz, amely kellő mennyiségű vízzel tölthető fel, amelynek helyisége alacsony, megtelepítése egyszerű, amelynek szájnylása és mélysége alkalmas a Bambi Bucket befogadására. Ehhez elsőnek meg kell vizsgálnunk a Magyar Honvédségnél jelenleg is rendszeresített 5566 modellszámú, passzív feltöltéses Bambi Bucketek paramétereit. A befogadható maximális vízmennyiség 2500 liter. Gyártói előírás szerint a bucket megtöltéséhez egy olyan víztározó medence szükséges, amely közel 84 inch, tehát 2,1 méter mély, mivel maga a merítő edény 1,57 méter magas.[3]

A benne található súly miatt azonnal elsüllyed, nem szükséges egyéb mozgó manővert vele végrehajtania a pilótának. A víztározó mobil medence könnyű megtelepíthetősége és tárolása minimális méretre csökkentése érdekében javasolt a váz nélküli, úgy nevezett lebegő medencék beszerzése. A medence űrmérete esetében a 35.000 literes kivitelt javaslom, mivel annak vízzel történő feltöltése után a helikopterek, amennyiben a tüzeset helyszínétől 4 km-es vagy nagyobb távolságra kerülnek megtelepítésre, alkalmasak 1 órán át tartó, folyamatos működésre folyamatos vízutántöltés biztosítása nélkül is. A helyszínre rendelt tűzoltó szerek, amennyiben a fentebb írt ideális vízkapacitással rendelkeznek, tengelyen képesek akár közel ezt a 35.000 liter vízmennyiséget azonnal át is adni.

A fentebb említett paramétereknek többek között az optimal Umwelttechnik GmbH német cégcsoport által gyártott nyitott víztározó medencéje is. A víztározót a gyors összeszerelési lehetőség és a nagy stabilitás jellemzi. PES/PVC anyagból készült, amelynek szakítószilárdsága legalább 7000 N/5 cm, alaptömege pedig 1400 g/m². Probléma nélkül használható durva, egyenetlen terepen is, akár 12°-os lejtés mellett is. A 10 m³-től nagyobb tartályokat úgy tervezték, hogy a helikopterrel történő vízvételési lehetőséget biztosítsák a felhasználó számára. [4] A medence szájának pereme egy levegővel tölthető úszó rész, amelyet használat előtt levegővel fel is kell tölteni.

Feltöltő csomaggal is ellátták, amely egyben leeresztő csomaggal is funkcionálhat. A feltöltött medence alsó szélessége 6,1 méter míg mélysége 2 méter, így ideális a Bambi Buckettel végzett műveletek támogatására. A tűzvíz tárolására szolgáló tartály felállításához a leszállóhely közepén egy legalább 10 m² átmérőjű sík területet kell biztosítanunk, amelynek lejtése minimális legyen lehetőség szerint, továbbá a felület éles szélű tárgyaktól, szennyeződésektől mentes legyen.



3. kép: Vízvételzés Bambi Buckettel egy nyitott mobil víztározóból. (Forrás: ld. [4])

A tűzivíz tartály töltési folyamatát lassan kell megkezdeni az első kb. 300-400 liter víz beáramlását követően lehet annak folyamatán gyorsítani, addig ugyanis a medence fala instabil lehet, ezt követően azonban állékonyságának mértéke nő. A feltöltést végző készlet felállítási helye a vízvételi ponttól legalább három tömlő távolságra legyen, de erről a MH földi személyzetének állományával kell egyeztetni.

3.6.2. Feltöltő cső alkalmazása

A Bambi Bucketek vízzel történő feltöltése alapvetően két módon történhet. Vagy a helikopter pilótája megmeríti a bucketet vagy egyhelyben lebegve a föld felett, vagy a földi személyzet tölti azt fel. A földi személyzet által történő feltöltéshez a vízforrás és a feltöltés helye közötti szakaszon egy tömlővezetékkel kell kiépíteni, amely vezetéken át áramló vizet kell, hogy a földi személyzet a bucketbe juttassa. Amennyiben a tömlő végére nem teszünk legalább egy sugárcsövet, abban az esetben a hagyományos lapos tömlőn át áramló víz kicsavarhatja kezünkből a tömlőt, illetve annak megtartása eredendően nagy erőfeszítést igényelve attól az egy főtől, aki a kapcsolhoz hozzáférne. Éppen ezért szükséges egy feltöltő csövet rendszeresíteni a Bambi Bucketet feltöltéséhez. A LES GmbH, Lenz Entwicklung und Sonderbau német cég, amely erdőtüzoltáshoz is készít ilyen eszközöket. A vízutántöltést biztosító földi személyzet 1 fő légi koordinátorból és 2 fő utántöltő személyből áll. A helikopter töltési helyére érkezését és a lebegés megkezdését követően a korábban előírt védőfelszerelésben megkezdheti a Bambi Bucket feltöltését. A nyitó/záró szerkezetnek köszönhetően a töltést végző személyzet el tudja zárni azt, illetve nyitni és így a tömlőből nyomást és vizet egy-egy feltöltés során nem kell elengednünk a töltés befejeztét követően.



2. ábra: A LES GmbH által készített feltöltő cső alkalmazás közben. (Forrás: ld. [5])

3.6.3. Erdőtüzes konténerek, szállítóegységek kialakítása

Hazánkban a jelenleg is készenlétben tartott konténerek (hordozó és a szállított konténer együttesen) illetve platós szállítójárművek alkalmasak arra, hogy azok szabad tereiben elhelyezzük a fentebb felsorolt eszközöket, a kismotorfecskendőt illetve merev falú szívótömlőket, „B” és „C” jelű nyomótömlőket, a helikopterek Bambi Bucketjének táplálásához használható feltöltő csöveket, illetve a mobil víztározó medencéket. Így új szállító jármű beszerzésére nincs szükség. A konténerek és platós járművek esetében meg kell vizsgálni a jelenleg rájuk málházott eszközöket és felmérni azok átcsoportosítási lehetőségeit, amennyiben szükséges módosítani kell a málhátér kialakítását. Ezen szerek készenlétben tartására első sorban a vegetációs tüzek időszakában lesz szükségünk.

3.7. Közös gyakorlatok

Az elméleti képzések és a virtuális valóság használata mellett elengedhetetlenek a társzervekkel közös gyakorlatok is. A BM Országos Katasztrófavédelmi Igazgatóság által szervezett és lebonyolított, bajba jutott légi jármű mentésével és az Országos Légi Kutató-mentő Rendszer működtetésével kapcsolatos gyakorlathoz hasonlóan közös kommunikációs, légi irányítási és logisztikai gyakorlat kerülhetne megszervezése és végrehajtásra a Magyar Honvédség, az Országos Mentőszolgálat, az Országos Rendőr-főkapitányság és a katasztrófavédelem hivatásos és önkéntes tűzoltó egységeinek és mentőszervezeteinek bevonásával.

4. KÖVETKEZTETÉS

Kitűzött célom volt, hogy ismertessem, milyen módokon tudjuk támogatni a helikoptereket a nagy kiterjedésű szabadtéri tüzesetek során, illetve milyen személyi-, technikai háttérrel kell, hogy biztosítsunk számukra. Ennek megfelelően bemutattam az oltóvíz utánpótlásának lehetséges módozatait, a természetes és mesterséges vízforrásokat, azok előnyeit és hátrányait, illetve ezen oltóvízforrások helyszínén általunk végrehajtandó biztosítási feladatokat, amelyekre a jövőben még nagyobb hangsúlyt kell, hogy fektessünk.

Ezt követően a légi műveleti koordinátorról, mint a helikopteres műveletek elengedhetetlen személyéről tettem említést pontosan ismertetve szerepét és helyét a kárfelszámolás rendszerében.

Mindezek után megfogalmaztam azon fejlesztési javaslatokat, követelményeket, amelyek bevezetése esetén növelhetjük a beavatkozás hatékonyságát, ezzel párhuzamosan pedig csökkenthetjük a kárfelszámolásba és a logisztikai feladatok végrehajtásába bevont személyi állomány helikopteres műveletek során jelentkező veszélyeknek való kitettségét. Ennek keretében szükséges a személyi állomány képzése, amelyhez a VR technológiát és a drónokat is igénybe vehetjük. Ezen kívül a készenléti jellegű szolgálat egyéni védőfelszerelésének és az általuk használt technikai eszközparknak a fejlesztése is nélkülözhetetlen, amely magába foglalja rádiós mellények, víztározó medencék továbbá feltöltő csövek beszerzését.

A helikopterek alkalmazására sokoldalúságuk, gyorsaságuk és hatékonyságuk miatt egyre gyakrabban kerül sor a jövőben, amely eseteknél a katasztrófavédelem állománya is jelen lehet. Annak érdekében, hogy növelni tudjuk a beavatkozás sebességét, ezáltal hatékonyságát a saját illetve a társszervek állománya biztonságának megtartása és fokozása mellett, ahhoz szükséges ismereteket szereznie a készenléti jellegű szolgálatnak a helikoptereket érintő alapvető logisztikai feladatokban. Tanulmányommal szeretném megalapozni és elindítani azt a folyamatot, amely a katasztrófavédelem hivatásos, az önkormányzati tűzoltóság és az önkéntes tűzoltó egyesület állománya helikopterekkel kapcsolatos ismereteit bővíti és fejleszti, továbbá a meglévő és a beszerzésre kerülő eszközök által segíti a helikopter személyzetének tevékenységét.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A Vasi „1000-es” szabadtéri tüzeset, Egyed László tű. alezredes, tűzoltósági felügyelő, online előadása a Sz-Sz-B VMKI I. negyedéves tűzoltás vezetői továbbképzésén (2025.02.21.)
- [2] Wikipedia, Dachkennzeichnung, Deutschland, Feuerwehr, [Online]. Elérhetőség: <https://de.wikipedia.org/wiki/Dachkennzeichnung> (2025.04.14.)
- [3] SEI INDUSTRIES LTD, BAMBI BUCKET OPERATIONS MANUAL Version: 2020 A Part Number: 000512, [Online]. Elérhetőség: <https://www.sei-ind.com/wp-content/uploads/2021/04/Bambi-Bucket-Operations-Manual-REV2020A.pdf> (2025.04.13.)
- [4] Optimal Umwelttechnik, Offener Waldbrandbehälter, [Online]. Elérhetőség: <https://www.optimal-umwelttechnik.de/waldbrand/behaelter/offener-waldbrandbehaelter> (2025.03.10.)
- [5] LES GmbH, Lenz Entwicklung und Sonderbau [Online]. Elérhetőség: <https://www.facebook.com/LESGmbH> (2025.04.15.)

A kockázat alapú gondolkodás gyakorlati elemei a kritikus szervezeteknél I. rész

Practical elements of risk-based thinking in critical entities Part I.

Dr. Mógor Judit tű. vezérőrnagy
szerző

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
Hatósági Főigazgató-helyettesi Szervezet
Hatósági Főigazgató-helyettes

ORCID: 0000-0003-3362-2431 

Dr. Baloghné Pruha Mária Anett
szerző

Békés Vármegyei Központi Kórház
Ellenálló Képességért Felelős Vezető

ORCID: 0009-0001-2341-7525 

Absztrakt:

Az EU kritikus szervezetek ellenálló képességére vonatkozó irányelve, valamint a hazai szabályozás ma már részletesen tartalmazza a kockázat alapú gondolkodással, továbbá az összveszély megközelítéssel kapcsolatos követelményeket.

A szerzők ezen fogalmak fejlődésének rövid ismertetését és elemzését követően gyakorlati példákon és ajánlásokon keresztül mutatják be, hogy a kritikus, valamint az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezeteknél mely módon alkalmazhatóak a gyakorlatban az ellenálló képesség fejlesztéséhez kapcsolódó egyes módszertani megoldások.

Kulcsszavak: reziliencia, ellenálló képesség, kritikus szervezet, kritikus infrastruktúra, ellenálló képességi mátrix, kockázat, kockázat alapú szemlélet, kockázat alapú gondolkodás, összveszély megközelítés

Abstract:

The EU Directive on the resilience of critical entities, as well as Hungarian regulations, now include detailed requirements for risk-based thinking and the all-hazard approach.

The authors, after a brief description of the development of these concepts, present how specific methodological solutions related to the development of resilience in critical entities can be applied in practice, through practical examples and recommendations.

Keywords: resilience, resistance ability, critical organization, critical infrastructure, CER Directive, member state regulation

1. BEVEZETÉS

Magyarországon 2025. január 1-én hatályba léptek (a közigazgatási bírságra vonatkozó rész kivételével, amely január 5-én) a kritikus szervezetek rezilienciájáról és a 2008/114/EK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/2557 irányelv (CER irányelv) rendelkezéseinek nemzeti jogrendbe átültetését biztosító jogszabályok. A CER irányelvben meghatározott követelmények, célkitűzések átültetését, továbbá a nemzeti sajátosságokra figyelemmel kialakított követelmény rendszert a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló 2024. évi LXXXIV. törvény (a továbbiakban: Kszetv.), a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról szóló 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Vhr.) előírásai, valamint a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról szóló 2021. évi XCIII. törvény (a továbbiakban: Vbö.) módosításai, különösen az V/A. fejezete és az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetek ellenálló képességéről szóló 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet tartalmazzák. A Vbö. az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetekre és infrastruktúrákra – egyes kivétellel – a Kszetv.-ben foglaltakat rendeli alkalmazni, ezzel egyenértékűnek tekinti a két szabályozás alapján kijelölt szervezeteket és infrastruktúrákat, ezért a továbbiakban együttesen a kritikus szervezetek elnevezést alkalmazzuk a szabályok ismertetése során.

2. A KOCKÁZAT-ALAPÚ MEGKÖZELÍTÉS

A kockázatok azonosítása, értékelése és kezelése a védelmi tervezési feladatok alapja. A kockázat alapú megközelítés hazánkban a kezdetektől megjelenik elsősorban a megelőzési és felkészülési feladatokban, amelyet jól reprezentál a tűzvédelmi kockázati osztályokkal és egységekkel, vagy a települések polgári védelmi, később katasztrófavédelmi osztályba sorolásával összefüggő módszertan. A 2000. január 01-jétől 2011. december 31-ig hatályos katasztrófavédelmi törvény a kihirdetési szövegében a következő fogalmat vezette be: „Kockázat: egy adott területen adott időtartamon belül, meghatározott körülmények között bekövetkező, egészséget, illetve környezetet károsító veszély megvalósulásának valószínűsége.”¹

A jogszabályok fejlődése során a kezdeti értelmező rendelkezés módosult, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésén túl a katasztrófák elleni védekezés rendszerében általános fogalomként vált, amelyet a 2012. január 01-től hatályba lépő katasztrófavédelmi törvény is továbbvitt és amely a módosítását követően jelenleg az alábbi szöveggel hatályos: „Kockázat: egy adott területen adott időtartamon belül vagy meghatározott körülmények között jelentkező egészség-, illetve környezetkárosító hatás valószínűsége.”² A kockázat alapú szemlélet erősödését támasztja alá, hogy e hatályos katasztrófavédelmi törvény polgári védelmi feladatként határozza meg a települések kockázatértékelésén alapuló veszélyeztetettségének felmérését, továbbá a végrehajtási kormányrendelet³ részletesen kidolgozott kockázatbecslési eljárást és azon alapuló veszélyelhárítási tervezési folyamatot is tartalmaz. A kritikus infrastruktúrákra vonatkozó szabályozás előzményei során Magyarországon a kockázat-alapú szemlélet a végrehajtásban jelent meg. A korábban hatályos törvény alapján 2013. március 01. és 2024. december 31. között a létfontosságú rendszerelemek védelmével kapcsolatos előírások szerint ez a védelmi tevékenység – mások mellett – a kockázat, a sebezhetőség enyhítésére vagy semlegesítésére irányult.⁴

¹ a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéséről szóló 1999. évi LXXIV. törvény 3. § m) pontja, MK 1999/60. szám

² a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény 3. § 11. pont

³ 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

⁴ a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény 1. §

A CER irányelv 16. cikke alapján a végrehajtás előmozdítása érdekében a tagállamok – amennyiben az hasznos, és anélkül, hogy előírnák vagy előnyben részesítenék egy konkrét technológia-típus alkalmazását – ösztönzik a kritikus szervezetekre alkalmazandó biztonsági és reziliencia-intézkedések szempontjából releváns, európai és nemzetközi szabványok és műszaki előírások alkalmazását.

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) egyik minőségirányítási szabványában is megjelenő módszer a kockázat-alapú megközelítés, amelynek hangsúlyos eleme, hogy a szervezetek azonosítsák és értékeljék a kockázatokat és lehetőségeket, amelyek befolyásolják a minőségirányítási rendszer teljesítményét, így proaktívvá válhatnak és jobban felkészülnek a jövőbeli kihívásokra. Mindez rendszeres felülvizsgálatot és aktualizálást is hordoz magában, továbbá a kockázatok kezelésére alkalmazható stratégiák biztosítják a potenciális negatív hatások minimalizálását. [1]

A CER irányelv a kritikus infrastruktúrák ellenálló képességeként (reziliencia) definiálja valamely kritikus szervezet azon képességét, hogy megelőzzön egy eseményt, azzal szemben védekezzen, arra reagáljon, annak ellenálljon, azt enyhítse, tompítsa, ahhoz alkalmazkodjon, és abból helyreálljon. A képesség fejlesztésére vonatkozó intézkedések akkor határozhatóak meg, ha a szervezet előzetesen felméri a fenyegetéseket és kockázatokat. Irányadó fogalommeghatározások mindehhez az irányelvben a következők:

- esemény: olyan esemény, amely alkalmas arra, hogy jelentős zavart okozzon, vagy amely zavart okoz valamely alapvető szolgáltatás nyújtásában, beleértve, amikor érinti a jogállamiság védelmét biztosító nemzeti rendszereket;
- kockázat: valamely esemény által okozott potenciális veszteség vagy zavar, és azt az ilyen veszteség vagy zavar nagyságrendjének és az esemény bekövetkezési valószínűségének kombinációjaként kell kifejezni;
- kockázatértékelés: átfogó eljárás, amely valamely kockázat jellegének és mértékének meghatározására irányul, olyan potenciális releváns fenyegetések, sebezhetőségek és veszélyek azonosításával és elemzésével, amelyek eseményt idézhetnek elő, valamint az alapvető szolgáltatás nyújtása tekintetében felmerülő, az említett esemény által okozott potenciális veszteség vagy zavar értékelésével.⁵

A Magyarországon 2025. január 01-től a kritikus szervezetek üzemfolytonos és biztonságos működése érdekében alkalmazandó normákban rendszerszinten elvárás a kockázat alapú gondolkodás. A Kszetv. értelmező rendelkezései szerint⁶ a kockázat alapú gondolkodás a kockázatmenedzsment működtetése során egyfajta szemlélet alkalmazása, amelyben a kockázatok azonosításának, a kockázatelemzésnek, a kockázatértékelésnek és a kockázatkezelésnek olyan általános folyamata valósul meg, amely célja, hogy megalapozott döntést hozzanak arról, hogyan kezeljék a lehető legmagasabb szinten a felmerülő kockázatokat, mindezt hitelesen dokumentált információ, azaz az ellenálló képességi terv és ellenálló képességi mátrix formájában.

A kockázat alapú gondolkodás gyakorlati végrehajtását jelenti a kritikus szervezet számára az előírás, amely szerint a külső és belső környezete alapján felméri, azonosítja, értékeli és kezeli mindazon kockázatokat, amelyek a kritikus szervezet és kritikus infrastruktúra biztonságos és üzemfolytonos működésére, az alapvető szolgáltatások nyújtásának folytonosságára hatással lehetnek.

⁵ CER irányelv 2. cikk 2-3. és 6-7. pontok

⁶ Kszetv. 3. § 21. pont

A jogalkalmazói gyakorlat szempontjából kiemelt jelentőségű, hogy a Kszetv. értelmező rendelkezései pontosan meghatározzák a kockázat és annak kezelésével összefüggő fogalmakat a 3. § 20-25. pontjaiban az alábbiak szerint:

- kockázat: valamely esemény által okozott veszteség vagy zavar lehetősége, amelyet az ilyen veszteség vagy zavar mértékének, és az esemény bekövetkezési valószínűségének kombinációjaként kell kifejezni,
- kockázatazonosítás: az a folyamat, amelynek célja olyan kockázatok felkutatása, felismerése és leírása, amelyek befolyásolhatják a szervezeti célok elérését,
- kockázatelemzés: az a folyamat, amely célja a kockázat jellegének és jellemzőinek megértése, a kockázati szint megállapítása, a bizonytalanságok, a kockázati források, a következmények, a valószínűség, az események, a forgatókönyvek, az intézkedések valamint azok eredményességének részletes vizsgálata,
- kockázatértékelés: az azonosított kockázatok átfogó elemzésének olyan folyamata, amelyben a kockázatelemzés eredményeinek az előzetesen meghatározott kritériumokkal való összehasonlítása során megállapítható, hogy hol szükséges további intézkedés,
- kockázatkezelés: kockázatmenedzsment által alkalmazott, jóváhagyott döntésen alapuló tervezett folyamat, módszer vagy eszköz, amely egy várható negatív esemény bekövetkezésének valószínűségét, a felmerülő kockázatok hatásait és a kitettséget olyan módon befolyásolja, hogy általa csökkenjen a kockázatpotenciál, valamint a lehetséges kár hatásait enyhítse, ellensúlyozza.

Mely folyamattal juttatja el a kockázat alapú gondolkodás a kritikus szervezeteket a saját kritikus infrastruktúrája jellemzőinek megfelelő egyedi kockázat kezelési módszerekhez? A hatályos szabályozók alapján a kritikus szervezet a nemzeti kockázatértékelés figyelembevételével alakítja ki a kockázatértékelését, az ellenálló képességi mátrixot és az ellenálló képességi intézkedéseit. E lépcsőzetes építkezéshez a törvényi és kormányrendeleti szabályozás mellett rendelkezésre áll Magyarország kritikus szervezetek ellenálló képességére vonatkozó nemzeti kockázatértékelése és nemzeti stratégiája, amelyeket kormányhatározatokkal⁷ hirdettek ki.

Az egyes kritikus szervezet általi kockázatértékeléseknek a nemzeti kockázatértékelés általános és ágazati kockázatértékelésére, további ágazati függőségekre és más ágazatok kitettségére, összességében az ágazatok közötti függőségekre is ki kell terjednie. [2]

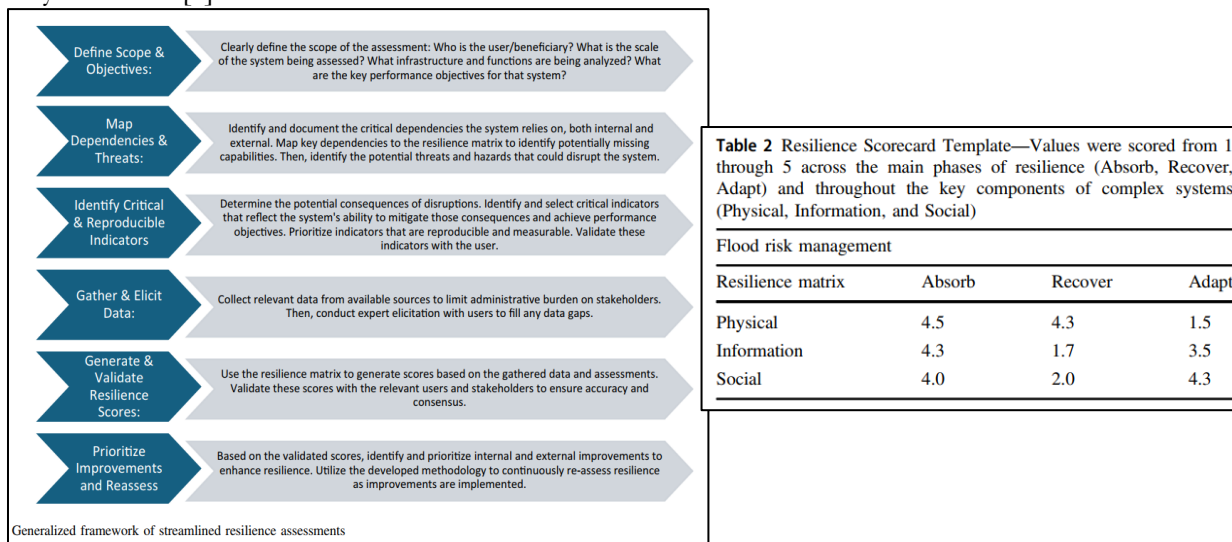
3. AZ ELLENÁLLÓ KÉPESSÉGI MÁTRIX

2013-ban Linkov és kutatótársai egy gyakorlatban is működőképes, mérőszámokat alkalmazó keretrendszer kivántak fejleszteni az ellenálló képességi intézkedések megalapozásához. A kutatás eredményeként egy komplex rendszerekben is alkalmazható ellenálló képességi mátrixot alkottak és tettek közzé, amely az eseménykezelés ciklusai és az egyes alrendszerek szerint az ellenálló képességi funkciókat térképezi fel és mutat rá a szükséges fejlesztendő területekre. A kutatók hangsúlyozták a holisztikus megközelítést, a rendszerszemléletet és a függőségek figyelembevételét, valamint a különböző tudományterületek együttműködésének szükségességét. [3]

A katasztrófavédelmi eseményekre kidolgozott ellenálló képességi mátrix publikálása lehetővé tette annak továbbfejlesztését és adaptációját. 2025-ben jelent meg Watson és kutatótársai (köztük I. Linkov is) tudományos közleménye, amelyben már az egyszerűsítés igénye alapján készített új módszertant mutattak be.

⁷ 1191/2025. (VI. 5.) Korm. határozat és 1192/2025. (VI. 5.) Korm. határozat

A kutatás során egy módosított analitikus hierarchikus eljárást (AHP) alkalmaztak, de az érdekeltek számára ellenálló képességi mátrix-szal ábrázolták egy árvízi kockázat kezelési rendszer ellenálló képességi kritériumainak értékelését. Eredményként megállapították, hogy a kidolgozott egyszerűsített megoldás általános, szisztematikus megközelítést követ, az időbeliség-alapú vizsgálat praktikus alternatíva lehet egy előzetes, átfogóbb reziliencia értékeléshez, de nem célja azok helyettesítése. [4]



1. ábra: Watson és kutatótársai által alkalmazott egyszerűsített módszertan (Forrás: ld. [3])

A Magyarországon kijelölt kritikus szervezetek számára a hazai jogszabályi környezet mellett a BM OKF aktív közreműködése támogatja a kockázat alapú gondolkodás gyakorlati megvalósulását.

A kritikus szervezet vezetője – az ellenálló képességért felelős vezető kezdeményezésével – készíti el a szervezetre és a kijelölt kritikus infrastruktúrákra vonatkozó ellenálló képességi mátrixot, amelynek egyes lépései a következők:

- a kritikus szervezet és a kritikus infrastruktúra azon fenyegetettségének, illetve fenyegetést jelentő kockázatainak felmérése és dokumentálása, amelyek rendkívüli eseményhez⁸ vezethetnek,
- az így azonosított fenyegetések káros hatásainak és azok mértékének, továbbá bekövetkezési valószínűségének, valamint a kitettség mértékének meghatározása,
- az előzőek alapján a kritikus szervezet és a kritikus infrastruktúra ellenálló képességi felkészültségének vizsgálata és annak eredménye szerint intézkedések a fejlesztésére.

Összességében az ellenálló képességi mátrix a kritikus szervezet és kritikus infrastruktúra ellenálló képességével összefüggő kockázatok, a kockázatok következményei, hatásuk, gyakoriságuk, a szervezet kitettségének megjelenítésére, a kockázat jelentőségére vonatkozó értékelés és a kockázatok kezelésének, a maradványkockázatok megjelenítésének módja.⁹

⁸ Kszetv. 3. § 32. pont szerint *rendkívüli esemény*: olyan esemény, amely eléri a rendkívüli esemény kezelésében érintett szervek irányába történő bejelentés kormányrendeletben vagy annak hiányában a kritikus szervezet ellenálló képességi tervében meghatározott küszöbértékét, és

a) a kritikus infrastruktúra vagy az alapvető szolgáltatás olyan mértékű károsodását, sérülését, minőségének romlását vagy mennyiségének fennakadását okozza, amely a kritikus infrastruktúra vagy az alapvető szolgáltatás megszűnését, kiesését eredményezi, vagy

b) a kritikus infrastruktúra vagy az alapvető szolgáltatás megszűnését, kiesését nem eredményezi, de a kritikus infrastruktúra vagy az alapvető szolgáltatás megszűnésének, kiesésének elhárításához szükségessé vált a rendkívüli esemény kezelésében érintett más szervek közreműködése.

⁹ Kszetv. 3. § 10. pont

Az ellenálló képességi mátrix az ellenálló képességi terv kötelezően csatolt, állandó melléklete az általános és ágazatspecifikus kockázatokkal. A szempontrendszer részét képezik a kötelezően vizsgálendő általános és ágazati kockázatok, valamint a szervezet által azonosított egyéb kockázatok. A mátrix elkészítéséhez kiindulópontként szolgál a nemzeti kockázatértékelés¹⁰, a BM OKF honlapján közzétett ellenálló képességi mátrix mintadokumentum és kockázatelemzési segédlet, valamint a jogszabály által megnevezett¹¹, alapvetően vizsgálendő témakörök:

- meteorológia kockázatok,
- geológiai kockázatok,
- humán kockázatok,
- technikai kockázatok,
- technológiai kockázatok,
- tűzeseti kockázatok,
- informatikai kockázatok (a pénzügyi ágazatra vonatkozó egyes kivételes szabályok figyelembevételével¹²)
- veszélyes anyagokkal és technológiákkal kapcsolatos kockázatok,
- ágazatspecifikus kockázatok (az ágazati szakhatóság és az energetikai ágazati kijelölő hatóság készíti).¹³

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Valószínűség:		Kockázati értékek kezelése:					
1	nagyon ritka	10 éven belül legalább egyszer bekövetkezik		azonnali beavatkozást igénylő, nem elfogadható kockázat	48-96				
2	ritka	5 éven belül legalább egyszer bekövetkezik		rövidtávon intézkedést igénylő kockázat	15-42				
3	alkalmankénti	3 éven belül többször bekövetkezik		intézkedést igénylő kockázat	6-14				
4	gyakori	1 éven belül legalább egyszer bekövetkezik		elemzés alapján elfogadható kockázat	2-5				
5	nagyon gyakori	1 éven belül többször bekövetkezik		elhanyagolható kockázat	1				
		Hatás:		Kockázati értéke = Valószínűség x (Hatás + Kitérttség)	elhanyagolható	alacsony	közepes	magas	katasztrofális
1	elhanyagolható	- működésre: csekély negatív hatás a belső folyamatokra (1 napon belül megoldható) - személyre: csekély sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: csekély, vagyoni kár nem mérhető - környezetre: csekély, környezeti károsodás nem keletkezik - hírnévre: csekély, közvélemény figyelmét nem kelti fel - működésre: alacsony negatív hatás a belső folyamatokra (1 napon túl, 5 napon belül megoldható) - személyre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: kis mértékű, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át el nem érő összeg - környezetre: korlátozott, a környezetben nem tartós károsodás keletkezik - hírnévre: korlátozott, kizárólag a szervezet belső megítélését érinti, a helyi média figyelmét felkelti - működésre: negatív hatás van a belső folyamatokra (5 napon túl oldható meg) - személyre: súlyos sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: helyi, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át meghaladó, de 5 %-át el nem érő összeg - környezetre: helyi, hatással van az infrastruktúrán kívüli környezetre is - hírnévre: helyi, széleskörű figyelem a helyi médiában és közösségben - működésre: jelentősen korlátozott működés - személyre: egy személy halálos balesete vagy tartós egészségkárosodása - vagyoni: súlyos, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 5 %-át meghaladó, de 25 %-át el nem érő összeg - környezetre: súlyos környezeti károsodás - hírnévre: országos kiterjedésű aggodalom a médiában és közösségben	nagyon gyakori	5	10	15	30	70	
2	alacsony	- működésre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - személyre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: korlátozott, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át el nem érő összeg - környezetre: korlátozott, a környezetben nem tartós károsodás keletkezik - hírnévre: korlátozott, kizárólag a szervezet belső megítélését érinti, a helyi média figyelmét felkelti - működésre: negatív hatás van a belső folyamatokra (5 napon túl oldható meg) - személyre: súlyos sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: helyi, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át meghaladó, de 5 %-át el nem érő összeg - környezetre: helyi, hatással van az infrastruktúrán kívüli környezetre is - hírnévre: helyi, széleskörű figyelem a helyi médiában és közösségben - működésre: jelentősen korlátozott működés - személyre: egy személy halálos balesete vagy tartós egészségkárosodása - vagyoni: súlyos, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 5 %-át meghaladó, de 25 %-át el nem érő összeg - környezetre: súlyos környezeti károsodás - hírnévre: országos kiterjedésű aggodalom a médiában és közösségben	gyakori	4	8	12	24	48	
3	közepes	- működésre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - személyre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: korlátozott, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át el nem érő összeg - környezetre: korlátozott, a környezetben nem tartós károsodás keletkezik - hírnévre: korlátozott, kizárólag a szervezet belső megítélését érinti, a helyi média figyelmét felkelti - működésre: negatív hatás van a belső folyamatokra (5 napon túl oldható meg) - személyre: súlyos sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: helyi, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át meghaladó, de 5 %-át el nem érő összeg - környezetre: helyi, hatással van az infrastruktúrán kívüli környezetre is - hírnévre: helyi, széleskörű figyelem a helyi médiában és közösségben - működésre: jelentősen korlátozott működés - személyre: egy személy halálos balesete vagy tartós egészségkárosodása - vagyoni: súlyos, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 5 %-át meghaladó, de 25 %-át el nem érő összeg - környezetre: súlyos környezeti károsodás - hírnévre: országos kiterjedésű aggodalom a médiában és közösségben	alkalmankénti	3	6	9	18	36	
6	magas	- működésre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - személyre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: korlátozott, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át el nem érő összeg - környezetre: korlátozott, a környezetben nem tartós károsodás keletkezik - hírnévre: korlátozott, kizárólag a szervezet belső megítélését érinti, a helyi média figyelmét felkelti - működésre: negatív hatás van a belső folyamatokra (5 napon túl oldható meg) - személyre: súlyos sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: helyi, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át meghaladó, de 5 %-át el nem érő összeg - környezetre: helyi, hatással van az infrastruktúrán kívüli környezetre is - hírnévre: helyi, széleskörű figyelem a helyi médiában és közösségben - működésre: jelentősen korlátozott működés - személyre: egy személy halálos balesete vagy tartós egészségkárosodása - vagyoni: súlyos, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 5 %-át meghaladó, de 25 %-át el nem érő összeg - környezetre: súlyos környezeti károsodás - hírnévre: országos kiterjedésű aggodalom a médiában és közösségben	ritka	2	4	6	12	24	
12	katasztrofális	- működésre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - személyre: kisebb sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: korlátozott, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át el nem érő összeg - környezetre: korlátozott, a környezetben nem tartós károsodás keletkezik - hírnévre: korlátozott, kizárólag a szervezet belső megítélését érinti, a helyi média figyelmét felkelti - működésre: negatív hatás van a belső folyamatokra (5 napon túl oldható meg) - személyre: súlyos sérülés vagy egészségkárosodás - vagyoni: helyi, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 1 %-át meghaladó, de 5 %-át el nem érő összeg - környezetre: helyi, hatással van az infrastruktúrán kívüli környezetre is - hírnévre: helyi, széleskörű figyelem a helyi médiában és közösségben - működésre: jelentősen korlátozott működés - személyre: egy személy halálos balesete vagy tartós egészségkárosodása - vagyoni: súlyos, a vagyoni kár a szervezet éves költségvetésének 5 %-át meghaladó, de 25 %-át el nem érő összeg - környezetre: súlyos környezeti károsodás - hírnévre: országos kiterjedésű aggodalom a médiában és közösségben	nagyon ritka	1	2	3	6	12	
		Kitérttség:							
0	nincs	nincs kitértég							
1	egyirányú	egy fél fél van kitértég							
2	többirányú	több fél fél van kitértég							
	a kitértég növeli a hatást, de csökkenti a gyakoriságot								

2. ábra: Értékkészlet az ellenálló képességi mátrixhoz (Forrás: BM OKF¹⁴)

A fentiek alapján azonosított kockázatok esetében alkalmazható kockázatkezelési megoldások:

- kockázat csökkentése a védelmi intézkedések bevezetésével és alkalmazásával,
- kockázat elkerülése,
- kockázat átruházása,
- kockázat elfogadása (a kritikus szervezet ellenálló képességéért felelős vezető indokolása szükséges).

¹⁰ Magyarország kritikus szervezetek ellenálló képességére vonatkozó nemzeti kockázatértékeléséről szóló 1191/2025. (VI. 5.) Korm. határozat

¹¹ Vhr. 15. § (6) bekezdése

¹² a pénzügyi ágazat digitális működési rezilienciájáról, valamint az 1060/2009/EK, a 648/2012/EU, a 600/2014/EU, a 909/2014/EU és az (EU) 2016/1011 rendelet módosításáról szóló, 2022. december 14-i (EU) 2022/2554 parlamenti és tanácsi rendeletben (a továbbiakban: DORA rendelet) meghatározottak szerint, az ott meghatározott módon szükséges elsődlegesen értékelni és kezelni

¹³ a kockázatértékelés egymáshoz kapcsolódásáról ld. Mógor J., & Angyal I. (2025). A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérőkövetői 2022-2025. Védelem Tudomány a Katasztrófavédelem Online Szakmai, tudományos folyóirata, 10(2), 11-21. <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19455>

¹⁴ Letölthető EKM minta: <https://katasztrofavedelem.hu/35635/letoltheto-dokumentumok-es-kitoltesi-segedletek>

4. AZ ELLENÁLLÓ KÉPESSÉGI MÁTRIX GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

A kockázatelemzés módszertanának kronológiai fejlődése az 1980–90-es években kezdődött az alapfogalmak tisztázásával (kockázat definíciója, bizonytalanság típusai, kezelési szintek), a 2000–2010-es években széles körben terjedt el az alkalmazása különböző ágazatokban (energia, egészségügy), majd a 2020-as években megjelent a kockázatelemzés új fókusza, úgy mint a mesterséges intelligencia rendszerek kockázata, ipari 4.0 és 5.0 komplexitás, gépi tanulás alkalmazása egyes kockázatok értékelésében.

1981-ben Kaplan és Garrick: „On the Quantitative Definition of Risk” című publikációja vezette be a kockázat-tripletet (risk triplet), azaz: mi történhet (scenario), milyen valószínűséggel (probability), és milyen következménnyel (consequence). Ezzel lefektették a kockázatelemzés egységes, formális alapját. [5] 1990-ben George E. Apostolakis a The Concept of Probability in Safety Assessments of Technological Systems című cikkében azt vizsgálta, hogy milyen módon kell értelmezni és alkalmazni a valószínűségi fogalmat olyan technológiai rendszerek kockázatának értékelésekor, ahol a ritka események következményei súlyosak lehetnek, kiemelve a szakértői ítéletek és statisztikai adatok kombinációjának fontosságát. [6] 2022-ben Zhang és munkatársai rámutattak, hogy a „mesterséges intelligencia és gépi tanulás alkalmazása kockázaterzékeny környezetben még gyerekcipőben jár, mivel hiányzik egy szisztematikus keretrendszer a kockázat, a bizonytalanság és azok potenciálisan katasztrofális következményeinek kezelésére.” [7]

Napjainkban az ellenálló képességi mátrix nem pusztán adminisztratív kötelezettség, hanem olyan döntéstámogató eszköz, amely képes átfogóan megjeleníteni a kritikus szervezet kitétségeit, a fenyegetések lehetséges következményeit, valamint a szervezet válaszadó és helyreállító képességeit.

4.1 A gyakorlati alkalmazás három kiemelt szempontja

a) Az összveszély megközelítés alkalmazása

A kockázatok ritkán jelennek meg önmagukban. Egy rendkívüli esemény (pl. árvíz, kibertámadás, járvány) következményei láncreakció-szerűen érinthetnek több ágazatot, vagy akár több tagállamot is. Az ellenálló képességi mátrixban ezért célszerű alkalmazni az összveszély (all-hazard) szemléletet, amely az egyidejű, egymásra ható, egymást erősítő kockázatok hatásait is vizsgálja és amelyet a CER irányelv is megfogalmaz (ld. még [3], [4]).

Saját eljárásrendként javasolt a mátrix kitöltése során az ellenálló képességi terv függőségeket vizsgáló fejezetének folyamatos figyelembevétele, amely bemutatja, hogy az adott szervezet működése mely más ágazatokhoz kötődik (pl. energia, közlekedés, egészségügy). Az ebből kialakított függőségi mátrix kiegészítésként segíthet előre jelezni, hogy mely egyéb kockázatok válhatnak jelentős hatásúvá az azonosított 92 kockázaton túl.

b) Egyenértékűség más szabályozás alatt készült kockázatértékelésekkel

Több kritikus szervezet már jelenleg is végez kockázatértékelést más jogszabályi kötelezettségek alapján (pl. Mvt. szerinti munkavédelmi kockázatértékelés, veszélyes üzemek biztonsági jelentése Seveso III., NIS2 irányelv szerinti információbiztonsági szabályzat és kockázatelemzés).

A gyakorlatban ezek az értékelések összehangolhatók a jogszabályok alapján kötelező ellenálló képességi mátrixszal. A szabályozások közötti átjárhatóság nemcsak adminisztratív tehercsökkentést eredményez, hanem elősegíti a holisztikus kockázatmenedzsment kialakítását.

Saját gyakorlati tapasztalat alapján például egy élelmiszer-feldolgozó üzemnél a HACCP és az élelmiszerbiztonsági auditok eredményei (mikrobiológiai kockázatok, allergénkezelés hiányosságai) közvetlenül beépíthetők az intézmény ellenálló képességi vizsgálatába a kockázatok közé, így ugyanazon biztonsági eseményhez nem kell külön, párhuzamos kockázatelemzést, valamint intézkedési tervet készíteni.

c) A kockázatkezelés döntéstámogató folyamata

A kockázatok kezelésénél (a csökkentés, elkerülés, átruházás és elfogadás kategóriáin belül) a gyakorlati végrehajtást célszerű súlyozási eljárással támogatni. Mint ahogyan a nemzeti kockázattertelékeléshez is, minden kockázati kategóriához rendelhető egy súlyszám (pl. 1–5 skálán a gyakoriságra, hatásra, helyreállíthatóságra). A szervezet így számszerűsíthető módon prioritizálhatja a fejlesztendő területeket.

4.2 Saját tapasztalat alapján ismertetett gyakorlati példák

Az egészségügyben bevált alternatíva a Hiba-mód és hatáselemzés (FMEA) a kockázatokat valószínűség, hatás és felfedezhetőség alapján számszerűsítik, és a magas RPN (Risk Priority Number) értékekhez automatikusan kötelező beavatkozások kapcsolódnak.

$RPN = \text{Kockázati prioritási szám}$

Az FMEA-ban három tényezőt szorzunk össze:

$RPN = \text{Súlyosság (S)} \times \text{Gyakoriság / Előfordulás (O)} \times \text{Felfedezhetőség / Detection (D)}$

A módszer fejlesztési lehetőségei

Integrált ellenálló képességi dashboard: a mátrix adatai vizuálisan megjeleníthetők (pl. kockázati hálón). Ez támogatja a vezetői döntést és a gyors reagálást.

Rendszeres frissítés: a Kszetv. alapján az ellenálló képességi mátrixot legalább évente felül kell vizsgálni. Tapasztalataink szerint azonban a gyorsan változó fenyegetettségek (pl. kibertámadások) miatt érdemes negyedéves „gyorsfelméréseket” is bevezetni a jelentős kockázatok esetében.

Összevethetőség: hosszú távon a különböző kritikus szervezetek mátrixai alapján kialakítható egy országos szintű benchmarking rendszer, amely segíti a közös gyengeségek azonosítását.

I. Példa: Egészségügy ágazat, összveszély szemlélet:

Az egészségügy ágazat egyik legfontosabb jellemzője, hogy a működés folytonossága közvetlenül hat az emberi élet védelmére. Egy rendkívüli esemény gyakran nem önmagában, hanem egymást erősítő hatásokkal jelentkezik dominó elv formájában. Az alábbi eset bemutatja, miként érvényesíthető az **összveszély megközelítés** az ellenálló képességi mátrixban.

Példaszituáció:

Egy kórházban áramszünet következik be, amelyet egy szélsőséges időjárási helyzet (vihar) idéz elő. Az áramszünet következtében:

- a fő áramellátás kiesik,
- az IT-rendszerek egy része leáll,
- az ellátásban kulcsszerepet játszó eszközök (pl. lélegeztetők, CT, MRI, laborautomaták, elektromos műtéti feltételek) nem működnek,
- a személyzet terhelése megnő, mert a kézi dokumentációra kell visszaállni, miközben a betegforgalom nem csökken, csak manuális reanimációt tudnak alkalmazni rövid ideig, lelassul a diagnosztika, téves diagnózisokat állapíthatnak meg a képalkotás hiányában.

Azonosított kockázatok (mátrix fő kategóriái szerint):

- Meteorológiai kockázat: vihar okozta áramszünet.
- Technikai kockázat: áramellátás megszűnése, aggregátor hibás indulása.
- Informatikai kockázat: IT-rendszerek kiesése.
- Humán kockázat: egészségügyi személyzet túlterheltsége, döntési hibák lehetősége.
- Ágazatspecifikus kockázat: betegellátás folyamatosságának megszűnése (pl. műtétek elhalasztása, sürgősségi ellátás romlása).

Függőségek bemutatása:

- Energiaellátás ↔ Informatikai rendszerek működése
- IT-rendszerek ↔ betegadatok elérhetősége
- Humán erőforrás ↔ alternatív eljárások gyors bevezetése
- Orvostechonikai eszközök ↔ közvetlen betegbiztonság

Alkalmazott kockázatkezelési intézkedések:

- Kockázat csökkentése: folyamatos aggregátor karbantartás, redundáns IT-rendszerek, kézi dokumentációs protokoll.
- Kockázat elkerülése: a műtétek és diagnosztikai vizsgálatok előzetes áttervezése viharriasztás idejére.
- Kockázat átruházása: szerződés harmadik féllel mobil áramfejlesztő gyors biztosítására.
- Kockázat elfogadása: bizonyos nem sürgős beavatkozások halasztása (indoklással).

Következtetés:

A példán keresztül látható, hogy az **összveszély szemlélet és a mátrix módszer** kombinációja lehetővé teszi a kórház számára:

- a láncreakció-szerű események előzetes feltérképezését,
- a legsúlyosabb hatású kockázatok rangsorolását,
- a vezetői döntések gyors és dokumentált alátámasztását.

II. Példa: Informatikai ágazat, összveszély szemlélet

Az informatika és a hálózati alapú szolgáltatások (pl. távközlés, felhőszolgáltatás, adatközpontok működése) szinte minden ágazathoz kötődnek. Az adatvesztés, szolgáltatás-kiesés vagy hálózati zavar láncreakció-szerű következményeket okozhat más ágazatokban, így a NIS2 irányelv és a Kszetv. szerinti kockázat-alapú gondolkodás itt különösen hangsúlyos.

Példaszituáció:

Egy adatközpontot célzott kibertámadás ér, amely:

- leállítja a virtualizációs környezet egy részét,
- hozzáférhetlenné teszi a biztonsági mentéseket,
- túlterheli a hűtőrendszert, ami a fizikai infrastruktúrában is hibát idéz elő,
- a támadás idején éppen beszállítói szolgáltatásfrissítés zajlik, amely hibás konfiguráció miatt megnöveli a kiesés időtartamát.

Az összveszély helyzet elemei: informatikai, technikai és beszállítói lánc kockázatok egyidejű hatása.

Azonosított kockázatok:

- Informatikai kockázat: célzott kibertámadás, adatszivárgás, DDoS.
- Technikai kockázat: hűtőrendszer meghibásodása, hardver túlterhelés.

- Humán kockázat: hibás konfiguráció a beszállítói frissítés során.
- Beszállítói kockázat: külső szolgáltató késedelmes reagálása.
- Ágazatspecifikus kockázat: ügyfeladatok elvesztése, alapvető szolgáltatások (pl. banki tranzakciók, állami rendszerek) elérhetetlensége.

Függőségek bemutatása:

- IT-rendszerek ↔ fizikai infrastruktúra (hűtés, energiaellátás)
- Külső szolgáltatók ↔ frissítések, karbantartások időzítése
- Adatbiztonság ↔ kritikus ágazati ügyfeladatok (pl. egészségügy, bank)
- Hálózat ↔ országos szintű szolgáltatás folytonossága

Alkalmazott kockázatkezelési intézkedések:

- Kockázat csökkentése: többszintű biztonsági mentések (offline/offsite backup), kiberbiztonsági gyakorlatok, szigorú változásmenedzsment.
- Kockázat elkerülése: beszállítói frissítések időzítése alacsony kockázatú időszakban, redundáns hűtőrendszer.
- Kockázat átruházása: kiberbiztosítás, SLA-k a beszállítókkal.
- Kockázat elfogadása: alacsony hatású kiesések esetén (pl. nem kritikus ügyfeladatbázis).

Következtetés:

- A kiber- és beszállítói kockázatok a reziliencia egyik legnagyobb kihívását jelentik, amelyben az ellenálló képességi mátrix segít:
- feltérképezni a technológiai és humán tényezők összefüggéseit,
- számszerűsíteni a kritikus pontokat,
- alátámasztani a vezetői döntést a kockázatkezelési stratégiák között (csökkentés, elkerülés, átruházás, elfogadás).

Ez a módszer összhangban van a NIS2 irányelv, a CER irányelv és a Kszetv. követelményeivel, valamint elősegíti a valósidejű rezilienciafejlesztést az IT ágazatban.

4.3 Gyakorlati ajánlások a kritikus szervezetek számára

A kockázat alapú gondolkodás sikeres bevezetése és működtetése érdekében ajánlott az alábbi módszerek alkalmazása:

Rendszeres frissítés és gyorsfelmérések: Az ellenálló képességi mátrixot évente kötelező felülvizsgálni (Kszetv.), azonban a gyorsan változó fenyegetések (pl. kibertámadások, szélsőséges időjárási események) miatt ajánlott negyedéves mini-kockázatfelmérések végrehajtása is.

Gyakorlatok és szimulációk bevezetése: Az azonosított kockázatokra épülő gyakorlatok (pl. áramkimaradás, kibertámadás, beszállítói lánc megszakadása) elősegítik, hogy a szervezet a gyakorlatban, valós végrehajtási elemekkel is tesztelje ellenálló képességét, amelyek illeszkednek a jogszabályok szerinti felkészülési és helyreállítási kötelezettségekhez.

Más szabályozások szerinti kockázatértékelések folyamatának integrálása: A munkavédelmi, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése (Seveso III), NIS2 vagy ágazati szabályozás alapján készült kockázatértékelések eredményeit érdemes összevetni az ellenálló képességi mátrixszal, majd közösen továbbgondolni. Ez csökkenti az adminisztratív terheket, növeli a hatékonyságot, és biztosítja a holisztikus kockázatmenedzsmentet.

Függőségi mátrix kidolgozása: Javasolt a szervezet működését érintő legfontosabb ágazatközi függőségek (energia, informatika, humán erőforrás, beszállítók) feltüntetése az ellenálló képességi mátrixban valamint a prioritizálás. Ez elősegíti a kritikus láncreakciók előrejelzését és a célzott védelmi intézkedéseket.

Benchmarking és tudásmegosztás: Célszerű országos vagy ágazati szinten kialakítani az ellenálló képességi mátrixok összehasonlításának (benchmarking) gyakorlatát. Ez segíti az általános gyengeségek azonosítását és a jó gyakorlatok átvételét.

5. ÖSSZEGZÉS

A kockázat alapú gondolkodás a kritikus szervezeteknél az elméleti megközelítés mellett olyan gyakorlati módszer, amely a szervezetek működésbiztonságát és rezilienciáját közvetlenül befolyásolja. A bemutatott módszertani fejlődés és a kapcsolódó gyakorlati esettanulmányok két különböző ágazat példáján keresztül a következőket támasztották alá:

- a) Az összveszély szemlélet együttes alkalmazása a függőségi mátrixszal nélkülözhetetlen, mivel a kockázatok többsége nem önmagában, hanem egymást erősítve, láncreakció-szerűen jelentkezik.
- b) A kockázatok számszerűsítése és rangsorolása (pl. FMEA, CPM (kritikus pont mátrix) alkalmazása) támogatja a vezetői döntéshozatalt. A pontszámok alapján azonosíthatók a legsúlyosabb hatású kockázatok, amelyeknél azonnali intézkedés szükséges, míg más területeken elfogadható a maradványkockázat.
- c) Az egyenértékűség más szabályozásokkal (pl. munkavédelmi kockázatértékelés, veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése Seveso III, NIS2) lehetőséget ad a párhuzamosságok elkerülésére, és elősegíti az integrált reziliencia-irányítás kialakítását. Ez különösen fontos a gyakorlatban, a széttagolt kockázatmenedzsment elkerülése érdekében.
- d) A függőségek feltárása és dokumentálása a mátrixban segíti a szervezeteket abban, hogy előre azonosítsák, mely más ágazatok, rendszerek és szolgáltatások sérülékenysége válhat kritikus hatásúvá. Ez a holisztikus megközelítés biztosítja, hogy az ellenálló képességi intézkedések rendszerszinten is hatékonyak legyenek, amelyet tovább fejleszthet például a negyedéves mini-kockázatfelmérések bevezetése, illetve a Benchmarking rendszer kialakítása a mátrixokból.
- e) A kritikus, valamint az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetekre és infrastruktúrákra vonatkozó hazai jogszabályi környezet kifejezetten megköveteli a kockázat alapú gondolkodás dokumentált alkalmazását az ellenálló képességi mátrixban és tervben. Ezzel a kritikus szervezetek működése összhangba kerül az EU normák elvárásaival, miközben a hazai nemzeti sajátosságok is érvényesülnek, amelyek alkalmazhatóságát támogatják az ágazati esettanulmányok, ágazatspecifikus jellemzők.

Összességében a kockázat alapú gondolkodás a kritikus szervezeteknél a jogszabályi megfelelésen túl stratégiai vezetői eszköz is. A bemutatott példák alapján a gyakorlatban is működőképes módszertan ágazattól függetlenül adaptálható. Az ellenálló képességi mátrix és a kapcsolódó elemzések támogatják a szervezeti tanulást, a folyamatos fejlesztést, valamint erősítik a kritikus szervezetek különböző kockázatokkal, veszélyekkel és fenyegetésekkel szembeni megelőzési, reagálási és helyreállási képességeit. Ezen képességek katalógusát és a fejlesztésükkel kapcsolatban megfogalmazottakat a technikai, biztonsági és szervezeti intézkedéseket leíró dokumentum, azaz az ellenálló képességi terv fogja tartalmazni, amelynek részleteit a cikk következő része ismerteti, szintén gyakorlatias megközelítéssel.

6. JOGFORRÁSOK

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/2557 irányelve a kritikus szervezetek rezilienciájáról és a 2008/114/EK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről

A kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló 2024. évi LXXXIV. törvény

A védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról szóló 2021. évi XCIII. törvény

A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény

A kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról szóló 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet

Az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetek ellenálló képességéről szóló 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet

234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

Magyarország kritikus szervezetek ellenálló képességére vonatkozó nemzeti kockázatértékeléséről szóló 1191/2025. (VI. 5.) Korm. határozat

Magyarország kritikus szervezetek ellenálló képességére vonatkozó nemzeti stratégiájáról szóló 1192/2025. (VI. 5.) Korm. határozat

7. IRODALOMJEGYZÉK

[1] Az ISO 9001:2015 szabvány frissített változata (2025-07-28), [Online]. Elérhetőség: <https://isotudastar.hu/az-iso-90012015-szabvany-frissített-valtozata/> (2025.08.13.)

[2] Mógor J., Angyal I. „A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérőföldkövei 2022-2025”. Védelem Tudomány a Katasztrófavédelem Online Szakmai, tudományos folyóirata, 10(2), p. 18. [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19455> (2025.08.13.)

[3] Linkov, I. et al. „Measurable Resilience for Actionable Policy, Environmental Science & Technology” 2013 47 (18), 10108-10110, [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://doi.org/10.1021/es403443n> (2025.08.11.)

[4] Watson, G. et al. „Streamlined Assessments are Integral to Operationalizing Resilience, Environmental Management” (2025). [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02200-7> (2025. 08. 11.)

[5] Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). „On the quantitative definition of risk. Risk Analysis”, 1(1), 11–27. [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x> (2025. 08. 11.)

[6] Apostolakis, G. E. (1990). „The concept of probability in safety assessments of technological systems.” Science, 250(4986), 1359–1364. [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://doi.org/10.1126/science.2255909> (2025. 08. 11.)

[7] Zhang, X., Chan, F. T. S., Yan, C., & Bose, I. (2022). „Towards risk-aware artificial intelligence and machine learning systems: An overview.” Decision Support Systems, 159. [Online]. Elérhetőség: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113800> (2025. 08. 11.)

A magyar ivóvízhálózatok statisztikai értékelése a kritikus infrastruktúra-védelem keretében

Statistical Evaluation of Hungarian Drinking Water Networks within the Framework of Critical Infrastructure Protection

Orgoványi Péter
Nemzeti Közszerológati Egyetem, Vízstudományi Kar
tanársegéd
Email: orgovanyi.peter@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0001-5349-2932 

Absztrakt:

A víziközmű-hálózatok a nemzeti létfontosságú infrastruktúra részét képezik, így állapotuk és működőképességük közvetlen hatással van a lakosság ellátásbiztonságára. Ezért fenntartásuk, folyamatos fejlesztésük és védelmük a kritikus infrastruktúra-védelem kiemelt feladatai közé tartozik. Elemzésem során a Központi Statisztikai Hivatal 1990–2023 közötti adatait használtam fel, és olyan kulcsindikátorokat vizsgáltam, mint a bekötési arány, az egy főre jutó vízfogyasztás, a háztartási fogyasztás aránya, a lakásonkénti hálózathossz és a csőtörési gyakoriság. A közműöllő mutatók segítségével feltérképeztem a víz- és szennyvízcsatorna hálózatok kiépítettségének aránytalanságait is. Az eredmények azt mutatják, hogy bár az országos lefedettség magas, a hálózatok műszaki állapota komoly kihívásokat jelent. Az előregedett azbesztcement csőszakaszok, a növekvő csőtörési arány és a kiugróan magas hálózati veszteségek – amelyek egyes rendszerekben meghaladják a 60%-ot – sürgetik a célzott rekonstrukciós beavatkozásokat. A regionális elemzés során azonosított különbségek a katasztrófavédelmi tervezés szempontjából is relevánsak. A kutatás eredményei alapján javaslatokat fogalmaztam meg a víziközmű-ágazat stratégiai fejlesztésére, különösen a haváriahelyzetek megelőzése, a digitális monitoring rendszerek kiépítése és a vízbázisok védelme terén. A vizsgálat gyakorlati hasznosíthatósága révén közvetett módon támogathatja a kockázati mátrixok és ellenálló képességi tervek megalkotását.

Kulcsszavak: víziközmű-hálózat, ivóvízellátás, közműöllő, hálózati veszteség, csőtörés, ellátásbiztonság

Abstract:

Water utility networks are part of the nation's critical infrastructure, meaning their condition and operational reliability directly impact the security of the population's supply. Therefore, their maintenance, continuous development, and protection are among the key tasks of critical infrastructure management. In my analysis, I utilised data series from the Hungarian Central Statistical Office, spanning the period from 1990 to 2023, to examine key indicators such as connection rate, per capita water consumption, the proportion of household consumption, network length per dwelling, and pipe break frequency. Using utility gap indicators, I also mapped the disparities in the development of water and wastewater networks. The results show that although national coverage is high, the technical condition of the networks poses significant challenges. Ageing asbestos-cement pipe sections, increasing pipe break rates, and exceptionally high network losses—exceeding 60% in some systems—urgently call for targeted reconstruction interventions. The regional differences identified in the analysis are also relevant for disaster management planning. Based on the findings, I formulated recommendations for the strategic development of the water utility sector, specifically in the areas of emergency prevention, digital monitoring system implementation, and water resource protection. Through its practical applicability, the study may indirectly support the development of risk matrices and resilience plans.

Keywords: water utility network, drinking water supply, utility gap, network loss, pipe break, supply security

1. BEVEZETÉS

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/2557 irányelve a kritikus szervezetek rezilienciájáról, valamint a 2008/114/EK tanácsi irányelv hatályaon kívül helyezéséről 2022. december 14-én került elfogadásra, és 2023. január 16-án lépett hatályba (a továbbiakban: CER irányelv). Az irányelv célja a kritikus szervezetek ellenálló képességének megerősítése és az egységes uniós szabályozás kialakítása. Ennek eredményeként megtörtént a hazai jogszabályi keretek felülvizsgálata, amelynek nyomán megszületett a 2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről, valamint a 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról.

Az új jogszabályi keretrendszerben meghatározásra kerültek azok az ágazatok és alágazatok, amelyek az alapvető szolgáltatások biztonságos működéséhez nélkülözhetetlenek. A víziközmű-hálózatok továbbra is az új szabályozás markáns elemét képezik, és kiemelten szerepelnek a kritikus infrastruktúra-védelem területén. A vízágyazaton belül az ivóvíz alágazat került nevesítésre, amely magában foglalja az emberi fogyasztásra szánt ivóvíz termelését, tárolását, ellátását és kezelését.

A kijelölt kritikus szervezeteknek kötelező Ellenálló Képességi Tervet készíteniük, amelynek egyik legfontosabb eleme a kockázatértékelési mátrix. Ebben a szervezeteknek fel kell térképezniük mindazokat a veszélyeket, amelyek veszélyeztethetik a működésüket, az ellátás biztonságát vagy a lakosság alapvető szolgáltatásokhoz való hozzáférését. A terv kidolgozásáért a szervezet vezetője és az ellenálló képességért felelős vezető közösen felelnek, míg annak hatóság felé történő megküldése a szervezet vezetőjének feladata.

A jelen publikációban bemutatott mutatók, például a csőtörési gyakoriság, a hálózati veszteségek, a bekötési arányok vagy a regionális eltérések, közvetlenül felhasználhatók a kockázati mátrix kitöltéséhez, hiszen számszerű alapot adnak a veszélyek valószínűségének és hatásának értékeléséhez. Mindez elősegíti a víziközmű-ágazatban a sérülékenységek azonosítását, a megelőző intézkedések megtervezését, valamint hozzájárul a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének erősítéséhez és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartásához.

Magyarországon a közüzemi vízellátás szinte teljes körű, a hálózat hossza meghaladja a 92 000 km-t. A régebbi szakaszok azbesztcement, az újabbak KM-PVC csövekből épültek. [1] Az elöregedés miatt nő a meghibásodások száma: 2012-ben 0,61, 2017-ben már 1,34 meghibásodás/km. [2]

A hálózati vízveszteség átlagosan 22%, ami évente 144 millió m³ vízveszteséget jelent, egyes térségekben akár 60%-ot is elérhet. [3] E problémák kezelését tovább nehezíti a hálózat túlméretezése számos térségben, ami a víz másodlagos minőségének romlásához vezethet, míg a nagyvárosi agglomerációkban, különösen Budapest környékén a csúcsidőszakokban a túlterhelés okoz ellátási nehézségeket. [4]

A jövőbeli fejlesztésekhez elengedhetetlen a hálózatok állapotának pontos ismerete. A MAVÍZ és az EurEau is hangsúlyozza a korszerűsítés, veszteségcsökkentés és digitalizáció fontosságát [2] [3]

Korábbi tanulmányunkban a csatornahálózatokat vizsgáltuk. [5] A víziközmű infrastruktúra állapotát átfogóan a vízellátó hálózat alapos megismerését követően tudjuk áttekinteni. Ezen rendszerek állapotának ismerete elősegíti a jövőbeni beavatkozások előkészítését, az esetleges havária helyzetek beavatkozásainak tervezését. [6]

1.1 Történeti áttekintés

Magyarország ivóvízellátó rendszerei hosszú történeti fejlődés eredménye, amely a római kori vízvezetékektől a modern közműhálózatokig ível. A rómaiak által épített vízvezetékek a kor technikai színvonalát messze meghaladó megoldásokat alkalmaztak. A rómaiak szigorúan védték vízvezetékeiket: a szenátus tiltott minden akadályozó építkezést, a szabályszegőket pénzbírsággal sújtották, melynek felét a feljelentő kapta. A vízvezetékek karbantartását külön személyzet végezte, amíg a római hatalom fennállt. Technikailag többnyire gravitációs rendszereket alkalmaztak. Nyomás alatti rendszereket is létrehoztak, amiket akár 12 bar nyomáson is képesek voltak üzemeltetni, de jellemzően a kedvezőtlenebb domborzatú területeken volt erre szükség. [7] Ezek a birodalom bukása után fokozatosan elpusztultak. A középkorban a vízellátás elsősorban a várak és udvarházak szükségleteit szolgálta, míg a városi lakosság számára a kutak és források jelentették az elsődleges vízforrást. [8]

A vízellátás modernizációja a 17. században kezdődött, de igazán jelentős fejlődés a 19. század második felében indult meg, amikor a kolerajárványok és az iparosodás sürgetővé tették a közegészségügyi fejlesztéseket. Az első korszerű vízvezeték 1800-ban épült Zólyomfaluban [8], míg Budapest első közműves vízellátó rendszere 1856-ban létesült. A pesti vízmű 1867-ben, a kolerajárvány hatására épült meg, a budai oldal pedig 1881-ben csatlakozott a rendszerhez, amely 1884-re vált egységgé. [9]

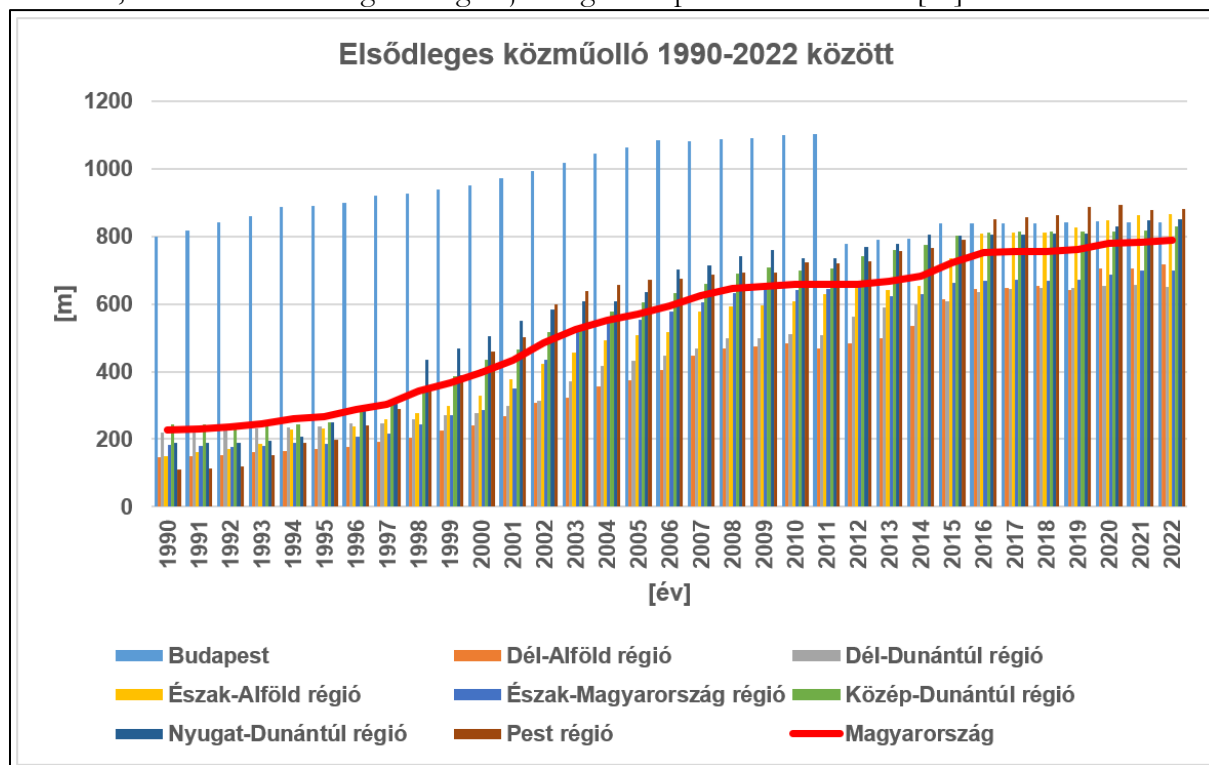
A 20. század elején a közkutak rendszere még kielégítette az igényeket, de a népességnövekedés és az urbanizáció szükségessé tette a házi bekötések és az elosztóhálózat bővítését. A vízművek tervezésében a német példák szolgáltak alapul, de a hazai viszonyokhoz igazították őket. A Közegészségügyi Mérnöki Osztály kulcsszerepet játszott a tervezésben és kivitelezésben, miközben az állami támogatás és a hidrogeológiai kutatások is elősegítették a fejlődést. Az első világháború után az ország közigazgatási és gazdasági szerkezete átalakult, új lehetőségek nyíltak a vízművek fejlesztésére. A második világháború azonban súlyos károkat okozott a vízellátó rendszerekben, különösen Budapesten, ahol a fővezetékek és hidak is megsemmisültek. A helyreállítás 1947-re nagyrészt befejeződött, de vidéken sok helyen még hosszabb ideig tartott az újjáépítés. [10]

A háború utáni időszakban bár a pénzügyi források szűkösek voltak, néhány városban jelentős beruházások valósultak meg. [11] Az 1950-es évektől az iparfejlesztés és az új ipari központok (pl. Dunaújváros) megnövekedett vízigénye újabb fejlesztéseket tett szükségessé. Az 1960-as évektől a rendszerváltásig tartó időszakban a gazdasági növekedés, az urbanizáció és az életminőség javulása ösztönözte a vízellátó rendszerek korszerűsítését. Az 1990-es évektől kezdve új vízművek épültek, korszerű technológiákat vezettek be, és regionális rendszereket kezdtek kialakítani. A vízminőség javítása érdekében modern vízkezelő műveket építettek, amelyek az eddigieknél is nagyobb kapacitással üzemeltek. A vízbázisok védelme és a kistérségi rendszerek kialakítása szintén kiemelt szerepet kapott, különösen az EU-csatlakozás után, amikor szigorúbb előírások léptek életbe. [10]

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 1990 és 2023 közötti adatai alapján a vízellátó hálózat hossza 51 317 km-ről 67 876 km-re nőtt. A bekötött ingatlanok aránya 73%-ról 95%-ra emelkedett, a legnagyobb növekedés a Közép-Magyarországi régióban történt. Különösen 1993-ban tapasztalható kiugró érték az adatokban. [5] Az alábbi fejezetekben részleteiben vizsgálat alá kerülnek az egyes régiók. Első sorban fajlagos értékek számításával, hogy a különbségek kimutathatók legyenek és a területi arányok ne okozzanak torzítást.

1.2 Az utóbbi évtizedekben bekövetkező változások

A közműolló egy átfogó mutatópár, amely a víziközmű-hálózat fejlettségének vizsgálatára szolgál. Az elsődleges közműolló az ivóvíz- és szennyvízhálózat hosszának arányát, míg a másodlagos a bekötött lakások arányának különbségét méri. Ezek a mutatók lehetővé teszik az infrastruktúra tér- és időbeli összehasonlítását, valamint a közműellátottság komplex értékelését. A tág olló fejlettségi szakadékokat, a záródó olló pedig kiegyensúlyozott szolgáltatást jelez. Alkalmazásuk nemcsak technikai, hanem társadalmi-gazdasági fejlettségi szempontból is releváns [12]



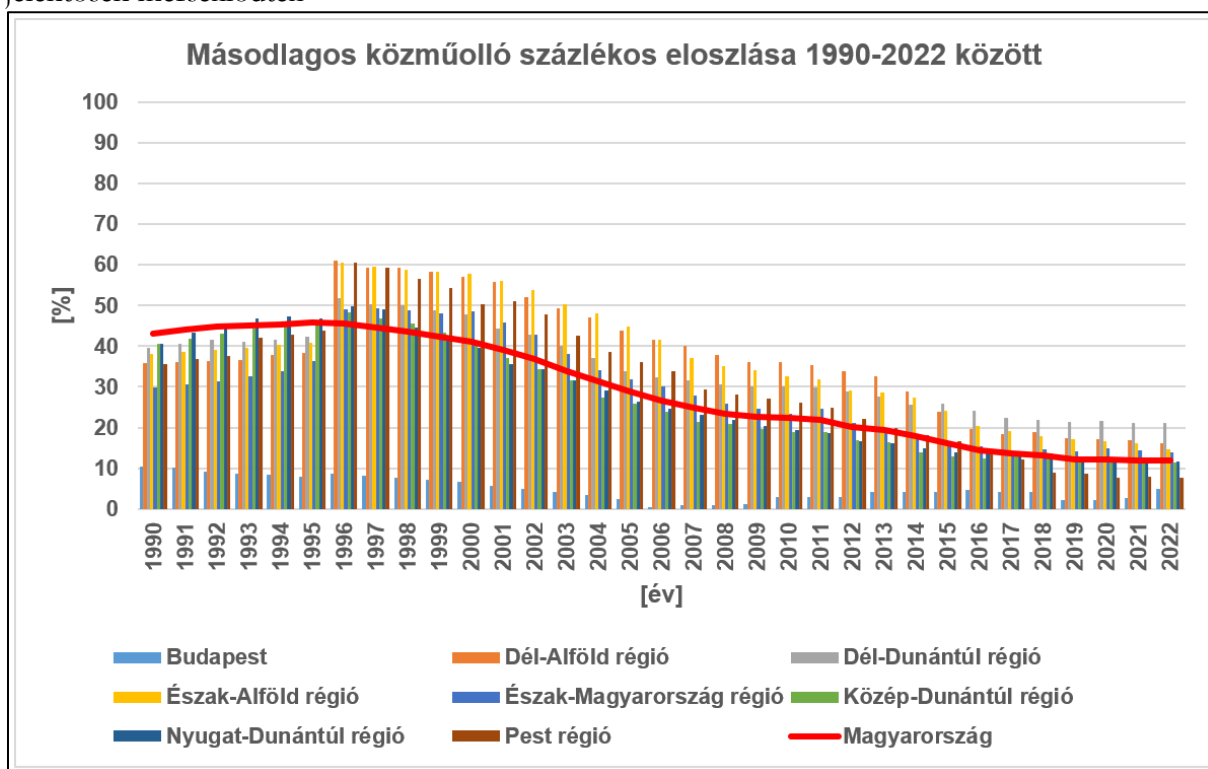
1. ábra - Elsődleges közműolló (1990-2022) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

Az elsődleges közműolló alakulása Magyarországon 1990 és 2022 között (1. ábra) egyértelmű fejlődési ívet mutat. Országosan az érték 1990-ben 228 méter volt, 2022-re pedig 789 méterre nőtt, ami több mint háromszoros emelkedés. Ez jól tükrözi, hogy a csatornahálózat bővítése felzárkózott az ivóvíz-ellátottsághoz. A legnagyobb növekedés a 2000-es évek elején történt, amikor az átlag 396-ról 657 méterre ugrott, részben az országos fejlesztési programoknak és uniós támogatásoknak köszönhetően. 2010 után a növekedés üteme mérséklődött. Regionálisan árnyaltabb a kép. Budapest már 1990-ben is kiugró, 800 méteres értékkel rendelkezett, ami az országos átlag több mint háromszorosa. 2011 után adatkorrekció vagy módszertani változás miatt visszaesés látszik, majd stabilizálódás következett. Pest régió 1990-ben még csak 111 méteren állt, 2022-re viszont elérte a 882 métert, ami a legdinamikusabb fejlődést jelenti. Észak-Alföld és Észak-Magyarország szintén jelentős növekedést mutatott: 150–180 méterről 650–860 méterre emelkedtek. A dunántúli térségek – különösen Nyugat- és Közép-Dunántúl – közepes induló értékekkel, de kiegyensúlyozottan fejlődtek, 800–850 méteres szintre. A Dél-Alföld 1990-ben még a legalacsonyabb értékkel bírt (145 méter), de 2022-re már 717 métert ért el. A legfrissebb adat szerint 2023-ban az országos érték 791 méter volt. [13]

Összességében az elsődleges közműolló az elmúlt három évtizedben fokozatosan záródott, vagyis a szennyvízhálózat kiépítettsége egyre inkább megközelíti az ivóvízhálózatét. Bár a regionális különbségek továbbra is fennállnak – Budapest és Pest régió a két véglet –, a területi egyenlőtlenségek mérséklődtek, és minden térség közelít a magas lefedettséghez.

A másodlagos közműolló alakulása Magyarországon 1990 és 2022 között (2. ábra) szintén markáns, de az elsődleges közműollóval ellentétes irányú trendet mutat. Országosan az érték 1990-ben 43,15 volt, 2022-re 11,91-re csökkent, ami azt jelzi, hogy a csatornahálózat egy lakásra jutó kiépítettsége fokozatosan közelített a vízhálózatéhoz. A legnagyobb csökkenés a 2000-es évek elején történt: 2000-ben még 41,04, 2010-re már csak 22,28 volt. 2020 után az érték stabilizálódott 12 körül. Regionálisan jelentős különbségek voltak a kiinduló értékekben, de mindenhol csökkenés figyelhető meg. Budapest már 1990-ben is alacsony, 10,4-es értékkel rendelkezett, ami a szinte teljes ellátottságot jelezte. 2005-re 2,29-re, 2010-re 2,92-re csökkent, majd 2–5 között stagnált. A vidéki térségek – Dél- és Észak-Alföld, valamint Pest régió – a kilencvenes évek közepén még 55–60 körüli értékeket mutattak, de 2022-re 15–17 közé csökkentek. A dunántúli régiók (Közép- és Nyugat-Dunántúl) 40–47-ről 11–12-re, Észak-Magyarország pedig 30 fölötti induló értékről 13,88-ra mérséklődött.

Összességében a másodlagos közműolló országos és regionális alakulása azt mutatja, hogy a szennyvízhálózat kiépítettsége lényegében felzárkózott az ivóvízellátáshoz. A legnagyobb javulás vidéken történt, míg Budapest végig alacsony értéket mutatott. A területi különbségek 2022-re jelentősen mérséklődtek.



2. ábra - Másodlagos közműolló (1990-2022) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A következő alfejezetekben számos, a közműhálózatok jellemzésére használt fajlagos mutató meghatározása és elemzése történik meg.

1.2.1 Módszertan

A vizsgálat alapjául a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) hivatalos adatbázisából származó, a magyarországi települések, járások, vármegyék, régiók és az ország egészére vonatkozó, hitelesített közüzemi vízellátási statisztikai mutatókat használtam fel. Az elemzésben az alábbi indikátorok szerepeltek a megadott időbeli lefedettséggel:

- Állandó népesség (fő): 1990–2023
- Lakásállomány (db): 1990–2023
- Összes szolgáltatott vízmennyiség (1000m³): 1990–2022
- Háztartásoknak szolgáltatott vízmennyiség (1000m³): 1990–2022
- Közüemi ivóvízvezeték-hálózat hossza (km): 1990–2022
- Közüemi ivóvízvezeték-hálózatba bekapcsolt lakások (db): 1996–2022
- Csőtörések száma (db): 2012–2021

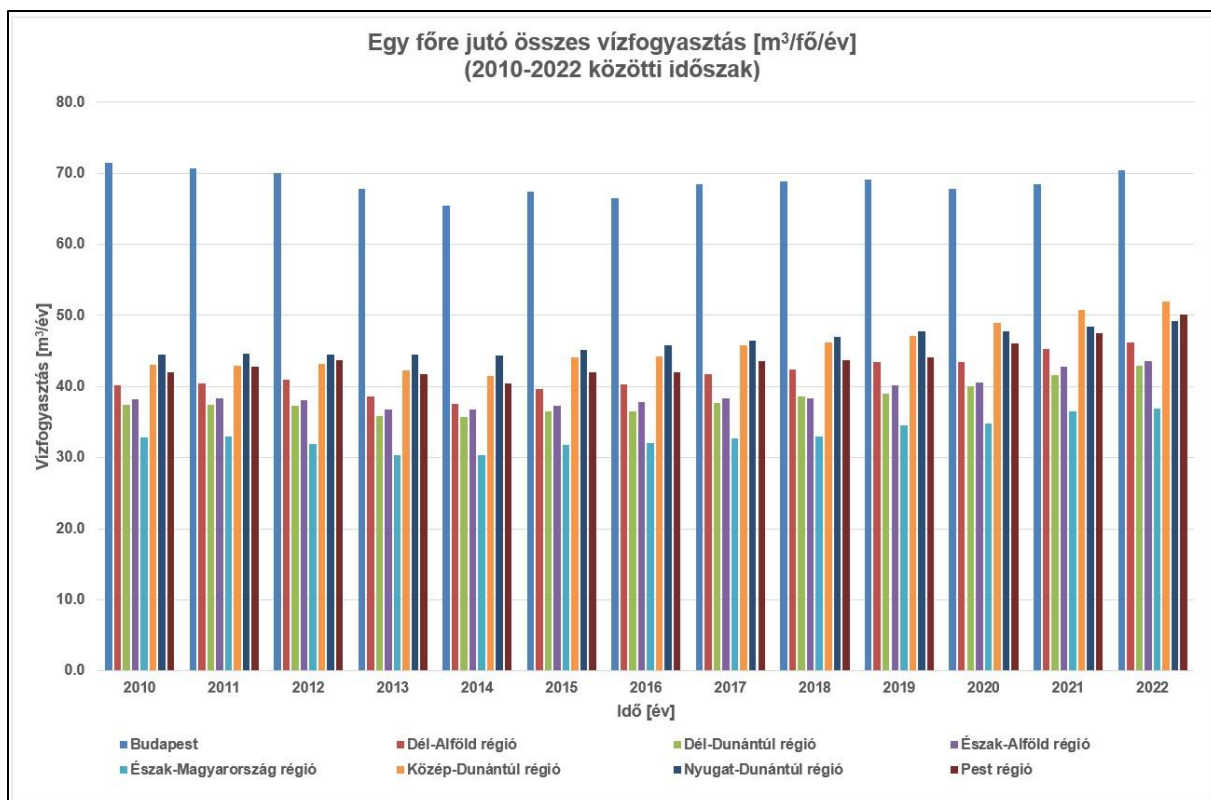
A vizsgált mutatók esetében a legkisebb közigazgatási egység a település, amelyből a KSH aggregálta az adatokat járási, vármegyei, regionális és országos szintekre. Ez a hierarchikus térbeli bontás lehetővé tette az infrastruktúra fejlettségének és a vízfogyasztási trendek több szintű összehasonlítását, valamint a területi egyenlőtlenségek feltárását.

Az adatok feldolgozása során adatminőségi ellenőrzést is végeztem. Egy kiugró, hibásnak tekinthető értéket azonosítottam: Gyula település 1995-ös vízfogyasztási adata 46 359 000 m³/év volt, míg az előző és következő években 2–3 millió m³/év körüli érték szerepelt. Mivel ez torzította a magasabb szintű aggregált adatokat, lineáris regressziós adatkiegészítést alkalmaztam, így a korrigált idősor jobban illeszkedik a valós trendekhez.

A publikáció terjedelmi korlátai miatt az elemzést regionális szinten kezdem, de figyelmet fordítok a járási és települési szinten megjelenő kiugró értékekre is. Ezek segítenek feltárni a régiós átlagok mögötti helyi sajátosságokat. Az infrastruktúra állapotát hazai viszonylatban jellemzően közvetett mutatók alapján lehet értékelni. Hasonló módszert alkalmaz Urrea-Mallebrera és munkatársai (2019) is, akik gazdasági mutatók – például eszközérték és fenntarthatósági index – segítségével vizsgálják egy spanyol vízbázis infrastruktúráját és annak várható hatásait. [14]

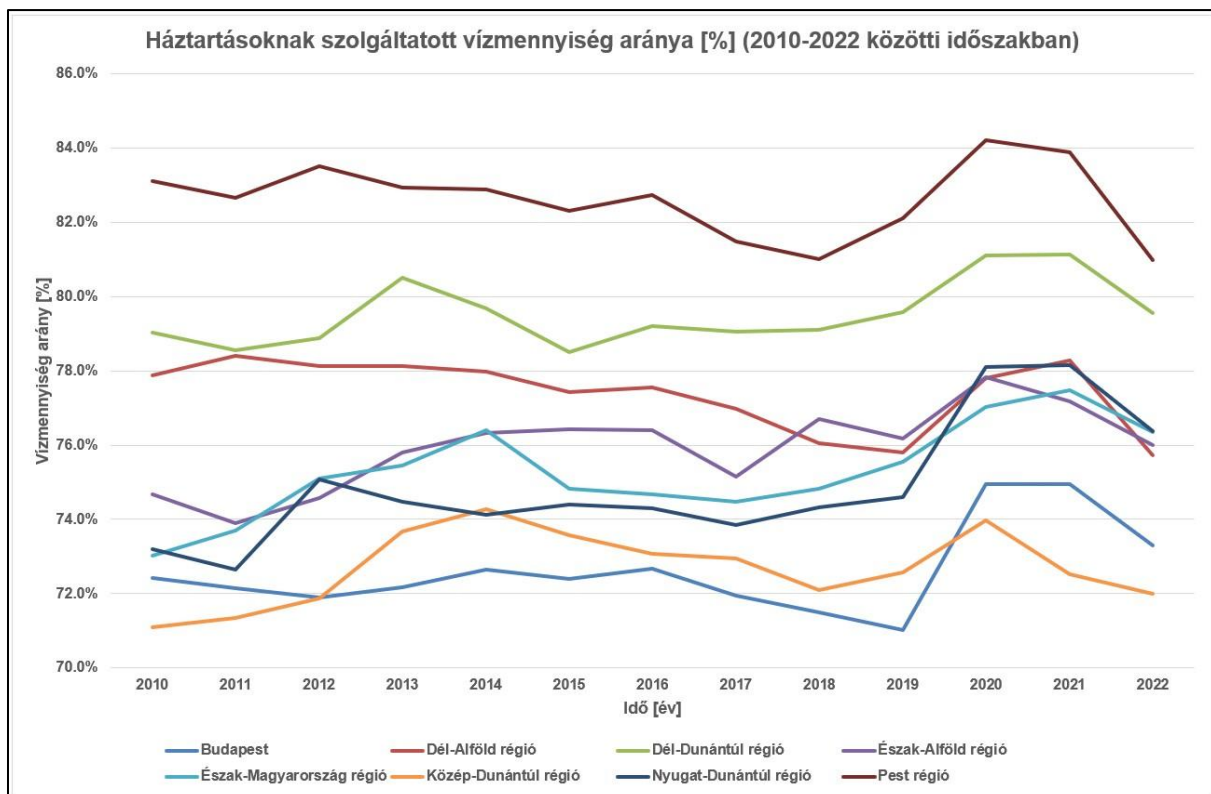
A **bekötési arány** (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) önmagában nem feltétlenül tükrözi a vízellátó hálózatra való rákötés tényleges változását, mivel a lakásállomány változása is befolyásolja az értéket. Ezért a mutató értelmezésekor szükséges más indikátorokkal együtt vizsgálni a folyamatokat.

Az **egy főre jutó összes vízfogyasztás** (m³/fő/év) számított mutatója jó támpontot ad a vízhasználati trendek megértéséhez, azonban önmagában nem mutatja meg a felhasználás szerkezetét (háztartási, ipari, mezőgazdasági arányokat). 2010-2022 közötti értékeit az 3. ábra szemlélteti.



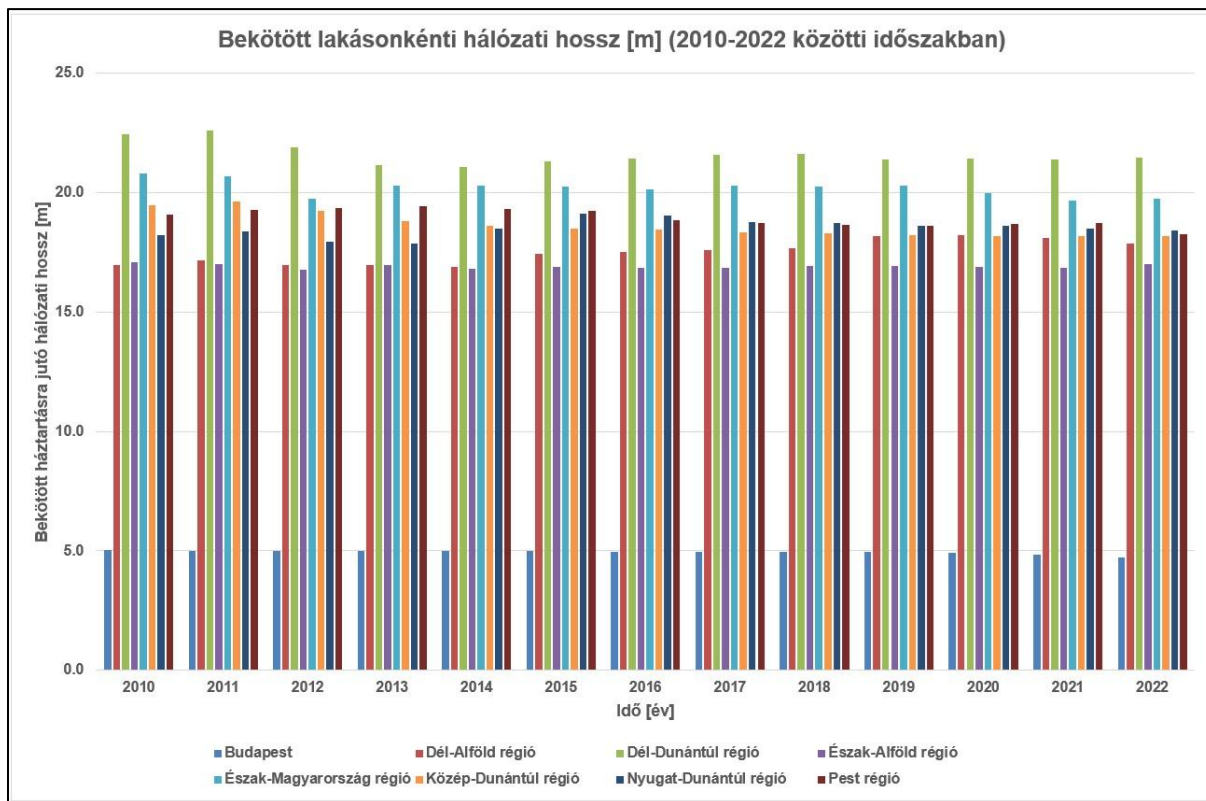
3. ábra - Egy főre jutó összes vízfogyasztás értéke [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A **háztartási fogyasztás aránya** az összes szolgáltatott vízmennyiséghez képest szintén fontos indikátor, de értelmezését nehezíti, hogy a közületi, ipari és mezőgazdasági vízhasználat települési szinten jelentős ingadozást mutathat, ami regionális szinten már kevésbé érzékelhető. 2010-2022 között tapasztalható változásokat a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra- Háztartásoknak szolgáltatott vízmennyiség aránya [%] [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

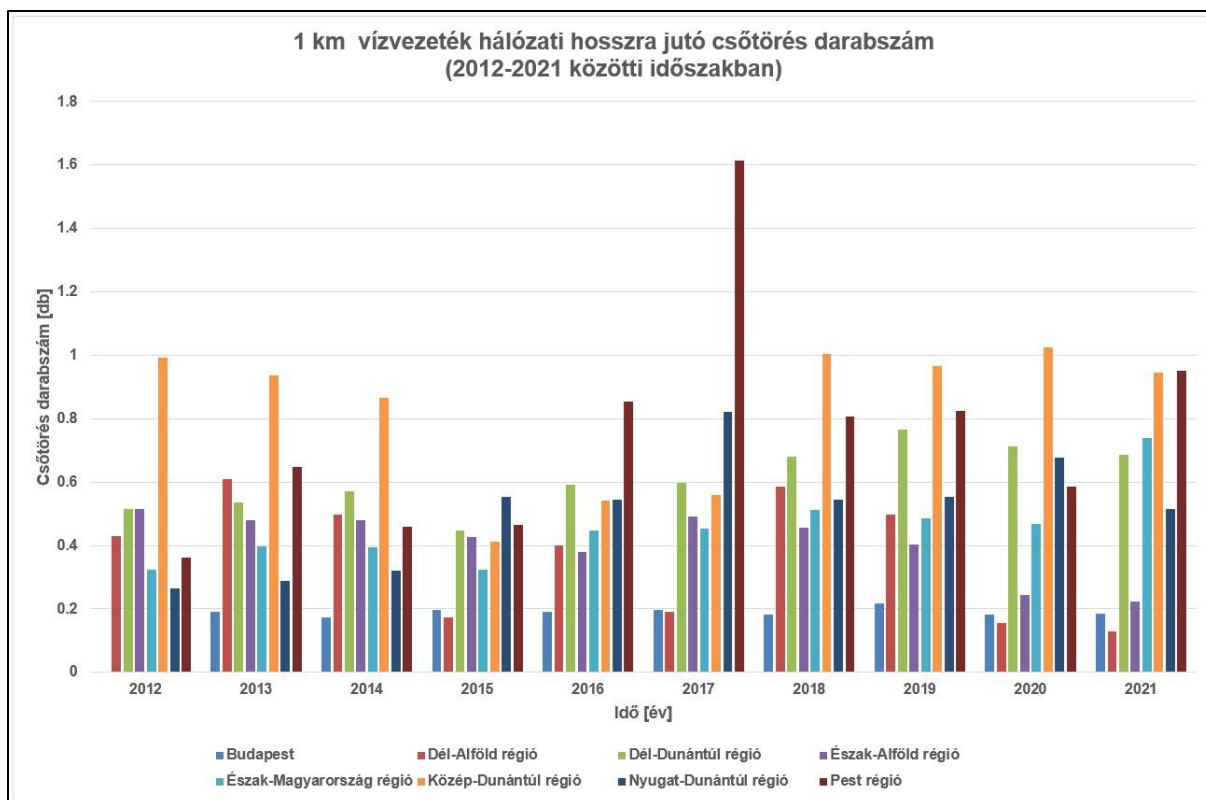
A **lakásonkénti hálózathossz** (m/bekötött lakás), mint fajlagos mutató, elsősorban a településszerkezet és a beépítési sűrűség függvénye. Magasabb beépítési sűrűség esetén a kiépítés és az üzemeltetés fajlagos költségei kedvezőbbek, míg ritkábban lakott térségekben a hálózat fajlagos hossza nagyobb lehet. 2010-2022 közötti időszak értékei regionális szinten értelmezve a 5. ábra alapján láthatók.



5. ábra - Bekötött lakásonkénti hálózati hossz [m] (2010-2022 közötti időszakban) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

A **csőtörések** összehasonlíthatósága érdekében normalizált mutatót alkalmaztam, amely az 1 km hálózati hossza jutó csőtörések számát (db/km/év) jelzi. A KSH adatbázisa csak a főnyomó- és elosztóvezetékek hibáit tartalmazza, így a házi bekötések nem szerepelnek benne. A mutató jól tükrözi a hálózat műszaki állapotát és az üzemeltetés minőségét, de értelmezésénél figyelembe kell venni a vezetékek korát, anyagát, a talajviszonyokat és a víznyomást is.

Fontos megjegyezni, hogy a statisztikai adatok korlátozottan állnak rendelkezésre. 2021-ben a 3155 település közül 949 nullás adattal szerepelt, ami adatminőségi problémákra utal. Más feldolgozások is hasonló hiányosságokat tapasztaltak [15] A regionális szintű, szemléltethető értékeket a 6. ábra mutatja be a 2012–2021 közötti időszakra.



6. ábra - 1 km vízvezeték hálózati hossza jutó csőtörés darabszám (2012-2021 között) [Szerzői szerkesztés KSH adatok alapján]

1.2.2 Dél-Alföld régió

A Dél-Alföldi régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján az átlagnál kisebb növekedést mutatott a vizsgált időszakban: 1996–2022 között mindössze 1,9%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Bács-Kiskun, Csongrád-Csanád és Békés vármegye tartozik. Ezen területek közül Békés vármegyében történt a legnagyobb növekedés (8%), ezt követte Bács-Kiskun (4,3%), majd Csongrád-Csanád (2,1%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Mórahalmi járásban volt (98,9%), míg a legalacsonyabb a Gyomaendrődi járásban (78,9%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $71,4 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $37,76 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2014). 2014 után azonban növekedés figyelhető meg, 2022-ben az érték $46,2 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Csongrád-Csanád vármegyében történtek: 1990–2014 között $41,1 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $10,1 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés, így 2022-ben $48,2 \text{ m}^3/\text{év}$ értékkel a legmagasabb fogyasztási szintet képviselte a régió belül.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 75,7% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Bács-Kiskun: 75,2%
- Békés: 79,8%
- Csongrád-Csanád: 73,2%

A Dél-Alföldi régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között viszonylag stabilan, 16,6–18,2 m/lakás között alakult. A periódus elején enyhe növekedés volt (1996: 16,6 → 2000: 17,3), majd 2000–2010 között stagnálás, 2018–2020-ban maximum (18,2), 2022-re mérsékelt csökkenés (17,8) következett.

Országos viszonylatban a régió a középmezőnybe tartozik: meghaladja Budapest alacsony értékeit (4,7–5,4), de elmarad Pest (18,3–23,1) és Dél-Dunántúl (20,1–22,7) magasabb mutatóitól. Ez jól tükrözi a régió mérsékelt beépítési sűrűségét.

Vármegyei bontásban jelentős eltérések láthatók. Békés tartósan a régiós átlag felett helyezkedik el (2000-es évek: ~21 m/lakás), 2010 után enyhe csökkenéssel, de továbbra is magas értékekkel. Bács-Kiskun fokozatos növekedést mutatott, 2019-től kiugró emelkedéssel, 2020-ban meghaladva a 20 m/lakás értéket. Csongrád-Csanád viszont végig a régiós átlag alatt maradt (13–14,6 m/lakás), ami a nagyobb településsűrűséget és kedvezőbb hálózati adottságokat jelzi. Ezek az eltérések megerősítik, hogy a vármegyei szintű vizsgálat fontos kiegészítése a regionális elemzésnek.

A Dél-Alföldi régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között jelentős ingadozást mutatott, 0,13–0,61 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb érték 2013-ban (0,61), a legalacsonyabb 2021-ben (0,13) fordult elő. A változások mögött főként vármegyei eltérések állnak: Bács-Kiskunban 2018-ban kiugróan magas érték (1,11) jelentkezett, míg más években alacsonyabb szintek voltak jellemzők. Békés vármegye adatai stabilabbak, 0,2–0,94 között mozogtak. Csongrád-Csanád 2012–2013-ban magasabb értékeket mutatott (1,00 és 0,93), majd 2015-re 0,04-re esett vissza. A régió 258 településéből 123 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a települési szintű vizsgálat nem megalapozott, és a magasabb közigazgatási szintek értelmezésénél ezt figyelembe kell venni.

1.2.3 Dél-Dunántúl régió

A Dél-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisebb növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 2,0%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Baranya, Somogy és Tolna vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Tolna vármegyében történt (5,2%), míg a legkisebb Baranya vármegyében (0,4%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Bonyhádi járásban volt (99,5%), míg a legalacsonyabb a Mohácsi járásban (83,7%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $65,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $34,1 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $43,0 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Baranya vármegyében történtek: 1990–2013 között $31,4 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $8,9 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 79,7% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Baranya: 79,5%
- Somogy: 79,4%
- Tolna: 79,9%

A Dél-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén növekvő trendet mutatott, 20,1 és 22,7 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 21,5 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió fajlagos értékei a legmagasabbak közé tartoznak, lényegesen meghaladják a sűrűn beépített Budapest régió alacsony értékeit (4,7–5,4 m/lakás), és hasonlóan magasak, mint Pest régióban (18,3–23,1 m/lakás). A többi dunántúli régióhoz képest is kiemelkedő értékek jellemzik, ami a régió szórt településszerkezetére utal. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Baranya: 20,0 m/lakás (enyhén növekvő, majd stagnál)
- Somogy: 23,9 m/lakás (tartósan magas, a periódus közepén tetőzik, majd stabilizálódik)
- Tolna: 20,3 m/lakás (stabil, kisebb hullámzásokkal)

A Dél-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,52 és 0,76 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2019-ben fordult elő (0,76 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,52 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Somogy vármegye: a legmagasabb érték 2020-ban (1,02 db/km), és az évek többségében is a legmagasabb régiós szintek jellemzőek.
- Baranya vármegye: stabilabb, alacsonyabb értékek, legalacsonyabb 2015-ben (0,30 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés csak korlátozottan megalapozott, mivel a régió 656 településéből 132 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a régiós és vármegyei átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.4 Észak-Alföld régió

Az Észak-Alföld régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban az országos átlagnál nagyobb növekedést mutatott: 1996–2022 között 7,1%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok és Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében történt (11,1%), míg a legkisebb Hajdú-Bihar vármegyében (3,3%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Nyírbátori járásban volt (99,8%), míg a legalacsonyabb a Berettyóújfalui járásban (64,6%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $64,6 \text{ m}^3/\text{év-ről}$ (1990) $36,8 \text{ m}^3/\text{év-re}$ (2014). 2014 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $43,6 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Hajdú-Bihar vármegyében történtek: 1990–2014 között $28,2 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $7,1 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,9% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Hajdú-Bihar: 73,4%
- Jász-Nagykun-Szolnok: 77,5%
- Szabolcs-Szatmár-Bereg: 77,8%

Az Észak-Alföld régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil trendet mutatott, 16,6 és 18,3 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 17,0 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnybe tartozik: fajlagos értékei jóval meghaladják Budapest alacsony mutatóit (4,7–5,4 m/lakás), de elmaradnak a dél-dunántúli és Pest régió kiemelkedően magas értékeitől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Hajdú-Bihar: 14,0 m/lakás (tartósan alacsony, stabil)
- Jász-Nagykun-Szolnok: 18,0 m/lakás (közepesen magas, stabil)
- Szabolcs-Szatmár-Bereg: 19,5 m/lakás (magasabb, enyhén hullámzó, stabil)

Az Észak-Alföld régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,07 és 0,71 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2017-ben fordult elő (0,71 db/km), míg a legalacsonyabb 2021-ben (0,07 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Jász-Nagykun-Szolnok vármegye: a legmagasabb csőtörési arány 2012-ben (0,92 db/km).
- Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye: a legalacsonyabb érték 2021-ben (0,07 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés korlátozottan megbízható, mivel a régió 391 településéből 157 esetében nem áll rendelkezésre csőtörés adat, ezért a régiós és vármegyei átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.5 Észak-Magyarország régió

Az Észak-Magyarország régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban az országos átlagnál nagyobb növekedést mutatott: 1996–2022 között 8,8%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves és Nógrád vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében történt (11,1%), míg a legkisebb Heves vármegyében (6,7%). A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Bátorfőnyéri járásban volt (99,6%), míg a legalacsonyabb a Mezőkövesdi járásban (78,9%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2014 között csökkenő tendenciát mutatott: $67,4 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $30,3 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2014). 2014 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $36,8 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében történtek: 1990–2014 között $37,0 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2014–2022 között $5,2 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,7% volt. A vármegyek közötti eltérés kismértékű:

- Borsod-Abaúj-Zemplén: 76,2%
- Heves: 74,7%
- Nógrád: 80,4%

Az Észak-Magyarország régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén csökkenő trendet mutatott, 19,6 és 21,5 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 19,7 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: jelentősen meghaladja Budapest alacsony fajlagos mutatóit ($4,7\text{--}5,4 \text{ m/lakás}$), de elmarad a legmagasabb dél-dunántúli és pesti régiós értékektől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Borsod-Abaúj-Zemplén: 18,4 m/lakás (enyhén csökkenő, stabil)
- Heves: 18,5 m/lakás (enyhén növekvő, stabil)
- Nógrád: 26,1 m/lakás (magas, hullámzó, enyhén csökkenő)

Az Észak-Magyarország régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,25 és 0,89 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2021-ben fordult elő (0,89 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,25 db/km). A vármegyek közötti eltérések jelentősek:

- Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye: a legmagasabb érték 2021-ben (0,89 db/km).
- Nógrád vármegye: a legalacsonyabb érték 2012-ben (0,25 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés pontossága korlátozott, mivel a régió 618 településéből 120 esetében hiányoznak csőtörési adatok, ezért a magasabb szintű átlagokat ennek figyelembevételével kell értelmezni.

1.2.6 Közép-Dunántúl régió

A Közép-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisléptékű növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 1,4%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Fejér, Komárom-Esztergom és Veszprém vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Fejér vármegyében történt (2,7%), míg a legkisebb Veszprém vármegyében (-0,8%). A negatív érték előfordulhat, ha a lakásépítés és a közműbekötés, illetve ezek bejelentése eltérő időpontban történik. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Devecseri járásban volt (99,9%), míg a legalacsonyabb a Kisbéri járásban (86,4%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $92,0 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $41,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $51,9 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Komárom-Esztergom vármegyében történtek: 1990–2013 között $61,8 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $14,3 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 71,3% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Fejér: 77,7%
- Komárom-Esztergom: 63,2%
- Veszprém: 73,2%

A Közép-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil, enyhén csökkenő trendet mutatott, 18,2 és 20,3 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,2 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: jelentősen meghaladja Budapest alacsony fajlagos mutatóit ($4,7\text{--}5,4 \text{ m/lakás}$), de elmarad Dél-Dunántúl, Pest és Nógrád magasabb értékei mögött. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Fejér: 17,6 m/lakás (enyhén csökkenő, stabil)
- Komárom-Esztergom: 15,4 m/lakás (csökkenő, stabilizálódó)
- Veszprém: 21,1 m/lakás (enyhén csökkenő, tartósan magas)

A Közép-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,31 és 2,45 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2012-ben fordult elő (2,45 db/km), míg a legalacsonyabb 2015-ben (0,31 db/km). A vármegyei különbségek jelentősek:

- Komárom-Esztergom vármegye: a legmagasabb és leginkább ingadozó értékekkel, 2012-ben elérte a 2,45 db/km-t, más években jelentős csökkenést és emelkedést mutatva.
- Fejér és Veszprém vármegyék: alacsonyabb és stabilabb értékekkel, jellemzően 0,34–0,67 db/km között.

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés csak korlátozottan megalapozott, mivel a régió 404 településéből 88 esetben nem áll rendelkezésre csőtörési adat.

1.2.7 Nyugat-Dunántúl régió

A Nyugat-Dunántúl régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban mérsékelt növekedést mutatott: 1996–2022 között 1,3%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala vármegye tartozik. A legnagyobb növekedés Győr-Moson-Sopron vármegyében történt (1,4%), míg a legkisebb Zala vármegyében (-1,4%). A negatív érték előfordulhat, ha a lakásépítés és a közműbekötés, illetve ezek bejelentése eltérő időpontban történik. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Győri járásban volt (99,2%), míg a legalacsonyabb a Nagykanizsai járásban (72,6%). Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $73,9 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $44,5 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $49,2 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A legnagyobb változások Győr-Moson-Sopron vármegyében történtek: 1990–2013 között $29,4 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $4,7 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a régióban 2022-ben 76,3% volt. A vármegyék közötti eltérés kismértékű:

- Győr-Moson-Sopron: 76,8%
- Vas: 75,1%
- Zala: 76,9%

A Nyugat-Dunántúl régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között stabil trendet mutatott, 17,6 és 18,6 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,4 m/lakás volt. Országos összevetésben a régió a középmezőnyben helyezkedik el: meghaladja Budapest alacsony értékeit (4,7–5,4 m/lakás), ugyanakkor elmarad a dél-dunántúli, pest és nógrádi magasabb értékektől. A vármegyei különbségek jelentősek:

- Győr-Moson-Sopron: 16,3 m/lakás (stabil, alacsonyabb)
- Vas: 18,1 m/lakás (stabil, közepes)
- Zala: 22,4 m/lakás (magas, növekvő)

A Nyugat-Dunántúl régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó tendenciát mutatott, 0,10 és 1,21 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2016-ban fordult elő (1,21 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,10 db/km). A vármegyék közötti eltérések jelentősek:

- Vas vármegye: a legmagasabb csőtörési arány 2016-ban (1,21 db/km), és általában ingadozó értékek jellemezték.
- Zala vármegye: viszonylag alacsonyabb és stabilabb értékekkel (0,16–0,64 db/km).
- Győr-Moson-Sopron vármegye: közepes szinteken ingadozott (0,15–0,99 db/km).

Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés megbízhatósága korlátozott, mivel a régió 658 településéből 304 esetében hiányoznak csőtörési adatok.

1.2.8 Pest régió

A Pest régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban a többi régióhoz képest kiemelkedően nagy növekedést mutatott: 1996–2022 között 12,3%, míg az országos átlag 4,8% volt. A régióba ezen elemzés alapján Pest vármegye tartozik, a Budapestre vonatkozó adatokat külön kezeltem. A legmagasabb bekötési arány 2022-ben a Szobi járásban volt (99,7%), míg a legalacsonyabb a Gödöllői járásban (71,0%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $60,4 \text{ m}^3/\text{év-ről}$ (1990) $41,8 \text{ m}^3/\text{év-re}$ (2013). 2013 után azonban növekedés következett, 2022-ben az érték $50,1 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A változás mértéke: 1990–2013 között $18,6 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $8,3 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya Pest vármegyében 2022-ben 81,0% volt, ami jelzi, hogy a vízfogyasztás legnagyobb része közvetlenül a háztartásokhoz kötődik a térségben.

A Pest régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között csökkenő trendet mutatott, 18,3 és 23,1 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 18,3 m/lakás volt. Országos összevetésben a Pest régió fajlagos mutatói a legmagasabbak közé tartoznak: messze meghaladják a budapesti alacsony értékeket (4,7–5,4 m/lakás) és a többi régió középértékeit is, ami a régió mérsékelt beépítési sűrűségét és településszerkezetét tükrözi.

A Pest régióban a csőtörések száma 2012 és 2021 között ingadozó trendet mutatott, 0,36 és 1,61 db/km közötti értékekkel. A legmagasabb régiós érték 2017-ben fordult elő (1,61 db/km), míg a legalacsonyabb 2012-ben (0,36 db/km). A régió egyetlen vármegyéje, Pest, jelentős ingadozást mutatott, kiemelkedően magas értékkel 2017-ben. Az adatkorlátok miatt a települési szintű elemzés megbízhatósága korlátozott, mivel a régió 188 településéből 26 esetében nem áll rendelkezésre csőtörési adat.

1.2.9 Budapest

A Budapest régió a bekötési arány (bekapcsolt lakások száma / lakásállomány) alapján a vizsgált időszakban kisebb növekedést mutatott: 1996–2022 között mindössze 3,1%, míg az országos átlag 4,8% volt. A vizsgált területen belül az adatok alapján nem volt lehetőség kerületi szintű elemzés végezté. Az alacsony növekedési érték részben azzal magyarázható, hogy a vizsgálat kezdetén is magas bekötési aránnyal rendelkezett a terület (1990-ben 95,8%).

Az egy főre jutó összes vízfogyasztás ($\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) a régióban 1990 és 2013 között csökkenő tendenciát mutatott: $156,6 \text{ m}^3/\text{év}$ -ről (1990) $67,7 \text{ m}^3/\text{év}$ -re (2013). 2013 után azonban mérsékelt növekedés következett, 2022-ben az érték $70,4 \text{ m}^3/\text{év}$ volt. A változás mértéke: 1990–2013 között $88,8 \text{ m}^3/\text{év}$ csökkenés, majd 2013–2022 között $2,7 \text{ m}^3/\text{év}$ növekedés.

A háztartási fogyasztás aránya a Budapest régióban 2022-ben 73,3% volt, ami azt mutatja, hogy a vízfogyasztás túlnyomó részét a fővárosban is a háztartások adják, ami jelentős tényező a városi vízgazdálkodásban.

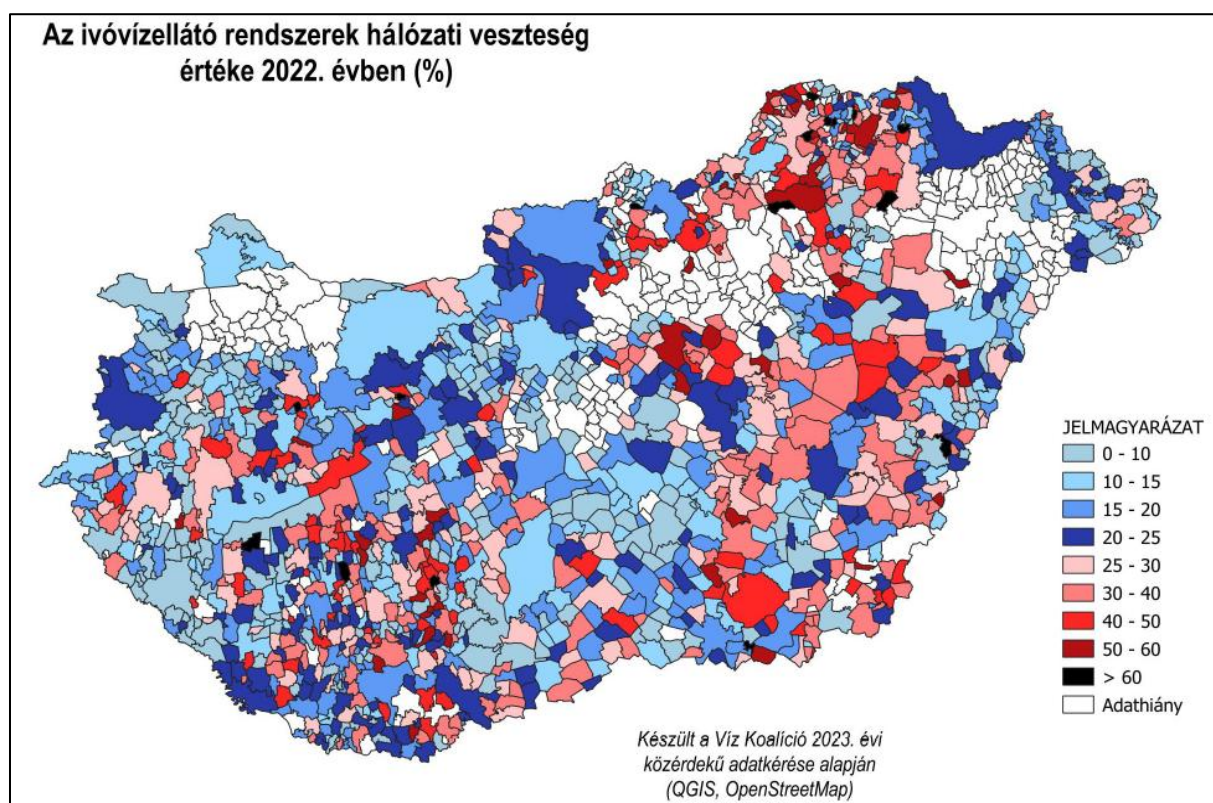
A Budapest régióban a lakásonkénti hálózathossz 1996 és 2022 között enyhén csökkenő, stabil trendet mutatott, 4,7 és 5,4 m/lakás közötti értékekkel. 2022-ben az érték 4,7 m/lakás volt. Országos összevetésben Budapest a legalacsonyabb fajlagos hálózathosszal rendelkezik az ország régiói között, ami jól tükrözi a nagyvárosi, sűrű beépítettséget és az ebből eredő rövidebb hálózati szakaszokat.

1.3 A víziközmű-hálózat jelenlegi állapota

Magyarországon jelenleg 37 vállalat látja el a víziközmű-szolgáltatást, amelyek teljes mértékben vagy részben állami tulajdonban vannak. A KSH adatai szerint az országos ellátóhálózat hossza megközelíti a 92.000 kilométert. A gerinchálózat jelentős részét az 1960–1970-es években telepített azbesztcement csövek alkotják, amelyek a teljes hossz mintegy kétharmadát teszik ki. Ezt követően a KM-PVC csövek, majd napjainkban a KPE csövek alkalmazása vált általánossá. A bekötővezetékek, amelyek a hálózat körülbelül 25%-át, azaz mintegy 23.000 kilométert képviselnek, túlnyomórészt KPE anyagból készültek, így állapotuk kevésbé kritikus, mint a fővezetékeké. Az azbesztcement csövek tervezett élettartama 30–40 év, míg a KM-PVC csöveké körülbelül 40 év, ezért a hetvenes években lefektetett szakaszok esetében a felújítás már elengedhetetlen. A víziközmű-ágazat forráshiánya miatt azonban a szükséges rekonstrukciók nem a kívánt ütemben zajlanak. Évente mindössze 350 kilométernyi csővezeték cseréje történik meg, szemben azzal a 2000 kilométerrel, amely a fenntartható állapothoz szükséges lenne. [1] A MEKH 2017-es adatai szerint az ellátóhálózat 56%-a jelentős, további 30%-a pedig kisebb kockázatot hordoz. A hálózati meghibásodások száma folyamatosan emelkedik; a MAVÍZ statisztikái alapján 2017-ben az egy kilométerre jutó hibaszám 1,34 volt, míg 2012-ben ez az érték csupán 0,61, ami több mint kétszeres növekedést jelent. [2] A kádgörbe alapján a hibák gyakorisága várhatóan tovább emelkedik. Ezen adatokat az Állami Számvevőszék 2023-as összefoglaló jelentése is megerősítette. [16]

A Víz Koalíció 2023-as adatkérése [15] a 2022-es év ivóvízellátó csőhálózatának hibáit vizsgálta. A lakosság jellemzően akkor szembesül ezekkel a problémákkal, amikor a csapból nem folyik víz, ami többnyire csővezeték-hibára vezethető vissza. A hibák gyakorisága elsősorban a csövek állapotát tükrözi, ugyanakkor más tényezők, például az anyagminőség, a beépítési körülmények, a környezeti hatások és az üzemeltetési gyakorlat is szerepet játszhatnak. A hibák magas száma arra utal, hogy technikai és szervezeti intézkedésekre egyaránt szükség lehet. A legmagasabb fajlagos érték $17,47 \text{ db/km}$ volt, bár ez szélsőséges esetnek számít. Az országos átlag $1,10 \text{ db/km}$, ami egyértelműen jelzi a beavatkozás szükségességét.

Az átlagos értékek a 2020–2022-es időszakban nem mutattak jelentős változást. Az ivóvízellátó rendszerek vesztesége a hálózatba betáplált és az engedélyezetten felhasznált vízmennyiség különbségéből adódik. A veszteségek közé tartozik az illegális vízhasználat, a mérési pontatlanságok, a szivárgások és a csőtörések. A hálózati veszteség a hálózaton keletkezett veszteségek és a betáplált vízmennyiség arányát fejezi ki, amelyet a 7. ábra szemléltet. Országos átlag értéke 2021-ben 25%-volt. [17] A jelentős vízveszteségek a hálózat hibáira utalnak, nyomáscsökkenést és ellátási zavarokat okozhatnak, rontják a vízminőséget, és anyagi károkat eredményeznek. Egy mindössze 1 mm átmérőjű lyukon évente körülbelül 500 m³, míg egy 3 mm-es nyíláson akár 4200 m³ víz is elszivároghat normál üzemi nyomás mellett. A legmagasabb mért hálózati veszteség 72,79%, ami rendkívül magas értéknek számít. Ráadásul ez nem egyedi eset: 61 víziközmű-rendszerben a veszteség meghaladja a 60%-ot. Ez az adat jól mutatja, hogy a vízellátás hatékonyságát érintő problémák széles körben jelen vannak. Az ilyen magas veszteségi arányok figyelmen kívül hagyása mellett nem lehet hatékonyan megtervezni és fenntartani a vízinfrastruktúrát. A fenntartható vízgazdálkodás érdekében elengedhetetlen a problémás rendszerek részletes vizsgálata és mielőbbi javítása. [15]



7. ábra - Az ivóvízellátó rendszerek hálózati veszteség értéke 2022. évben [Víz Koalíció, 2024]

3. KÖVETKEZTETÉS

A bemutatott mutatók – például a csőtörési gyakoriság, a hálózati veszteségek vagy a bekötési arányok – közvetlenül hasznosíthatók a kritikus infrastruktúrákra előírt kockázati mátrix kitöltésében is, amely az Ellenálló Képességi Terv kötelező része. E mutatók számszerű alapot adnak a veszélyek valószínűségének és hatásának meghatározásához, segítve a víziközmű-ágazatban a sérülékenységek azonosítását, a megelőző intézkedések tervezését és végső soron a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének növelését. A kutatás eredményei több szempontból is hasznosíthatók az ellátásbiztonság erősítése és a kritikus infrastruktúrák védelme során. A hálózatok műszaki állapotának feltárása lehetőséget ad arra, hogy a legfontosabb kockázatok – például az elöregedett azbesztcement csőszakaszok és a kiugróan magas hálózati veszteségek – a kockázati mátrixban megfelelően megjelenjenek.

Ezek kezelésének módja a célzott rekonstrukciós beavatkozások előkészítése és végrehajtása, amelyhez a víziközmű-szolgáltató vezetése és műszaki szakemberei a felelősek. Az intézkedésekhez határidők rendelhetők (rövid távon felmérések, középtávon rekonstrukciók), és igazoló dokumentumként szolgálnak a hálózatdiagnosztikai jelentések és a beruházási tervek. A cél a kritikus infrastruktúra ellenálló képességének növelése és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartása, amelyhez ütemezett terv készíthető éves rekonstrukciós programok és korszerű monitoring rendszerek bevezetése formájában.

A magyarországi ivóvízellátó hálózatok fejlődésének és jelenlegi állapotának átfogó vizsgálata rámutatott arra, hogy bár az országos lefedettség magas szintű, a rendszerek műszaki állapota és hatékonysága jelentős kihívásokkal küzd. A történeti áttekintés alapján megállapítható, hogy a vízellátás fejlődése szorosan összefüggött a közegészségügyi, gazdasági és társadalmi változásokkal, különösen a 19. századtól kezdődően. A rendszerváltás utáni időszakban az infrastruktúra fejlesztése felgyorsult, különösen az uniós csatlakozást követően, azonban a regionális különbségek továbbra is fennállnak.

A kutatás során alkalmazott közműolló mutatók jól szemléltetik a víz- és szennyvízhálózatok kiépítettségének és társadalmi hasznosulásának aránytalanságait. Az elmúlt három évtizedben ezek az ollók fokozatosan záródtak, ami a közműellátottság kiegyenlítődéset jelzi, különösen a vidéki régiók felzárkózása révén. Kiemelten érdemes foglalkozni a szennyvízkezelés terén a csatornahálózatokhoz kapcsolódóan a decentralizált szennyvízkezelési megoldásokkal is. [18]

A fajlagos mutatók – mint a bekötési arány, egy főre jutó vízfogyasztás, háztartási fogyasztás aránya, lakásonkénti hálózathossz és csőtörési gyakoriság regionális bontásban történő elemzése rávilágított a településszerkezet, beépítési sűrűség és üzemeltetési gyakorlat szerepére. A csőtörések és hálózati veszteségek mértéke különösen aggasztó. Az országos átlag meghaladja az 1 db/km értéket, míg egyes rendszerekben a veszteség aránya eléri a 60–70%-ot is. [15] Ez nemcsak gazdasági, hanem környezeti és közegészségügyi szempontból is fenntarthatatlan.

A közműolló mutatók alkalmazása révén a vízellátottság és szennyvízelvezetés közötti aránytalanságok feltérképezhetők, ami különösen fontos a lakosság ellátásbiztonságának szempontjából. [19] A regionális különbségek feltárása lehetővé teszi, hogy a katasztrófavédelmi szervek a sérülékenyebb térségekben megelőző intézkedéseket fogyanatosítsanak, például alternatív vízellátási megoldások előkészítésével vagy a helyi vízbázisok fokozott védelmével. [20] [21]

A digitális monitoring rendszerek bevezetésére vonatkozó javaslatok, például intelligens szenzorokkal felszerelt hálózatok kialakítása elősegíthetik a hibák korai észlelését, ezáltal csökkentve a vízellátásban bekövetkező zavarok időtartamát és hatását. A vízveszteségek csökkentése nemcsak gazdasági, hanem környezetvédelmi és közegészségügyi szempontból is kiemelt jelentőségű, különösen olyan térségekben, ahol a vízbázisok terhelhetősége korlátozott.

Összességében a magyarországi víziközmű-hálózatok állapotának statisztikai vizsgálata nemcsak a jelenlegi helyzet feltárását szolgálja, hanem nélkülözhetetlen alapot ad a kritikus infrastruktúra védelmét és az ellátásbiztonság hosszú távú fenntartását célzó stratégiai döntések meghozatalához.

A kutatás eredményei közvetlenül illeszkednek az újonnan bevezetett szabályozási környezethez, amely a kritikus infrastruktúrák – így az ivóvízellátó rendszerek – ellenálló képességének növelését célozza. A kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló 2024. évi LXXXIV. törvény és a kapcsolódó kormányrendeletek alapján a kijelölt víziközmű-szolgáltatók számára kötelezővé válik az ellenállóképességi tervek kidolgozása, amelyhez a jelen tanulmányban bemutatott statisztikai mutatók és regionális különbségek értékes alapot szolgáltathatnak. [22]

- [1] KPMG, „A magyar víziközmű ágazat bemutatása – átfogó tanulmány,” Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 2015. [Online]. Elérhetőség: https://www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf (2025.06.14)
- [2] KPMG, Helyzetfelmérés a hazai víziparról, KPMG Tanácsadó Kft., 2020. [Online]. Elérhetőség: https://maviz.hu/assets/KPMG---Helyzetfelmeres-a-hazai-viziparrol_frissített_2020_11-1654005568.pdf (2025.06.14).
- [3] EurEau, „Europe’s Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors,” The European Federation of National Associations of Water Services, Brüsszel, 2021. [Online]. Elérhetőség: <https://www.eureau.org/resources/publications/eureau-publications/5824-europe-s-water-in-figures-2021/file> (2025.06.15)
- [4] Orgoványi, Péter. „Közütemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel.” Műszaki Katonai Közlöny 33. évfolyam 1. szám (2023): 95-105. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/6423/5316> (2025.07.04)
- [5] Orgoványi, Péter, és Dalkó, Ilona. „A csatornázottság hazai helyzete statisztikai adatok alapján.” Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 4(4) (2019): 154-166. [Online]. Elérhetőség: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13366> (2025.07.06)
- [6] Takács, Krisztina. „Az ivóvízellátás biztosításának lehetőségei rendkívüli esemény bekövetkezésekor.” In Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II., 309-331. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021. [Online]. Elérhetőség: https://www.researchgate.net/publication/352492434_Szemelvények_a_katonai_muszaki_tudomanyok_eredmenyeibol_II_Hallgatoi_kotet_Szerkesztette_Hausner_Gabor (2025.08.14)
- [7] Eördöghné, Miklós Mária. A lakossági vezetékes vízfogyasztás földrajzi sajátosságai Magyarországon. Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola: PhD-értékezés, 2013. [Online]. Elérhetőség: <https://pea.lib.pte.hu/server/api/core/bitstreams/6091c509-9ef6-4e47-97f2-741759a9a211/content> (2025.05.12)
- [8] Fejér, László. „Az ivóvízellátás fejlődése Magyarországon.” 2022. [Online]. Elérhetőség: <http://dunamuzeum.hu/wp-content/uploads/2022/11/Az-ivovizellatas-fejlolese-Magyarorszagon.pdf> (2025.06.12)
- [9] Dóka, Klára. „A pesti vízvezeték tervei (1857–1868).” Technikatörténeti Szemle (Népművelési Propaganda Iroda Budapest.), 8. (1975-76). [Online]. Elérhetőség: https://library.hungaricana.hu/en/view/ORSZ_KOZL_TechTortSzle_08/?pg=2&layout=s (2025.06.15)
- [10] Bertók, László, és mtsai. Az ivóvíz honfoglalása. A közműves ivóvízellátás fejlődése Magyarországon a római kortól napjainkig. Szerkesztette: László Bertók, Pál Bulkai, László Fejér és József Koltay. Budapest: MAVÍZ, 2006. [Online]. Elérhetőség: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKonyvek_019a/?pg=0&layout=s (2025.06.26)

- [11] Nagy, László. A vízgazdálkodás fejlődése. Budapest: Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, 1971.
- [12] Eördöghné, Miklós Mária. „A vízi infrastruktúra jellemzőinek vizsgálata kistelepülési térszerkezetben.” *Modern Geográfia* 1 (2014): 19-28. [Online]. Elérhetőség: https://real.mtak.hu/136536/1/2014_I_02_cordogh.pdf (2025.06.10)
- [13] Patkó, Gergely. „A hazai víziközmű-ágazat 2023. évi működésének áttekintése.” *Vízmű Panoráma* 1 (2025): 24-28. [Online]. Elérhetőség: <https://maviz.hu/vizmu-panorama> (2025.08.04)
- [14] Urrea-Mallebrera, Mario, Luis Altarejos-García, Juan García-Bermejo, és Bartolomé Collado-López. „Condition Assessment of Water Infrastructures: Application to Segura River Basin (Spain).” *Water* 11(6) (2019). [Online]. Elérhetőség: <https://doi.org/10.3390/w11061169> (2025.07.23)
- [15] Víz Koalíció, „Ki menti meg a víziközmű szolgáltatást? - Az ivóvízellátó hálózatok 2022. évi állapotjellemzői,” Víz Koalíció, Budapest, 2024. [Online]. Elérhetőség: <https://www.cka.hu/ki-menti-meg-elemzes/> (2025.06.14)
- [16] ÁSZ, „Jelentés - A vizek védelmének és a vízgazdálkodási feladatok ellátásának ellenőrzése - A víziközmű-szolgáltatás ellenőrzése,” Állami Számvevőszék, Budapest, 2023. [Online]. Elérhetőség: <https://www.asz.hu/dokumentumok/23024.pdf> (2025.07.12)
- [17] ÁSZ, „Jelentés - Nemzeti Vízstratégia megvalósítására hozott intézkedések ellenőrzése - Ivóvíz-gazdálkodás ellenőrzése,” Állami Számvevőszék, Budapest, 2024. [Online]. Elérhetőség: <https://www.asz.hu/dokumentumok/24004.pdf> (2025.07.12)
- [18] Karches, Tamás, és Papp, Tamás. „Egyedi szennyvíztisztító kisberendezés.” *Műszaki Katonai Közlöny XXVIII. évfolyam*, 4. szám (2018): 158-163. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1536> (2025.06.14)
- [19] Berek, Tamás, és Dávidovits, Zsuzsanna. „Vízbiztonsági terv szerepe az ivóvízellátás biztonsági rendszerében.” *Hadmérnök VII. Évfolyam* 3. szám (2012): 14-25. [Online]. Elérhetőség: http://www.hadmernok.hu/tartalom12_3.php (2025.08.04)
- [20] Berek, Tamás, és Dénes, Kálmán. „Vízbázisok védelme, különös tekintettel a katonai táborok vízellátására.” *Műszaki Katonai Közlöny XXV. évfolyam* 1. szám (2015): 122-130. [Online]. Elérhetőség: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/issue/view/171> (2025.07.26)
- [21] Berek, Tamás, és László István Rácz. „Vízbázis mint nemzeti létfontosságú rendszer elem védelme.” *Hadmérnök VIII. Évfolyam* 2. szám (2013): 120-133. [Online]. Elérhetőség: http://www.hadmernok.hu/132_11_berekt_rli.pdf (2025.07.25)
- [22] Mógor, Judit, és Angyal, István. „A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérőföldkövei 2022-2025” *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat* 10 (2) (2025): 11-21. Elérhetőség: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19455> (2025.09.26)

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-3-59 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program - a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Kockázatok csökkentése és a balesetek megelőzése a vasúti veszélyesáru-szállítás ellenőrzésének eredményeként

Reducing risks and preventing accidents as a result of controlling the carriage of dangerous goods by rail

Kozma Sándor tű. ezredes
főosztályvezető
szerző

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
Veszélyes Szállítmányok Főosztály
Email: Sandor.Kozma@katved.gov.hu
ORCID: 0000-0002-9144-6467

Bori Milán tű. hadnagy
főelőadó
társszerző

FKI Közép-pesti Katasztrófavédelmi Kirendeltség
Email: Milan.Bori@katved.gov.hu
ORCID: 0009-0007-7351-6787

Absztrakt:

A veszélyes áruk szállítása számos kockázattal jár, melyek csökkentése és a balesetek megelőzése érdekében szigorú nemzetközi és hazai szabályozások vonatkoznak a tevékenységre. Ezen szabályozások betartása és betartatása elsősorban a szállítási láncban résztvevők feladata, melynek megfelelőségét a katasztrófavédelmi hatóság az ellenőrzés eszközével felügyeli annak érdekében, hogy a mulasztásból adódó eseményeket megelőzzék. A szerzők – vasúti veszélyesáru-szállítás fókusszal – publikációjukban bemutatják a veszélyesáru-szállítás hatósági felügyeletének kialakulását, az ellenőrzések módszertanát, továbbá elemzik a végrehajtást is. A publikációban szemléltetik továbbá a hazánkban és külföldön bekövetkezett balesetek kezelését, a további események megelőzése érdekében tett intézkedéseket, a reagáló képesség, a humán erőforrás és a technikai adottságok fejlesztését.

Kulcsszavak: kockázatok, veszélyesáru-szállítás, vasúti veszélyesáru-szállítás, hatósági felügyelet

Abstract:

The transportation of dangerous goods involves numerous risks, which are subject to strict international and domestic regulations aimed at reducing and preventing accidents. Compliance with and enforcement of these regulations are primarily the responsibility of those involved in the transport chain, the compliance of which is monitored by the disaster management authority through inspections to prevent incidents resulting from negligence. In their publication, the authors present the development of official supervision for the transport of dangerous goods, the methodology of inspections, and analyse the implementation, with a focus on the transport of hazardous goods by rail. The publication also illustrates the handling of accidents that have occurred in Hungary and abroad, the measures taken to prevent further incidents, the development of response capacity, human resources, and technical capabilities.

Keywords: risks, dangerous goods transport, dangerous goods transport by rail, official supervision

1. BEVEZETÉS

A katasztrófavédelmi szervek az egyes veszélyes árukat szállító közúti járművek útvonalának kijelöléséről szóló miniszteri rendelet módosítását követően 2001. év óta vesznek részt a veszélyes áruk közúti szállításának (ADR) hatósági ellenőrzésében, ekkor még nem önálló hatóságként, hanem a társhatóságokkal együtt.

2002-ben hatályba lépett a veszélyes áruk közúti szállításának ellenőrzésére vonatkozó egységes eljárásról szóló kormányrendelet, melynek értelmében, a hivatásos katasztrófavédelmi szervek a társhatóságokkal együttműködve jogkört kaptak a veszélyes áruk szállításának közúti és telephelyi ellenőrzésére.

A 2007. évben bekövetkezett jogszabály módosítások során a katasztrófavédelmi hatóság a veszélyes áru szállítás tekintetében önálló ellenőrzési és szankcionálási jogkört kapott a közúti közlekedésről szóló törvényben és a veszélyes áruk közúti szállításának ellenőrzésére vonatkozó egységes eljárásról szóló kormányrendeletben. Az ADR-es szállítmányok ellenőrzésével és a szállítások során elkövetett szabálytalanságok bírságolásával kapcsolatos eljárások lefolytatását ettől kezdve a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF) és területi szervei, a katasztrófavédelmi igazgatóságok önállóan, teljes hatáskörrel végzik.

2012. január 1-jén a második katasztrófavédelmi törvény hatálybalépése és további, átfogó jogszabály-módosítások megteremtették a jogszabályi háttérét annak, hogy a katasztrófavédelem önálló hatósági jogkörben végezheti a közúti mellett a veszélyes áruk vasúti (RID), belvízi (ADN) és légi (ICAO) szállításának ellenőrzését, szankciókat alkalmazhat, továbbá intézkedéseket rendelhet el veszélyhelyzetek elkerülése érdekében.

A jogszabályi változásokkal egyidejűleg a hivatásos katasztrófavédelmi szervnél elmélyült a kockázatalapú szemlélet, a szervezetrendszerében kiépült az iparbiztonsági intézményrendszer, valamint az új hatáskörök végrehajtása érdekében az eljárási, módszertani, személyi és technikai feltételek biztosítása.

A veszélyesáru-szállítás ellenőrzését a hivatásos katasztrófavédelmi szerv helyi és területi szervei Magyarország teljes területén hajtják végre. A veszélyes áruk rendellenes környezetbe kerülésének kockázatának a lehető legkisebbre csökkentése érdekében közúti szállításnál a közúti forgalomban, vasúti fuvarozás esetén, a vasúti pályán, üzemváltó-, határállomáson, vasúti üzemi létesítményen, vízi szállításnál pedig nemzeti és nemzetközi vízi utakon, kikötőkben, veszteglő helyen, illetve az egyes szállítási ágakhoz kötődő telephelyen történik a hatósági ellenőrzés. A jogszabályban meghatározott veszélyes áruk légi szállításra történő előkészítésének, valamint a légi úton beérkezett veszélyes áruk nem közvetlenül légi úton történő továbbításának ellenőrzését ugyancsak a hivatásos katasztrófavédelmi szerv helyi és területi szervei végzik.

A veszélyes áru szállítása során fennáll többek között a tűz, robbanás, mérgezés vagy környezeti károsodás veszélye, ezért a kockázatok csökkentése és a balesetek megelőzése érdekében szigorú szabályok vonatkoznak az érintett járművekre és személyekre, a veszélyes áruk szállításával összefüggő teljes folyamatra. A megelőzés elsősorban a szállításban résztvevők feladata, ugyanakkor a szabályozások betartását a hatóság az ellenőrzés módszerével felügyeli a szállítás biztonságának növelése érdekében.[1]

A veszélyes árut szállító járművek katasztrófavédelmi ellenőrzéséhez speciális szakmai ismeretek szükségesek. Ennek megfelelően a veszélyes áru szállítás ellenőrzését végző állomány képzése, az ellenőri munkára történő felkészítés minden katasztrófavédelmi igazgatóságon folyamatos.

A veszélyesáru-szállítás során használt csomagolóeszközök, IBC-k, nagycsomagolások, nem nyomástartó tartályok, tartányok, valamint az ömlesztettáru-konténerek gyártásának jóváhagyása ugyancsak hatással van a közlekedés biztonságára, ezért a vonatkozó jogszabállyal 2020. január 01-től a csomagoló- és szállítóeszközök gyártási típusjóváhagyásával kapcsolatos hatósági hatáskör a hivatásos katasztrófavédelmi szerv központi szervéhez került.

2. KOCKÁZAT CSÖKKENTÉS ÉS MEGELŐZÉS

A vasúti veszélyesáru-szállítás során a kockázatkezelési eljárások elengedhetetlenek a balesetek előfordulásának lehető legkisebbre csökkentésében, valamint a potenciális káros hatások mérséklésében. Ezen eljárások részeként a hivatásos katasztrófavédelmi szerv a hatáskörét gyakorolva hatósági ellenőrzésekkel, jogkövetkezmények alkalmazásával közreműködik a vasúti közlekedés zökkenőmentes és hatékony működésének biztosításában, továbbá a balesetek megelőzésével teljesíti alaprendeltetését.

1.1 Ellenőrzés

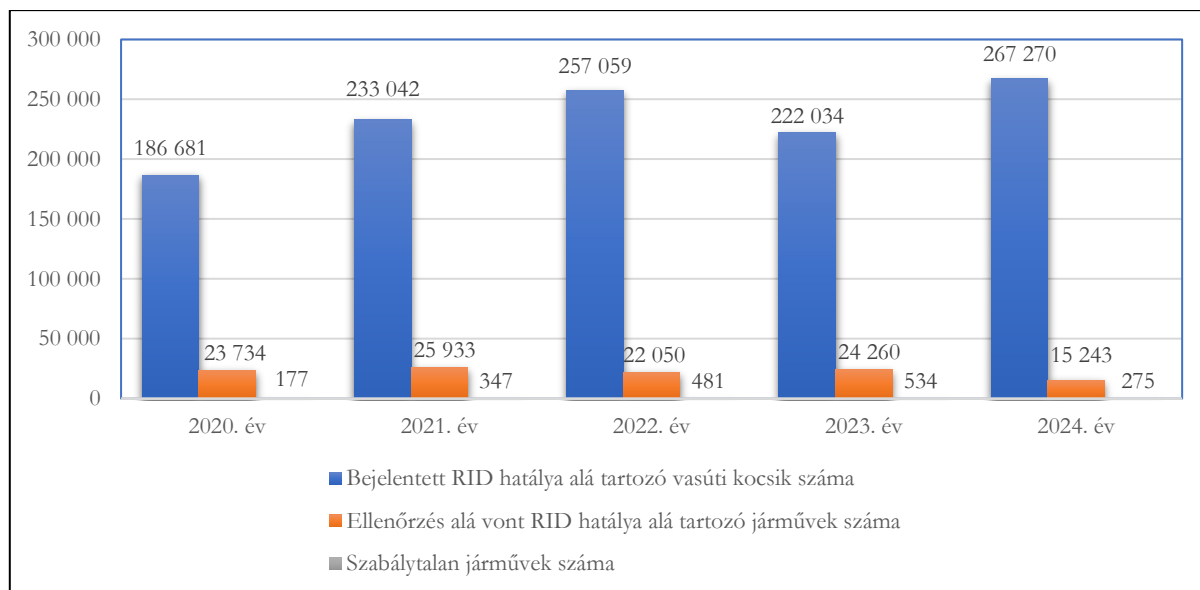
A katasztrófavédelmi hatóság a tervszerű és hatékony ellenőrzések végrehajtásával törekszik arra, hogy a veszélyesáru-szállításban résztvevők a vonatkozó jogszabályokat maradéktalanul betartsák, ezáltal pedig minimalizálódjon a kockázata a veszélyes áruk rendellenes szabadba kerülésének. Az általános tapasztalatok azt igazolják, hogy a jogszabálykövető magatartást, a biztonságkultúra fejlesztését támogatja az ellenőrzések rendszeres végrehajtása és az arányos, ugyanakkor következetes szankcionálás. A szállítmányozás kockázati potenciálja ugyanakkor indokolja a határozott fellépést.[2]

A hatásköri jogszabályi változásokat követően a katasztrófavédelmi hatóság 2012. és 2024. között évente átlagosan 1478 alkalommal végezte vasúti veszélyes szállítmányok ellenőrzését.

Az ellenőrök magas szinten felkészültek, az ellenőrzések tervezése és megkezdése előtt különös figyelmet fordítanak az ellenőrzés helyszínére jellemző vasúti infrastruktúrák megismerésére, – többek között a fuvarozás megkezdése előtti egy órával történő bejelentés miatt – valamint minden esetben szem előtt tartják, hogy az ellenőrzés ne korlátozza vagy akadályozza a vasúti teher- és személyforgalmat. Személyzet nélküli vasútállomáson történő ellenőrzés megkezdése előtt például a releváns információszerzést követően (pl. fuvarokmány, ügyfél fellelhetősége), a vasútállomást irányító forgalmi szolgálattevőt értesítik telefonon az ellenőrzés megkezdésének tényéről, valamint annak befejezéséről.[3]

A vasúti veszélyesáru-szállítás ellenőrzése során ugyanakkor van, hogy nem kizárólag a fuvarozó által már előzetesen bejelentett szállítmányokat vizsgálják. Ennek célja a szabályok elmulasztásának korai, még a közlekedés megkezdése előtti feltárása. A hatósági ellenőrzések tapasztalatainak feldolgozása, a levonható következtetések megfelelő információkat biztosítanak a módszertani és jogszabályi fejlesztésekhez, amely elősegíti mind a hatóság, mind a fuvarozók munkáját, érdekeit, egyúttal a megfelelően biztonságos szállítási környezet kialakulását.[2]

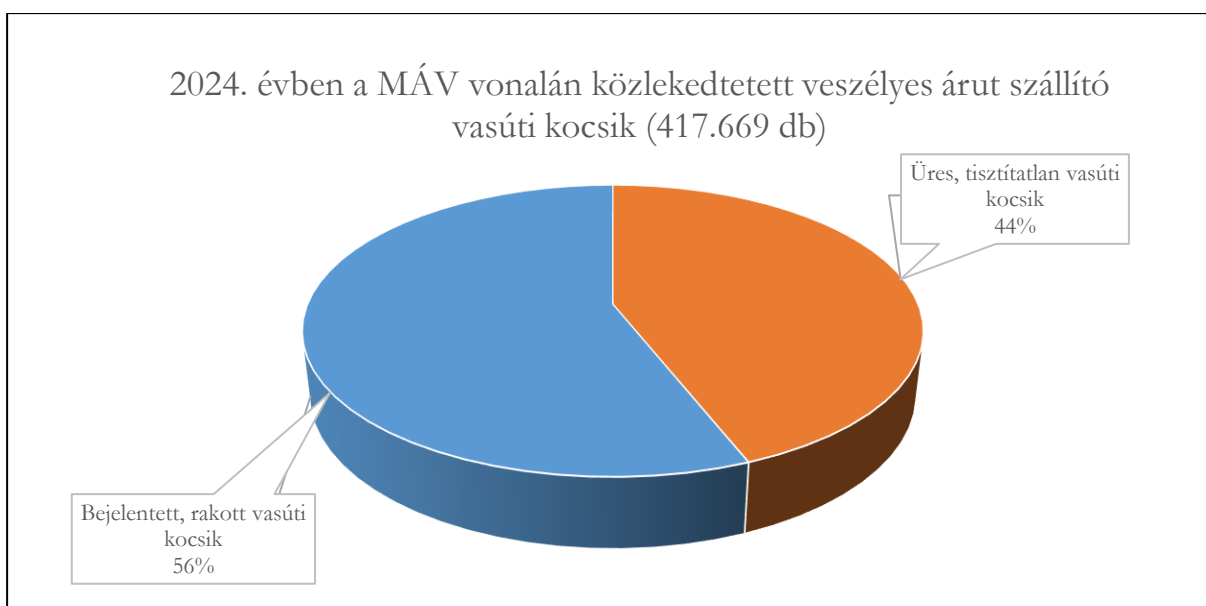
Az elmúlt időszak tapasztalatai alapján a veszélyes árut szállító vasúti kocsik esetében a szabálytalan kocsik aránya a hatósági hatáskör kezdetét jelentő 2012-2013. években 3,5-5% volt. A tudatos tervezéssel kiépített katasztrófavédelmi hatósági jelenlét eredményeként erősödött az önkéntes jogkövető magatartás és ez az érték következő években 2% körül – esetenként az alatt – alakult, a vasúti veszélyes áru fuvarozás biztonsága is számottevően javult.



1. ábra: A Katasztrófavédelem vasúti veszélyesáru-szállítási (RID) ellenőrzéseinek éves adatai 2020-2024-ig
(készítették a szerzők, adatok forrása: BM OKF)

A MÁV saját pályáján közlekedtetett kocsik ellenőrzésének eredményei 2024. évben

A MÁV saját pályáján közlekedő veszélyes árut szállító vasúti kocsik statisztikája alapján 2024. évben 50.453 vonatban fuvaroztak 417.669 RID hatálya alá tartozó vasúti kocsit, melyből 184.452 volt üres, tisztítatlan. 2024-ben a vasúti veszélyesáru-szállítás során a közlekedtetett vasúti kocsik közel 44%-a csupán a veszélyes áru maradékát tartalmazta, azonban ezek kockázati hatása is közel akkora, mint a rakott vagonoké. Ha a 2024. év ellenőrzési adatait vizsgáljuk, akkor a RID hatálya alá tartozóan a MÁV saját pályáján közlekedtetett vasúti járműveknek 3,6%-át ellenőrizte a katasztrófavédelem, továbbá a szabálytalan vasúti járművek száma alapján mindezeknek csupán 0,066%-a esetén kellett hatósági eljárást lefolytatni.



2. ábra: 2024. évben a MÁV saját pályáján közlekedett veszélyes árut szállító vasúti (RID) kocsik megoszlása rakomány alapján
(készítették a szerzők, adatok forrása: BM OKF)

Az országosan, mindösszesen közlekedtetett vasúti kocsik (a MÁV és a GySEV pályáján együttesen) ellenőrzésének eredményei az elmúlt 5 évben

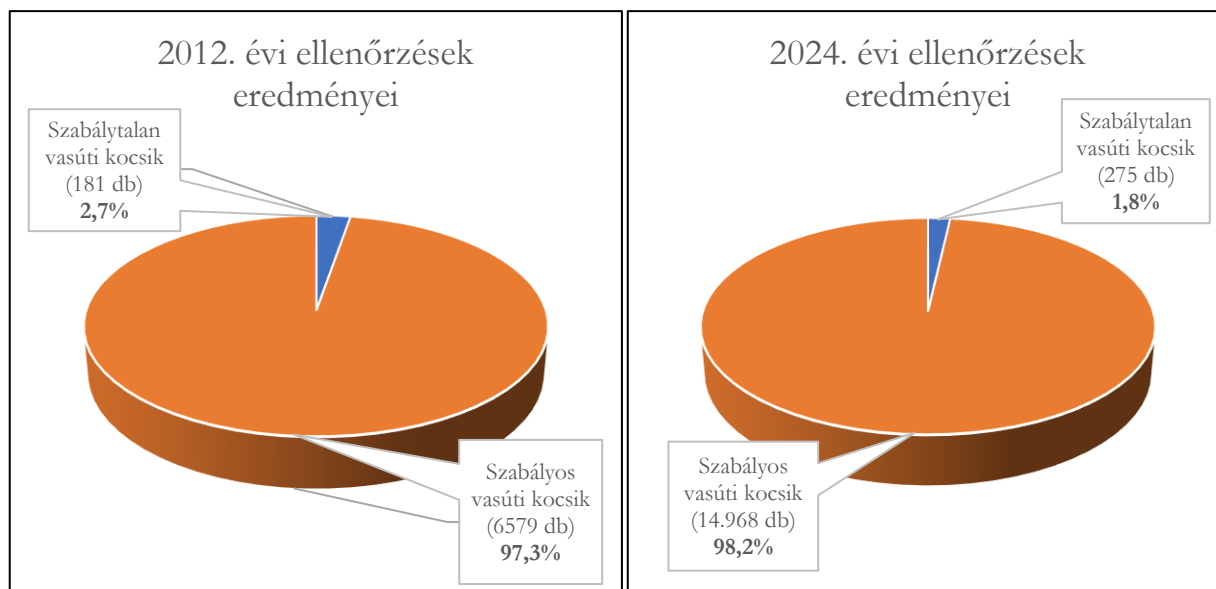
Az elmúlt 5 év adatai szerint évente átlagosan 233.217 RID hatálya alá tartozó vasúti kocsi közlekedtetését jelentették be a Vasúti Pályakapacitás-elosztó szervezet rendszerébe, az erre a célra létrehozott elektronikus bejelentési felületen. Az évente átlagosan leközlekedtetett 416.459 db RID-es vasúti kocsik közül évente átlagosan 22.244 vasúti kocsit ellenőriztek a katasztrófavédelmi hatóság ellenőrei, azaz az évente átlagosan leközlekedtetett veszélyes szállítmányok átlagosan 5,34%-át (7,1% – 3,2%).

Az ellenőrzött vasúti kocsik közül átlagosan évente 363 volt érintett valamilyen szabálytalansággal, mely átlagban a bejelentett vasúti járművek csupán 0,16%-a. Mind az ellenőrzött, mind a szabálytalansággal érintett vasúti járművek számába beletartoznak az üres, tisztítatlan vasúti járművek is, amelyek közlekedtetése nem bejelentés-köteles, így a bejelentett járművek számában nem jelenik meg, azonban azoknál is tapasztalható volt több esetben hiányosság.

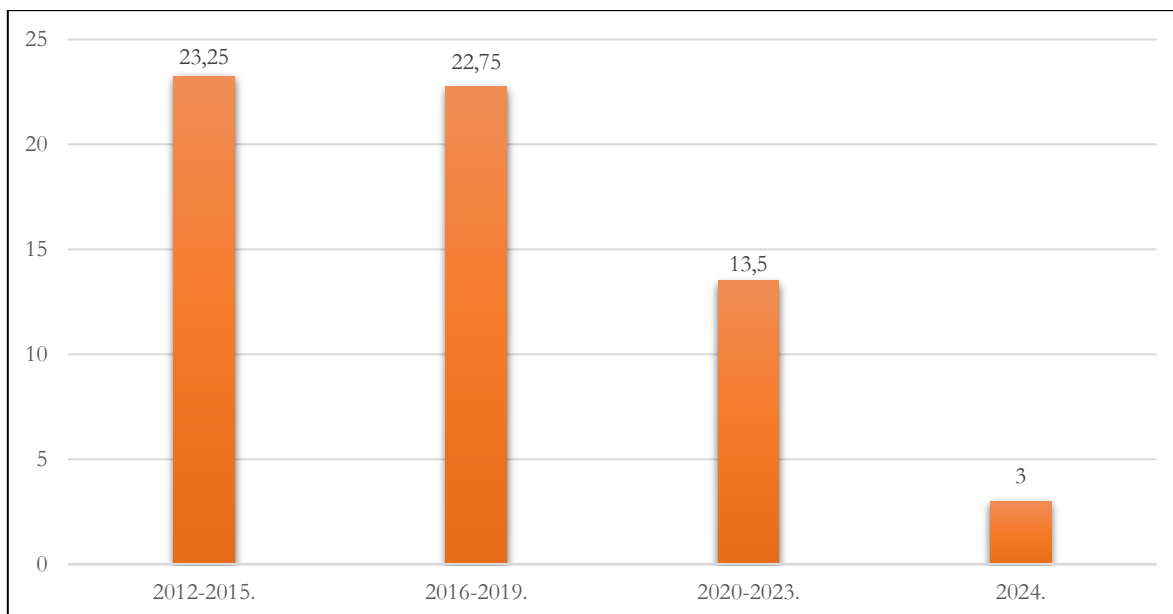
A jogkövető magatartás erősödése

A 2012-2024. közötti időszakban a vasúti veszélyesáru-szállítások ellenőrzéséhez kapcsolódó elsőfokú bírságolási eljárások száma 110 és 298 között volt, amely évente átlagosan 176 eljárást jelentett, ennek részeként a vasúti fuvarozókkal, a feladókkal, töltőkkel szemben lefolytatott eljárások. A vizsgált időszakot tekintve a fellebbezések alapján évente átlagosan 19 másodfokú eljárás volt.

Az ügyfelek jogkövetési hajlandóságának fejlődését és a vasúti veszélyesáru-szállítási ellenőri állomány magas szintű felkészítésének eredményességét tükrözi, hogy a másodfokú eljárások száma 2024. évre mindössze 3-ra csökkent. A fuvarozók előtt ismertté vált a hatósági ellenőrzés rendszere, a RID szabályozás szerinti fegyelem nagymértékben javult, a veszélyes áruk feladását végzők részéről is jelentős fejlődés történt a vonatkozó jogszabályok betartása és a vasúti kocsik műszaki állapota terén. Összességében a katasztrófavédelmi hatóság felügyeletének 2012. évi kezdete óta a veszélyes anyagok rendellenes környezetbe kerülésének és a szállítási balesetek bekövetkezésének kockázata jelentősen csökkent.



3. ábra: A MÁV saját pályáján közlekedett veszélyes árut szállító vasúti (RID) kocsik ellenőrzésének eredményei alapján a jogkövető magatartás jelentősen erősödött, a feltárt szabálytalanságok aránya csökkent (készítették a szerzők, adatok forrása: BM OKF)



4. ábra: A vasúti veszélyes szállítmányok ellenőrzéséhez kapcsolódó másodfokú eljárások számainak éves átlaga 2012-től 2024-ig négyéves bontásban
(készítették a szerzők, adatok forrása: BM OKF)

1.2. Folyamatos képességfejlesztés

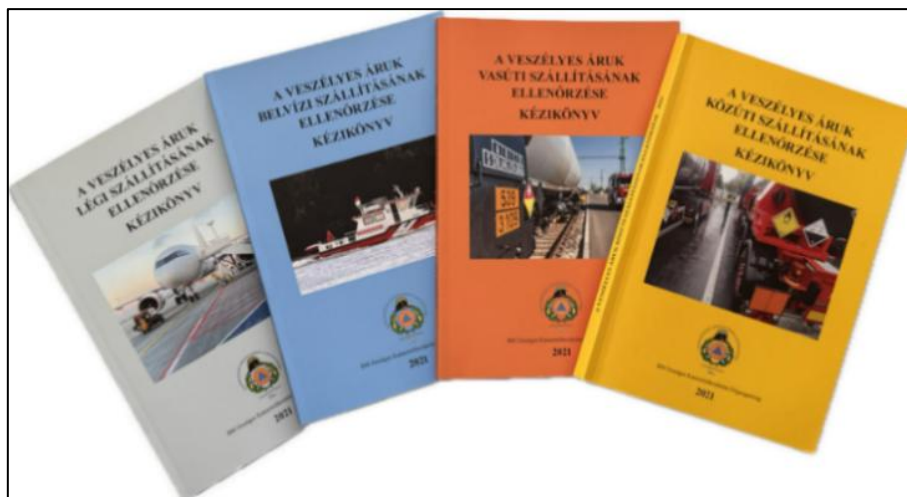
A katasztrófavédelmi ellenőrök speciális (saválló, antisztatikus) védőruházattal, valamint egyéb szakfelszerelésekkel (pl.: gázkoncentráció-mérő, pH mérő) is rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik az esetlegesen csepegő, szivárgó veszélyes árut szállító vasúti kocsik megközelítését, a veszélyes anyag beazonosítását, így az elsődleges intézkedések idővesztés nélkül megtörténhetnek.

A veszélyes árut szállító járművek katasztrófavédelmi ellenőrzéséhez szükséges szakmai ismereteket biztosító képzés, valamint az ellenőri feladatokra való felkészítés minden katasztrófavédelmi igazgatóságon folyamatosan zajlik.

Már 2002-től kezdődően rendszeres képzés volt a katasztrófavédelmi szervek kijelölt állománya számára a „Veszélyes áru ügyintéző” (OKJ-s) tanfolyam, ahol elsősorban a veszélyes áruk közúti szállításának ellenőrzésére képeztek szakembereket. A további években a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ szervezésében, a hivatásos katasztrófavédelmi szerv számára kidolgozott, célzott tematikával történik a felkészítés, ahol vizsgával záruló alapképzésben az ADR ellenőrzésekre, illetve ezt követően kiegészítő képzésekkel a vasúti (RID), vízi (ADN) és légi (ICAO) szállítás ellenőrzésére képezik ki az érintett kollégákat. Ezen felül a központi, a területi és a helyi szerveknél nagyszámú állomány rendelkezik a szállítványozók részére jogszabályban előírt veszélyes áru szállítási biztonsági tanácsadó képesítéssel, amely külső, akkreditált képző szervnél megszerezhető, 5 évenként megújítandó, magasabb szintű ismereteket biztosító végzettséget és szaktudást jelent.

Az ügyfelek és tanúk szakszerű és empatikus meghallgatására irányuló ismeretek elsajátítása céljából, az ORFK Rendészeti Oktatási és Kiképzési Központja biztosítja a kihallgatás-taktikai képzéseken történő részvétel lehetőségét.

A veszélyesáru-szállítás ellenőrzési tevékenység és az ezzel kapcsolatos belső képzések támogatására a BM OKF oktatási és ellenőrzési segédanyagokat, kézikönyveket és belső szabályzókat készített és ezek aktualizálását folyamatosan végzi.



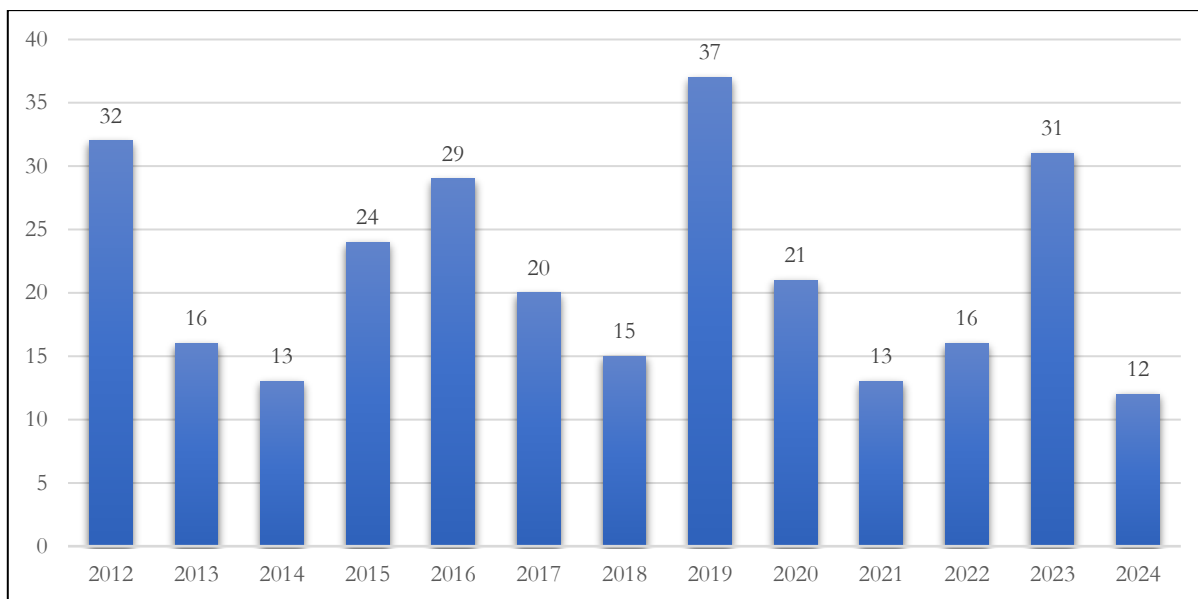
1. kép: A BM OKF által készített és kiadott veszélyesáru-szállítási ellenőrzési segédanyagok

A Hungrail Magyar Vasúti Egyesület minősített RID oktató alapképzése a veszélyesáru-szállítási biztonsági tanácsadók számára nyújt szakmai és pedagógiai-andragógiai ismeret bővítést és a megfelelő RID oktatási gyakorlat elsajátítását.

A RID 1.3 szerint előírt oktatás megtartásának feltétele ez a képzés, amelyben együttműködési megállapodás alapján részt vesz a BM OKF. veszélyesáru-szállítási szakterületet érintő projektek közül az egyik legfontosabb a vasúti veszélyesáru-szállítás elektronikus úton történő bejelentését lehetővé tevő alkalmazás fejlesztése volt. A projekt egyik fontos célkitűzése megvalósult, kiemelkedő eredmény, hogy az új bejelentő rendszer jelentős mértékben csökkentette a fuvarozó vasúti társaságok adminisztrációs terheit, ugyanakkor biztosítja az adatokat a települések kockázatértékelésen alapuló katasztrófavédelmi besorolásához, illetve a hatósági felügyelet hatékonyabb tervezéséhez.

1.3. Események - balesetek

Kiemelten kezelendő a veszélyesáru-szállítás során bekövetkezett rendkívüli események, balesetek vizsgálatának szakszerű végrehajtása, a szerzett tapasztalatok értékelése, amellyel a balesetek, események okai, következményei és a hasonló események megelőzésének lehetséges módjai meghatározhatóak. A veszélyes áru szállítás során bekövetkezett balesetek kivizsgálását – a veszélyes anyag rendellenes környezetbe kerülésének lehetősége miatt – elsősorban a katasztrófavédelmi mobil labor egységek (KML) végzik, a lakosság védelme érdekében az ilyen típusú balesetekhez, illetve eseményekhez a KML vonulásra kötelezett.



6. ábra: Vasúti veszélyesáru-szállítás során bekövetkezett események száma 2012-től 2024-ig Magyarországon (készítették a szerzők, adatok forrása: BM OKF)

Hazánkban a legtöbb eseménynél egyáltalán nem, vagy csak nagyon kis mennyiségben jutott ki rendellenes módon veszélyes anyag a környezetbe. Ezekben az esetekben a kiváltó okok nem a veszélyesáru-szállításra vonatkozó szabályozások megszegéséből keletkeznek, hanem túlnyomó többségben a vasúti kocsik műszaki állapota, műszaki meghibásodása, vagy a vasúti közlekedési szabályok megszegése (pl. sebesség túllépés), valamint egyéb emberi mulasztás (pl. aláváltás) miatt. A töltő-, ürítő szerelvények nem megfelelő zárása viszonylag gyakrabban tapasztalható, illetve alkalmanként a tartányok túltöltése is előfordul, azonban ezek az események – a szabadba jutó veszélyes anyagok kis mennyisége miatt – az emberi életre és a környezetre nem jelentenek súlyos veszélyeztetést.

Magyarországi események és balesetek

A következőkben a fentieket szemléltető, hazánkban és külföldön bekövetkezett eseményeket és baleseteket mutatunk be.



2023. június 26-án, Fertőboz állomáson 43.960 liter UN 1170 Etilalkohol veszélyes árut tartalmazó vasúti kocsi lefejtő szerelvényét illetéktelen személyek megnyitották, de a vonat indulásakor nem tudták visszazárni. Az esemény során 2-3 m³ veszélyes áru került a környezetbe.

2. kép: Etilalkoholt szállító vasúti tartálykocsi megnyitott lefejtő szerelvénye (Forrás: Győr-Moson-Sopron VMKI)

Gyékényes vasútállomáson 2023. május 22-én 57.715 kg 98,5%-os töménységű UN 2031 salétromsavat tartalmazó vasúti tartálykocsiból a veszélyes anyag szivárgott egy hegesztési varrat mentén. A tankkonténerekbe történő átfejtés során a szivattyúk és a csatlakozók tömítései meghibásodtak, több tömlő kihasadt. Az átfejtés végül csak üzemi körülmények között volt elvégezhető, addig a szivárgást ideiglenesen folyékony fém ragasztóval szüntették meg.

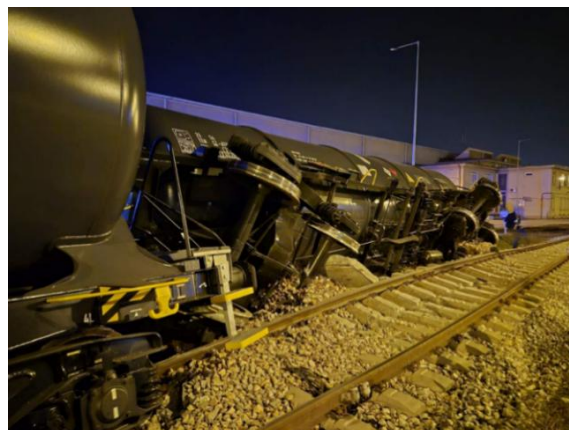


3. kép: A környezetbe került salétromsav okozta szennyezés (Forrás: Somogy VMKI)



4. kép: Benzint szállító túltöltött vasúti tartálykocsi
(Forrás: Szabolcs-Szatmár-Bereg VMKI)

2025. március 07-én éjszaka Budapesten egy kerozint szállító vonat első tartálykocsija felborult, a második pedig kisiklott. A baleset során személyi sérülés nem történt, veszélyes anyag nem került a környezetbe, a tartálykocsik tartalmát a létesítményi- és a fővárosi hivatásos tűzoltók biztosítása mellett átfejtették.



5. kép: A Budapesten felborult, kerozint szállító vasúti tartálykocsi (Forrás: FKI)



6. kép: A 120-as vasúti vonalon Kétpónál kisiklott szerelvény (Forrás: J-N-SZ VMKI)

A vépi vasútállomáson 2017. szeptember 13-án a kora esti órákban egy tehervonat 6 db UN 1202 Gázolajat szállító tartálykocsija kisiklott, melyből 2 kocsi felborult, 3 kocsi pedig megdőlt. A sérült tartályokból mindösszesen 126 m³ gázolaj folyt el. A szennyezett területen talajcsere vált szükségessé.[4]

A Szolnok-Békéscsaba közötti 120-as számú vasúti vonalon Kétpónál 2023. július 09-én többféle veszélyes anyagot szállító vasúti szerelvény több kocsija kisiklott. Egy konténerben elhelyezett tartály felhasadt, melyből UN 3082 Környezetre veszélyes, folyékony anyag, m.n.n. (Amine C12-C18 Alkyldimethyl N-oxide) (nyersanyag tisztítószerrekhez) a pálya melletti mezőgazdasági területre ömlött. A felborult vasúti kocsi közvetlen közelében található a Harangzugi csatorna, melybe a veszélyes anyag minimális mennyiségben beszivárgott, de az élővilágban nem okozott károsodást.



7. kép: A Vépen kisiklott szerelvény (Forrás: Vas VMKI)



8. kép: A miskolci rendező-pályaudvaron kisiklott szerelvény (Forrás: B.A.Z. VMKI)

2015. április 2-án a miskolci rendező pályaudvaron UN 1965 PB gázt tartalmazó vasúti tartálykocsikat rendezése során az egyik vasúti kocsi kisiklott, leesett a sín párról. Ezt követően még 3 másik kocsit rágurítottak, aminek hatására a kisiklott kocsi felborult. Mivel a teli állapotban történő emelés nagyobb kockázatot jelentett volna, a veszélyes árut – speciális átfejtő berendezéssel, a folyadék és gázfázis állandó figyelésével – átfejtették.

2012. május 12-én Gödöllő-Aszód között 42 vasúti kocsiból álló szerelvény utolsó 7 kocsija – sebességkorlátozás be nem tartása miatt – kisiklott, amelyből 6 a RID hatálya alá tartozó üres tisztítatlan, korábban maró anyagot szállító tartálykocsi volt. A szerelvényben a további 1 veszélyes árut szállító teli tartálykocsi nem siklott ki.



9. kép: A Gödöllő-Aszód között kisiklott szerelvény
(Forrás: Pest VMKI)

A nagy károkat okozó balesetek bekövetkezésének okai többségében a vasúti közlekedési és technológiai előírások be nem tartására, azaz emberi mulasztásra vezethetőek vissza, amelyek jellemzően a sebesség nem megfelelő megválasztásából, a korlátozások (pl. lassító jelek) figyelmen kívül hagyásából, és a szállítóeszközök műszaki állapotának nem megfelelőségéből adódnak.

Külföldi események és balesetek

A környezet számára okozott hatalmas terhelést az USA-ban az a vasúti baleset, ahol a 3 mozdonyból és 150 vasúti kocsiból álló szerelvény egyik vasúti tartálykocsija tengelyének meghibásodása miatt 38 kocsi kisiklott és felborult. A felborult vasúti kocsik közül 10 szállított veszélyes árut, mely közül 5-ből a veszélyes anyag (vinil-klorid és butil-akrilát) kiömlött és meggyulladt. Az esemény során nem történt személyi sérülés, azonban a veszélyeztetett területről 1.900 főt kellett kitelepíteni. A kiömlött veszélyes anyagokat – a talajszennyezés legalacsonyabb szinten tartása érdekében – a szakemberek ellenőrzése mellett elégették. Az ellenőrzött elégetés ellenére a természeti környezetben rendkívül nagy károsodás következett be, a talaj elszennyeződése után az Ohio folyóban tömeges halpusztulást tapasztaltak. A levegőbe jutott mérgező gőzök és gázok miatt – melyek között a fenti veszélyes anyagok mellett etilén-glikol-monobutyl-éter, etilhexil-akrilát és izobutilén is jelen volt – a lakók csak 2 hét múlva költözhetek vissza. A vasúti pályában történt károsodás miatt a vasúti közlekedés helyreállítása is hónapokat vett igénybe. [5]



10. kép: Vasúti baleset, East Palestine, USA (Forrás: ld. [5])

A Yellowstone folyó egyik rácsos vashídján áthaladó, veszélyes árut szállító vasúti szerelvény alatt a híd összeomlott. A bekövetkezett baleset során 4 db olvadt kén és 3 db forró aszfaltot tartalmazó tartálykocsi zuhant a folyóba. Az anyagkiszabadulás következtében személyi sérülés nem történt, azonban a folyóba jutott olvadt kénből képződött kénsav a folyóvíz élővilágára radikális hatást gyakorolt. A rendkívüli esemény bekövetkezésével kapcsolatban a veszélyesáru-szállítási előírások megszegése nem merült fel. [6]



11. kép: A leszakadt vasúti híd a Yellowstone folyón (Forrás: ld. [6])

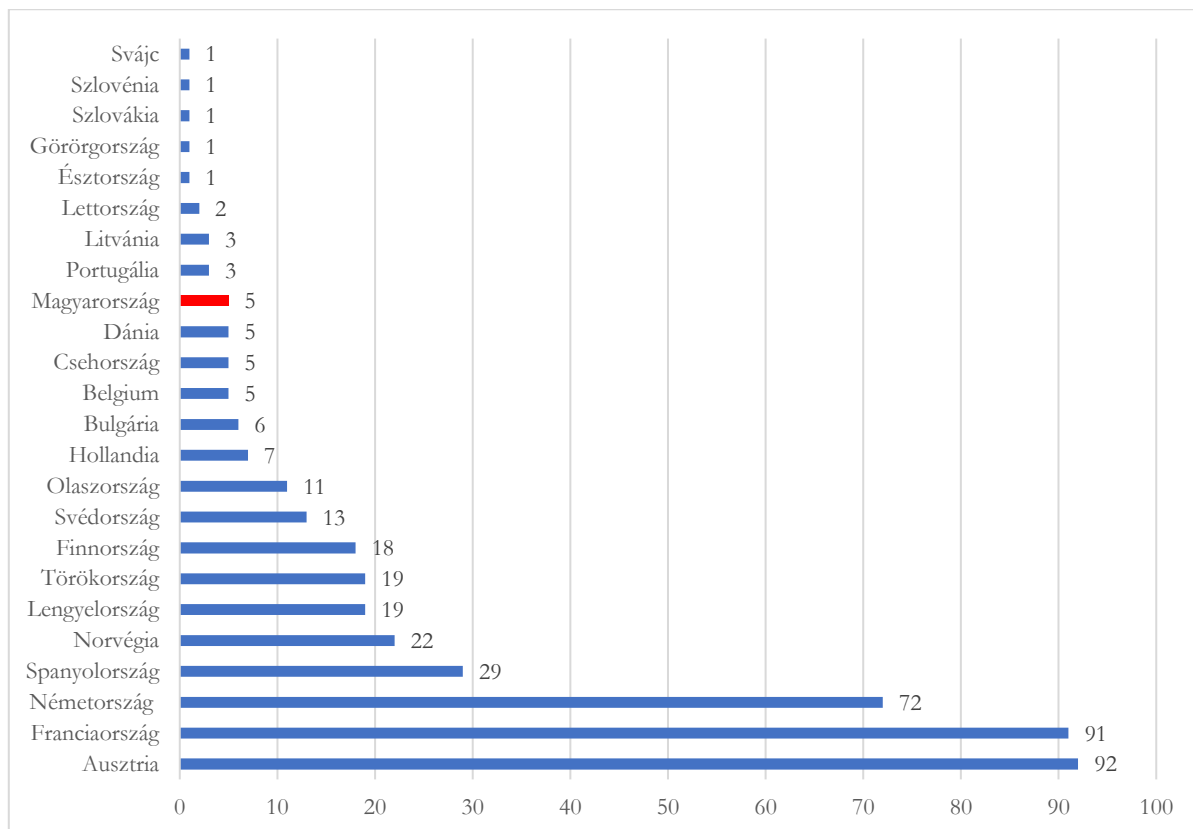
Nemcsak a környezet számára okozott komoly terhelést a 2013 júliusában a kanadai Nantes-ben bekövetkezett vasúti baleset, melynek során éjszaka, egy felügyelet nélkül várakozó vasúti szerelvény gurulni kezdett, kb. 11,5 km utat tett meg személyzet nélkül és sebessége meghaladta a 100 km/ó-t, amikor elérte Lac-Mégantic város központját. A 63 db nyersolajat szállító tartálykocsi és 2 db fedett teherkocsi kisiklott. Megközelítőleg 6 millió liter nyersolaj szivárgott ki a tartálykocsikból, a keletkező tüzek és robbanások pedig leromboltak 40 épületet a város központjában és a vasúti pályát a város nyugati végén. Az esemény következtében negyvenhét személy halálos sérülést szenvedett, további 2000 személyt otthonából kitelepítettek, valamint környezeti szennyezés keletkezett a település belvárosában, a szomszédos folyón és a tavon is. [7]



12. kép: A Lac-Mégantic vasúti katasztrófa következményei (Forrás: ld. [7])

3. KÖVETKEZTETÉS

A veszélyes áruk fuvarozása során bekövetkezett nagyobb vasúti balesetek száma hazánkban évről-évre csökken. A diagram tanúsága szerint Magyarországon mind a szállításban résztvevő vállalatok, mind a hatóságok kiemelt figyelmet fordítanak a közlekedés biztonságára, a szabályok betartatására és a megelőző intézkedésekre, melyek együttesen hozzájárulnak ahhoz, hogy hazánk az európai vasúti szállítás összehasonlításában is a legbiztonságosabb országok közé tartozzon.



7. ábra: Vasúti veszélyesáru-szállítás során bekövetkezett nagyobb balesetek száma Európában 2014-től 2023-ig (Forrás: Id. [8])

A szállításban érdekelt felek erősödő jogkövető magatartásával párhuzamosan a megelőzésben fontos szerepet töltenek be az arányosan és jogszerűen, ugyanakkor konzekvensen kiszabott bírságok is, melyek ösztönző hatást kelthetnek a vasúti veszélyes áruk fuvarozására vonatkozó szabályozások maradéktalan betartása érdekében.

A vasúti veszélyesáru-szállítás kockázatainak elemzése alapján a veszélyes árut szabálytalanul szállító járművek felderítése nagyban hozzájárul a közlekedés biztonságának javításához. A feltárt hiányosságok és a közlekedésben jelenlévő nagymennyiségű veszélyes anyag által jelentett kockázat továbbra is indokolja a veszélyes áruk szállításával összefüggő hatósági ellenőrzések rendszeres végrehajtását. A hivatásos katasztrófavédelmi szerv professzionális közigazgatási szervként, a feladatellátás és a környezet biztonsága érdekében elkötelezett az ellenőrök magas szintű felkészültsége, a kockázatalapú megközelítés és a technikai feltételek valamint a reagáló képesség folyamatos fejlesztésén túlmenően, a társszervekkel és a fuvarozók szakmai szervezeteivel történő együttműködés mellett.

4. IRODALOMJEGYZÉK

Jogforrások:

1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről
1995. évi XCVII. törvény a légi közlekedésről
2000. évi XLII. törvény a vízi közlekedésről
2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről
- 122/1989. (XII. 5.) MT rendelet az egyes veszélyes árukat szállító közúti járművek útvonalának kijelöléséről
- 1/2002. (I. 11.) Korm. rendelet a veszélyes áruk közúti szállításának ellenőrzésére vonatkozó egységes eljárásról
- 312/2011. (XII. 23.) Korm. rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerv eljárásai során a veszélyes áruk vasúti és belvízi szállításának ellenőrzésére és a bírság kivetésére vonatkozó egységes eljárás szabályairól, továbbá az egyes szabálytalanságokért kiszabható bírságok összegéről, valamint a bírságolással összefüggő hatósági feladatok általános szabályairól
- 166/2025. (VI. 24.) Korm. rendelet a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléke Mellékletének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről

Hivatkozások:

- [1] Majlingova A., Pántya P. „Kockázatkezelések a veszélyesáru-szállítás kapcsán – áttekintés” *Védelem Tudomány*, IV. évf. Iparbiztonsági különszám, 2019. 2. hó [Online]. Elérhetőség: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13311> (2025. 05. 21.)
- [2] Balogh R., Kozma S., Vass Gy. „A vasúti veszélyesáru-szállítás hatósági felügyeletével kapcsolatos tapasztalatok értékelése a bírságjogszabály változásának következtében.” *Műszaki Katonai Közöny*, 29. évf. (2019) 3. sz. [Online]. Elérhetőség: https://real.mtak.hu/106164/1/2019_3-2_Balogh-Kozma-Vass_21-34.pdf (2025. 05. 21.)
- [3] BM OKF Kézikönyv a veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzéséhez
- [4] Bognár B., Farkas J., Kiss P. „Vépi vasúti baleset vizsgálata iparbiztonsági szempontból” *Védelem Tudomány*, VII. évf., 2. szám, 2022. 4. hó [Online]. Elérhetőség: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13617> (2025. 05. 21.)
- [5] East Palestine train derailment spread hazardous pollution to 16 states: Study, Abc News, 2024. június 19. [Online]. Elérhetőség: <https://abcnews.go.com/US/east-palestine-train-derailment-spread-hazardous-pollution-16/story?id=111256664> (2025. 05. 21.)
- [6] Train derails into Yellowstone River in Stillwater County, Q2 Montana’s News Leader, 2023. június 24. [Online]. Elérhetőség: <https://www.ktvq.com/news/local-news/train-derailment-causes-water-facility-plant-shutdowns-in-yellowstone-county> (2025. 05. 21.)
- [7] Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary, Transportation Safety Board of Canada [Online]. Elérhetőség: <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.html> (2025. 05. 21.)
- [8] Rail accidents involving the transport of dangerous goods, Eurostat [Online]. Elérhetőség: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tran_sf_raildg/default/table?lang=en&category=tran_sf.tran_sf_rail (2025. 05. 21.)

GIS alapú villámárvíz-kockázati térképezési módszertan eredményeinek bemutatása

Presentation of the result of a GIS-based flash flood risk mapping methodology

Dobai András szerző

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar,
Földrajz Geoinformatika Intézet, tudományos
segédmunkatárs

Email: andras.dobai@uni-miskolc.hu

ORCID: 0000-0002-5268-0728 

Dobos Endre Zsolt társszerző

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar,
Földrajz Geoinformatika Intézet, egyetemi tanár,
intézet vezető

Email: endre.dobos@uni-miskolc.hu

ORCID: 0000-0002-9798-6376 

Absztrakt:

A mezoskálájú konvektív rendszerek (MKR) légnyomás gerincek mentén újra fejlődő zivatarjai által kiváltott villámárvizek jelensége komoly kihívás elé állítja valamennyi, az árvízi védekezésben résztvevő szervezetet. E szélsőséges vízhozamot és helyi vízkárt okozó események következtében egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a kockázatelemző és -értékelő rendszerek, így a kockázati térképezési módszertanok. Jelen cikk egy téradatokon alapuló kockázati térképezési módszertan eredményeit mutatja be az Észak-Magyarországi mintaterületre vonatkozóan. A módszertan alapját a szakirodalomban elfogadott és alkalmazott felszínleíró vektoros és raszteres térinformatikai állományok, valamint távérzékelési adatok képezik, kiegészítve olyan terület specifikus adatbázisokkal, mint a Nemzeti Földügyi Központ által biztosított erdészeti adatbázisból származó leíró adatok, illetve a régiót leíró digitális e-Soter talaj textúra térképe. Ezen adatok eltérő súllyal vehetnek részt egy villámárvíz esemény során, így ennek eldöntésére az Analitikus Hierarchia Módszer (AHP) döntési mátrixát alkalmaztuk. Ezek felhasználásával legjobban közelítve a valós térben várható villámárvíz események kockázatát. A térképanyag 5m-es felbontású, amely nem igazodik a klasszikus értelemben vett térképészeti méretarányokhoz (pl. 1:10 000), hanem nagyobb felbontásban, lényegesen részletesebb információ tartomány mentén értelmezhető, lehetővé téve a térkép valós, gyakorlati védekezésben való alkalmazását. A módszertan összehasonlításra került más módszertani alapokon nyugvó, országos szintű kockázatelemzési módszertannal, amelyek összevetése során a térkép anyagokban a legnagyobb mértékű közelítő egyezés a legszélsőségesebb, legkedvezőtlenebb feltételezések mellett mutatkozott, ezért a magasabb kockázati területek részletes elemzését is bemutatjuk, amelyet kiemelten ajánlunk a védekezés aktív résztvevői számára.

Kulcsszavak: villámárvíz, GIS, kockázati térképezési módszertan fejlesztés, távérzékelés, árvízi védekezés fejlesztés

Abstract:

Flash floods resulting from thunderstorms within mesoscale convective systems (MCS) are considered a significant challenge for all organisations involved in flood defence. As a result of such storm-induced events, which may cause flash floods, increasing emphasis is being placed on risk analysis and assessment systems, as well as on flood risk mapping methodologies. In the present study, the results of a GIS-based flood risk mapping methodology are presented for a study area in Northern Hungary. The methodology is based on vector and raster geospatial datasets and remote sensing data widely referenced in the scientific literature. It is supplemented with area-specific databases, including descriptive data from the forestry database provided by the National Land Centre and the regional digital e-Soter soil texture map. Since varying levels of importance may be assigned to these datasets in the context of a flash flood event, the Analytical Hierarchy Process (AHP) decision matrix was applied to determine their weighting, enabling the risk of flash flood events in real spatial contexts to be modelled as accurately as possible. The resulting risk maps were produced at a spatial resolution of 5 m, providing high-detail interpretation and allowing their direct application in practical flood defence operations. The methodology was compared with another national-scale flood risk assessment approach based on different methodological principles. It was found that the most excellent spatial agreement between the map outputs occurred under the most unfavourable assumptions; therefore, a detailed analysis of the higher-risk areas is also presented. The mapping methodology and its results are recommended for application by active participants in flood defense.

Keywords: flash flood, GIS, risk mapping development, remote sensing, development of flood defense

1. BEVEZETÉS

A szélsőséges csapadékesemények jelensége nem ismeretlen a Kárpát-medence vízgyűjtőin, azonban a 2000-es évek folyamán egyre gyakoribb jelenlétük komoly károkat okoz mind a környezeti, mind az épített infrastruktúrákban. Az ismeretlen karakterisztikájú vízgyűjtőkön jelentkező szélsőséges vízhozamok a víztudomány számára jól ismert jelenség, amely meghatározásához rendelkezik empirikus árvízszámítási módszertanokkal, valamint a hazai hegy- és dombvidéki vízrendezés témakörén belül az ehhez szükséges eljárásokkal [1,2,3], azonban a helyi vízkárokat okozó jelenség darabszámának növekedése okán a teljes védekezési módszertanhoz kapcsolódóan a digitális adatok adaptív megközelítése és szemléletváltása elengedhetetlen. A jelenség keletkezésére, folyamatának leírására, valamint az általa okozott károkozásra való tudományos reagálás és tudásanyag bővítése hamar megtörtént és jelenleg is folyamatos fejlesztés alatt áll [4,5,6]. Habár a mezoskálájú konvektív rendszerekhez kapcsolódó szélsőséges csapadékesemények mennyiségei csupán pontszerűen ismertek (1. táblázat), az országos szintű meteorológiai és vízrajzi monitoringrendszerek hiánya miatt a vízhozamok meghatározása továbbra is kritikus kérdés.

Év	2010.05. 15	2012.07. 29	2013.06. 24	2015.08. 17	2016.07. 13	2018.06. 10	2019. 08.20
Csapadék mennyiség (mm/12 h)	60,4	36,4	59,6	33	35,2	49,2	76,8

1. táblázat: Csapadékmennyiségek az ÉMVIZIG hidrometeorológiai jelentései alapján (forrás: [7])

A gyakorlati védekezés támogatásához kapcsolódóan a legmarkánsabb kutatási irányok az előrejelző rendszerek vizsgálata mellett, a várható vízhozamszámítások, valamint a térképezési módszertan fejlesztéséhez kapcsolódó kutatások, amelyek figyelembe veszik a jelenség komplex folyamatát és nagymértékben alapoznak a jelenség és a felszíni, felszín alatti tulajdonságok közötti kapcsolatának leírására [5, 8, 9, 10, 11]. A valós térben történő védekezés során a villámárvízben érintett magas kockázatú területekre a legátfogóbb képet a térképanyagok szolgáltathatnak, amelyek jelenleg nem rendelkeznek a gyakorlati alkalmazhatósághoz szükséges nagy térbeli felbontással. A villámárvizek által okozott károk megelőzése és mérséklése érdekében szükségessé vált olyan módszertanok kidolgozása, amelyek lehetővé teszik a kockázati térképezést. Az igény a 2010 óta szinte évenként visszatérő villámárvizek tapasztalatai nyomán, a Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei Helyi Védelmi Bizottság (HVB) ülésein, valamint a Magyar Polgári Védelmi Szövetség, a Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei Tűzoltó Szövetség és az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság részéről is megfogalmazódott. A cél egy olyan Észak-magyarországi mintaterületre vonatkozó kockázati térkép létrehozása, amely tudományos alapokon nyugvó eredményeivel támogatja az árvízvédelemben részt vevő szervezetek, a településvezetők és a műszaki irányítók felkészülési, valamint védekezési tevékenységét. A térképezés szükségességét jól példázza, hogy a régióban, Kondó közelében található Cseres elnevezésű szárazvölgy vízgyűjtőjén levonuló árhullámok, az elmúlt években több tízmillió forintos károkat okoztak, ez pedig csupán egy a számos, magas kockázatúnak tekinthető vízgyűjtő közül [12].

2.1 A térképezési módszertan bemutatása

A szakirodalomban általános megállapítás, hogy az árvíz a legnagyobb károkozást a vízgyűjtők torkolatánál vagy összefolyási pontjánál okozza, ami az árvízi jelenségek természetes velejárója. Bár ez kutatási szinten eredménynek tekinthető, gyakorlati alkalmazhatósága a villámárvíz által érintett területekre értelmezve, továbbá a felszíni lefolyások elleni védekezéshez korlátozott. Ennek oka egyrészt az, hogy a vizsgálatok jelentős része országos léptékű, alacsony térbeli felbontású (nagy cellaméretű) térképekre és adatbázisokra támaszkodik, másrészt pedig az, hogy gyakran olyan térképi állományokat (például domborzati kitettségtérkép) alkalmaznak, amelyek nem igazodnak a villámárvíz sajátosságaihoz, és így nem nyújtanak releváns többletinformációt a villámárvízi jelenségek feltérképezéséhez [13,14,15]. A csapadékesemények során lehulló víz mozgását és hatásait ezért a releváns környezeti tényezők figyelembevételével kell vizsgálni, majd térinformatikai eszközökkel — közvetlenül meglévő térképek felhasználásával vagy több térkép kombinálásával — olyan térképi állományt kell létrehozni, amely igazodik a villámárvíz jellegzetességeihez.

A felszínre érkező csapadék – függetlenül annak intenzitásától – elsőként egy adott lejtéssel (százalékos lejtőmeredekség) jellemezhető területre érkezik, amely például a szálkőzet és magas lejtőmeredekség-értékek megléte miatt elsődleges rangot kaphat a jelenséget leíró osztályok közül. Ettől függően indulhat meg a felszíni lefolyás, illetve beszivárgás, amely jelentős mértékben befolyásolja a vízmozgás dinamikáját [16]. A beszivárgás és a felszíni lefolyás folyamatait döntően meghatározza a felszínborítás és vegetáció sűrűsége, amelyet a Normalizált Differenciált Vegetációs Index (NDVI) segítségével lehet jellemezni [13], de ide tartozik a vegetáció sűrűsége (erdők jelenléte és kora) is. A nagyobb intenzitású és szélsőségesebb vízhozamú csapadékesemények esetében további fontos tényezőket is figyelembe kell venni. Ezek közé tartozik a domináns tájhasználati és felszínborítási kategóriák (Land Use/Land Cover – LULC), az átlagos talajvastagság, valamint a talaj textúrája [5], ezek az elemek alapvetően befolyásolják a beszivárgásiképességet és a felszíni lefolyás gyorsaságát. Emellett fontos integrálni olyan specifikus indexeket, amelyek a felszíni tulajdonságok vízhozamot növelő, illetve vízviszatarató hatását jellemzik. Ezeknek az indexeknek a relatív jelentősége eltérő lehet, azonban a végeredmény szempontjából döntő tulajdonságokkal rendelkezhetnek. A talaj nedvesíthetősége (Topographic Wetness Index – TWI), a súlyozott áramlási hossz (Slope Weighted Flow Length – SWFL), valamint a koncentrációs idő (Time of Concentration – TCI) egyaránt befolyásolják a lefolyás gyorsaságát és mértékét. Ezzel párhuzamos a térinformatikai csoporton belüli rang és súly csökkenése feltételezhető. Így a kutatáshoz a legoptimálisabb felszíni tulajdonságokat leíró állományokat használtuk fel:

- 5m térbeli felbontású domborzatmodell alapján (DEM), lejtőmeredekség állomány;
- Osztályozott normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) [17];
- A Nemzeti Földügyi Központ által biztosított erdészeti adatbázis alapján az erdők kora;
- Osztályozott tájhasználati és felszínborítási (LULC) rétegek, amelyeket a Sentinel-2B műhold B2 (kék), B3 (zöld), B4 (vörös), B8 (NIR) és újraosztályozott B5 (VNIR) sávjainak 10 m-es felbontású adataiból generáltunk;
- AGROTOPO talajadatbázisból származó átlagos talajvastagság;
- E-Soter digitális talajtérképezési módszertanból nyert textúraállomány [18].
- Topológiai nedvesség index (TWI);
- Lejtősúlyozott áramlási hossz (SWFL);
- Koncentrációs idő [19];

A térképek és indexek adatbázisba való foglalása után szükséges volt az egyes térképcsoportok súlyainak meghatározásához.

Ilyen módszer az L. Saaty által fejlesztett, többkritériumos döntéstámogató rendszerekhez tartozó, AHP-súlyozás. Az Analytic Hierarchy Process (AHP), egy olyan többkritériumos döntéshozatali módszertan, amely a komplex problémák strukturált és rendszerezett elemzésére szolgál. A módszer központi eleme a páronkénti összehasonlítás, amely során a kritériumokat és alternatívákat egy előre meghatározott skála alapján értékeli, kifejezve ezek relatív fontosságát [20,21].

A döntési hierarchia egy n elemű halmaz páronkénti összehasonlító mátrixa $A = [a_{ij}]$ úgy került felépítésre, hogy a_{ij} az i és j objektumok relatív fontosságát adja, ahol $a_{ij} > 0$ és $a_{ji} = 1/a_{ij}$. A súlyvektort w az eigenvektor-módszerrel (1) nyerjük:

$$A w = \lambda_{\max} * w \quad (1)$$

ahol

$w = A$ mátrix sajátvektora

$\lambda_{\max}$ = a sajátvektor legnagyobb értéke

Majd $\sum w_i = 1$ szerint normalizáljuk [22]. Ebben a keretrendszerben a problémákat hierarchikus szerkezetben ábrázolják, ahol a döntési cél a legfelső szinten helyezkedik el, amelyet kritériumok és alternatívák követnek. Az értékelési folyamat eredményeként egy összehasonlító mátrix (2. táblázat) jön létre, amely a súlyok kiszámítására és a prioritások meghatározására szolgál.

Osztály	Lejtő meredekség	NDVI	Erdő kora	LULC	Talaj vastagsága	Talaj textúra	TWI	TCI	WFL
Lejtő meredekség	1	1.428	2.000	3.000	4.286	5.660	8.108	11.538	15.789
NDVI	0.700	1	1.400	2.100	3.000	3.962	5.676	8.077	11.053
Erdő kora	0.500	0.714	1	1.500	2.143	2.830	4.054	5.769	7.895
Tájhasználat	0.333	0.476	0.667	1	1.429	1.887	2.703	3.846	5.263
Talaj vastagsága	0.233	0.333	0.467	0.700	1	1.321	1.892	2.692	3.684
Talaj textúra	0.177	0.252	0.353	0.530	0.757	1	1.432	2.038	2.789
TWI	0.123	0.176	0.247	0.370	0.529	0.698	1	1.423	1.947
TCI	0.087	0.124	0.173	0.260	0.372	0.491	0.703	1	1.368
WFL	0.063	0.090	0.127	0.190	0.272	0.358	0.513	0.731	1

2. táblázat: A felhasznált GIS-állományosztályok AHP-súlymátrixa

Emellett a módszer magában foglalja a konzisztencia index (CI) és a konzisztencia arány Ratio (CR) mechanizmusát (2), amely biztosítja a páronkénti összehasonlítások belső koherenciáját [15].

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

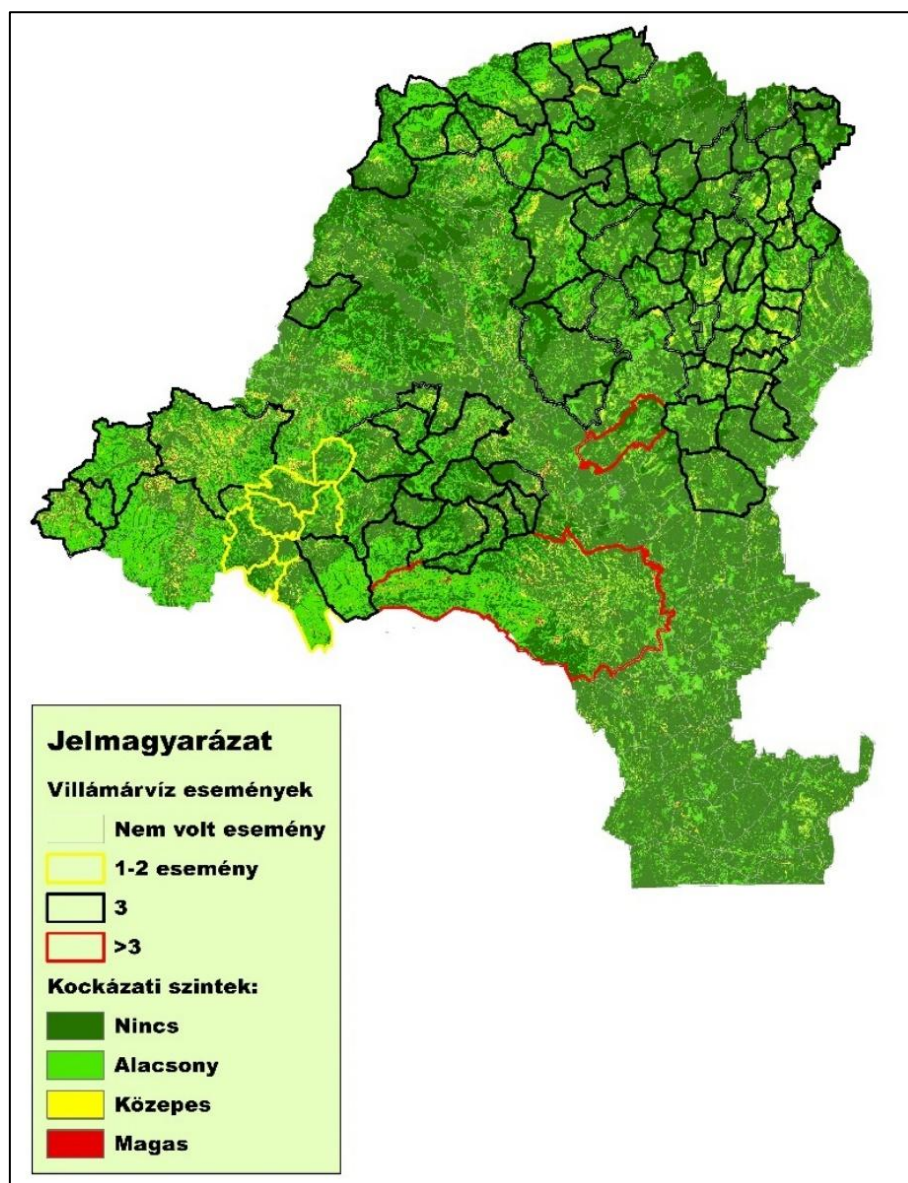
$$CR = CI / RIn \quad (2)$$

ahol, RIn = a mátrixok átlagos CI értéke. A konzisztencia határra általánosan elfogadott küszöb: $CR < 0.10$. A térképosztályok súlyozásához Saaty által javasolt skálát alkalmaztuk, amelynek eredményét a 3. táblázat tartalmazza.

Osztály	Lejtő meredekség	NDVI	Erdő kora	Tájhasználat	Talaj vastagsága	Talaj textúra	TWI	TCI	WFL
AHP súly	0,30	0,21	0,15	0,10	0,053	0,037	0,026	0,019	0,018

3. táblázat: Az AHP által kiszámolt osztállysúlyok (forrás: [7])

Az AHP statisztikai eredményei szerint a konzisztencia arány és index (CR, CI) értékei kisebbek mint 0,1 (CR=0,0078, CI=0,0011), ami azt jelzi, hogy a mátrix konzisztens [15]. A módszerrel kiszámított súlyok a térinformatikai bemeneti rétegek relatív fontosságát mérik, önmagukban nem reprezentálják a kockázatot. A kockázatértékeket a normalizált rétegek súlyozásából, majd összeadásából számítjuk, amely így már hozzájárul az egyes kockázati osztályok (nincs kockázat, kis kockázat, közepes kockázat, magas kockázat) meghatározásához. Ennek eredményeként egy 5m-es térbeli felbontású villámárvíz kockázati térképet kaptunk, amely az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság (ÉMVIZIG) éves hidrometeorológiai jelentései, továbbá települési szinten (pl.: Kondó) a Magyar Állam Kincstár Vis maior káreseti jegyzőkönyvei térképre vetített adatai alapján validálásra került (1. ábra). A térképi ábrázolás során a kockázati szintnek megfelelően a „nincs kockázat” (sötétzöld), az „alacsony” (világos zöld), a „közepes” (narancssárga) valamint a „magas kockázat” (piros) színskálával láttuk el. A villámárvízi káresemények darabszámai alapján a vízgyűjtőket a következő színekkel jelöltük: ahol nem volt esemény, ott szürkével; 1–2 esemény esetén sárgával; 3 esemény esetén feketével; 3-nál több esemény esetén pirossal.



1. ábra: A mintaterület villámárvíz kockázati térképe (forrás: [7])

A további térképelemzés során a nagyobb vízgyűjtők közül, a közepes és magas kockázatú területeken véletlenszerűen 10–10 mintapontot választottunk ki.

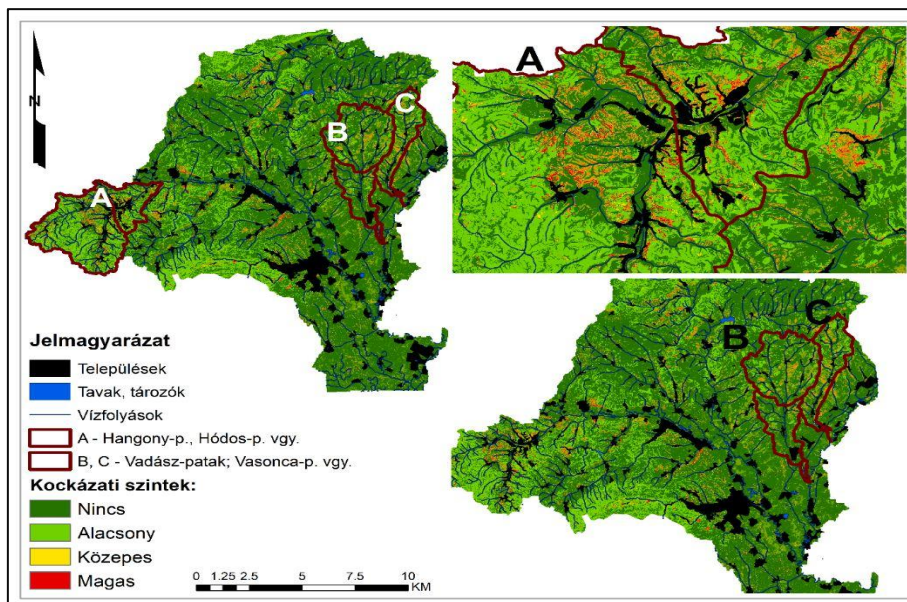
E pontok mind a korábban felhasznált (9 db) raszteres réteg adatait tartalmazták, így lehetővé vált az egyes környezeti változók közötti statisztikai kapcsolatok vizsgálata. A kapcsolatokat Spearman-féle rangkorrelációval (ρ) elemeztük, amely nem feltételez lineáris összefüggést, hanem a változók rangsora közötti monoton kapcsolat erősségét méri. A módszer eredménye -1 és $+1$ közötti értéket vehet fel: $+1$ a tökéletes pozitív, 0 a kapcsolat hiánya, -1 a tökéletes negatív monoton kapcsolatot jelzi [23]. A p -érték annak a valószínűségét mutatja, hogy a nullhipotézis (nincs kapcsolat) fennállása mellett a megfigyelt vagy annál erősebb összefüggés véletlenül alakuljon ki. Ez a nem-paraméteres megközelítés különösen alkalmas heterogén, térbeli adathalmazok elemzésére, ahol a normál eloszlás vagy lineáris kapcsolat feltételezése nem teljesül [23]. A vizsgálat célja az egyes segédváltozók kölcsönhatásainak feltárása, valamint a súlyozásra használt Analytic Hierarchy Process (AHP) módszer validálása volt.

A Spearman-analízis eredményei megerősítették, hogy a lejtő meredeksége domináns szerepet tölt be a kockázat kialakulásában ($\rho = 0,548$, $p = 0,012$), ami közepes–erős pozitív és statisztikailag szignifikáns kapcsolatot jelez: a meredekebb felszíneken a kockázati értékek szignifikánsan magasabbak. A TWI mérsékelt pozitív összefüggést mutatott ($\rho = 0,346$, $p = 0,135$), de a kis elemszám miatt ez nem érte el a szignifikancia szintjét. Az NDVI kapcsolatának erőssége alacsony volt ($\rho = 0,197$, $p = 0,406$), ami arra utal, hogy a vegetációs index az adott mintában kevésbé meghatározó a kockázat szempontjából. A WFL ($\rho = 0,115$, $p = 0,628$), valamint a talajtextúra és a TCI ($\rho = 0,000$, $p = 1,000$) gyakorlatilag nem mutattak kapcsolatot a kockázati kategóriákkal. Az NDVI esetében a kiugró értékek valószínűleg hozzájárultak a gyengébb korrelációhoz, míg a WFL és a talajtextúra eredményei arra utalnak, hogy ezek a paraméterek ebben a vízgyűjtőben másodlagos szerepet játszanak. Az empirikus elemzés tehát részben módosíthatja az AHP által feltételezett sorrendet. A lejtő továbbra is az első helyen marad, de a TWI a rangsorban feljebb kerülhet, míg az NDVI relatív súlya csökkenhet. A WFL a Spearman-eredmények alapján továbbra is alacsony, de kissé nagyobb szerepet kaphat az AHP-ben, összefoglalásként elmondható, hogy az AHP súlyozás jól teljesít. A vizsgált két réteg (TWI és NDVI) rangsorolása bizonyos mértékű finomhangolást igényelhet. Egyrészt az NDVI a vegetáció szezonális és éves változása miatt jelentős ingadozást mutathat, ezért célszerű lehet több év adatsorából számított átlagindexet létrehozni és alkalmazni. Másrészt a TWI, azaz a felszín nedvesíthetőségének mutatója nagymértékben függ a rangsorban előtte álló tényezőktől (például NDVI, erdő kora, tájhasználat, talajvastagság, textúra), így a TWI rangjának átfogó megváltoztatása a teljes térképre vonatkozóan nem feltétlenül indokolt.

A térképezési módszertan összehasonlításra került, más országos léptékű módszertannal [8], amely alapján megállapításra került, hogy jelen kutatás az összehasonlítás alapját képező tanulmány FFSIs_nw_max jelölésű térképanyagának elgondolásával mutat területi azonosságot, valamint közös megállapításuk, hogy fontos az NDVI állományok által leírt vegetációs adatok kiemelése [7,8]. Az árvíz elleni védekezés szempontjából fontos megjegyeznünk, hogy az alacsony, valamint a közepes kategóriák is hordoznak kockázatot magukban, mivel ezek az osztályokat az aktív szántóföldi művelésű területek alkotják, amelyek a március-október közötti villámárvízi szezonban eltérő fedettséggel (szántott, aratott felszín) és felszíni (szabad póruster, beszivárgási képesség, tömődöttség) tulajdonságokkal rendelkezhetnek. A mintaterületen jelentkező karsztvillámárvizek kialakulásának és fejlődésének dinamikája jelentősen eltér a felszíni lefolyásból származó villámárvizekétől, amely függ a rendelkezésre álló felszínalatti tér nagyságától, valamint a hasadékvíz beszivárgásától, a karsztüregekben majd a teljes hálózatban a telítődés hatására jelentkező nyomástól is, így célszerű lenne a karsztvillámárvíz területeit külön kezelni [24]. Azonban a fentebb tárgyaltak szerint belátható, hogy a karsztos térszínek esetében is elsődlegesen a felszíni lefolyásból származó árvíz érinti (amelyhez másodlagosan hozzájárulhat a karsztüregéből részlegesen, a kilépési pontjain nagy mennyiségben jelentkező árvizek, amelyek akár hármass irányú árhullámcsoporthoz jöhet létre [7]), így a kockázati térkép elemzésekor érdemes a két típust egyben kezelni, azonban a területre jellemző árvíz típus esetén külön értelmezni és elemezni.

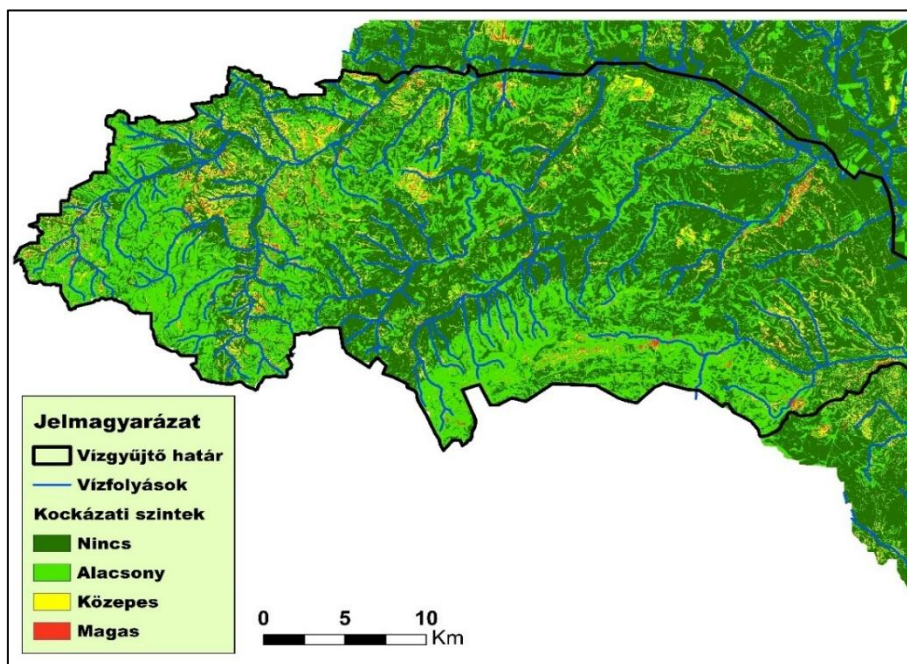
2.2 A térképezési módszertan eredményeinek bemutatása

Az eredmény térképen több kiemelt kockázatú vízgyűjtő azonosítható (2. ábra), amely közül három (Hangony, Hódos-patak - Ózd), valamint a Vadász és Vasonca patakok - Szikszó, Halmaj) vízgyűjtői bemutatásra kerültek [7]. Jelen kutatásban a térképanyag alapján szeretnénk a Sajó jobb parti, valamint a Bódva vízgyűjtőin azonosítható célterületekre felhívni a figyelmet. A vizsgálat bemutatása még így sem teljes, azonban a térképi adatbázis rendelkezésre áll, mind a témában kutatók, mind a védelemvezetők részére.



2. ábra: A mintaterület villámárvíz kockázati térképe, három magasabb kockázatú vízgyűjtőjének jelölésével (forrás: [7])

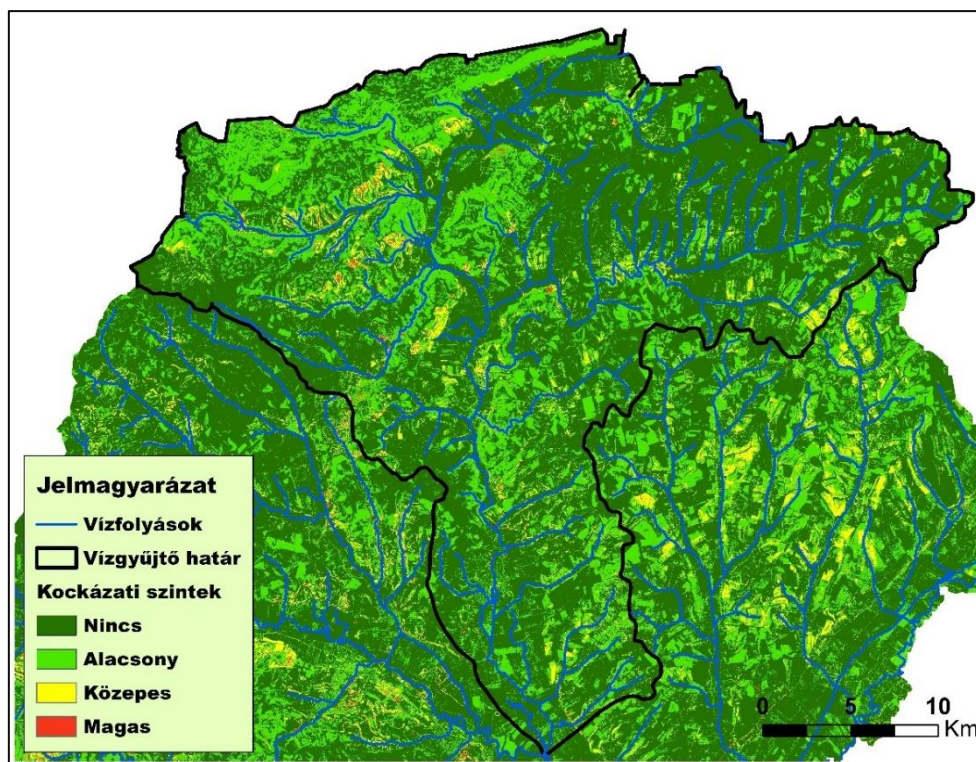
A Sajó jobb parti vízgyűjtőjén belül a Hangony és Szinva-patak közötti területeit elemeztük (3. ábra).



3. ábra: A Sajó jobb parti vízgyűjtőjének villámárvíz kockázati térképe

A Sajó jobb parti vizsgált vízgyűjtőterületei általánosságban olyan összetett morfológiai és hidrogeológiai adottságokkal rendelkeznek, amelyekben egyaránt megjelennek a karsztos és a karsztperemi, valamint a dombvidéki felszínformákra jellemző vízgyűjtői sajátosságok. Mindez indokoltá teszi, hogy a jövőbeni villámárvizek elleni védekezési stratégiák kidolgozása a helyi adottságokhoz igazított, differenciált megközelítésben tervezzék és valósítsák meg.

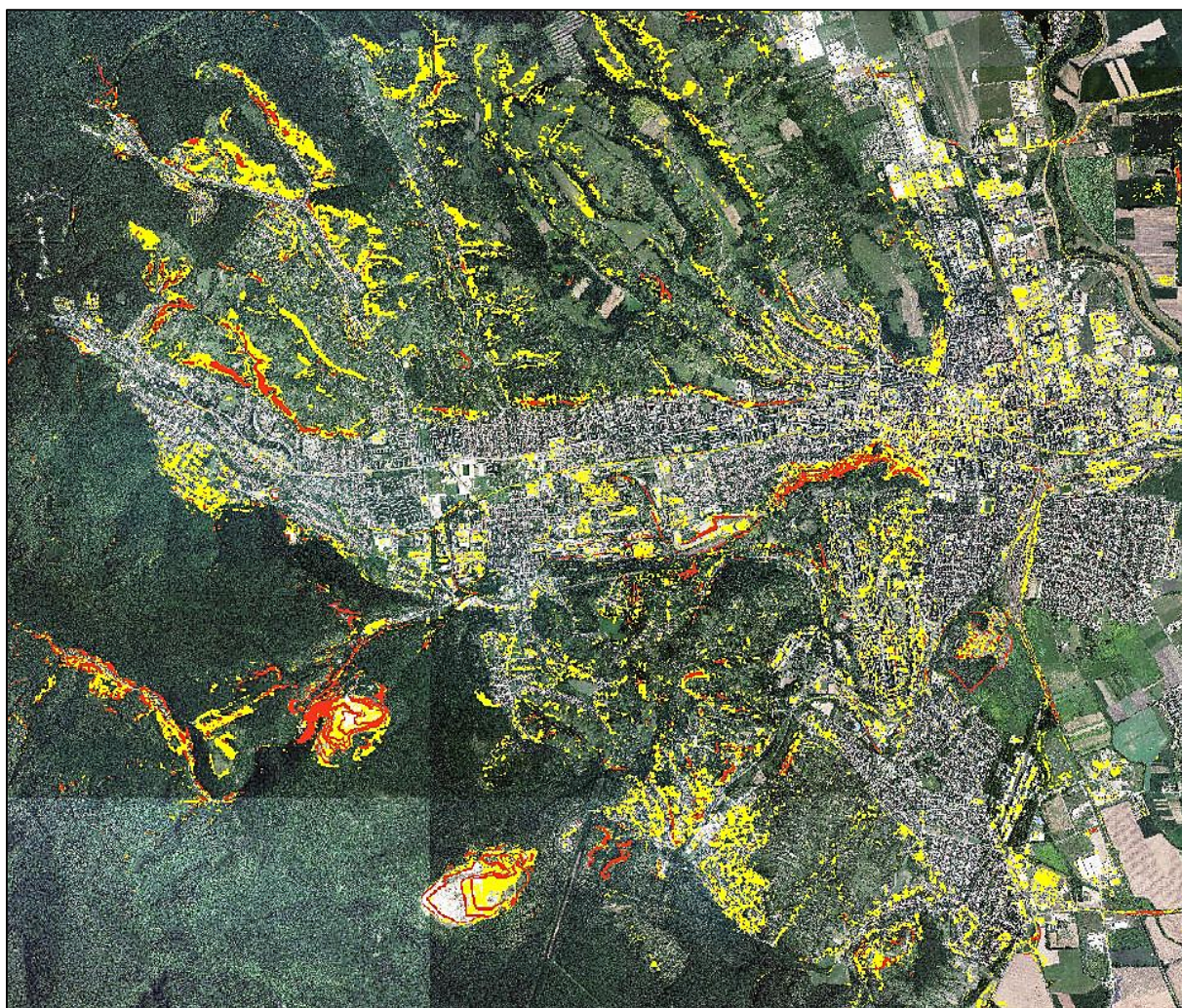
A Bódva-völgyében (4. ábra) – amely önmagában is önálló, részletes kutatást igényelne – szinte valamennyi vízgyűjtőben azonosítható legalább egy-egy magasabb kockázati besorolású terület.



4. ábra: A Bódva vízgyűjtőjének villámárvíz kockázati térképe

Ezek kialakulásában meghatározó szerepet játszanak a felszíni karsztos adottságok, valamint az ebből fakadóan rendkívül gyér felszínborítás. E tényezők kedveznek a felszíni lefolyás kialakulásának, különösen tartós, nagy intenzitású, illetve ismétlődő csapadékesemények során, amelyek kedvező feltételeket teremtenek a karsztterületekre jellemző villámárvizek létrejöttéhez. A vizsgált terület 68%-ban a „nincs kockázat” kategóriába esik, míg 27 %-a az alacsony kockázati besorolásba tartozik. A közepes és magas kockázati kategóriák együttes aránya 3,8 % (3,4 % és 0,4 %), amely összesen mintegy 33,0 km² területet fed le. Ez kisebb, mint a Sajó vizsgált jobb parti vízgyűjtőterületeinek kockázatos zónái, azonban figyelembe véve, hogy a magasabb kockázatú foltok a Bódva hazai szakaszának felső vízgyűjtőjében, elsősorban a jobb parti vízgyűjtők – így a Ménes-, a Jósva- és a Vízvölgyi-patak – mentén koncentráltan helyezkednek el, a potenciális veszélyeztetettség mértéke jelentősnek tekinthető. E területek geológiai adottságaiknál fogva rövid lefolyási úttal rendelkeznek, amely tovább növeli az árhullám-kialakulás valószínűségét. A terület mérete mellett a völgyek szűk keresztmetszete – átlagosan 1 km, helyenként ennél is kevesebb, például Perkupánál 500 m – is hozzájárul az összegyülekezési idő csökkenéséhez. A magasabb kockázati területek kiemelt példája a Jósva-patak vízgyűjtője, ahol elsősorban a bal parti részvízgyűjtők érintettek. Konkrét esetként említhető a Szinpetri és Szín külterületén azonosítható területek, illetve a Jósva-pataktól délre fekvő Varbóc és Perkupa bel- és külterületei esetében. Keletebbre szintén kimutathatók magasabb kockázati zónák, különösen a települések közvetlen környezetében, így Rakaca déli oldalán, valamint a szomszédos Rakacaszend déli részein.

A Bódva teljes vízgyűjtőjének vizsgálata különösen indokolja a részletes, lokális szintű felmérések elvégzését és azok alapos értelmezését. Ennek oka, hogy a terület földtani adottságai a villámárvizek levezetésében kifejezetten kedvezőtlenek, amely gyakorlatilag lehetetlenné teszi az árvízi védekezést. További kockázati tényező, hogy a Bódva mérete alapján nem tartozik az Árvízvédelmi Felkészülési Terv (ÁFT) hatálya alá, így nem áll rendelkezésre hivatalos, irányadó tervezési dokumentum a vízgyűjtő egészére vonatkozóan. Részleges megoldást jelentett a HUSK/1001/2.1.2/0009. azonosítószámú, a Magyarország–Szlovákia Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007–2013 keretében megvalósult projekt, amely árvízi modellezési és mentést támogató logisztikai rendszert fejlesztett [25]. Ugyanakkor a projekt nem tárgyalta kellő részletességgel a villámárvíz jelenségét, amely jelentős hiányosságot eredményez a védekezési gyakorlatban. A kockázati térképezés anyaga alkalmas továbbá belterületi részeken magasabb kategóriákban tartozó területek lokalizálásához. Ilyen példa Miskolc megyei jogú város belterülete (5. ábra), ahol a térkép segítségével a teljes közigazgatási határon belül lehetőség nyílik az elemzésre.

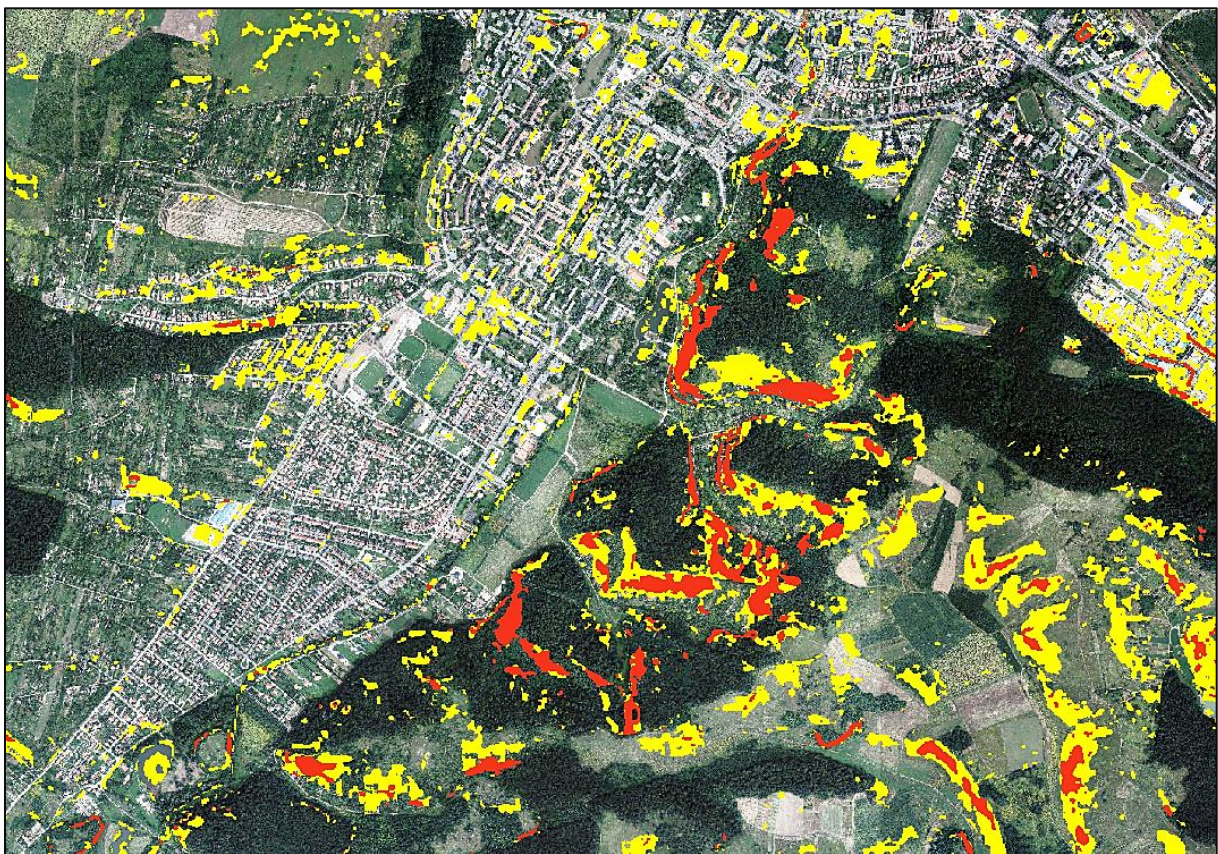


5. ábra: Térkép kivágat Miskolc belterületi részeinek, magasabb kockázatú területeinek jelölésével

A magasabb kockázatú kategóriákba (közepes, magas) eső területek a város északi részénél a Pece-ágak vízgyűjtői, amelyek a belvárosi részt is érinthetik, megjegyezve, hogy a Galagonyás és Bábonyibérc-sor között záportározó funkcionál, azonban a tározó alvízi oldalán utcaszinten további, hosszabb összlefolyást alkotó területek találhatók.

Hasonló területek azonosíthatók, kisebb mértékben, a szomszédos Tetenvár, valamint a Szentpéteri kapu-Katowice utca oldalában is, amelyek nagyrészt a magas lejtés, valamint a betonfelszín okán jelentkeznek. Ellentétes, nyugati irányban, Pereces és Lyukóbánya területein is találhatóak közepes, illetve magasabb kockázati osztályba tartozó területek, azonban ezen a területen a keresztirányú rövidebb lefutású területek a jellemzők. Déli irányban az Avasi pincesor meredek lejtői által jelzett lefolyási utak kerülnek bele magasabb kockázati kategóriákba. Az Avas gerince mentén, továbbá nyugati oldalán a Nagy-Ruzsin területein találhatóak közepes kockázatú területek elszórva. A keleti oldalán a Tampere városrészen azonban közel egységes felszínt alkotnak ezek a területek, hasonlóan Miskolc-Tapolcához. A külterületen magasabb kockázatú területek a Bükkszentlászló-Mexikóvölgy mentén jól elkülönülnek a Tatár-árok menti völgytalpi térszínnek magasabb kockázatú kategóriái.

Szintén belterületi példa Kazincbarcika (6. ábra) esetében a Tardona-patak jobb parti belterületi vízgyűjtői rendelkeznek magasabb kockázatú területekkel Herbolya városrész, valamint a belvárosi Jószerencsét út közötti szakaszon. E térszínektől délre Alacska település, valamint a Nyögő-Harica patakok jobb parti vízgyűjtőjénél koncentrálódnak a magasabb kockázatú területek, amely tulajdonságok kiemelten geológiai vonatkozásúak. A magasabb kockázati osztályokba azonban nem csak a meredek lejtőszög, hanem a gyér fedettség, továbbá a helytelenül alkalmazott agrotechnika is hozzájárul, amely probléma a régió más területei esetében is felmerül.



6. ábra: Térképrészlet Kazincbarcika belterületi részének magasabb kockázatú területeiről a Tardona-patak mentén

A bemutatott példák részben ismertek az árvízi védekezésben, ugyanakkor a szakmai visszacsatolások arra is rámutattak, hogy a jelen térkép visszaigazol olyan vízgyűjtőkből és azok lefolyási útjaiból eredő kockázatokat, amelyek terepen vagy ún. békeidőben nem mindig azonosíthatók egyértelműen.

Nagyvárosokban ez a jelenség tovább bonyolódik a belterületi csapadékvíz-elvezetőrendszerek befogadóképességét és elvezetőkapacitását megterhelő területek lokalizálásával — ezek külön kutatást igényelnek a településeket övező vízgyűjtők esetén [9]. A jelenséggel szembeni védekezést a helyi tulajdonságoknak, valamint védekezési tapasztalatok összehangolása mentén érdemes megszervezni. Ezeket a beavatkozásokat a területek lehetőségei szerint (a felkészülési idő hiánya okán) döntően béke-időben szükséges kivitelezni. Ezen preventív jellegű intézkedések és védekezési tervek jelenleg széles körben, folyamatos tesztelés és fejlődés mellett kerülnek tervezésre, kivitelezésre és publikálásra, növelve ezzel a villámárvízi jelenség elleni fellépés hatékony eszköztárát [4,5,26].

3. KÖVETKEZTETÉS

Az elmúlt két évtizedben a villámárvizek meghatározó szerepet töltek be mind a tudományos munkák, mind az aktív árvíz vízkárelhárítás során. A jelenség gyakoriságának csökkenése nem várható, ezért minden érintett szakmai terület feladata, hogy az élet- és vagyónvédelem érdekében a lehető legmagasabb szinten lépjen fel a helyi vízkárok ellen. Jelen kutatás újdonsága, hogy a régióra ilyen térbeli felbontású térképezés, a téma szempontjából releváns térinformatikai és távérzékelési adatokkal nem történt. Emellett a munka az árvízi védekezésben résztvevő szervek szakmai nyomkövetése és visszacsatolása mellett valósult meg. A módszertan a nemzetközi szakirodalmat követve készült, kiegészítve a mintaterület sajátosságaira vonatkozó szempontokkal, amelyek lehetővé teszik a védelemben résztvevők számára a gyakorlati alkalmazást. A kutatás eredményei találkoznak a hazai, valamint nemzetközi módszertanok eredményeivel [7, 27, 28]. Tudományos jelentőségét, valamint hozzáadott értékét pedig az adja, hogy a villámárvízi jelenség lefolyásviszonyait értelmezve és ahhoz igazodva alkalmaz térinformatikai állományokat. Ezen állományok az AHP biztosító komplex értelmezésen keresztül biztosít egy kockázati térképet. A térkép jelenlegi felhasználhatóságát tekintve jelentősen hozzájárul a magasabb kockázati kategóriákba eső vízgyűjtők és a vízgyűjtőn belüli területek lokalizálásához, nagyobb települések esetében, akár utca, vagy akár helyrajzi szám szinten is. Továbbá lehetőséget biztosít a békeidőben kivitelezhető védművek tervezéséhez, ennek egyik gyakorlati alkalmazási példája lehet a szádlemezékből (U-profilú Larssen) kialakítható, többlépcsős szádfalsor alkalmazása [12]. Ez a módszer az INTERREG-HUSK/2302/1.2/134-Floman elnevezésű projektben is szerepelt, amelynek kivitelezését a Havaria Kft. biztosította volna a projekt megvalósulása esetén. A térképezés hátránya, hogy bővítését jelenleg korlátozza a megbízható minőségű és felbontású országos domborzatmodellek elérhetőségének hiánya. Ezek alapvető fontosságúak, mivel a felhasznált állományok részét a domborzatmodell biztosítja. A módszertan alkalmazásához szükséges további bemeneti állományok (műholdkép, erdészeti adatbázis, Agrotopo, e-SOTER) ingyenes, vagy országosan elérhetőek. Az országos kiterjesztéshez legalább 100 m²-t lefedő, (10 m-es) országos domborzatmodell szükséges, valamint a védekezési szervek és vezetők árvízvédelmi jegyzőkönyvei, gyakorlati tapasztalatai és a Magyar Állam Kincstár Vis maior jegyzőkönyvei a pontos validáláshoz. Kiegészítve a vízügyi hidrometeorológiai jelentések releváns adataival. Az országos szintű kockázati térképezés szintjén a módszertan alkalmas lehet a települési vízkárelhárítási tervekbe való integrálásba. Megjegyezni kívánjuk azonban, hogy a kockázati felméréseket főként a hazai természetföldrajzi adottságok (geológiai, talajtani, felszínalaktani), valamint sokszínűség okán, regionálisan szükséges felmérni. A további fejlesztések során szem előtt kell tartani, hogy a korábban tárgyalt agrotechnika okán keletkezett tömődöttség (főleg a laza üledékeken képződött talajú területek esetében) meghatározó mértékben tudják csökkenteni a csapadékeseményből származó vízmennyiség beszívargását. Ezek az állapotok növelik a vízhozamot, így az árhullám mértékét, ezért egyes területek esetében a térkép optimista eredményeket adhat.

A valós villámárvíz védekezés során ezen területekre több figyelmet kell fordítani. A kutatás jövőbeni feladata, tudományos szinten a bemenő téradatok típusainak finomhangolása, árvízvédekezési oldalról pedig, hogy a célirányosan megfogalmazott projektek (Interreg, ICPDP-Danube FloodRisk Project, DAREnet, HUSKROUA) segítségével, az árvízvédelmi szervekkel közösen integrálja a kockázatértékelési módszertanokba a térképezés eredményeit.

4. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Koris K., *Magyarország kisvízfolyásainak árvizei*. (Elektronikus változat.) 1-756 o. Országos Vízügyi Főigazgatóság Budapest. 2021 [Online] Elérhetőség: https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/koris_bala-tonyi.pdf (2025.09.18.)
- [2] Országos Vízügyi Főigazgatóság – OVF (2024/47) - 47 /2024 számú utasítása az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a Vízügyi Igazgatóságok Magyarország hegy és dombvidéki kisvízfolyásainak árvízszámítási segédletének használatáról
- [3] Kaliczka L., *Hegy és dombvidéki vízrendezés*. EJF Baja, 1998 pp. 90-95.
- [4] L. Balatonyi, B. Lengyel, Á. Berger „Natura-based solution as water management measure in Hungary” *Modern Geográfia*, Vol. 17, Issue 1, pp. 73-85. 2022 [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.15170/MG.2022.17.01.05> (2025.09.18.)
- [5] S. Czigány, E. Pirkhoffer, I. Geresdi “Environmental impacts of flash floods in Hungary” *Flood Risk Management: Research and Practice, Taylor & Francis Group*, pp. 1439–1447. <https://doi.org/10.1201/9780203883020>
- [6] Horváth Á. „A mezoskálájú folyamatok szerepe a konvektív felhőképződésben” 32. Meteorológia Tudományos Napok, MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága, ISBN 978-963-7702-97-6 pp 83.- 94. [Online] Elérhetőség: https://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2006/32.Meteorologiai_Tudomanyos_Napok_osszefoglalo_2006.pdf
- [7] Dobai, A., Dobos, E. „A villámárvíz kockázati térképezési módszertan fejlesztése Észak-Magyarországi dombsági területeken” *Hidrológiai Közöny*. 105. 24-37. 2025 [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.59258/hk.19231> (2025.09.18.)
- [8] N. Sarkadi, E. Pirkhoffer, D. Lóczy, L. Balatonyi, I. Geresdi, Sz. Fábíán, G. Varga, R. Balogh, A. Gradwohl-Valkay, Á. Halmi, Sz. Czigány „Generation of a flood susceptibility map of evenly weighted conditioning factors for Hungary” *Geographica Pannonica*, 26(3), 200-214. 2022 [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.5937/gp26-38969> (2025.09.18.)
- [9] Dobai, A., Vágó, J., Hegedűs, A., Kovács, K.Z., Pecsmány, P., Seres, A., Dobos, E. (2024). GIS and soil property-based development of runoff modeling to assess the capacity of urban drainage systems for flash floods, *Hungarian Geographical Bulletin*, 73(4), pp. 379-394. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.15201/hungeobull.73.4.3>
- [10] Lénárt L., Hernádi B., Kovács P. , Mátyás G. (2014): A Szinva-völgyi árvíz-előrejelző rendszer kidolgozásának megvalósítási tanulmány-terve. – Kézirat, Miskolci Egyetem, 140 p
- [11] Balatonyi L. 2015 Pécsi Tudomány Egyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola, PhD értekezés Árvízhozam előrejelzés optimalizálása középhegységi és dombvidéki kisvízgyűjtőkre 18p.

- [12] Dobai A., Dobos E. (2022). Hegy és dombvidéki kisvízgyűjtőkön kialakuló árhullámok elleni védekezés támogatása térinformatikai módszerekkel. Debreceni Egyetem, Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás kiadványa, pp. 109-117. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2022.2.8>
- [13] Youssef A.M., Pradhan B., Hassan A.M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery . Environmental Earth Sciences 62 (3), 611-623. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0551-1>
- [14] Ngo, P.T., Hoang, N., Pradhan, B. (2018). A Novel Hybrid Swarm Optimized Multilayer Neural Tropical Areas Using Sentinel-1 SAR Imagery and geospatial data. Sensors, 2018 Oct 31;18(11):3704. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.3390/s18113704>
- [15] Eroglu, E., Meral, A. (2021). Evaluation of flood risk analyses with AHP, Kriging, and weighted sum models: example of Çapakçur, Yeşilköy, and Yamaç microcatchments, Environmental Monitoring and Assessment,193(8). [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09282-w>
- [16] Stelczer K. (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE, Budapest, 410 o.
- [17] Dalezios, N., Domenikiotis C., Kalaitzidis C. (2001). Cotton yield estimation based on NOAA/AVHRR produced NDVI. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere. 26. pp. 247-251.
- [18] Dobos, E., Daroussin, J., Montanarella, L. (2007). A quantitative procedure for building physiographic units for the European SOTER database. In Digital Terrain Modelling. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Ed.: PECKHAM, R. and JORDAN GY., Berlin, Heidelberg, Springer, pp. 227-258. [Online] Elérhetőség: https://doi.org/10.1007/978-3-540-36731-4_10
- [19] Costache, R. (2014): Using gis techniques for assessing lag time and concentration time in small river basins. Case study: Pecineaga river basin, Romania. Geographia Technica. 9. 31-38.
- [20] Choudhury S., Basak, A., Biswas, S., Das, J. (2022). Flash Flood Susceptibility Mapping Using GIS-Based AHP Method, Spatial Modelling of Flood Risk and Flood Hzarads, 10.1007/978-3-030-94544-2_8.
- [21] Costache, R., Pham, Q.B, Sharifi, E., Linh, N.T.T., Abba, S.I., Vojtek, M., Vojteková, J. Nhi, P.T.T. Khoi, D.N. (2020). Flash-Flood Susceptibility Assessment Using Multi-Criteria Decision Making and Machine Learning Supported by Remote Sensing and GIS Techniques. Remote Sens. 2020, 12, 106. [Online] Elérhetőség: doi:[10.3390/rs12010106](https://doi.org/10.3390/rs12010106)
- [22] Salomon, V. A. P., & Gomes, L. F. A. M. (2024). Consistency Improvement in the Analytic Hierarchy Process. Mathematics, 12(6), 828. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.3390/math12060828>
- [23] Pirotti, F., Toffah, F. E., & Guarnieri, A. (2024). Correlation Analysis of Vertical Ground Movement and Climate Using Sentinel-1 InSAR. Remote Sensing, 16(22), 4123. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.3390/rs16224123>
- [24] Jourde, H., Roesch, A., Gunot, V., Bailly-Compte, V. (2005). Dynamics and contribution of karst groundwater to surface flow during Mediterranean flood, Proc.Int.Symp.Water Resour. pp. 133–138. [Online] Elérhetőség: <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0386-y>

- [25] Vágó, J., Dobos, E., Blistan, P., Zelenakova, M., Ladányi, R., Kiss, L. (2019). Flood- and logistical modeling in the Hernád watershed, Műszaki Tudomány az Észak-keleti magyarországi régióban, Conference Book, pp. 420-423. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2019.4.20>.
- [26] Alessandro, G.C., Javier, H., Ana, L.V.A. (2002). - Guidelines on Flash Flood Prevention and Mitigation – NEDIES project. EUR 20386 EN, p. 64.
- [27] Grozavu, A., Patriche, C., Mihai, F. (2017). Application of AHP method for mapping slope geomorphic phenomena. Conference Proceedings (vol 17) on Informatics, geoinformatics and remote sensing, Issue 23, pp.377- 384. Doi: [10.5593/sgem2017/23/S11.046](https://doi.org/10.5593/sgem2017/23/S11.046)
- [28] Kanani-Sadat, Y., Arabsheibani, R., Karimipour, F., Nasser, M. (2019). A new approach to flood susceptibility assessment in data-scarce and ungauged regions based on GIS-based hybrid multi criteria decision-making method. Journal of Hydrology 572:17–31. doi:[10.1016/j.jhydrol.2019.02.034](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.034)

A Mura folyón 2023. augusztusában levonult ár védekezési munkálatainak katasztrófavédelmi tapasztalatai

Disaster management takeaways from the flood defense operations on the Mura River in August 2023

Dr. Tóth András t. alezredes
szerző

Zala Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Megyei Főfelügyelőség
polgári védelmi főfelügyelő

ORCID: 0000-0002-7365-6620 

Prepok Attila t. alezredes
szerző

Zala Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Nagykanizsai Katasztrófavédelmi Kirendeltség
polgári védelmi felügyelő

Absztrakt:

A vízügyi szakemberek tapasztalata alapján a folyókon 9 évente ismétlődnek a nagy árvizek. A tanulmány célja bemutatni azt, hogy a Duna, Tisza, Dráva, Körösök mellett az országosan kevésbé ismert vízfolyások is okozhatnak fennakadásokat egy jelentősebb csapadékszórona külföldi és hazai átvonulása során a vízügy valamint a katasztrófavédelem szakemberei számára. A Mura folyó Ausztriában ered határfolyóként lép be az országba, folyik a határ mentén majd a Drávába torkollik. A 2014-es áradásának tanulságait felhasználva töltésmagasztást és kulisszazárását mobil árvízvédelmi falat építettek a védvonalak egy szakaszán. 2023-ban a megfigyelt 9 éves ciklus végén megjelenő árvíz során a korábbi évek fejlesztései jól működtek. Az önkormányzati védvonalakon kellett a lakóépületeket bevédeni és ideiglenes töltésmagasztást építeni. A katasztrófavédelem tudományág polgári védelmi szakterületének fejlődéséhez fontosnak tartjuk a közelmúlt eseménykezelésének tudományos vizsgálatát. A kudarcok mellett a sikerek boncolgatása is rávilágíthat a későbbi negatív események elkerüléséhez, mindkét esetben a megelőzés fontosságára fókuszálva. Az eseménykezelések tapasztalatai alapján a Mura folyó mellett fekvő településeken korábban „kezdő árvízvédelmi készletek” elhelyezését rendeltük el, amely 500–1000 homokzsákból és 1–4 köbméter homokból állt. A kezdőkészlettel a vízügyi szakirányító kérésére előtt, vele egyeztetve megkezdhető a lakóépületek bevéde, így az eseménykezelés nem szenved időbeli hátrányt.

Kulcsszavak: katasztrófavédelem, árvízvédelem, vízügy, Mura, villámárvíz

Abstract:

Based on observations by water management professionals, major floods on rivers tend to recur approximately every 9 years. This study aims to demonstrate that, in addition to well-known rivers such as the Danube, Tisza, Drava, and Körös, lesser-known watercourses across the country can also cause disruptions for water management and disaster management professionals during the passage of a significant precipitation zone, both abroad and domestically. The Mura River originates in Austria, enters Hungary as a border river, flows along the border, and eventually joins the Drava. Drawing on the lessons learned from the 2014 flood, flood defence improvements were made along a section of the protective embankments, including raising the embankments and constructing a mobile flood protection wall with a closure system. During the 2023 flood, which occurred at the end of the observed 9-year cycle, these prior improvements functioned effectively. On the municipal flood protection lines, it was necessary to protect residential buildings and construct temporary embankment elevations. We consider it important for the advancement of the civil protection branch within the disaster management discipline to conduct a scientific examination of recent emergency responses. Analysing not only the failures but also the successes can shed light on how to avoid future adverse events, with a focus on the importance of prevention in both cases. Based on the experiences of recent event management, we mandated the placement of "initial flood protection kits" in settlements along the Mura River. These kits consisted of 500–1000 sandbags and 1–4 cubic meters of sand. With the initial kits, protection of residential buildings can begin to be coordinated by the arriving water management specialist even before their arrival, ensuring that the emergency response does not suffer from time delays.

Keywords: disaster management, flood protection, water management, Mura, flash floods

1. BEVEZETÉS

2. A MURA FOLYÓ BEMUTATÁSA, ELŐZMÉNYEK

A Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) honlapján Magyarország legnagyobb



A Mura folyó ennek ellenére katasztrófavédelmi szempontból nem elhanyagolható, amit a korábbi 2014 őszén elért 554 centiméteres legnagyobb magyarországi vízállás (a továbbiakban: LNV) és az árvízi védekezésre elrendelt, összehangolt védekezés bizonyított a szerzőpáros részvételével. [6]

A Letenyei ártéri öblözet elsőrendű töltései a 70-es években épültek. A 2014-es árvíz jelezte a beavatkozás horderejét. 2016-ban az M70-es autót építése során a részletes geodéziai felmérések feltárták, hogy Murarátkán a védtöltések egy részének magassága nem felel meg a hatályos előírásoknak. Az autót 2019-es átadásán látható, hogy a beavatkozással érintett két helyszín, összesen több mint 900 méter hosszú. Az első helyszínen a védett hullámtéri területre, a belterületi ingatlanok közelsége miatt vasbeton árvízvédelmi falat építettek a töltéskorona víz felőli oldalán. A Letenye – Lenti 7538-as számú összekötő út keresztezésénél pedig kulisszazárású mobil árvízvédelmi falat adtak át. [7]

A 2023-as 2 cm-rel az LNV-től elmaradó vízállás a Mura folyó szlovéniai szakaszán is okozott károkat. A NATO-n keresztül nemzetközi segítséget kértek mivel több folyó, köztük a Dráva áradt, a Száva, a Krka a Murával együtt kilépett medréből.

Az Euro-Atlanti Katasztrófaelhárítási Koordinációs Központ leírásában a Mura folyó Gornja Radgonánál stabilizálódott, de a jelentések szerint Krapje Verzej települések közelében a töltések megsérültek, átszakadtak. A helyzetet szorosan figyelemmel kísérik. A legproblémásabbak közé tartozik a Mura folyó Krapje Verzej települések környékén. A műveletekben a Szlovén Fegyveres Erők és a Rendőrség 1 400 polgári védelmi és egyéb munkatársa vesz részt. Az áradásokhoz közvetlenül két áldozat kapcsolható.

Szlovénia a következő sürgősségi segélykérelmi tételeket kérte:

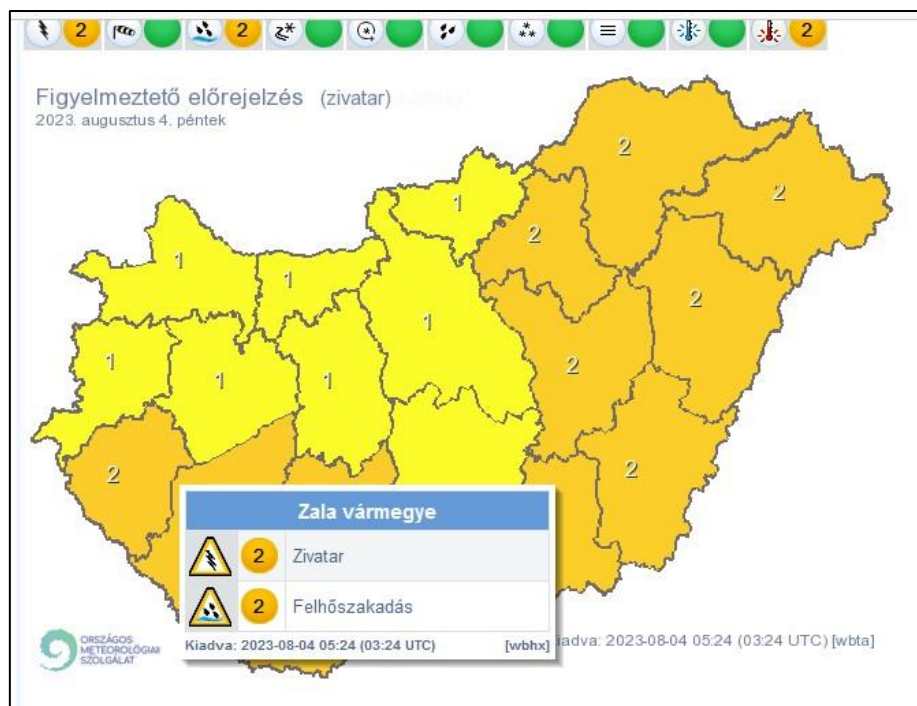
Szám	Megnevezés	Mennyiség
2.1	Helikopter, legalább 5 tonna teherbírással	5
2.2	Személyzet (beleértve a katonákat is)	200
2.3	Moduláris, előre gyártott hidak 20 m és 40 m közötti fesztávolsággal	20

2. sz. ábra: A segélykérelem tételei (Forrás: ld. [8])

2. 1 Időjárási, hidrológiai előzmények

2.1.1 Időjárási előrejelzés

A HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. jogelődje az Országos Meteorológiai Szolgálat, (a továbbiakban: OMSZ) 2023.08.04-i Veszélyjelzése alapján Zala vármegyére, azon belül Nagykanizsa térségére II. fokú (narancs) riasztást adott ki zivatar és felhőszakadás veszélyekre. 24 óra alatt a várható csapadék mennyiségét 26 milliméterben határozták meg.



2. sz. ábra: Veszélyjelzés, riasztás (Forrás: ld. [9])

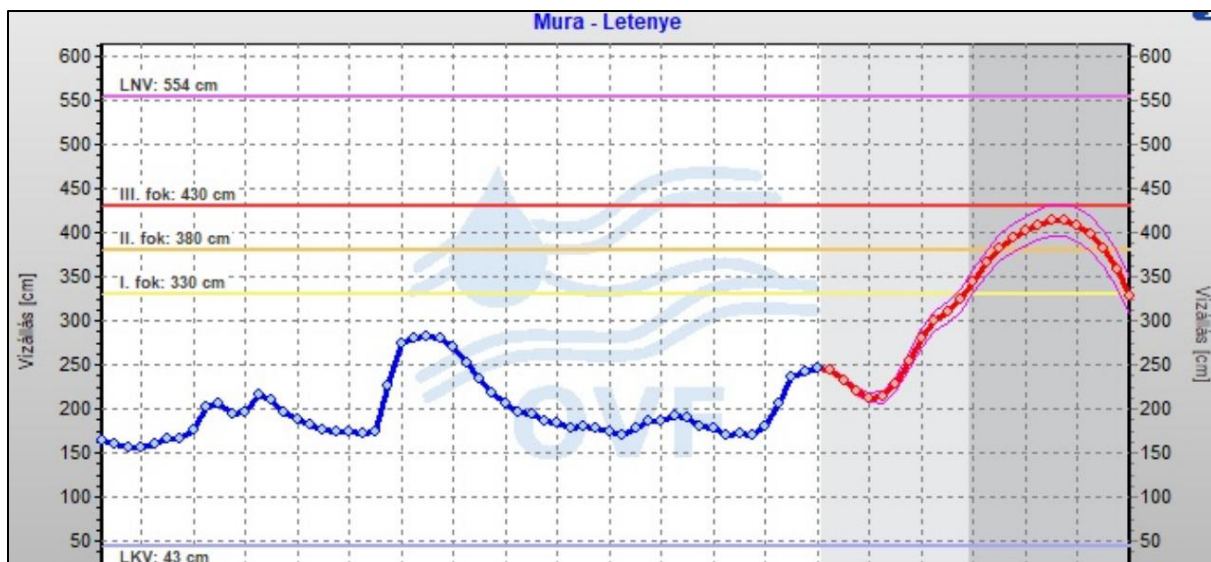


3. sz. ábra: Időjárás (Forrás: ld. [10])

2.1.2 Hidrológiai helyzetismertetés

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (a továbbiakban: OVf) 2023 augusztus 3-ai jelentésében a vízkárelhárítás helyzetéről a Mura folyó viszonylatában várható 6 napos előrejelzésében az alábbiakat írta: „Mura: közepes mederteltség mellett emelkedő vízszintek várhatók. A Mura folyón árhullám levonulása várható. A jelenlegi előrejelzések alapján Letenyénél II. fokú árvízvédelmi szintet meghaladó árhullám levonulása várható.”

A fenti jelentéssel egy időben az OVf a hydroinfo.hu felületen az alábbi várható vízállásjelentést tette közzé a Mura folyóra.



4. sz. ábra: Vízállás idősorok (Forrás: Id. [11])

2. 2 Előzetes intézkedések

Az előrejelzéseknek megfelelően a várható időjárási eseményekről és a Mura folyó árvízi helyzetéről Nagykanizsai Katasztrófavédelmi Kirendeltség tájékoztatta az eseményeket figyelő Zala Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóságot (a továbbiakban: Igazgatóság) és az alábbi intézkedéseket fogatosította.

- Az OMSZ időjárási figyelmeztető előrejelzésről, valamint az „irányadó magatartási szabályokról” tájékoztatót adott ki a közbiztonsági referenci hálózaton, az illetékességi területen elhelyezkedő települések polgármesterein keresztül a lakosság részére.
- Leellenőrizte a villámárvízi kockázatot jelentő víztározók aktuális vízszintjét, a Liszó település árvízi csúcscsökkentő tározójának előürítésére javaslatot tett.
- Ellenőrizte a vízkárelhárításhoz felhasználható készleteket, eszközöket.
- A Mura folyó mentén a veszélyeztetett települések polgármestereivel felvette a kapcsolatot. Tájékoztatta őket a várható helyzetről, a települések árvízi védekezéshez használt indulókészleteit leellenőrizte, szükség esetén a hiányzó mennyiségeket pótolta. A kezdőkészlet 500 darab homokzsákból, 2-4 m³ homokból, egyes mentőszervezeteknél elhelyezett víz és zagyszivattyúból és az üzemeltetésükhöz szükséges üzemanyagból állt.
- A járási- és települési önkéntes mentőszervezetek alkalmazhatóságát leellenőrizte, az alkalmazásuk elrendelését előkészítette.
- A működési terület önkéntes tűzoltó egyesületeinek parancsnokait tájékoztatta és segítséget kért az esetleges árvízi védekezéshez.
- A polgármesterekkel felmérte a Mura parti települések védekezési helyszínein a helyi önkéntesek szükségessége és bevethető létszámadatait.

2023. augusztus 05-én a Mura folyó 08:00 órakor elérte a 330 cm-es vízállást jelentő I. fokú árvízi készültséget. A folyón a II. fokú árvízi készültséget 380 cm, a III.-ast 430 cm-es vízállásnál rendelik el. A Mura folyó korábban említett legnagyobb mért vízállását (a továbbiakban: LNV) 2014 szeptember 15-én mérték, akkor a letenyei mérce 554 cm-t mutatott. [12]

2023. augusztus 06-án a folyó vízszintje 24 óra alatt 81 cm-t, további 12 óra alatt 119 cm-t emelkedett. A Mura folyó 2023 augusztus 06-án 20:30 órakor érte el tetőzési vízszintjét 552 cm-en. [13]

Az I. fokú árvízi készültség elrendelési vízszint 330 cm és a tetőzési szint 552 cm között rendkívül rövid idő, csupán 36 óra 30 perc telt el.

3. AZ ESEMÉNYKEZELÉS

A Mura folyó kezdeti áradását nyomon követve 4 védekezési helyszínen, a Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (a továbbiakban: NYUDUVIZIG) munkatársainak vízügyi szakirányítása mellett 255 fő önkéntes vett részt az árvíz elleni védekezésben.

Muraszemenye településen negyven önkéntes dolgozott az Ady utcai töltés megerősítésén. A védekezők több szivattyúval a töltés koronáján elhelyezett vízszint szabályozó zsilip mentett oldali részén megjelenő vizek hullámtérbe visszaemelésén dolgoztak.

Muraszemenye Csernec településrészen szintén vízügyi szakirányítás mellett homokzsákokkal védtek körbe három lakóházat. A szakirányítók javaslatára a település polgármestere megelőző lakosságvédelmi intézkedés keretében az egyik bevédett épületben élő idős személyt a településen belül önbefogadással a rokonaihoz kitelepítette.

Az önkéntesek 2 500 homokzsákot használtak fel a védekezéshez, egy munkagép és három szállítóeszköz segítette a munkájukat. Az árhullám levonulása során a kialakított ideiglenes védművek mögött beszivárgó vizek szivattyúzását helyszíni felügyelet mellett folyamatosan biztosították az önkéntesek.

A Murarátka településen átvezető 7538-as utat a település közepén lezárták, annak érdekében, hogy a 2014-es árvíz védekezése során tapasztaltak alapján megtervezett és elkészített majd 2019-ben átadott az árvízvédelmi rendszer részét képező mobil árvízvédelmi falat megtelepítsék. [6]

A 2 darab mobil árvízvédelmi falat a NYUDUVIZIG szakemberei 2023. augusztus 06-án 13:30 órakor a közúton átívelő helyszíneken megtelepítették. A településrészek továbbra is megközelíthetők maradtak, a Volánbusz menetrendszerinti járatainak útdíj mentességéről a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. jogelődjének bevonásával a rendszámok és a buszsofőrök adatainak begyűjtésével és naponkénti továbbításáról a szerzők gondoskodtak.

Tótszerdahely településen 65 önkéntes 13 000 homokzsákkal erősítette meg a Mura folyóba torkolló Borsfai patak töltését, összesen mintegy 2 000 méter hosszúságban. Az önkéntesek védekezését munkagépek és szállítójárművek segítették.

Molnári településen százötven önkéntes dolgozott a helyi töltés magasításán több mint 1 000 méter hosszúságban. A feladathoz 15 000 homokzsákot használtak fel.

A védekezést folytató településeken folyamatos szolgálattal katasztrófavédelmi tisztek segítették a polgármesterek munkáját.

A védekezők a települések „kezdő árvízvédelmi készleteit” használták a beavatkozás megkezdésekor. Az út és időtényező ennek köszönhetően lerövidült, nem kellett a homok beszerzésével foglalkozni, Tüzép telepet, homokbányát kinyittatni, vagy több tíz kilométerről a védekezési helyszínekre szállíttatni és nem kellett a homokzsákok beszerzésével, szállításával bajlódni.

3. 1 Védekezési helyszínek

Muraszemenye település

A települést állami védműrendszer nem védi. Muraszemenye Ady út végétől indul el keleti irányba az önkormányzati tulajdonban lévő töltés. A Mura folyó III. fokú árvízi készültséget elérő 430 cm vízszintjénél a településen, két helyszínen szükséges homokzsákokkal védekezni.

3.1.2 Muraszemenye-Csernec településrész Zrínyi utca (a továbbiakban: Csernec)

A Mura folyó árhulláma a magyar határon belépve először a Csernec településrészt éri el. III. fokot meghaladó vízszintnél ~480cm az utca végén, árterületen épült 3 lakóházat körbeveheti az árvíz.

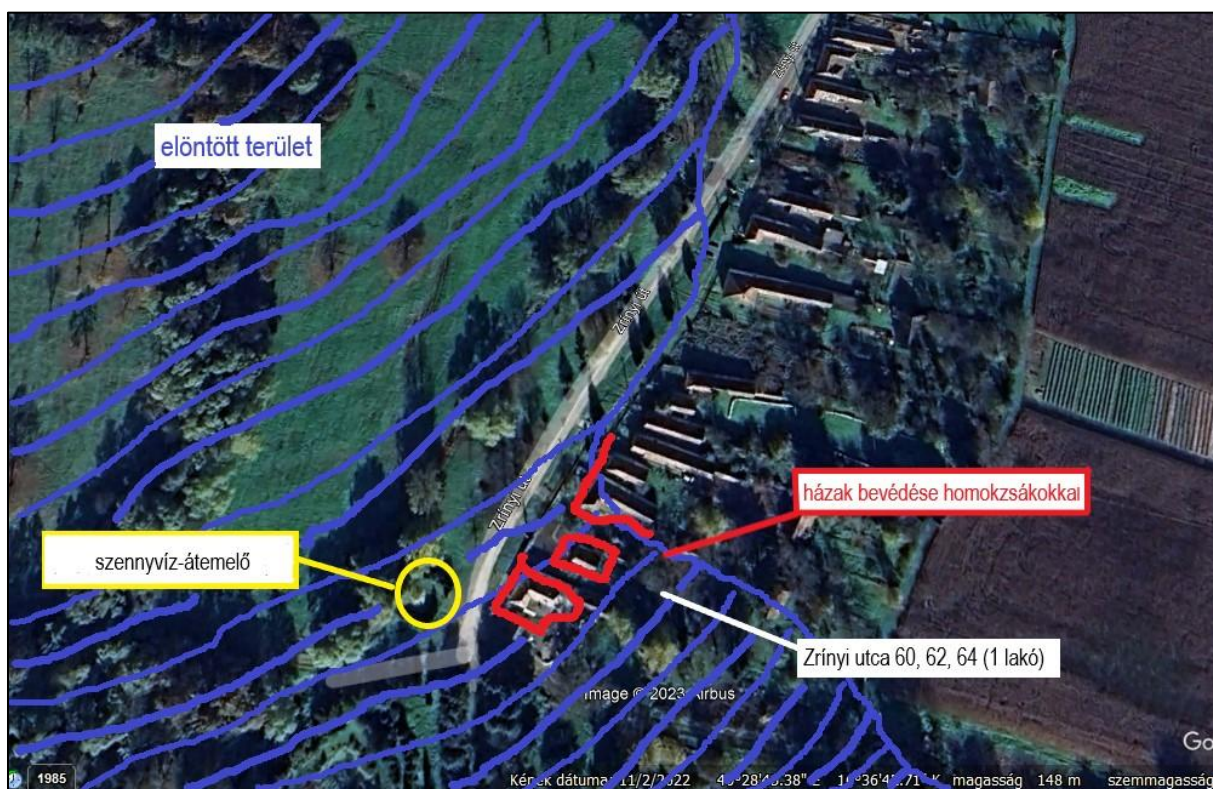
2023. Augusztus 06-án 06:25 órakor kezdődött az eseménykezelés. A település polgármestere, jelezte, hogy Csernecen emelkedik a vízszint. Javaslatunkra a polgármester vízügyi szakirányítót kért a helyszínre a NYUDUVIZIG diszpécserétől.

A szakirányító iránymutatásával 08:00-kor kezdődött meg a védekezés. A Mura Járási Önkéntes Mentőcsoport, a Muraszemenyei Települési Önkéntes Mentőcsoport, a Letenye Önkéntes Tűzoltó Egyesület, a Mura térsége Önkéntes Tűzoltó Egyesület, helyi- és bázakerettyei önkéntesek összesen mintegy 50 fő részvételével. A település tűzoltószertárának udvarán homokzsák rakó helyet jelölt ki a szerző. Az önkormányzat 2 kistraktorhoz rögzített utánfutóján, illetve a Mura mentőcsoport gépjárművének platóján szállították el a védekezési helyszínekre a megtöltött homokzsákokat.

Csernecen, 2 fő vízügyi szakember szakirányításával, 1 000 db homokzsák felhasználásával, mintegy 2-2,5 óra alatt a fent említett három lakóház bevédését befejezték az önkéntesek. Az ideiglenes védművek mögé átszivárgó vizek folyamatos kiszivattyúzásáról gondoskodtak az árhullám levonulásának teljes ideje alatt.

A település vezetője javaslatunkra a három épületből az egyetlen lakott, a Zrínyi utca 60. számú épület lakójának egy idős hölgynek a megelőző kitelepítéséről – rokonokhoz önbefogadással – gondoskodott. A hölgy visszatelepítésére 2023.08.07-én 13:00-kor a polgármester intézkedett.

Az árhullám levonulásáig a lakóterekbe az árvíz nem jutott be. A Zrínyi utca legvégén telepített szennyvíz-átemelő berendezést az árvíz elöntötte meghibásodott. A szolgáltató a berendezés javítására, cseréjére intézkedett. Az árvízzel érintett terület áttekintő térképét az 5. számú ábra szemlélteti.



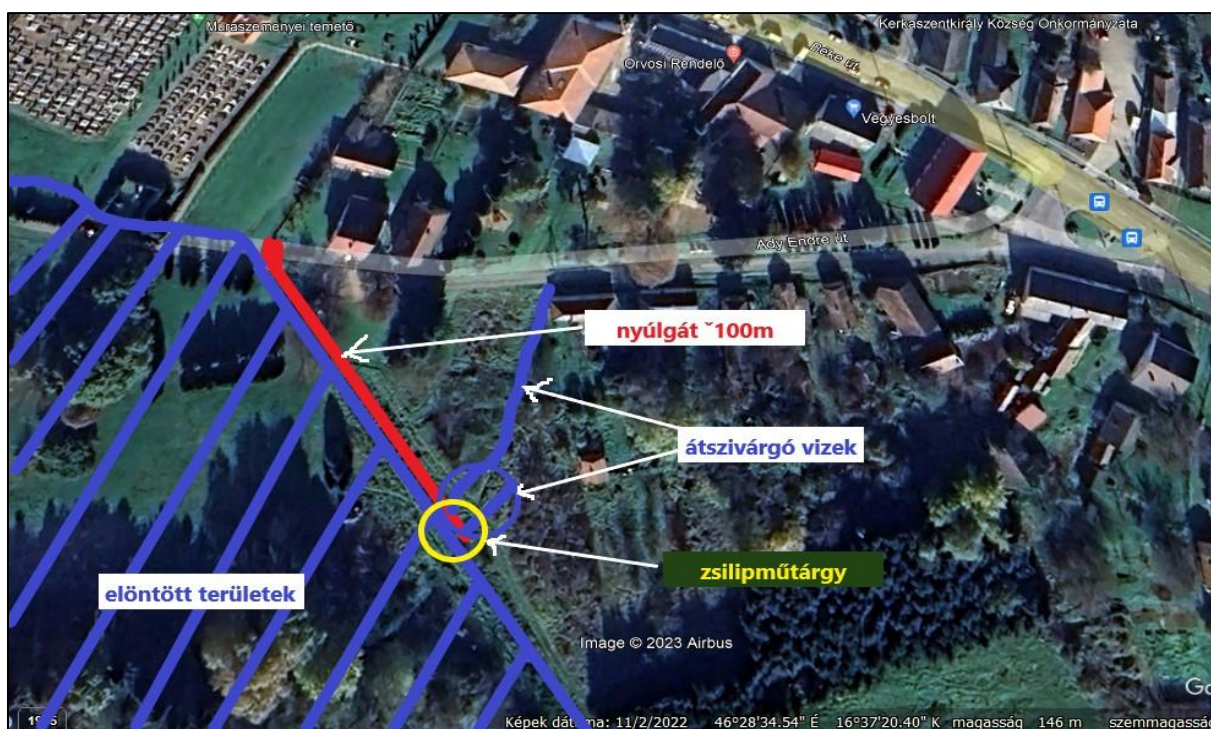
5. sz. ábra: Muraszemenye, Csernec településrész árvízi elöntése (készítették a szerzők)



1. és 2. sz. kép: Muraszemenye, Zrínyi utca 60. Nappal és éjjel
(készítette Bedőcs Attila tű. százados)

3.1.2 Muraszemenye Ady út

A kárhelyszínen 2023.08.06-án 09:00-kor kezdődött meg a beavatkozás. A beavatkozók az önkormányzati töltés 5 méteres meghosszabbításával az utca végét egy kétsoros nyúlgáttal elzárták. Az önkormányzati töltés koronaszintjét 100 m hosszúságban egysoros nyúlgáttal megmagasították. Az ideiglenes védművek építéséhez 2 500 db homokzsákot használtak fel. Az önkormányzati védmű csappantyús zsilipjének mentett oldali részén szivárgást és buzgárok kialakulását észlelték a védekezők. A megjelenő vizek hullámtérbe visszaemeléséről szivattyúk üzemeltetésével az árhullám megjelenésétől a levonulásig folyamatosan gondoskodtak. Az érintett településrész szennyvízátemelő szivattyúját a szolgáltató 2023.08.06-án a reggeli órákban áramtalanította, ezért 07-én reggel az önkormányzati töltés mentett oldali részén a feltorlódott szennyvíz kis területen a felszínre került. Az érintett területet homokzsákokkal körbehatárolták. Az önkormányzat, az árvíz levonulását követően az érintett területek fertőtlenítéséről vis maior védekezés keretében gondoskodik.



6. sz. ábra: Ady út és környéke árvízi előntése (készítették a szerzők)

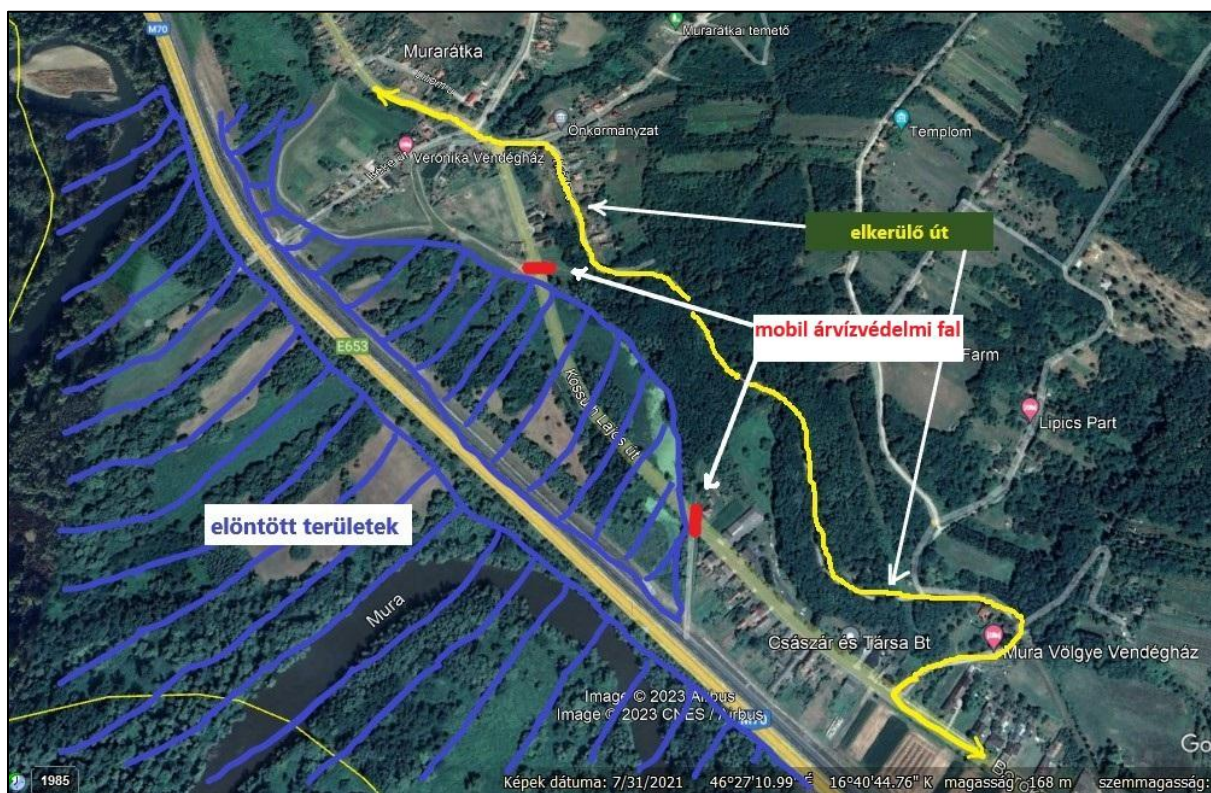


3. és 4. sz. kép: Muraszemenye, Ady utca vége, önkormányzati védtöltés
(készítette a Mura Járási Önkéntes Mentőcsoporth)

3.2.0 Murarátka

Murarátka település állami védvonal mellett helyezkedik el. A település két részét, Újrátka és Öregrátka a Mura folyó III. fokot meghaladó árvízi vízszintje kettészakítja. A 2014 szeptemberi árvízi eseményeket követően a két településrész közé az eseménykezelésnél leírt mobil árvízvédelmi falat létesítettek, amely 1 órás, viszonylag rövid telepítési időt követően megvédi az árvíz károsító hatásaitól a településrészeket.

A mobilfalakat a NYUDUVIZIG szakemberei 2023.08.06-án 13:30 órára megtelepítették. A 7538-as út zárásáról, a forgalom eltereléséről a telepítés előtt az irányítók intézkedtek. A településen élők közlekedésének zavartalanságát az északi terület kerülő útja biztosította. A volánbuszok menetrendszerinti járatainak M70 autópályára terelésének útdíjmentességét a szerzők biztosították.



7. sz. ábra: A mobil árvízvédelmi falak elhelyezkedése (készítették a szerzők)



5. sz. kép: Murarátka 7538-as út Mobil árvízvédelmi fal (készítette Prepok Attila tű. alezredes)

3.3.0 Tótszerdahely

Tótszerdahely település állami védvonal mellett helyezkedik el. A település árvízi veszélyeztetését a Mura folyón levonuló árhullám alatt a betorkolló Borsfai patak zsilipjének zárása következtében, a patakmederben a település belterületén megemelkedő vízszint jelenti.

A Borsfai patak két parttöltésén a védekezést 2023.08.06. 10:00 órakor kezdték meg a Zala vármegyei önkéntes mentőcsoportok, önkéntes tűzoltó egyesületek és a helyi önkéntesek 65 fő részvételével, 15 fő vízügyi szakirányító felügyelete mellett.

A Borsfai patak kétoldali töltését magasították meg nyúlgátak alkalmazásával szakaszosan, összesen 2 000 m hosszúságban. Az ideiglenes védművek kivitelezéséhez 13 000 homokzsákot, 70 m³ homokot használtak fel, 3 munkagép és 5 szállítóeszköz igénybevételével. A munkálatokat 2023.08.06. 21:00 órára fejezték be. A település polgármesterét katasztrófavédelmi tiszt segítette a védekezés alatt.



8. sz. ábra: Tótszerdahely védekezés (készítették a szerzők)



6. sz. kép: Tótszerdahely Borsfai patak (készítette Prepok Attila tű. alezredes)

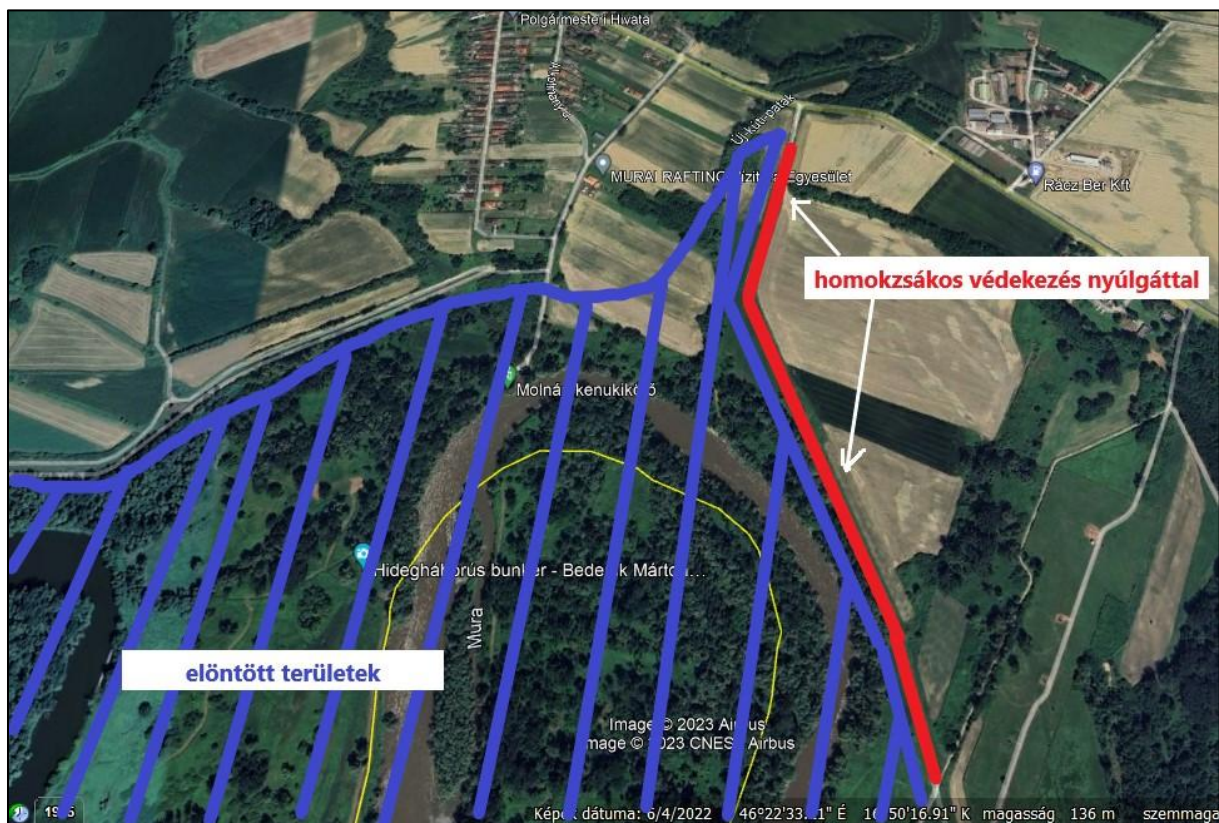
3.4.0 Molnári

Molnári település állami védvonal mellett helyezkedik el. A település árvízi veszélyeztetését a Mura folyón levonuló árhullám alatt a betorkolló Új-kúti (Rigyáci) patak medrében, a Mura folyó visszaduzzasztása miatt kialakuló magas vízszint jelenti.

Az előtöltött területek védtöltésén bejutva a védekezést 2023.08.06. 13:30 órakor kezdték meg a Zala vármegyei önkéntes mentőcsoporthoz, önkéntes tűzoltó egyesületek, helyi önkéntesek összesen 150 fő önkéntes és 12 fő vízügyi szakirányító felügyeletével.

Nyúlgát alkalmazásával a védtöltés magasztásán dolgoztak az önkéntesek, 1 200 m hosszúságban. Az ideiglenes védművek kivitelezéséhez 15 000 homokzsák, 70 m³ homokot használtak fel, 2 munkagép és 5 szállítóeszköz igénybevételével.

A munkálatokat 2023.08.07. 03:00 órakor fejezték be. A település polgármesterének védekezési munkálatait több katasztrófavédelmi tisztt váltásokban segítette.



9. sz. ábra: A tótszerdahelyi védekezés (készítették a szerzők)



7. és 8. sz. kép: Molnári Újkúti patak (készítette Prepok Attila tű. alezredes)

KÖVETKEZTETÉS

A Mura folyón levonult ár védekezési munkálatainak katasztrófavédelmi tapasztalataiból a későbbi eseménykezelések során felhasználható 8 következtetést vontak le a szerzők.

1. A Mura folyó árvízi vízszintjei a korábbi pl. 2014-es áradásokhoz képest sokkal gyorsabban emelkedtek, amely rugalmas, gyors reagálást követelt meg az eseményt irányítóktól.
2. A Muraszemenye-Csernec településrészen az ártérben elhelyezkedő házak körbevédéséhez az ideiglenes védművek kialakítását – III. fok fölötti előrejelzett vízszint esetén – a Letenyi vízmércét figyelve, az azon mért 300 cm-es vízállásnál minden esetben meg kell kezdeni.
3. Muraszemenye Csernec településrész déli és nyugati oldalához a vízügyi tervező szakember számítása alapján 1,5 km hosszúságban körgát, védtöltés kialakítása szükséges.
4. Muraszemenye Ady úti végén az önkormányzati töltésben elhelyezkedő csappantyús zsilipműtárgy helyreállítása indokolt. → a cikk leadáság az önkormányzat vis maior pályázaton a műtárgyat megjavíttatta.
5. Az érintett településeken a 2019 évben megválasztott polgármesterek vezették a védekezést, akik a 2014-es murai árvíznél még nem voltak jelen, nem szerezhettek tapasztalatot. A polgármesterek és a katasztrófavédelem kiváló kapcsolatának, a védekezést megelőző felkészülésnek valamint a mellékük delegált katasztrófavédelmi tisztek helyszíni jelenlétével sikerült a megfelelő létszámú helyi önkéntest biztosítani a védekezési helyszínekre. A polgármesterek folyamatosan gondoskodtak a szállítóeszközökről, felszerelésekről, szerszámokról, üzemanyagról, homokról, homokzsákokról, élelmezési- és védőitalról.
6. A Nagykanizsai KvK. mindkét alapvető vízkárelhárítási tevékenységre minősített járási önkéntes mentőcsoportha több helyszínen nagy létszámmal vett részt az árvízi védekezési munkálatokban. Muraszemenye és Molnári alapvető vízkárelhárítási tevékenységre minősített önkéntes települési mentőcsoportha tagjai kiváló szintű felkészültségükről, kiképzettségükről adtak tanúbizonyságot a védekezés során. A védekezők a települések kezdő árvízvédelmi készleteit használták a beavatkozás megkezdésekor.
7. A szerzők jó és követendő gyakorlatként javasolják az ország árvízzel veszélyeztetett településin a kezdő készletek elhelyezését a beavatkozások gyors megkezdéséhez.
8. A három védekezési helyszínre a NYUDUVIZIG védelemvezetőjének kérésére az 5. sz. következtetés alapján a szükséges 255 fő önkéntest nagyon gyorsan sikerült mozgósítani.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tóth F., Harmati I., Cseh-Szakál T. Védelem [Online] Elérhetőség: <https://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/454-kockazatbecslesi-eljaras-magyarorszag.pdf> (2025.07.30.)
- [2] BM OKF [Online] Elérhetőség: <https://www.katasztrofavedelem.hu/26421/kockazatok-azonositasa> (2025.07.31.)
- [3] Központi Statisztikai Hivatal 8.1.1.2. Magyarország legnagyobb folyói* [Online] Elérhetőség: https://www.ksh.hu/stadat_files/fol/hu/fol0002.html (2025.08.01.)
- [4] Varga Gy. et al. 2018. Vizek In: Kocsis K. (főszerk.): Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet. Budapest, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. pp. 42-57.
- [5] A Duna-vízgyűjtő [Online] Elérhetőség: https://www.enfo.hu/sites/default/files/orsz_0101%20copy_0.jpg (2025.08.02.)
- [6] Tóth A., Az első régiós irányító törzs kríziskommunikációja a tapasztalatok tükrében [Online] Elérhetőség: https://real.mtak.hu/195099/1/2017_I_07_toth.pdf (2025.08.03.)

- [7] Az M70-es út építkezésében adtak át új árvízvédelmi rendszert [Online] Elérhetőség: <https://magyarepitok.hu/vizgazdalkodas/2019/11/uj-arvizvedelmi-rendszert-adtak-at-az-m70-es-ut-epitkezeseben> (2025.08.04.)
- [8] Floods in Slovenia - Request for international assistance [Online] Elérhetőség: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_217874.htm (2025.08.05.)
- [9] HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt., Veszélyjelzés, Riasztás [Online] Elérhetőség: <https://met.hu/idojaras/veszelyjelzes/index.php?c=b> (2025.08.06.)
- [10] HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt., Időjárás [Online] Elérhetőség: <https://met.hu/idojaras/> (2025.08.07.)
- [11] Országos Vízjelző Szolgálat, Hydroinfo, Mura – Letenye [Online] Elérhetőség: https://hydroinfo.hu/Html/hidinfo/hidinfo_graf_drava.html (2025.08.08.)
- [12] Energiaügyi Minisztérium, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízügyi Honlap [Online] Elérhetőség: <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=1&id=1045> (2025.08.06.)
- [13] Energiaügyi Minisztérium, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízügyi Honlap [Online] Elérhetőség: https://vpf.vizugy.hu/reg/ddvizig/doc/Hidrometeorologiai%20tájékoztatás%20es%20előjelzés_2023_08_15_.pdf (2025.08.07.)

Rendkívüli események kezelését célzó külföldi projektek és informatikai fejlesztések bemutatása II. rész: az EDERA projekt (2025. január 22, Brüsszel, Belgium)

Presentation of foreign projects and IT developments aimed at managing extraordinary events Part II.: the EDERA project (22 January, 2025, Brussels, Belgium)

Dsupin Gyula t. alezredes
polgári védelmi főfelügyelő
Borsod-Abaúj-Zemplén Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
Email: Gyula.Dsupin@katved.gov.hu
ORCID: 0009-0005-9512-4026 

Absztrakt:

A cikksorozat második részében rendkívüli káresemények külföldi kezelését és az ott fejlesztett beavatkozásokat támogató alkalmazások bemutatását szeretném folytatni. Az előző cikkben ismertetett ELD-BS rendszer után a második ilyen programmal 2025. év elején a Brüsszelben, az EDERA projekt alkalmával volt lehetőségem megismerkedni a koordinátorok és fejlesztők résztvevők szemszögéből. Az Európai Unió Polgári Védelmi Mechanizmus (UCPM) keretében finanszírozta az EDERA- „Early warning Demonstration of pan-European rainfall-induced impact forecasts” – elnevezésű rendkívüli áradások és viharok okozta Európát veszélyeztető hatások előrejelzését fejlesztő projektet. A projekt eredményeinek bemutatására szolgáló EDERA záró munkaműhelyt Belgiumban, a brüsszeli vészhelyzeti reagálási koordinációs központban (ERCC) tartották. A rendezvényen 44 meghívott szervezet vett részt. Kiemelt konzorciumi partner volt Spanyolország, Portugália és Finnország. A 2023. februárban indult 2 évig tartó program célkitűzése volt az árvízi hatások előrejelzésére szolgáló eszközök, illetve a szolgáltatott előrejelzési adatok felhasználásával kapcsolatos ismeretek megosztásának elősegítése Európa országai között az alábbi intézmények és szervezetek együttműködése útján:

- Katalóniai Műszaki és Természettudományi Egyetem (UPC) - Spanyolország
- Középtávú Időjárás-előrejelzések Európai Központja (ECMWF)
- Finn Meteorológiai Intézet (FMI)
- Andalúzia Regionális Mezőgazdasági Minisztérium (AMAYA) - Spanyolország
- Belügyminisztérium Polgári Védelmi és Veszélyhelyzeti Főigazgatósága (DGPCE) - Spanyolország
- Nemzeti Polgári Védelmi Hatóság (ANEPC) - Portugália

A 2025. március 24-én a Tolna Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság által szervezett VII. Polgári Védelmi Munkaműhely elnevezésű tudományos konferencián a projektösszegző rendezvényen elhangzottakról tartott rövid előadás után jelen publikációban szeretném bemutatni az EDERA fejlesztési lehetőségek jelenleg elérhető alkalmazási területeit.

Kulcsszavak: projekt, EDERA, előrejelzés, ERCC

Abstract:

In the second part of this series of articles, I would like to continue presenting the management of extraordinary damage events abroad and the applications that support interventions developed there. After the ELD-BS system described in the previous article, I had the opportunity to meet the coordinators and developers of the second such program in Brussels at the beginning of 2025, during the EDERA project. The European Union Civil Protection Mechanism (UCPM) funded the project EDERA - "Early warning Demonstration of pan-European rainfall-induced impact forecasts" - to develop a forecast of the impacts of extreme floods and storms threatening Europe. The EDERA final workshop to present the project results was held in Belgium, at the Emergency Response Coordination Centre (ERCC) in Brussels. The event was attended by 44 invited organizations. Spain, Portugal and Finland were prominent consortium partners. The 2-year program, which started in February 2023, aimed to promote the sharing of knowledge on flood impact forecasting tools and the use of forecast data provided among European countries through the cooperation of the following institutions and organizations:

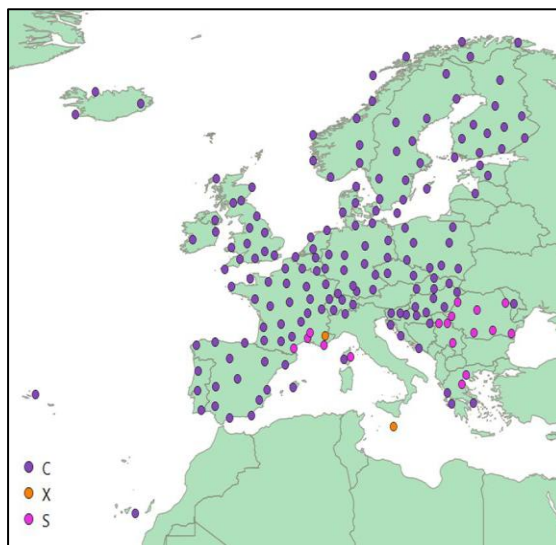
- Technical and Natural Sciences University of Catalonia (UPC) - Spain
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
- Finnish Meteorological Institute (FMI)
- Regional Ministry of Agriculture of Andalusia (AMAYA) - Spain
- Directorate-General for Civil Protection and Emergency Situations of the Ministry of the Interior (DGPCE) - Spain
- National Civil Protection Authority (ANEPC) - Portugal

After a short presentation on the project summary event at the 7th Civil Protection Workshop scientific conference organized by the Tolna County Disaster Management Directorate on March 24, 2025, I would like to present the currently available application areas of EDERA development opportunities in this publication

Keywords: project, EDERA, forecast, ERCC

1. BEVEZETÉS

2025. január 22-én a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság képviselőjében részt vettem az Európai Unió Polgári Védelmi Mechanizmus (UCPM) keretében finanszírozott EDERA- „Early warning Demonstration of pan-European rainfall-induced impact forecasts” – elnevezésű rendkívüli áradások és viharok okozta Európát veszélyeztető hatások előrejelzését fejlesztő projekt záró rendezvényén. A munkaműhely első részében a szervezők az előrejelzéseket biztosító meteorológiai rendszerek jelenlegi működését (EUMETNET rendszer – The weather radar programme of European Meteorological Services Network – OPERA mint Operational Program on the Exchange of Weather Radar Information hálózata), valamint az ERCC elemzőcsoport tevékenységét ismertették. A rendezvény célja az volt, hogy ösztönözze az új fejlesztések elfogadását és elősegítse a további felhasználók részére ennek az előrejelző online rendszernek a gyakorlati alkalmazását. Az EDERA szókép jelentése „borostyán”. Ennek megfelelőként kívánták alkalmazni a fejlesztők az adatgyűjtő programot az örökzöld növény leveleihez hasonlóan „az év mind a négy évszakában” lefedve és védve egy adott területet, jelen esetben az európai kontinenst a műholdak és radarképek adatainak egy platformra integrálásával a folyamatos meteorológiai adatszolgáltatások matematikai illetve valószínűség számítás alapú elemzése útján a veszélyek kiterjedésének időbeli, térbeli hatásainak áttekintése és előrejelzése céljából.



1. kép: az OPERA „adatrögzítő állomások” borostyánként hálózzák be Európát
(Forrás: ld. [1])

2. A PROJEKT ÉS A MEGFOGALMAZOTT GYAKORLATI CÉLOK

2.1 A projekt ismertetése

A hóáramlás hatására kialakuló konvektív viharok és a hozzájuk kapcsolódó heves esőzések, árvizek, jeges esőzések, extrém szellőkések és villámlások jelentős anyagi károkat okozhatnak és akár emberéleteket is követelhetnek, ezért szükséges, hogy az ilyen viharok jövőbeli helyének és súlyosságának pontos előrejelzése (vagyis az elkövetkező órákra kilométernél kisebb felbontás szerint) segítse a katasztrófavédelmi, polgári védelmi, lakosságvédelmi feladatokat ellátó hatóságok döntéshozatalát. Az ilyen előrejelzések készítésének alapvető megközelítése a viharcellák a radarképektől különálló entitásokként való azonosítása. Ezt a megközelítést követve az EDERA projekt számos egész Európára kiterjedő ultra rövidtávú, úgynevezett „nowcast” eljárást fogalmazott meg a várható események monitorozása céljából.

Az elképzelésüket egy cellakövetési módszert alkalmazó, véletlenszerű úgynevezett „erdőalapú” – forest based – illetve többosztályos döntési erdő algoritmus mint gépi tanulási (ML - machine learning) modell és egy Kalman-szűrő modell kombinálásával érték el. A gépi tanulási modell egy olyan integráltan alkalmazott program, amely mintákat találhat vagy döntéseket hozhat egy korábban nem látott adathalmazból. Például a természetes nyelvi feldolgozásban a gépi tanulási modellek képesek elemezni és helyesen felismerni a korábban nem hallott mondatok vagy szókapcsolatok mögött rejlő szándékot. Egy gépi tanulási modell ilyen feladatokat úgy tud elvégezni, hogy egy nagy adathalmazzal „betanítják”. A betanítás során a gépi tanulási algoritmust optimalizálják, hogy bizonyos mintákat vagy kimeneteket találjon az adathalmazból, a feladattól függően. Ennek a folyamatnak a kimenetét – gyakran egy meghatározott szabályokkal és adatszerkezetekkel rendelkező számítógépes programot – nevezzük gépi tanulási modellnek.

EDERA demonstration

- August 2023 – October 2024.
- With the participation of end users.
- Access to the products in real time:
 - + WMS
 - + Web-based platform
- Integration of *local* products/information.
- Training workshops.
- Notifications adapted to end users

Type	Product	Start Date	End Date	Description
Flood	Flood flood impact	2024-03-31 06:00	2024-04-01 00:00	Advertencia de inundación en Campo de golfano.
Flood	Flood flood impact	2024-03-31 06:00	2024-03-31 18:00	Advertencia de inundación en Esmeralda.
Flood	Flood flood impact	2024-03-31 06:00	2024-03-31 12:00	Advertencia de inundación en Orcazalea.
Flood	Flood flood impact	2024-03-31 06:00	2024-03-31 12:00	Advertencia de inundación en Litoral gaditano.

2. kép EDERA projekt záró munkaműhely – Brüsszel, ERCC (Forrás: ld. [2])

2.2 OPERA - Operatív Program az Időjárási Radarinformációk Cseréjéről

Az Európai Meteorológiai Szolgálatok Hálózatának (EUMETNET) Opera időjárási radar programját 1999-ben alapították. Jelenleg 33 taggal rendelkezik, több mint 200 radart üzemeltet és alapvetően felelős az Európán belüli nemzeti meteorológiai szolgálatok közötti radar adatok és információk megosztásáért. Az OPERA rendszer - mint időjárási radarinformációt biztosító operatív program - telepített állomásai 5 percenként leolvassák, monitorozzák az adott területet, mintegy 340.000 fájl/nap (60 GB) elérhető meteorológiai adattartalmat szolgáltatva. Eddig mintegy 200 TB mennyiségű statisztikai, matematikai és valószínűség számítás alapú adatbázis, mint kiértékelhető archívum áll rendelkezésre a 181 db aktív telepített radarnak köszönhetően.

Az Opera fő célkitűzései:

- egy olyan európai platform biztosítása, ahol a tudományos és operatív orientációjú időjárási radarokkal kapcsolatos szakértelem cseréje zajlik,
- az európai radarhálózat-irányítás támogatása az időjárási radaradatok monitorozásában, gyűjtésében, feldolgozásában és szolgáltatásában,
- kiváló minőségű európai időjárási radartermékek fejlesztése, generálása és szolgáltatása operatív alapon.

Az utóbbi évek tudományos eredményei lehetővé tették a tengerfelszín hőmérséklet átlagos állapottól való eltérései – anomáliái – légkörre gyakorolt hatásának vizsgálatát is. A légkör alsó határfeltételei, mint a tengerfelszín hőmérséklet, talajnedvesség és hótakaró hosszabb időre erősen befolyásolja a légkör állapotát. A teljes általános légkörzésre jelentős hatása van a Csendes-óceán egyenlítői térségében fellépő ún. El Nino jelenségnek. A kapcsolt légkör-óceán modellek alkalmazásával e hatások figyelembevételével lehetővé válik az előrejelzési időtartam kiterjesztése.

Az előrejelzések javulása két tényezőnek köszönhető:

- a tengeri helyszíni, megfigyelési technika fejlődése, amely révén a felső 500 m vastag réteg hőmérsékleti viszonyait ismerhetjük meg a szél, hőmérséklet és nedvesség eloszlásáról,
- az óceán és a légkör közötti kölcsönhatásokat leíró numerikus modellek szintén sokat fejlődtek az utóbbi időkben és térbeli felbontásuk is sokat javult.



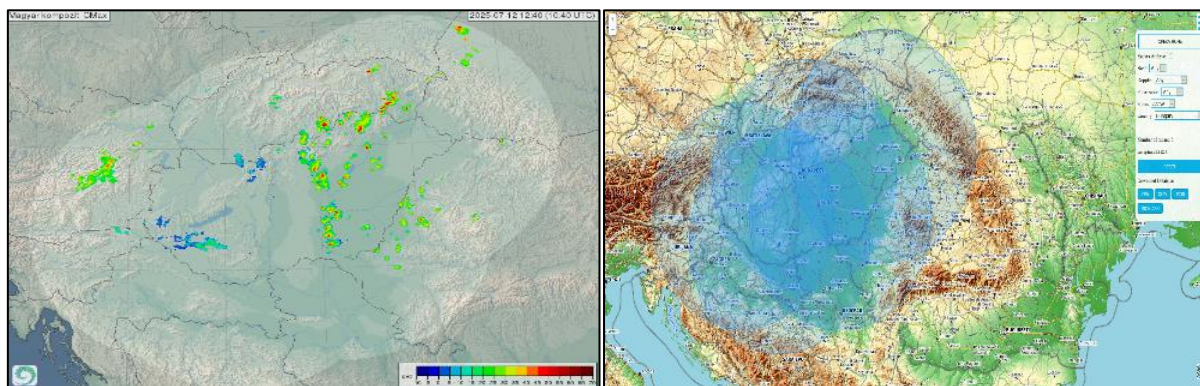
3. kép EUMETNET állomások és radartérkép (Forrás: ld. [3])

2.3 Az eljárások integrálása a döntés előkészítési feladatokba

A gépi tanulás ebben a konkrét esetben a mesterséges intelligencia egyik ágaként, olyan rendszerekkel foglalkozik, melyek tanulni képesek, azaz tapasztalatokból tudást generálnak. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az előre jelző rendszerek, illetve radartevékenységi példa adatok, minták alapján képes önállóan, vagy emberi segítséggel szabályszerűségeket/szabályokat felismerni/meghatározni az alkalmazó program hasznosulásaként. A rendszer tehát nem csupán betanulja „kívülről” a mintákat, hanem képes ezek alapján olyan általánosításra, ami alapján – a tanulási szakasz végeztével – ismeretlen vagy változó/ káresemény bekövetkezés valószínűségi adatokra vonatkozólag is „helyes” döntéseket tud hozni.

A „véletlen erdő” – random forest- is gyakran használt gépi tanulási algoritmus, amelyet Leo Breiman és Adele Cutler védjegyzett, és amely több döntési fa kimenetét kombinálja egyetlen eredmény eléréséhez. A „véletlen erdő” algoritmus lényege, hogy több „döntési fát” tanít a tanítóadat-halmazból, és az eredményeket összeállítja egy erdővé. A döntési fák az erdőben egymástól függetlenül dolgoznak, és a végső osztályozási vagy regressziós döntés a fák többségi szavazata alapján történik. Ez a módszer csökkenti a túlilleszkedést (overfitting) és a zajos zavaró adatok hatását, javítja az osztályozás pontosságát és növeli a modell stabilitását.

A nowcast termékekben a viharcellákat az OPERA radar kompozitokból azonosítják, az ML modell pedig a vihar súlyosságának további előrejelzésére szolgál. A modellt a 2018-2022 közötti nyári hónapokban (május-szeptember) a meteorológiai jellemzők és az időjárási veszélyjelentések nagyméretű adatbázisával „képezték ki”.

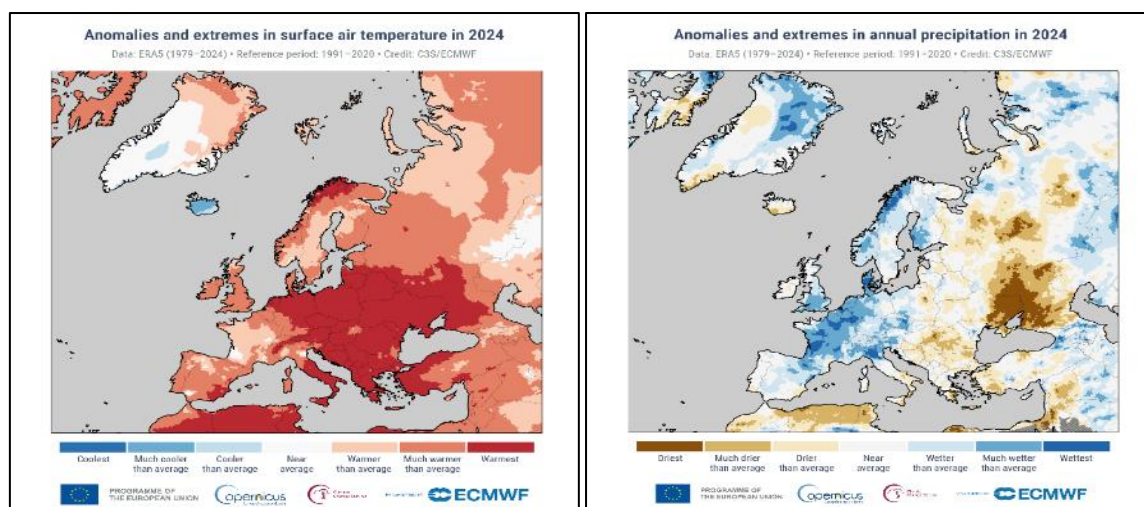


4. kép Magyarországi csapadék radarok méréseiből készült kompozit kép produktum
(Forrás:ld. [4])

Az ML modell betanításának célváltozója a viharveszély szintje. A veszélyességi szint becslése a viharok közötti távolságok és időbeli késleltetések, valamint az Európai Súlyos Időjárási Adatbázisból (ESWD) származó kapcsolódó időjárási veszélyjelentések alapján történik. A fejlesztők különböző ML modelleket képeztek ki az egyes eseménytípusokra (pl. heves esőzés, villámlás és heves szellőkésések) becslött veszélyességi szintek alapján. A fenti modelleket Kalman-szűrőn alapuló módszertannal kombinálva valószínűségi előrejelzéseket állítottak elő a jövőbeli viharok helyszíneiről és azok súlyossági szintjéről. Az ilyen előrejelzések döntéshozatalhoz való hozzáadott értékét esettanulmányokkal és releváns ellenőrző metrikákkal támasztották alá. A viharjellemzők közé tartoznak az alapvető cella- és pályatulajdonságok (azaz a terület és az időbeliség), a villámlás- és szélmegfigyelések, valamint az újraelemzésekől származó konvektív potenciál mutatók. Ilyen ECMWF szintű újraelemzések a globális éghajlatról és időjárásról már 1940-től kezdődően rendelkezésre állnak.

2.4 Magyarország és az ECMWF kapcsolata

1994. július 1-én Magyarország a kelet-közép európai országok közül elsőként csatlakozott az 1975-ben 18 európai ország összefogásaként a nagy-britanniai, readingi székhellyel létrejött Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjához (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF). Az előrejelző központ alapvető célja jó minőségű, középtávú (2-10 napos időtartamú) numerikus előrejelzések készítése. Az ECMWF naponta kétszer operatíván futtat az egész Földet lefedő 10 napos érvényességű determinisztikus és valószínűségi időjárás előrejelzési modelleket. A meteorológiai szolgálat 1995 óta a középtávú (2-10 napos) előrejelzéseit döntően az ECMWF modell-előrejelzésekre alapozottan készíti el. Magyarország társult tagságából eredően széleskörűen használja az ECMWF adatarchívumot és a kifejlesztett számítógépes alkalmazásokat kutató-fejlesztő munkába is bekapcsolódott. A HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. honlapján megjelenő középtávú előrejelzési információk döntően az ECMWF valószínűségi modell-előrejelzéseire épülve készülnek. Magyarország részére a teljes jogú szervezeti kapcsolódást a “Magyarország Kormánya és a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja (ECMWF) között Magyarországnak az ECMWF Egyezményhez való csatlakozásáról és az azzal kapcsolatos feltételekről szóló megállapodás szövegének végleges megállapítására adott felhatalmazásról” elfogadott 1492/2011. (XII. 27.) Korm. Határozat benyújtása tette lehetővé. Az ECMWF a kísérleti évszakos előrejelzési programot 1995-ben indította el. Az első operatív szezonális előrejelzés 1998. júniusban készült el. Mind az 50 km-es térbeli felbontású havi, mind az 80 km-es térbeli felbontású évszakos előrejelzési modell 51 tagú ensemble előrejelzésből áll. Napjainkban hetente kétszer készül havi előrejelzés és havonta egyszer évszakos előrejelzés. (www.met.hu)



5. kép Az éves átlaghőmérséklet és csapadékmennyiség anomáliái 2024-ben (ERA5 adat)
(Forrás: ld. [5])

2.5 A MUNKAMŰHELY PROGRAMJÁNAK BEMUTATÁSA

A műhelymunka első részébe a szervezők az előrejelzéseket biztosító meteorológiai rendszerek jelenlegi működését (EUMETNET - OPERA), valamint az ERCC elemzőcsoport tevékenységét ismertették az alábbiak szerint:

- I.) Az európai viharok és heves esőzések miatti veszélyhelyzetek kezelésének támogatására szolgáló rendszerek és eszközök
- EDERA bemutató a csapadék okozta hatások előrejelzéseiről Európában,

- EUMETNET (OPERA radar) Nemzetközi meteorológiai szolgálat működése,
- ARISZTOTELÉSZ mint természeti veszélyeket előrejelző rendszer,
- EFAS, az Európai Árvízjelző Rendszer működése,
- Előrejelzések feldolgozását támogató programok.

A második szekció a projekt főbb eredményeit ismertette a kísérleti helyszíneken (Spanyolország, Portugália és Finnország) végzett alkalmazások tapasztalatai alapján:

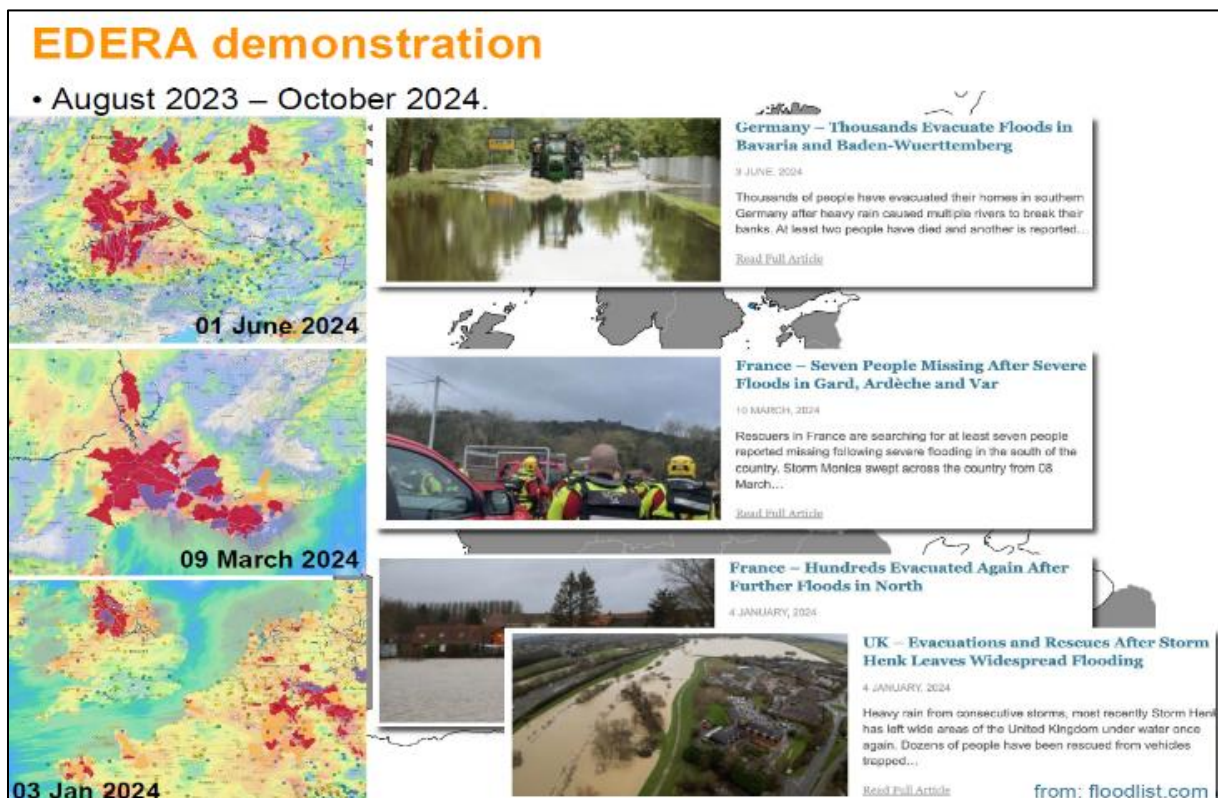
II.) Az EDERA viharok- és áradások előrejelzésének eszközei

- Az EDERA fejlesztések használatának bemutatója,
- 2024. évi munkaműhely eredmények,
- Viharelőjelző rendszerek használata Finnországban,
- Eseménykezeléssel kapcsolatos tapasztalatok.

A munkaműhely zárásaként az előadók a rendszer tesztelésébe bevont és a helyi események kárfelszámolásában résztvevő hatóságok által az EDERA rendszer elmúlt 15 hónapos próbaidőszakának működtetésére vonatkozó saját tapasztalataikat dolgozták fel:

III.) Az EDERA program előrehaladásának bemutatása, eredmények,

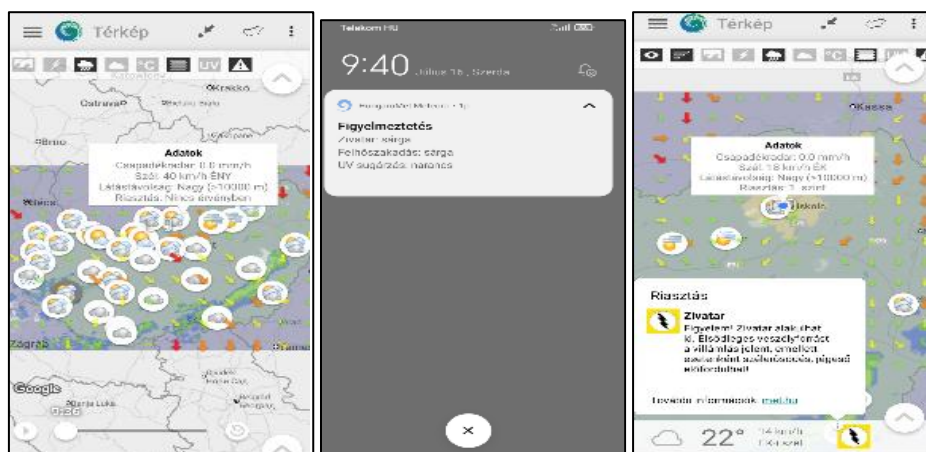
- Eseménykezeléssel kapcsolatos tapasztalatok Murciában (Spanyolország),
- EDERA felhasználói értékelés - Andalúzia (Spanyolország),
- Adatok integrálása az Európai Árvízfigyelő Rendszerbe (EFAS),
- Az érintettek bevonása és nyomon követése (INLINE),
- Határokon átnyúló reagálási feladatok az esőzések okozta káresemények idején.



6. kép Veszélyjelzések és természeti károk kialakulása 2024. évben Európában
- EDERA előadás - (Forrás: ld. [6])

2.6 Meteora mobil alkalmazás

Magyarországon a zivatarszezon alkalmával kerülnek előtérbe az előrejelző – riasztó rendszerek működésével kapcsolatos adatszolgáltatások, de az előrejelzések a legtöbb esetben az elkövetkező időszakban még várhatóan kialakuló időjárási helyzetekre vonatkoznak. HungaroMet Meteora mobil alkalmazása is egy olyan mobileszközökre kifejlesztett, országosan és ingyenesen elérhető ECMWF/EUMET alapú alkalmazása, amely egy mobileszközön futtatható óra, ami sok hasznos és hiteles, meteorológiai információt szolgáltat. A Meteora program használja a mobileszköz helymeghatározó és internetes adatlekérési lehetőségeit. A cellainformációk alapján meghatározza a használó helyzetét, és az adatkapcsolaton keresztül automatikusan letölti a Meteorológiai Szolgálat számítógépéről az aktuális tavi viharjelzéseket, helyi riasztásokat, méréseket, észleléseket, előrejelzéseket, és éghajlati információkat is.



7. kép Mobileszközön megjelenő Meteora adatok és riasztások (Forrás: ld. [7])

Az alkalmazás kiegészítése a Meteora radAR nézet mint AR (augmented reality), azaz kiterjesztett valóság, ami egyfajta virtuális kibővítése közvetlen környezetünknek amelyen keresztül a mobiltelefonok kamerájával szétnézve a háromdimenziós radarképét is láthatjuk valós időben a kamera képre kivetítve. Ennek segítségével láthatóvá válik a látótérben lévő felhők csapadéktartalma, belső szerkezete. A Meteora AR terepasztal nézetében pedig a háromdimenziós radarképet terepasztal-szerűen, egy kiterített Google térkép fölött láthatjuk valós időben szintén a kamera képre vetítve.

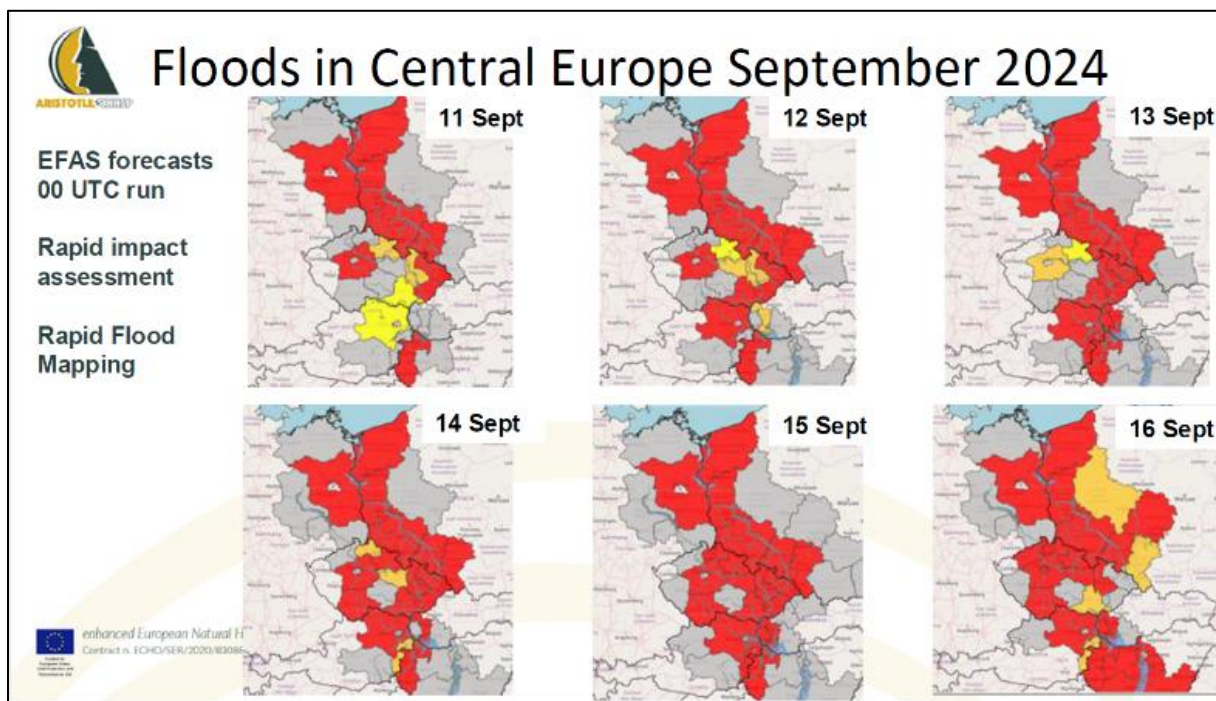


8. kép Meteora AR háromdimenziós radarkép és terepasztal nézet (Forrás: ld. [8])

A térkép megjelenítő modellekkel szemben elvárás az időbeliség meghatározása, ami a döntés előkészítő és a döntéshozó illetve a védekezésben résztvevő szervezetek együttműködésének fontos feltétele, hiszen az esemény bekövetkezéséről érkező információk összekapcsolása és feldolgozása intézkedési alapfeladatot jelent.

A megelőző intézkedések közül a legmeghatározóbb esemény Magyarország esetében az előrejelzett csapadéktevékenység hidrológiai értékelése utáni árvízi védekezési feladatok előkészítése.

Az EDERA fejlesztői a projekt idején a 2024. évben bekövetkezett csapadéktevékenységet monitorozva több riasztást is kiadtak Európa országaira vonatkozóan. Az egyik ilyen riasztás a Dunán levonuló árhullám előrejelzésére szolgált.



9. kép Árhullám kialakulása miatt kiadott riasztás a Duna – folyó vonalán (Forrás: ld. [9])

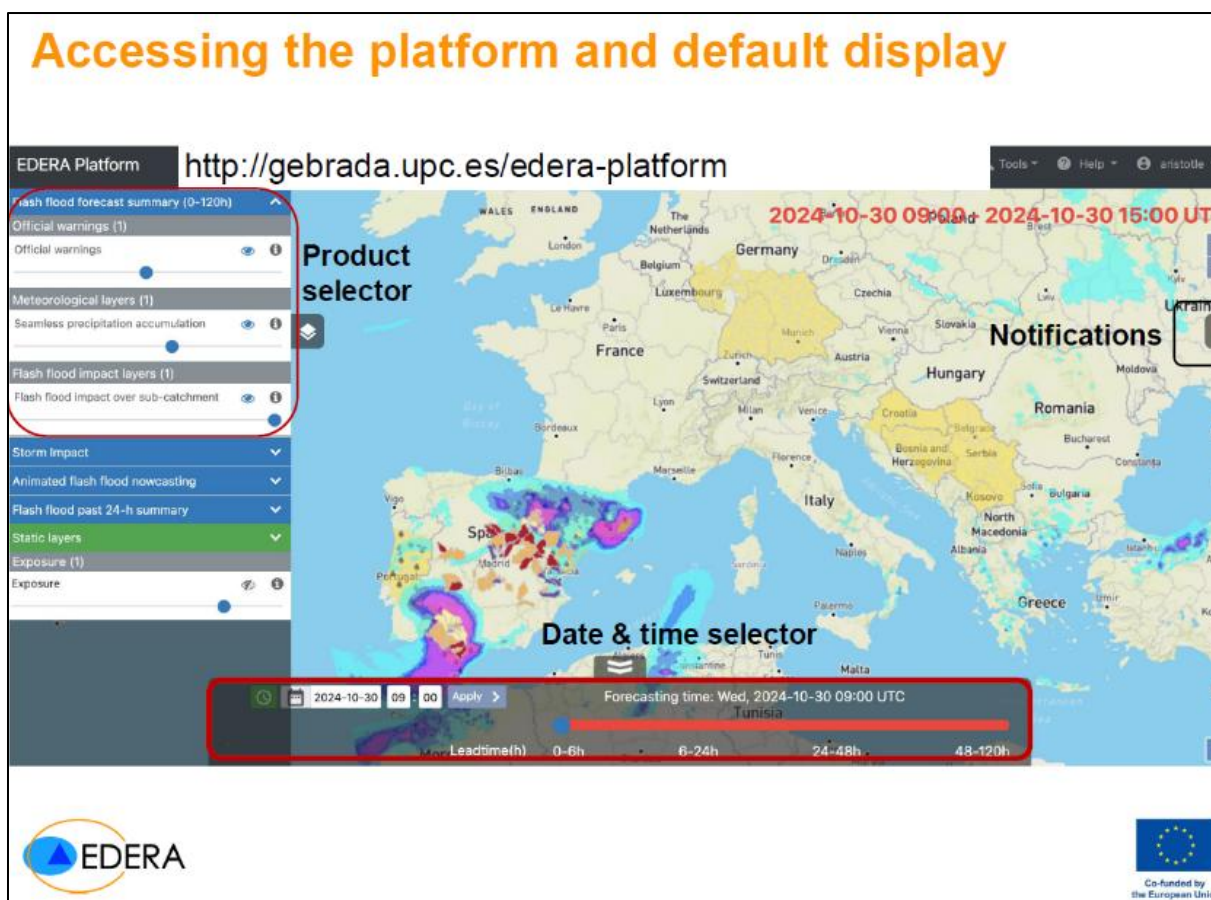
2.7 Az előrejelzések és az együttműködések közötti továbbfejlesztési feladatok

Ahogy már az első publikációban is leírtam, az Unió Polgári Védelmi Mechanizmusban rendelkezésre álló lehetőségek alkalmazása fontos előrelépés lehet a hasonló veszélyekkel küzdő országokkal folytatott tapasztalatcserék elősegítése illetve hazánk általános felkészültsége szempontjából, különösen a kommunikációs rendszerek működésére és ezek szisztematikusabb módon történő alkalmazására és fejlesztésére vonatkozóan ideértve az információk (különösen a figyelmeztetések és riasztások) megosztását és kiterjesztését az adminisztráció minden szintjén, valamint a lakosságtájékoztatás tekintetében.

Magyarországon a meteorológiai riasztási és a hidrológiai háttéradatok időbeli összekapcsolása után az Országos Vízügyi Főigazgatóság az operatív vízállásoknak megfelelően árvízvédelmi fokozatok elrendelésével, az elöntési területeket modellezve kezdte meg a védekezési feladatok előtervezését 2024. szeptemberében. Az Országos Műszaki Irányító Törzs (OMIT) tapasztalatai alapján az árvízszintek emelkedése és gyakoriságuk növekedése várható a légköri anomáliák miatt. Az előrejelzések és a bekövetkezési bizonytalanság ellenére folyamatosan monitorozni kell a hazai árvízvédelmi mérőállomások adatszolgáltatásait a gyors és hatékony reagálás és a szükséges átcsoportosítási feladatok érdekében. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság az árhullámokat kiváltó hidrometeorológiai okok és az árhullám levonulásának tapasztalatairól, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság az operatív, logisztikai és a védekezésben bevont erők beavatkozási feladatokról és a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ egészségügyi vonatkozásairól készített beszámolót.

A Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság a 2024. évi dunai árvízi helyzet kezelésének tapasztalatról szóló 5/2023. (XII.20.) határozatában a beszámolót elfogadta. Az előrejelzések esetében tehát nemcsak az adatszolgáltatás és az előrejelzések átadása a feladat, hanem a soros együttműködés a meteorológiai szolgálatok és a védekezést végző szervezetek között. Az információs felületek hatékonyságának növelése, mint adatsere bázisok kialakítása a rendkívüli események idején a reagáló képesség fejlesztését is magában kell, hogy hordozza a tagállamok katasztrófavédelmi védekezési feladatainak hatékonyabb megszervezésében.

Az EDERA projekt esetében ez a feltétel azért vált kritikus hangvételűvé, mert Spanyolország kiemelt konzorciumi partnere volt a program vezetésének és kialakításának, abban az időszakban amikor az évszázad áradása következett be a 75 valenciai régió települését érintve és aminek következtében összesen 224-en veszítették életüket. A becsléseket messze meghaladó mennyiségű eső esett, ami villámárvizeket eredményezett, és kaotikus helyzetet hozott az ország délkeleti részén fekvő, több mint ötmillió lakosú tartományban. A helyiek közül többen azt állították, hogy teljesen felkészületlenül érte őket az ár és a figyelmeztetéseket csak akkor adták ki, amikor egyes településeken már zúgott a víz. A régió kormánya nemcsak emiatt kényszerül magyarázkodni, hanem azért is, mert épp tavaly oszlatták fel a hasonló katasztrófák megelőzéséért felelős hatóságot. Az előzetes becslések arról szóltak, hogy 12 óra alatt 200 milliméter eső eshet, ez azonban rövid idő alatt több városban is megdőlt. Murcia és Málaga környékén egyes területeken „csak” 100 milliméter hullott, de már ezekben a tartományokban is áradások voltak, mivel négyszer annyi eső érkezett, mint az az októberi hónapokra jellemző volt. Valencia régiójában viszont egyes területeken nyolc óra alatt annyi eső esett, mint amennyi egy év alatt szokott. Chiva városából 491 milliméter esőt jelentettek, ami sokszorosa a korábban jóslt mennyiségnek. Ráadásul ennek nagy része, 160 milliméter, egyetlen óra leforgása alatt hullott le. Akkor figyelmeztettek, amikor már itt volt az árvíz.



10. kép Az EDERA felületen a rendkívüli esőzések miatt kiadott riasztások Spanyolországban (Forrás: ld. [10])

Bár Chiva városában már este hatkor kiáradt a víz az utcákra, a helyi polgári védelem szerintük csak több mint két órával később figyelmeztette a valenciai régió lakosait. Sokan a mai napig úgy gondolják, hogy megkésve figyelmeztették a lakosságot arról, hogy térjenek le az utakról, és keressenek menedéket a házak felső szintjein. Horno de Alcedo település polgármestere, Consuelo Tarazon is arról számolt be, hogy az első riasztást alig fél órával az árvíz érkezése előtt kapták.



11.kép A spanyolországi rendkívüli áradások előtt és után készült látképek - űrfelvétel
(Forrás: ld. [11])

2.8 A jelenlegi helyzet áttekintése

Az EDERA által összegyűjtött háttéralkalmazások széleskörűek: legyen szó kiterjedt viharos időjárási helyzetekről, heves esőzésekről, árvizek kialakulásához vezető előrejelzésekről vagy a már kiterjedt területet érintő káreseményekről. Az alkalmazás online adatokkal gyors áttekintést nyújt az egyes térségek és régiók, valamint a közigazgatási területek veszélyeztetettségének aktuális időbeli helyzetéről. A monitoring rendszer az összegyűjtött adatbázisra hivatkozva a szükséges tervezési feladatokat alábbiak szerint tudja biztosítani:

1. Akár 120 órás előzetes láthatóságot biztosít a program a potenciálisan érintett területekről, lehetővé téve a védekezésben résztvevő szervezetek számára, hogy időben megtervezzék és előkészítsék a szükséges intézkedések bevezetését.
2. Részletes előrejelzéseket kap a felhasználó a csapadék halmozódásáról a különböző időablakokban, ami kockázatértékelési és döntéstámogatási adatokat biztosít.
3. A villámárvizek észlelésének alkalmával egy a hatásdinamikai áttekintést biztosítva, lehetővé teszi a platform a nagy intenzitású és súlyos események azonosítását és előzetes értékelését.
4. A múltbeli események elemzésével az EDERA-ban tárolt előzmény adatok felhasználása értékes információforrást biztosít a cselekvési protokollok kidolgozásához.

A heves esőzések és a konvektív viharok számos különböző természeti veszélyt (áradásokat, kiterjedt elöntéseket, sárfolyásokat, földcsuszamlásokat) váltanak ki, amelyek hatással vannak az emberek életére és javaira egész Európa országaiban határokon átnyúlóan is. Bár a vészhelyzet-kezelési és -reagálási politikák egyre inkább egy adaptáltabb kockázatkezelési megközelítés felé fordulnak, a polgári védelmi feladatokat ellátó szervezetek továbbra is számos kihívással néznek szembe, ideértve a több veszélyre vonatkozó előrejelzések hiányát vagy a veszélyekre vonatkozó előrejelzések hatásalapú döntésekbe való átültetésének nehézségeit, illetve a vészhelyzet-kezelési hatóságok közötti koordinációt szélsőséges és kiterjedt, több régiót és országot érintő események esetén.

2.9 A válságkezelés további feladatainak bemutatása

Egy úgynevezett INLINE PROJEKT (Integrált európai esőzések és árvizek hatás-előrejelzései a veszélyhelyzet-kezelési együttműködéshez) indult 2025. március 1-től további 2 éves időtartamra. Az EDERA projekt eredményeire építve az INLINE egy lépéssel előre viszi majd a vihar- és árvízhatások előrejelzését Európában. Ebben a konzorciumban a Katalóniai Műszaki és Természettudományi Egyetem Spanyolországból, a Középtávú Időjárás-előrejelzések Európai Központja, a Finn Meteorológiai Intézet, a Spanyol Állami Meteorológiai Ügynökség, illetve a Portugál Hidrológiai és Légkörkutató Intézet, továbbá az Andalúziai Környezetvédelmi és Vízügyi Ügynökség, valamint a Spanyol Polgári Védelmi és Vészhelyzeti Főigazgatóság mellett a Portugál Nemzeti Vészhelyzeti Hatóság és Polgári Védelem lesz az együttműködő partner. A projekt tervezett célja, hogy tovább javítsa a csapadékbecsléseket illetve a viharok és a villámárvíz hatások előrejelzését a mesterséges intelligencia segítségével összehangolt információcserét lehetővé téve a felhasználók, döntéshozók illetve az érintett adminisztrációs felületet felhasználók között. (Forrás: ld. [13]).

3. KÖVETKEZTETÉS

A résztvevők az előrejelzések Európai Árvíz-előjelző Rendszerbe történő integrálását javasolták, azért hogy a program közvetlen támogatást tudjon nyújtani a DG-ECHO ERCC számára. Az EDERA projekt keretében a fejlesztők tájékoztatása szerint már előkészítették a heves esőzések és áradások hatásainak előrejelzése miatt kialakított felhasználói felület integrálásának lehetőségét és továbbműködtetését az EFAS következő verziójába. A zárásként a határokon átnyúló rendkívüli csapadéktevékenység miatti események kezelésének az elősegítésére hívták fel a figyelmet. A megbeszélések során bemutatták hogyan egészítik ki a projekt eredményei a már meglévő meteorológiai rendszereket, erősítve az együttműködést a vészhelyzeti reagálás terén az Európa különböző területein korábban már telepített végfelhasználói pontok működésének tapasztalatai alapján.

A hazai katasztrófavédelmi feladatok ellátásában rendelkezésre álló alkalmazások biztosítják a felkészülés idején a feladatok megtervezését és a beavatkozások támogatását rendkívüli időjárási helyzetek idején. Magyarország veszélyeztetettségéből adódóan a megelőző árvízi és a beavatkozó árvízi védekezési képességünk európai szinten kimagasló. A viharkárok kezelése esetében már inkább esemény utáni kár – és veszélymegszüntetési illetve kárfelmérési feladatokat kell a Katasztrófavédelem szervezetének felszámolnia és végeznie a lakossági riasztási feladatokon túlmenően.

A veszélyek előrejelzése bármilyen pontos is, járulékos károkat fog magával hozni. A bekövetkezett károk felmérése – legutóbb a 2025. július 07-08. utáni viharkárokat követően - statikus módon végzett táblázatkezelésen alapuló adatszolgáltatást jelentett. Ezt a feladatot kiváltva online adatszolgáltató rendszerek alkalmazásával hatékonyabb adatgyűjtési és adatrögzítési, gyorsabb és pontosabb adatszolgáltatás melletti exportálható adatbázis hozzáférést is biztosító informatikai rendszerek kibővítésével és fejlesztésével is kívánok foglalkozni. Egy ilyen adatgyűjtési program fejlesztését célzó működést és országos kiépítésének lehetőségét jelen publikáció folytatásában a nagyobb kiterjedésű káresemények, veszélyhelyzetek kezelésével összefüggő háttértevékenységek támogatása miatt szeretném megvizsgálni.

4. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] EUMETNET OPERA – Renewal of the Production Lines [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [2] EDERA- Early warning Demonstration of pan-European Rainfall – induced impact forecast [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [3] EUMETNET hivatalos weboldal [Online]. Elérhetőség: <https://www.eumetnet.eu/observations/weather-radar-network/> (2025.07.16.)
- [4] HungaroMet hivatalos weboldal [Online]. Elérhetőség: www.kozadatportal.hu/dataset/ (2025.07.16.)

HungaroMet Meteorológiai Adattár hivatalos weboldal [Online]. Elérhetőség: https://odp.met.hu/weather/radar/composite/png/refl2D/radar_composite-refl2D-20250712_1040.png (2025.07.16.)
- [5] Climate Data Store weboldal [Online]. Elérhetőség: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets>, https://www.met.hu/ismeret-tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=3541 (2025.07.14.)
- [6] EDERA- Early warning Demonstration of pan-European Rainfall – induced impact forecast [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [7] Meteora applikáció [Online]. Elérhetőség: [google.play.com](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.meteora) - Android Apps (2025.07.16.)
- [8] HungaroMet hivatalos weboldal [Online]. Elérhetőség: https://www.met.hu/rolunk/video/index.php?id=1609&hir=Meteora_radAR (2025.07.14.)
- [9] EDERA Final Workshop - A global expert support to the EU Emergency Response Coordination Centre [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [10] EDERA products and tools: Demonstration on an event in Adalusia [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [11] 24.hu weboldal [Online]. Elérhetőség: <https://24.hu/tech/2024/11/05/spanyolorszagi-valenciai-aradas-arviz-2024-muhold/> (2024.11.05.)
- [12] EDERA monitoring of flood episodes october and november 2024 in the region of Murcia [előadás]. (2025.01.22. ERCC)
- [13] EDERA Newsletter - Winter January, 2025. [Online]. Elérhetőség: <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu> (2025.07.16.)

The Role of Controlling in Public Finance: A Systematic Literature Review with a Disaster Management Perspective

A kontrolling szerepe az államháztartásban: szisztematikus irodalomelemzés katasztrófavédelmi kitekintéssel

Nándor Kovács, Lt. Captain
Author

Jász-Nagykun-Szolnok County Disaster Management Directorate, Senior Chief Advisor
University of Debrecen, Faculty of Economics and Business, Doctoral School of Management and Business
PhD Candidate

Email: nandor.kovacs@katved.gov.hu

ORCID: 0009-0006-0321-150X 

Prof. Dr. Zoltán Bács
Co-author

University of Debrecen, Faculty of Economics and Business, Institute of Accounting and Finance
Director of Institute, Full Professor
Email: bacs.zoltan@econ.unideb.hu

ORCID: 0000-0003-0612-658X 

Abstract:

The operation of the public sector today faces increasing social, economic, and security challenges, which necessitate the strengthening of budgetary management and decision-making processes. In this environment, controlling has become a key supporting tool for effective governance and the transparent use of resources. This study aims to systematically review the domestic and international literature on controlling, with particular emphasis on applications related to the central budget and public sector institutions. The thematic classification of the analysed sources (theoretical, supporting, and practical controlling) enabled the identification of the multidisciplinary nature of controlling as well as its application trends. The analysis revealed that research is increasingly shifting toward practical implementation, while theoretical frameworks and supporting systems continue to show ongoing development.

Keywords: controlling, public finance, public sector, decision support, efficiency

Absztrakt:

A közsféra működése napjainkban fokozott társadalmi, gazdasági és biztonsági kihívásokkal szembesül, amelyek a költségvetési gazdálkodás és a döntéshozatali folyamatok megerősítését teszik szükségessé. A kontrolling ebben a környezetben a hatékony irányítás és az erőforrások átlátható felhasználásának egyik meghatározó támogató eszközévé vált. A tanulmány célja a kontrollingról szóló hazai és nemzetközi szakirodalom szisztematikus feldolgozása, különös tekintettel a központi költségvetéshez és a közsféra intézményeihez kapcsolódó alkalmazásokra. A feldolgozott források tematikus csoportosítása (elméleti, támogató és gyakorlati kontrolling) lehetővé tette a kontrolling multidiszciplináris jellegének, valamint alkalmazási tendenciáinak azonosítását. Az elemzés rámutatott, hogy a kutatások súlypontja egyre inkább a gyakorlati implementáció felé tolódik, miközben az elméleti keretek és a támogató rendszerek folyamatos fejlődést mutatnak.

Kulcsszavak: kontrolling, államháztartás, közsféra, döntéstámogatás, hatékonyság

1. INTRODUCTION

The utilisation of public resources, the assurance of accountability, and the effectiveness of decision support are all factors that have a direct impact on the quality and security of public service delivery. Controlling, as a management support tool, has long played a decisive role in the corporate sector. In recent years, however, its importance has also increased in the public sector, as it can promote the optimal use of resources and support both strategic and operational decision-making. The significance of the topic is indicated by our previously published study, “**Controlling as a Possible Support Tool**” [60], which primarily examined the role of controlling in the public sector within a theoretical and methodological framework. In contrast, the present research aims to identify the primary directions of the scientific discourse, methodological development trends, and potential applications of control systems in relation to the central budget through a systematic literature review. The use of the PRISMA protocol ensured objectivity and transparency, enabling the targeted processing of relevant sources. The analysis encompassed not only the domestic but also the international publication space, with a particular emphasis on the theoretical, methodological, and practical dimensions of control. Thus, the study contributes to the scientifically grounded exploration of development opportunities embedded in the financial management of central budgetary institutions.

2. SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

First, a brief theoretical framework is presented to support the systematic literature review and to define the research objectives and methodology. This is followed by the presentation of the analysis results and the conclusions drawn from them.

2.1 Methodology of Systematic Literature Review

2.1.1 Theoretical Overview of Systematic Literature Review

Traditional, so-called narrative literature reviews may contain significant subjective elements, as their quality and comprehensiveness largely depend on the content of the databases used, the number of accessible sources, and the researcher's individual selection practices. Consequently, the reliability, systematisation, and reproducibility of the information incorporated into scientific work (studies, journal articles, etc.) often become uncertain. One of the basic prerequisites of scientific rigour is that the researcher must be able to identify current trends within the relevant scientific field by reviewing the literature, thereby contributing to a deeper understanding and processing of the research question under examination. To avoid distortions arising from individual interpretation, it is advisable to apply a transparent, verifiable, and fully traceable methodology. This is precisely what systematic literature searching and reviewing offer, supported by the **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses**¹ protocol. The PRISMA methodology has been continuously developed based on

the input of researchers and users to ensure the inclusion of increasingly objective, critical, and research-relevant academic background. In this process, the researcher first defines the research question to be examined and then organises the collection and processing of relevant literature around it [61].

The main steps of a systematic literature review are as follows:

¹ Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: PRISMA (protocol)

- a) **Identification** – Defining the research topic through keywords and conducting targeted searches in scientific bibliographic databases² (e.g., Google Scholar, Web of Science, PubMed, Scopus) using Boolean operators³.
- b) **Screening**⁴ – Preliminary selection of studies based on title and abstract. Exclusion criteria may include differences in the research field, publication language, geographical focus, or document type.
- c) **Eligibility**⁴ – Screening based on the full text to determine whether the study actually relates to the research topic and meets the inclusion criteria (e.g., citation count, relevance, recency).
- d) **Included** – Systematization, categorization, and further in-depth analysis of the finalized sources. Studies less relevant to the research are justifiably excluded at this stage.

The logical interrelations of steps *a) – d)* are illustrated in *Figure 3*. The systematic literature review, conducted according to the PRISMA protocol, adheres to strict methodological criteria, the details of which are summarised in *Tables 5* and *6*. The systematic processing of the selected literature base provides the foundation of scientific work and defines the methodological framework of the research. The resulting literature set most appropriately meets the requirements of a systematic literature review. [59].

2.1.2 Definition of Research Topic and Objectives

The complexity of public service tasks, as well as the quantitative and qualitative assurance of their delivery, are closely linked to external environmental factors such as migration crises, pandemic situations, energy crises, or geopolitical conflicts. As a result, the optimal use of resources, their measurement, and the provision of feedback to decision-makers become of paramount importance for the state. In the public sector, the role of data-driven information production is becoming increasingly valued, functioning in many respects similarly to practices in the business sector. Controllers in that domain increasingly rely on artificial intelligence and data science tools to provide management with accurate, timely, and decision-supportive information. Among the prerequisites for effective, efficient, and economical operation, particular significance is attributed to adequate human resource capacity, the availability of material and immaterial resources, a modern organisational structure, and a leadership approach capable of adapting to rapidly changing environments. The central focus of this research is the examination of **the controlling system within the economic domain of the central budget, as well as the exploration of its development opportunities**.

The research objectives can be summarised as follows:

- a) Examination of the controlling approach and its practical application in various levels and types of financial decision-making.
- b) Analysis and evaluation of the technical and information technology toolkit available for and applied in controlling activities.

² **Bibliographic databases:** structured collections that store bibliographic descriptions (i.e., information) of various documents such as books, articles, and studies in electronic form, often complemented with abstracts or annotations. These databases allow users to explore topics, authors, or publications in journals, thus supporting literature discovery.

³ **Boolean operators:** words or symbols used to connect search terms, enabling the narrowing or broadening of search results. The most typical logical operators are „AND”, „OR”, and „NOT”.

⁴ **Screening and Eligibility groups:** can be merged and presented as a single combined category.

- c) Investigation of the knowledge composition of the personnel involved in the implementation of controlling activities, with particular attention to the ratio of explicit (knowledge-based) and implicit (experience- and problem-solving-based) knowledge.

Thus, the research focuses on examining the controlling system, its toolkit, and its operation within the central budget, with particular emphasis on the role of controllers and the potential for system development.

2.1.3 Research Methodology

Systematic data collection and analysis were carried out through the broadest possible application of the PRISMA protocol guidelines.

Three online scientific databases were included in the study:

- a) Google Scholar⁵
- b) MATARKA⁶
- c) Web of Science⁷

These are recognised publication sources at both national and international levels. The temporal scope of the search was limited to the last ten years (2013, second semester – 2024, first semester) to ensure timeliness. In titles, abstracts, and keywords, the following Hungarian and English search terms were applied: **központi költségvetés, költségvetés, közsféra, költségvetési kontrolling, kontrolling/controlling, budget controlling, central budget, public sector, public sector and controlling**.

The search was restricted to publications appearing in scientific journals. Additional specific filters were applied per database: in the case of Google Scholar, review articles were included, while in Web of Science, only publications belonging to the categories Business Finance, Economics, Management, and Public Administration were considered. All results were imported into **RefWorks**⁸ reference management software without further refinement, ensuring accurate and systematic registration. The initial duplicate filtering (title, author, year) was also carried out using RefWorks [57], [58].

The quantification of search results is presented in *Table 1*. In total, 780 results were identified across the three databases, of which 22 duplicates were removed by RefWorks, leaving 758 unique items.

⁵ **Google Scholar**: a scholarly search engine that indexes publications across disciplines and formats; it is not a peer-reviewed database. Available at: <https://scholar.google.com>

⁶ **MATARKA**: a searchable database of the tables of contents of Hungarian journals (not a peer-reviewed database). Available at: <https://matarka.hu>

⁷ **Web of Science**: a bibliographic database designed not to provide full-text access but to include metadata and interconnections between articles in a way that supports scientometric analyses. Available at: <https://mjl.clarivate.com/search-results>

⁸ **RefWorks**: a cloud-based, web-based reference management software that helps researchers, students, and others collect, organise, share, and cite sources. Available at: <https://refworks.proquest.com>

Search keyword definition	Google Scholar	MATARKA	Web of Science	Total
központi költségvetés	59	0	0	59
költségvetés	46	148	0	194
köszféra	22	22	0	44
költségvetési kontrolling (controlling)	3	1	0	4
kontrolling (controlling) ⁹	30	168	0	246
budget controlling	0	0	0	0
central budget	0	0	102	102
public sector and controlling	0	0	131	131
Total results:	160	387	233	780
Duplicates (RefWorks):	17	5	0	22
Corrected total:	143	382	233	758

Table 1: Number of sources identified based on the research topic (prepared by the authors)

The corrected source material was processed in the Covidence¹⁰ software according to the following steps:

- Import of references from RefWorks,
- Further duplicate removal by Covidence,
- Review of titles and abstracts,
- Full-text review,
- Extraction procedure: data extraction and quality management processes.

As a result of the screenings, from **the initial 780 results**, after multiple duplicate removals, **749 publications** remained. Following the exclusion of non-relevant studies (e.g., those focusing on marketing or macroeconomic analyses), **89 items** were selected for more detailed analysis. Among these, the full text was unavailable in 13 cases, therefore **56 publications** were ultimately deemed entirely relevant for this research.

⁹ In the case of **Google Scholar**, only the keyword “kontrolling” was applied during the search.

¹⁰ **Covidence**: a software platform that simplifies and enhances the process of preparing systematic reviews and comprehensive literature searches. Available at: <https://www.covidence.org>

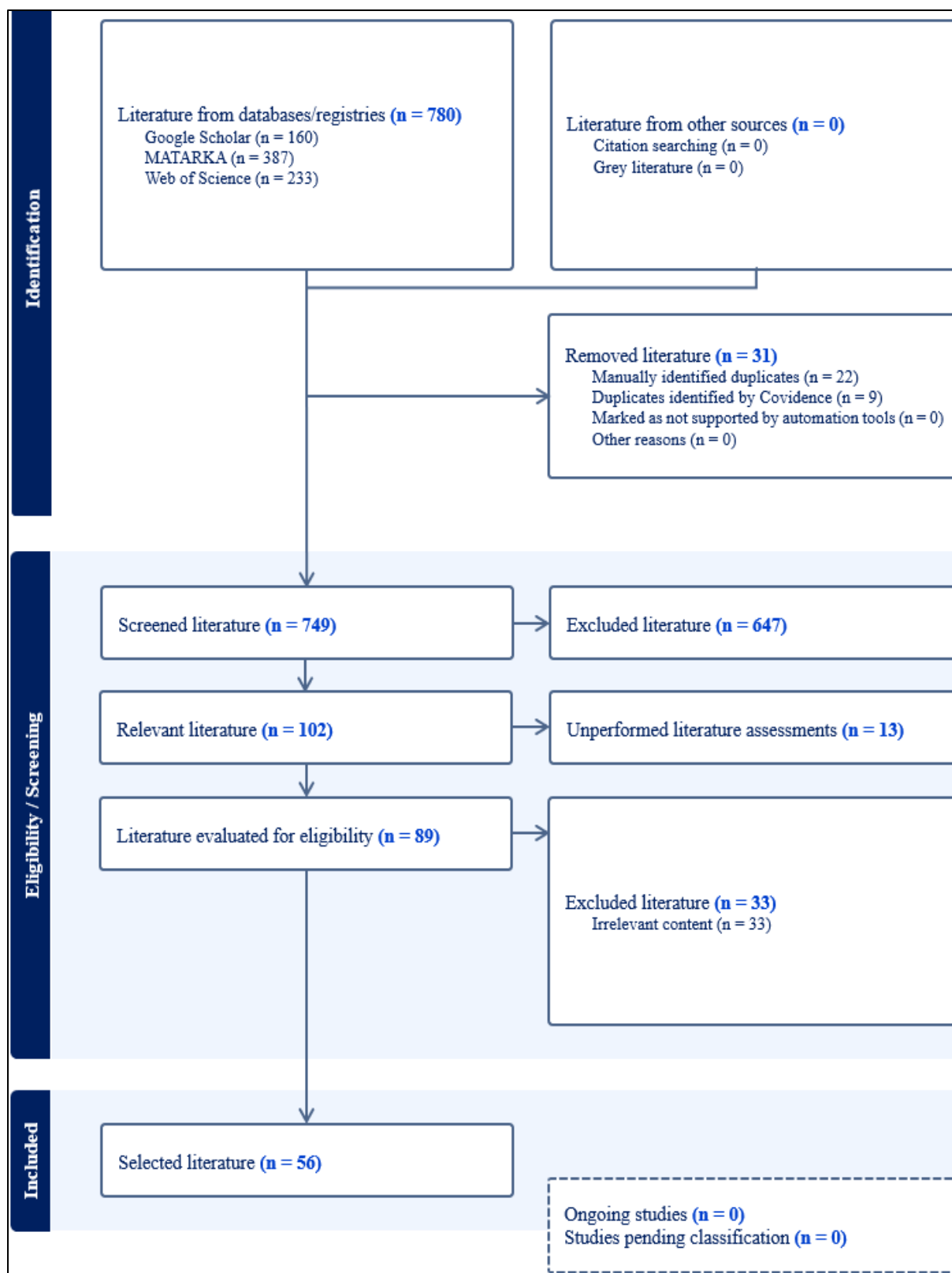


Figure 1: Flowchart of the PRISMA protocol (created by the authors using Covidence)

The selected works primarily focused on the theoretical and practical interpretation of controlling, its application in various sectors, its historical development, and modernisation trends. Journal articles were the primary emphasis of the review, with special attention to Hungarian-language literature. The thematic classification of the material resulted in three categories: **theoretical controlling**, **applied controlling**, and **supporting controlling** [57], [58].

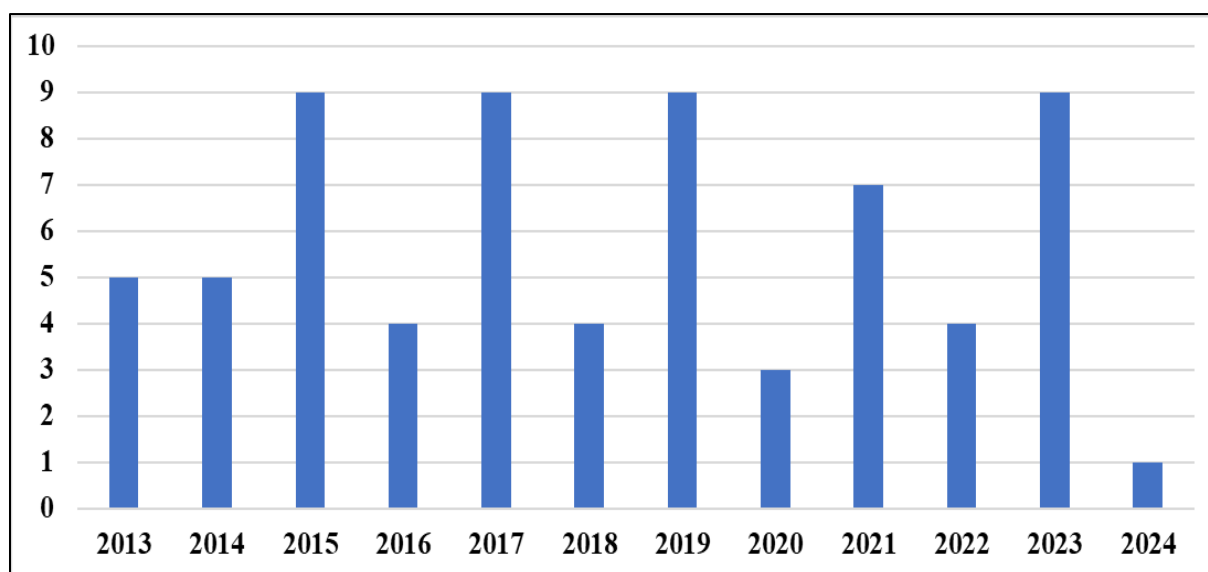


Figure 2: Distribution of selected sources by publication years (prepared by the authors)

The temporal distribution is illustrated in *Figure 2*, which shows an annual publication average of 5.75 items and a visible increase in odd-numbered years. The references of the 56 selected items were re-imported into RefWorks for further bibliographic operations and exported to the **VOSviewer**¹¹ visualization¹² software. This enabled the visualization of connections between authors and their publications (*Figure 4*) as well as grouping by author relationships (*Table 7*).

2.2 Results and Conclusions of the Systematic Literature Review

Between 2013 and 2024, after applying the PRISMA protocol, 56 publications ([1]–[56]) were selected. Their annual distribution is presented in *Figure 1*. The data indicate that, on average, 5.75 publications per year addressed the topic of controlling during the observed period. A cyclical pattern was evident: with minor declines occurring in even years, followed by substantial increases in odd years. This trend can be linked to global social and economic events (e.g., 2022: war in Ukraine, 2020: Covid-19 pandemic, 2018: the peak of the People's Republic of China's global economic expansion, 2016: Brexit and the election of a new U.S. president). Such impacts were most pronounced in even years, while processing and publication typically materialised in the subsequent odd year.

The thematic classification of the publications resulted in three major groups:

- a) **Theoretical controlling** – conceptual development, definitional issues, organizational embeddedness.
- b) **Applied controlling** – practices in the public sector, public finance, and other organisational environments.

¹¹ **VOSviewer**: a software tool for analyzing and visualizing bibliometric data, enabling the creation and mapping of networks (e.g., publications, researchers, or journals) based on citation, co-authorship, or co-citation relationships. Available at: <https://www.vosviewer.com>

¹² **Data visualization**: an essential part of the data analysis process, requiring visualization after data collection, processing, and modeling in order to draw conclusions.

- c) **Supporting controlling** – methodological and technological tools that facilitate the operation of controlling.

Within the examined period, theoretical publications accounted for 18%, applied studies for 39%, and supporting articles for 43%. This indicates a shift of research focus toward supporting tools, while theoretical foundations and practical applications remain integral components. The author collaboration network was analysed using VOSviewer. As shown in *Figure 4*, several closely cooperating research groups have emerged. Within these networks, key nodes are authors with multiple publications or those bridging clusters. The visualisation revealed that controlling appears in the publication space as a complex, interdisciplinary field rather than an isolated topic. The citation network was also examined (*Table 7*). Findings indicate that a few seminal works and influential authors hold significant citation weight in both Hungarian and international research, providing a framework for further studies. At the same time, newer research directions have also emerged, shaping the discourse in recent years. Overall, the statistical and network analysis results suggest that controlling is a dynamically evolving research area. Both the temporal and thematic analyses highlight the increasing prominence of public sector controlling issues, particularly in the context of global challenges.

The author collaboration network was analysed using VOSviewer. As shown in *Figure 4*, several closely cooperating research groups have emerged. Within these networks, key nodes are authors with multiple publications or those bridging clusters. The visualisation revealed that controlling appears in the publication space as a complex, interdisciplinary field rather than an isolated topic.

The citation network was also examined (*Table 7*). Findings indicate that a few seminal works and influential authors hold significant citation weight in both Hungarian and international research, providing a framework for further studies. At the same time, newer research directions have also emerged, shaping the discourse in recent years.

Overall, the statistical and network analysis results suggest that controlling is a dynamically evolving research area. Both the temporal and thematic analyses highlight the increasing prominence of public sector controlling issues, particularly in the context of global challenges.

2.2.1 Theoretical Controlling Group

Publications in this category (*Table 2*) focus on the conceptual frameworks, historical development, and theoretical linkages of controlling (e.g., performance management, resilience, digitalisation theory), or provide systematic literature reviews (e.g., digital transformation, data-driven controlling).

- Bagdács [2] presents the development of controlling from the 20th century to the present, emphasizing the impacts of digitalisation and globalisation.
- Zéman [52], [53] provides a comprehensive analysis of controlling's historical trajectory and future research directions.
- Blumné Bán and Zéman [9], along with Thalmeiner et al. [47], systematise historical and theoretical controlling perspectives.
- Szukits et al. [45] conduct a systematic review on the digital transformation of the controller profession.

- Bajnai [4], Bajnai–Fenyves [5], and Zéman–Vajda–Thalmeiner [55][56] discuss theoretical impacts of digitalisation and data-driven controlling.

Key finding: Controlling functions as a complex performance management tool integrating planning, monitoring, and information provision. In the public sector, this approach is complemented by specific objectives such as public interest and accountability [9], [53]. The theory of controlling continues to evolve: from classical cost accounting and planning frameworks to data-driven, digitalised decision support. Hungarian authors (e.g., Zéman, Bajnai) highlight local specificities and promote the integration of research and education in controlling.

Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[2]	P. Bagdács – A kontrolling fejlődése a 20. századtól napjainkig [in Hungarian]	Literature review	Historical trajectory, conceptual evolution and periodization of controlling	Theoretical controlling
[4]	P. Bajnai – A vállalati controlling funkció digitális átalakulásának sajátosságai a hazai szolgáltató szektorban [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Digital transformation of controlling functions, role changes	Theoretical controlling
[5]	P. Bajnai, V. Fenyves – A controlling szerepének és eszköztárának átalakulása a digitalizáció hatására [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Impact of digital trends on controlling functions and tools	Theoretical controlling
[9]	E. Blumné Bán, Z. Zéman – Controlling a vezetés szolgálatában. történeti fejlődés, perspektívák [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Historical perspective of management and controlling	Theoretical controlling
[45]	Á. Szukits, L. Sztrida, I. A. Szabó – Információs folyamatok digitalizációjának hatása a kontrolleri szakmára – Szisztematikus irodalomáttekintés [in Hungarian]	Literature review	Effect of digitalization on the controller profession	Theoretical controlling
[47]	G. Thalmeiner, Á. Suhajda, M. Tóth – Teoretikus kontrolling szemléletek [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Controlling schools and theoretical approaches	Theoretical controlling
[52]	Z. Zéman – A kontrolling fejlődéstörténetének főbb irányzatai [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Historical development and directions	Theoretical controlling
[53]	Z. Zéman – Controlling kutatás jelene és jövője [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Future research directions	Theoretical controlling

[55]	Z. Zéman, G. Vajda, G. Thalmeiner – A controlling fejlődés új iránya, az adatvezérelt controlling [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Data-driven controlling, conceptual renewal	Theoretical controlling
[56]	Z. Zéman, G. Vajda, G. Thalmeiner, S. Gáspár – A controlling fejlődés új iránya, az adatvezérelt controlling [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Data-driven controlling, conceptual renewal	Theoretical controlling

Table 2: Publications assigned to the theoretical controlling group (prepared by the authors)

2.2.2 Supporting Controlling Group

This category (*Table 3*) covers literature on supporting activities that make theory and practice operational through methodological/technological solutions and organisational infrastructure (HR, competencies, culture, education, research).

- Fabricius-Ferke [15][16][17] analyzes megatrends and IT support.
- Becsky-Nagy–Droppa [7], Koppány–Kresalek [31][32], and Koppány [29][30] describe methodological development and controlling toolkits.
- Gábor–Barna [23], Kaposi-Szász [27] emphasize HR-controlling.
- Czirkus–Medveczky [13], Kovács [33], Doszpoly [14] approach the topic from performance measurement and competency needs.
- Fekete [19], Kalmár [26] highlight BI and big data as supporting technologies.
- Fedchenko et al. [18] and Felício et al. [20] underline the quality-improving role of controlling systems in the public sector.

Key finding: The successful operation of controlling systems is determined by the combined effect of technological infrastructure, managerial commitment, and organisational culture [7], [29]–[31]. Digitalisation plays a prominent role, but it can only effectively support decision-making if the organisation adopts a data-driven approach [18]. Accordingly, supporting functions are increasingly linked to data-driven systems (e.g., Power BI, big data) [19], [26]. Moreover, supporting controlling also plays an essential role in HR, leadership support, and public sector quality improvement.

Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[3]	P. Bajnai – A controlling eszköztárát átalakító digitális technológiák térnyerése - hazai helyzetkép egy kérdőíves kutatás alapján [in Hungarian]	Case study	Adoption of digital technologies in decision-support toolkits	Supporting controlling
[7]	P. Becsky-Nagy, D. Droppa – Cash flow-kimutatások a controlling szolgálatában [in Hungarian]	Case study	Liquidity and risk support through cash flow analysis	Supporting controlling

[10]	E. Böcskei, É. Bácsné Bába, V. Fenyves – A controlling oktatásának és kutatásának helyzete az elmúlt évtized tükrében [in Hungarian]	Case study	Education and research status, ensuring new generations	Supporting controlling
[13]	L. Czirkus, B. Medveczky – A controlling a gazdálkodó szervezetek teljesítményértékelésében [in Hungarian]	Case study	Performance measurement, feedback to management	Supporting controlling
Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[14]	P. Doszpoly – Küszöbön a digitalizáció: A kontrollerekkel szemben támasztott kompetencia-elmvárások változása – szakirodalmi áttekintés [in Hungarian]	Literature review	Digital trends and competency requirements	Supporting controlling
[15]	G. Fabricius-Ferke – Controlling: Management, vagy leadership? [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	Controlling as a leadership-supporting function	Supporting controlling
[16]	G. Fabricius-Ferke – A controlling megatrendek egyes információ-technológiai vonatkozásai [II. rész] [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	IT megatrends and digitalization background II	Supporting controlling
[17]	G. Fabricius-Ferke, Z. Zéman – A controlling megatrendek egyes információ-technológiai vonatkozásai (I. rész) [in Hungarian]	Theoretical review/analysis	IT megatrends and digitalization background I	Supporting controlling
[18]	E. Fedchenko, N. Savina, T. Timkin, I. Lipatova, A. Vinogradova – Developing a controlling system as a factor in improving the quality of public administration	Case study	Improving quality of public sector through controlling system development	Supporting controlling
[19]	Z. Fekete – Hogyan hat a controlling szakmára a Power BI, mint új trend? [in Hungarian]	Case study	BI visualization accelerates decision-making, enhances transparency	Supporting controlling
[20]	T. Felício, A. Samagaio, R. Rodrigues – Adoption of management control systems and performance in public sector organizations	Case study	Adaptation of management control systems and performance in the public sector	Supporting controlling
[21]	V. Fenyves, K. Dajnoki – Controlling eszközök a humán erőforrás gazdálkodás területén [in Hungarian]	Case study	HR controlling applications and effectiveness	Supporting controlling
[22]	G. Ferke – Pénzügyi operatív controlling informatikai támogatása, a kintlévőségek és tartozások időstruktúrájának kezelésénél [in Hungarian]	Case study	Digitalized support for financial processes	Supporting controlling

[23]	Á. Gábor, Z. Barna – A HR funkciók szerepe a controlling fókuszú szervezetben [in Hungarian]	Case study	Integration of HR and controlling	Supporting controlling
[24]	Á. Gábor, Á. Suhajda – A szervezeti kultúra dimenziói a controlling fókuszú szervezetben [in Hungarian]	Case study	Impact of organizational culture on acceptance of controlling	Supporting controlling
Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[26]	P. Kalmár – Adattudomány és 'big data' technológia a controlling szolgálatában	Case study	Big data analytics in controlling	Supporting controlling
[27]	D. Kaposi-Szász – Controlling jelentősége, célja, funkcionalitása, különös tekintettel a HR controlling vonatkozásában [in Hungarian]	Case study	Practical application of HR controlling	Supporting controlling
[29]	K. Koppány – A controlling eltéréselemzés vizualizációja excelben: A vízés-diagram (1. rész) [in Hungarian]	Case study	Application of waterfall charts in controlling	Supporting controlling
[30]	K. Koppány – A vízés-diagram alkalmazási lehetőségei a controlling és az üzleti elemzés területén [in Hungarian]	Case study	Operational decision-support through visualization	Supporting controlling
[31]	K. Koppány, P. Kresalek – A controlling eltéréselemzés módszerei I. [in Hungarian]	Case study	Methodology of variance analysis I	Supporting controlling
[32]	K. Koppány, P. Kresalek – A controlling eltéréselemzés módszerei II. [in Hungarian]	Case study	Methodology of variance analysis II	Supporting controlling
[33]	B. Kovács – A controlling-folyamatok hatékonyságának mérése és növelése [in Hungarian]	Case study	Efficiency measurement, controlling as a driver	Supporting controlling
[37]	I. László, F. Kondorosi – Költségvetési szervek eredményesebb működését támogató controlling [in Hungarian]	Case study	Institutional embedding, budgetary processes	Supporting controlling
[54]	Z. Zéman, J. Lukács – A controlling információigénye [in Hungarian]	Case study	Information quality, controlling inputs	Supporting controlling

Table 3: Publications assigned to the supporting controlling group (prepared by the authors)

2.2.3 Applied Controlling Group

This group (*Table 4*) includes studies presenting concrete case studies, sectoral applications, or organisational experiences.

- Béres [8], Krenyácz [35][36], Nikliné [41], Vácidity [50] analyse controlling experiences in Hungarian healthcare institutions.
- Bajor [6], J. Kárpáti [28], Lentner et al. [38], Novoszáth [42], Pavlik [44], Tóth G. [48] present controlling systems in the public sector (public administration, higher education, public finance).
- Van Helden–Reichard [51], Bracci–Tallaki [11], Paterson et al. [43], Tahar–Menacere [46], Liapis–Spanos [39] examine international public sector controlling practices.
- Nagy [40], Gáspár–Valastyán [25], Tóth–Mester–Túróczi [49], Kozma–Gyenge–Tóth [34] present examples of lean- and supply-chain-based controlling.

Key finding: In practice, controlling has become indispensable in healthcare, education, and specific areas of public administration. Case studies show that controlling contributes to improved performance, transparency, and more efficient resource use [36], [39]. In the central budget, the system needs to ensure both fiscal discipline and accountability toward citizens [41]. Budgetary control creates a balance between financial stability and social value creation.

Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[1]	M. A. Abd Aziz, H. Ab Rahman, M. M. Alam, J. Said – Enhancement of the accountability of public sectors through integrity system, internal control system and leadership practices: A review study	Case study	Impact of integrity, internal control, and leadership practices on public sector accountability	Applied controlling
[6]	T. Bajor – Kontrolling a közigazgatásban [in Hungarian]	Case study	Public administration controlling processes and specificities	Applied controlling
[8]	M. Béres – Kontrolling tapasztalatok egy szakkórház szemével [in Hungarian]	Case study	Healthcare institutional controlling experiences	Applied controlling
[11]	E. Bracci, M. Tallaki – Resilience capacities and management control systems in public sector organisations	Case study	Link between resilience and management control systems in the public sector	Applied controlling
[12]	M. Chład, J. Jaroszyński – Controlling logistics in the supply chain	Case study	Supply chain controlling experiences	Applied controlling

[25]	S. Gáspár, G. Valastyán – Lean eszközök és módszerek megjelenése és vizsgálata a controlling rendszerekben [in Hungarian]	Case study	Lean integration in controlling systems	Applied controlling
[28]	J. Kárpáti – Vállalati controlling módszerek alkalmazási modellje az állam működésének értékelésében [in Hungarian]	Case study	Adaptation of corporate methods in state evaluation	Applied controlling
Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[34]	T. Kozma, B. Gyenge, R. Tóth – Ellátási lánc controlling [in Hungarian]	Case study	Supply chain performance and coordination	Applied controlling
[35]	É. Krenyácz – A hazai egészségügyi intézmények controlling-rendszere [in Hungarian]	Case study	Healthcare institutional controlling experiences	Applied controlling
[36]	É. Krenyácz – Controlling in Hungarian hospitals: History and key issues	Case study	Public finance reforms and accrual accounting	Applied controlling
[38]	C. Lentner, P. Molnár, V. Nagy – Accrual accounting and public finance reforms in Hungary: The study of application in the public sector	Case study	Budgeting and controlling practice in the Greek public sector	Applied controlling
[39]	K. Liapis, P. Spanos – Public accounting analysis under budgeting and controlling process: The Greek evidence	Theoretical review/analysis	Link between lean and controlling	Applied controlling
[40]	T. Nagy – A lean menedzsment és a controlling kapcsolati rendszere [in Hungarian]	Case study	Implementation of standardized methodology	Applied controlling
[41]	E. Nikliné Gáldonyi – Az egységes controlling módszertan és implementációjának tapasztalatai [in Hungarian]	Case study	Institutional practical overview	Applied controlling
[42]	P. Novoszáth – A controlling szerepe és főbb kihívásai a jelenlegi magyar köz- és nonprofit szférában [in Hungarian]	Case study	Governance, anti-corruption and management control systems	Applied controlling
[43]	A. S. Paterson, F. Changwony, P. B. Miller – Accounting control, governance and anti-corruption initiatives in public sector organisations	Case study	Higher education controlling, competition, and measurement frameworks	Applied controlling

[44]	L. Pavlik – Verseny és controlling a közszféra egy fontos szegmensében, a felsőoktatásban [in Hungarian]	Case study	Public sector controlling in developing countries	Applied controlling
[46]	A. Tahar, K. Menacere – Management accounting practices in the public sector of developing countries	Theoretical review/analysis	Indicator theory in budget sustainability	Applied controlling
Ref.	Author(s) & Title of Publication	Methodology	Key Findings	Classification
[48]	C. Tóth G. – A költségvetés fenntarthatóságát mérő mutatók előrejelző képessége [in Hungarian]	Case study	Risk and performance in supply chains	Applied controlling
[49]	R. Tóth, É. Mester, I. Túróczi – Ellátási lánc eredményessége, valamint a felmerülő kockázati tényezők a controlling rendszer tükrében [in Hungarian]	Case study	Public finance reforms and accrual accounting	Applied controlling
[50]	J. Vácit – Esetszintű controlling - naprakész adatokkal [in Hungarian]	Case study	Healthcare institutional controlling	Applied controlling
[51]	J. van Helden, C. Reichard – Management control and public sector performance management	Theoretical review/analysis	Integration of management control systems in the public sector	Applied controlling

Table 4: Publications assigned to the applied controlling group (prepared by the authors)

2.2.4 Public Sector – Central Budget Perspective

Publications selected here examine the role of controlling specifically through the lens of the central budget:

- Van Helden–Reichard [51]: Review of the relationship between performance management and controlling in European public sectors. The authors emphasise the institutional significance of budgetary frameworks and accountability, noting that management control tools cannot be directly transplanted from the private sector due to differences in institutional and political contexts.
- Tahar–Menacere [46]: Analysis of controlling and management accounting in developing countries' public sectors, highlighting structural and institutional deficiencies as barriers.
- Bracci–Tallaki [11]: Investigation of management control's role in resilience within the public sector, stressing the importance of budgetary control flexibility in crisis management.
- Novoszách [42]: Examination of central budgetary institutions' controlling practices, pointing out a lack of strategic alignment and challenges in performance measurement.

Key finding: The selected public sector/budget-focused literature consistently shows that central budget controlling operates within a unique embeddedness, distinct from corporate controlling. Sector-level challenges include a lack of strategic alignment, the dominant role of the institutional environment, difficulties in performance measurement, crisis management functions, and structural constraints.

2.3 Outlook: Current and Future Challenges in Disaster Management from the Perspective of Systematic Literature Analysis

In Hungary, the mission of disaster management is unequivocal: “In the service of Hungary for safety.” In pursuing this mission, the organisation’s activities aim to ensure the safety of life and property for the population, while also strengthening social responsibility. This encompasses both the mitigation or elimination of the negative impacts of natural hazards and the management of emerging challenges posed by rapidly evolving trends in robotics, digitalisation, information and communication technologies, such as cybersecurity, digital assistants, and blockchain technology. **From a controlling perspective, disaster management is characterised by the need for decision support systems that simultaneously ensure rapid real-time responsiveness, measurable cost efficiency, and optimal resource allocation.** The introduction of new tools and technologies enables the identification of related theoretical and practical aspects through systematic literature analysis and opens opportunities for further targeted investigations. Without claiming completeness, the following research directions can be outlined:

- **Protection of Critical Infrastructures**¹³: Technological advancements create new opportunities for identifying vulnerabilities and strengthening protection, while simultaneously increasing the need for continuous engagement against cyber threats and natural disasters. A systematic literature review can reveal which controlling and decision-support tools facilitate rapid responses, optimal allocation of resources (e.g., human capital, organisational structures, information), and assurance of sustainability in critical infrastructure protection.
- **Drone Technology**¹⁴: Drones have become central for site assessment, intervention support, and monitoring of at-risk areas. A systematic literature analysis could elucidate the methodological characteristics and efficiency factors of drone applications in both international and domestic practices.
- **Artificial Intelligence (AI)**¹⁵: AI solutions (e.g., modelling, text and image processing) can be applied across multiple aspects of decision support, from risk assessment to logistical planning. A systematic review conducted according to the PRISMA methodology, can help identify the most relevant application areas.

¹³ **Protection of Critical Infrastructures:** This encompasses all activities aimed at safeguarding essential systems, facilities, and networks (e.g., drinking water, electricity, telecommunications networks, and the internet) against physical, IT-related, natural, or human-induced hazards.

¹⁴ **Drone Technology:** The technical and operational toolkit of drones (remotely piloted aerial vehicles), encompasses their engineering characteristics and potential applications.

¹⁵ **Artificial Intelligence (AI):** Computer systems and software capable of imitating tasks that require human-like intelligence, such as learning, problem-solving, reasoning, planning, and decision-making.

- **Big Data**¹⁶ and **Data Science**¹⁷: The rapid and efficient processing of large volumes of data generated during disaster management provides new decision support opportunities for end-users. Systematic analyses can reveal the effectiveness and security segments of data science tools.
- **Organizational Resilience**¹⁸ and **Human Resources (HR)**¹⁹: Reviewing the literature can contribute to assessing and developing the adaptive capacities of disaster management organisations (e.g., adaptability, competence development, knowledge sharing) and identifying directions for organisational improvement.

In addition to international examples, a substantial body of domestic literature can also serve as a foundation. Several studies published in **Védelem Tudomány** have addressed the intersection of technological innovations and disaster management activities, including the practical use of drones, the protection of critical infrastructure, and the role of data science in risk management. These sources, when systematically analysed, provide a scientifically grounded framework that can support the enhancement of disaster management operations.

Representative domestic and international publications include:

- [62]J. Mógor and I. Angyal. „A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérföldkövei 2022-2025”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 2, pp. 11-21, 2025. [in Hungarian].
- [63]I. Szalkai. „Veszélyes üzemek vizsgálata drón eszközzel”, *Védelem Tudomány*, vol. 8, no. 1, pp. 198-211, 2023. [in Hungarian].
- [64]L. Egyed. „Drónok használatának lehetőségei a katasztrófavédelelnél, különös tekintettel a tűzvédelmi prevencióra and a kárelhárításra”, *Védelem Tudomány*, vol. 8, no. 1, pp. 124-143, 2023. [in Hungarian].
- [65]E. Podholiczki. „Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben I. rész”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 1, pp. 1-30, 2025. [in Hungarian].
- [66]E. Podholiczki. „Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben II. rész”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 2, pp. 80-104, 2025. [in Hungarian].
- [67]S. Barnabás and R. Nagy. „Katasztrófák elleni védekezés informatikai támogatásának egyes kérdései”, *Védelem Tudomány*, vol. 6, no. 2, pp. 1-16, 2021. [in Hungarian].
- [68]B. R. Lakatos. „A katasztrófavédelmi hatósági feladatrendszer műszaki, technológiai háttérének az elemzése, a továbbfejlesztési lehetőségek vizsgálata”, *Védelem Tudomány*, vol. 7, no. 1, pp. 101-121, 2022. [in Hungarian].
- [69]T. Hábermayer, P. Hartner és Á. Muhoray. „A globális katasztrófa előrejelző és koordinációs, valamint a közösségi veszélyhelyzeti kommunikációs és információs rendszerek bemutatása”, *Hadmérnök*, vol. 13, no. 3, pp. 203-218, szept. 2018. [in Hungarian].
- [70]Hábermayer T., Hornyacsek J. és Á. Muhoray. „Katasztrófavédelmi önkéntesek motiváció kutatása a védekezések hatékonyságának növeléséhez”, *Hadmérnök*, vol. 13, no. 2, pp. 159-173, 2018. [in Hungarian].

¹⁶ **Big Data**: A complex technological environment that enables the collection, storage, processing, and analysis of extremely large and intricate datasets, whose size and complexity exceed the capacity of traditional data storage systems or conventional processing methods.

¹⁷ **Data Science**: A scientific discipline focused on extracting information and knowledge from large datasets using scientific methods, mathematical and statistical procedures, and computational tools (e.g., machine learning).

¹⁸ **Organizational Resilience**: The capacity of an organization to adapt, remain flexible, and sustain its operational continuity under adverse conditions.

¹⁹ **Human Resources (HR)**: The knowledge, skills, competencies, and motivations of employees, which are leveraged by the organization to achieve its objectives.

- [71]T. Hábermayer, I. Varga, A. Kricskovics és M. Vénosz. „A halálos tüzesetek számának csökkentése és a kritikus kockázati csoportok védelme egyszerűsített tűzkockázat-elemzéssel”, *Scientia et Securitas*, vol. 5, no. 3, pp. 308-322, 2024. [in Hungarian].
- [72]P. Trucco, E. Cagno, F. Ruggeri, and O. Grande. „Loss and damage assessment in critical infrastructures due to extreme events”, *Safety Science*, vol. 148, p. 105682, 2022.
- [73]M. Erdelj, M. Król, and E. Natalizio. „Wireless sensor networks and multi-UAV systems for natural disaster management”, *Computer Networks*, vol. 124, pp. 72-86, Sep. 2017.
- [74]M. Yu, C. Yang, Y. Li, and B. Zhou. „Big data in natural disaster management: a review”, *Geosciences*, vol. 8, no. 5, p. 165, 2018
- [75]S. Ghaffarian, F. R. Taghikhah, and H. R. Maier. “Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 98, Article 104123, Nov. 2023.
- [76]Akhyar, A., M. A. Zulkifley, J. Lee, T. Song, J. Han, C. Cho, S. Hyun, Y. Son, and B. W. Hong. “Deep artificial intelligence applications for natural disaster management systems: A methodological review,” *Ecological Indicators*, vol. 163, Article 112067, 2024

Key Finding: Future challenges in disaster management require a multidimensional approach, in which systematic literature analysis plays a crucial role in the scientific evaluation of emerging technologies (e.g., drones, artificial intelligence, big data, organisational solutions, protection of critical infrastructures), thereby enhancing the effectiveness of decision-support systems and promoting the sustainable functioning of the public sector.

3. SUMMARY

The research results highlight that controlling in public sector management has evolved from being a supplementary function into a **strategically significant tool** over the past decade. The systematic literature review processed 56 relevant publications from the last decade, which were categorised into three main thematic groups: theoretical control, supporting control, and applied control. Findings from the **theoretical group** indicate that the concept of control has undergone continuous development, from classical cost accounting and planning frameworks to data-driven and digitalised decision support. Hungarian researchers emphasised the specific characteristics of the domestic public sector and highlighted the importance of linking controlling education with scientific research. The **supporting group** analysis revealed that the combined influence of technological infrastructure, managerial commitment, and organisational culture fundamentally determines the effectiveness of controlling systems. Digitalisation and data science tools (e.g., big data, Power BI, artificial intelligence) open new dimensions in planning and monitoring the use of public funds. However, technological innovation alone is not sufficient: organisational readiness and adequate human resource capacity are indispensable. The **applied group** demonstrated that the use of control across various subsystems of the public sector (healthcare, education, municipal sector, and central institutions) provides significant added value. Case studies show that controlling facilitates the measurement of efficiency, effectiveness, and economy, while also supporting the development of rapid responses to crises. The temporal distribution of publications revealed a **cyclical pattern**, with the number of studies increasing significantly in odd years, mainly in response to global social and economic crises. This indicates that both the science and practice of controlling are closely connected to external environmental challenges, which generate new research directions and compel innovative solutions. **The study also addresses the potential for synthesising theoretical perspectives on current and prospective challenges in disaster management through systematic literature analysis.** Overall, controlling is increasingly appearing in central budget-related economic domains as an **integrated decision-support tool**.

4.1 PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only

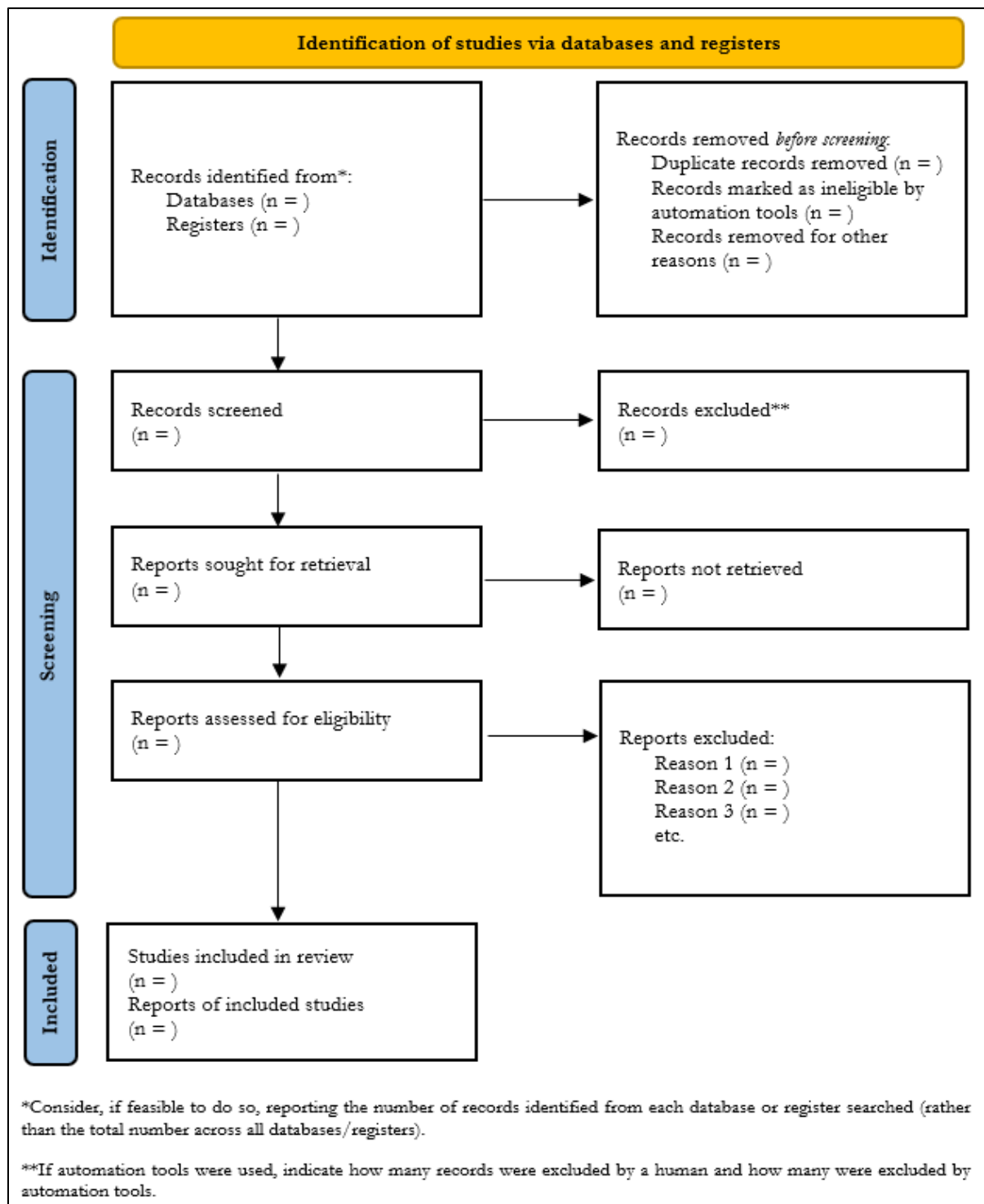


Figure 3: PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only [59]

4.2 PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist (<i>Table 6</i>).	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
		worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram (<i>Figure 3</i>).	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
studies		effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Table 5: PRISMA 2020 Checklist [59]

4.3 PRISMA 2020 for Abstracts checklist²⁰

Section and Topic	Item #	Checklist item
TITLE		
Title	1	Identify the report as a systematic review.
BACKGROUND		
Objectives	2	Provide an explicit statement of the main objective(s) or question(s) the review addresses.
METHODS		
Eligibility criteria	3	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review.
Information sources	4	Specify the information sources (e.g. databases, registers) used to identify studies and the date when each was last searched.
Risk of bias	5	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies.
Synthesis of results	6	Specify the methods used to present and synthesise results.
RESULTS		
Included studies	7	Give the total number of included studies and participants and summarise relevant characteristics of studies.
Synthesis of results	8	Present results for main outcomes, preferably indicating the number of included studies and participants for each. If meta-analysis was done, report the summary estimate and confidence/credible interval. If comparing groups, indicate the direction of the effect (i.e. which group is favoured).
DISCUSSION		
Limitations of evidence	9	Provide a brief summary of the limitations of the evidence included in the review (e.g. study risk of bias, inconsistency and imprecision).
Interpretation	10	Provide a general interpretation of the results and important implications.
OTHER		
Funding	11	Specify the primary source of funding for the review.
Registration	12	Provide the register name and registration number.

Table 6: PRISMA 2020 for Abstracts checklist²⁰ [59]

²⁰ This abstract checklist retains the same items as those included in the PRISMA for Abstracts statement published in 2013,⁵⁴ but has been revised to make the wording consistent with the PRISMA 2020 statement and includes a new item recommending authors specify the methods used to present and synthesise results (item #6).

4.4 Observation of the authors' publication relationships

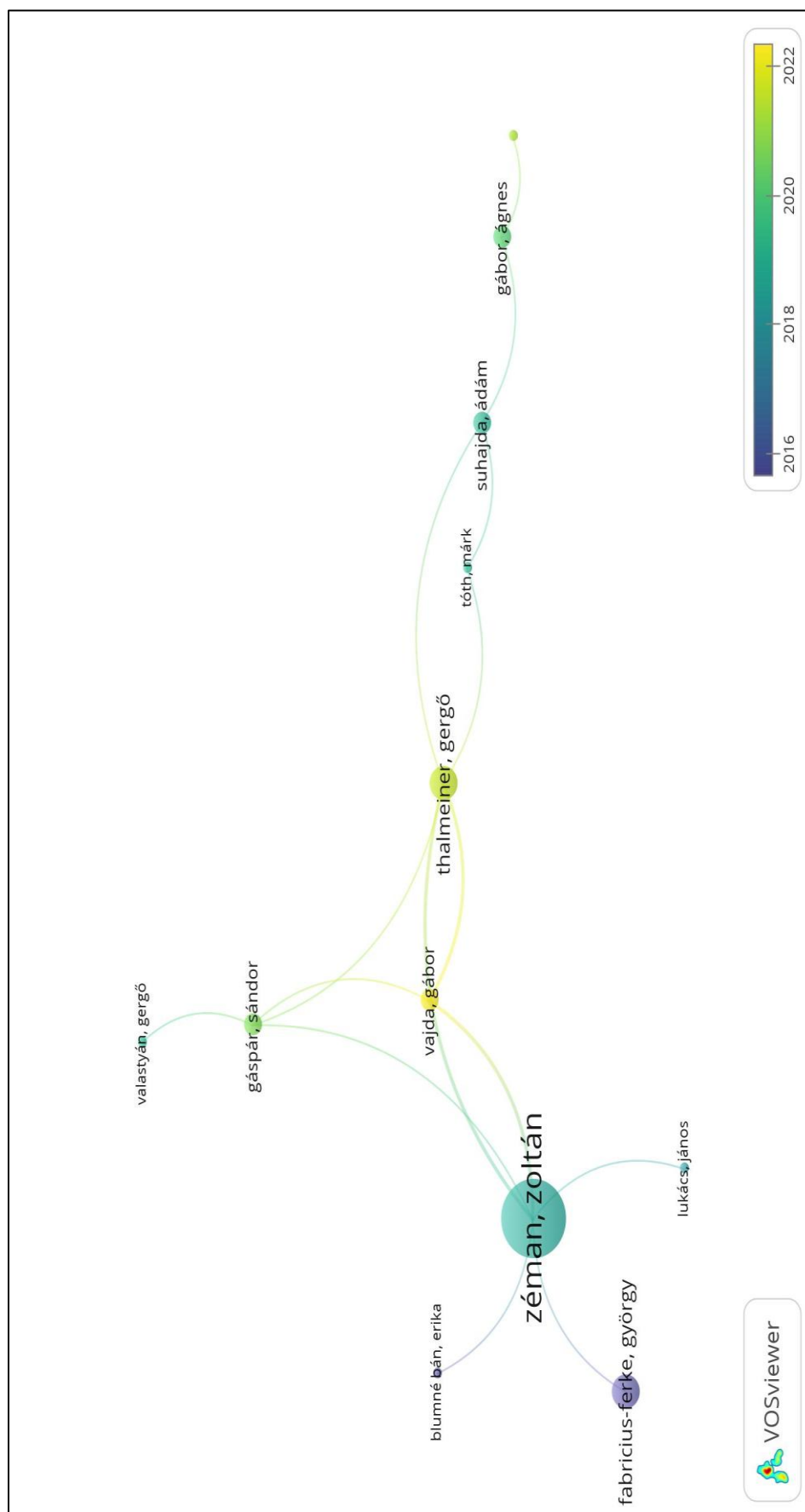


Figure 4: Observation of the authors' publication relationships (created by the authors using VOSviewer)

4.5 Clustering of authors²¹

Data: identification of the relevant cluster

Author	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Zsolt Barna	X			
Ágnes Gábor	X			
Ádám Suhajda	X			
Márk Tóth	X			
Erika Blumné Bán		X		
György Fabricius-Ferke		X		
János Lukács		X		
Zoltán Zéman		X		
Sándor Gáspár			X	
Gergő Valastyán			X	
Gergő Thalmeiner				X
Gábor Vajda				X

Table 7: Clustering of authors (created by the authors using VOSviewer)

²¹ Created using the VOSviewer software.

5. REFERENCES

- [1] M. A. Abd Aziz, H. Ab Rahman, M. M. Alam, and J. Said. „Enhancement of the accountability of public sectors through integrity system, internal control system and leadership practices: A review study”, *7th International Conference on Financial Criminology 2015*, vol. 28, no. 7, pp. 163-169, 2015, doi: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01096-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01096-5) [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115010965?via%3Dihub> (15/12/2024.)
- [2] P. Bagdács. „A kontrolling fejlődése a 20. századtól napjainkig”, *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, vol. 18, pp. 29-35, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.29-35> [Online]. Available: https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/jelenkori_tars-gazd_folyamatok/article/view/44494 (15/12/2024.)
- [3] P. Bajnai. „A controlling eszköztárát átalakító digitális technológiák térnyerése - hazai helyzetkép egy kérdőíves kutatás alapján”, *Controller Info*, vol. 10, no. 1, pp. 2-8, 2022. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2022.1.1> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-eszkoztarat-atalakito-digitalis-technologiak-ternyerese-hazai-helyzetkep-egy-kerdoives-kutatas-alapjan/> (10/11/2024.)
- [4] P. Bajnai. „A vállalati controlling funkció digitális átalakulásának sajátosságai a hazai szolgáltató szektorban”, *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, vol. 18, pp. 37-52, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.37-52> [Online]. Available: https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/jelenkori_tars-gazd_folyamatok/article/view/44488 (10/11/2024.)
- [5] P. Bajnai and V. Fenyves. „A controlling szerepének és eszköztárának átalakulása a digitalizáció hatására”, *Controller Info*, vol. 9, no. 4, pp. 2-8, 2021. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2021.4.1> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-szerepenek-es-eszkoztaranak-atalakulasa-a-digitalizacio-hatasara/> (10/11/2024.)
- [6] T. Bajor. „Kontrolling a közigazgatásban”, *Új Magyar Közigazgatás*, vol. 10, no. 4, pp. 30-36, 2017. [in Hungarian], [Online]. Available: https://www.kozszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2017/4/05_Kontrolling.pdf (10/11/2024.)
- [7] P. Becsky-Nagy and D. Droppa. „Cash flow-kimutatások a controlling szolgálatában”, *Controller Info*, vol. 3, no. 2, pp. 15-20, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/termekek/> (25/10/2024.)
- [8] M. Béres. „Kontrolling tapasztalatok egy szakkórház szemével”, *IME Interdiszciplináris Magyar Egészségügy: Tudományos Folyóirat*, vol. 16, no. 4, pp. 28-30, 2017. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ime.memt.hu/cikk/2017/04-lapszam-2017/kontrolling-tapasztalatok-egy-szakkorhaz-szemevel/> (22/10/2024.)
- [9] E. Blumné Bán and Z. Zéman. „Controlling a vezetés szolgálatában. történeti fejlődés, perspektívák”, *Taylor: Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Folyóirat*, vol. 6, no. 1-2, pp. 439-447, 2014. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/taylor/article/view/12832> (11/11/2024.)
- [10] E. Böcskei, É. Bácsné Bába, and V. Fenyves. „A controlling oktatásának és kutatásának helyzete az elmúlt évtized tükrében”, *Controller Info*, vol. 5, no. 2, pp. 21-27, 2017. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2017.2.4> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-oktatasanak-es-kutatasanak-helyzete-az-elmult-evtizet-tukreben/> (18/10/2024.)
- [11] E. Bracci and M. Tallaki. „Resilience capacities and management control systems in public sector organisations”, *Journal of Accounting and Organizational Change*, vol. 17, no. 3, pp. 332-351, 2021, doi: <https://doi.org/10.1108/JAOC-10-2019-0111> [Online]. Available: <https://www.emerald.com/jaoc/article/17/3/332/435014/Resilience-capacities-and-management-control> (11/11/2024.)

- [12] M. Chład and J. Jaroszyński. „Controlling logistics in the supply chain”, *Advanced Logistic Systems: Theory and Practice*, vol. 7, pp. 19-26, 2013. [Online]. Available: https://econpapers.repec.org/article/pczalspcz/v_3a7_3ay_3a2013_3ai_3a2_3ap_3a19-26.htm (11/11/2024.)
- [13] L. Czirkus and B. Medveczky. „A controlling a gazdálkodó szervezetek teljesítményértékelésében”, *Controller Info*, vol. 6, no. 3, pp. 24-27, 2018. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2018.3.6> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-a-gazdalkodo-szervezetek-teljesitmenyertekeleseben/> (18/10/2024.)
- [14] P. Doszpoly. „Küszöbön a digitalizáció: A kontrollerekkel szemben támasztott kompetencia- elvárások változása - szakirodalmi áttekintés”, *Economica*, vol. 10, no. 3-4, 2019. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2019/10/3-4/4699> [Online]. Available: <https://ojs.lib.unideb.hu/economica/article/view/4699> (18/10/2024.)
- [15] G. Fabricius-Ferke. „Controlling: Management, vagy leadership?”, *Controller Info*, vol. 3, no. 2, pp. 37-44, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/controlling-management-vagy-leadership/> (18/10/2024.)
- [16] G. Fabricius-Ferke. „A controlling megatrendek egyes információ-technológiai vonatkozásai [II. rész]”, *Controller Info*, vol. 5, no. 1, pp. 8-11, 2017. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-megatrendek-egyes-informacio-technologiai-vonatkozasai-ii-resz/> (18/10/2024.)
- [17] G. Fabricius-Ferke and Z. Zéman. „A controlling megatrendek egyes információ-technológiai vonatkozásai (I. rész)”, *Controller Info*, vol. 4, no. 3, pp. 10-14, 2016. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-megatrendek-egyes-informacio-technologiai-vonatkozasai-i-resz/> (18/10/2024.)
- [18] E. Fedchenko, N. Savina, T. Timkin, I. Lipatova, and A. Vinogradova. „Developing a controlling system as a factor in improving the quality of public administration”, *Revista Gestao & Tecnologia - Journal of Management and Technology*, vol. 23, pp. 136-153, 2023. doi: <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2023.v23i0.2601> [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/373649213_Developing_a_controlling_system_as_a_factor_in_improving_the_quality_of_public_administration (11/11/2024.)
- [19] Z. Fekete. „Hogyan hat a controlling szakmára a Power BI, mint új trend?”, *Controller Info*, vol. 11, no. 3, pp. 23-26, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2023.3.5> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/hogyan-hat-a-controlling-szakmara-a-power-bi-mint-uj-trend/> (11/11/2024.)
- [20] T. Felício, A. Samagaio, and R. Rodrigues, „Adoption of management control systems and performance in public sector organizations”, *Journal of Business Research*, vol. 124, pp. 593-602, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.069> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296320307426?via%3Dihub> (18/10/2024.)
- [21] V. Fenyves and K. Dajnoki. „Controlling eszközök a humán erőforrás gazdálkodás területén”, *Controller Info*, vol. 3, no. 3, pp. 68-73, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/controlling-eszkozok-a-human-eroforras-gazdalkodas-területen/> (18/10/2024.)
- [22] G. Ferke. „Pénzügyi operatív controlling informatikai támogatása, a kintlévőségek és tartozások időstruktúrájának kezelésénél”, *Controller Info*, vol. 1, no. 1, pp. 23-27, 2013. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/penzugyi-operativ-controlling-informatikai-tamogatasa-a-kintlevosegek-es-tartozasok-idostrukturajanak-kezelesenel/> (18/10/2024.)
- [23] Á. Gábor and Z. Barna. „A HR funkciók szerepe a controlling fókuszú szervezetben”, *Controller Info*, vol. 11, no. 1, pp. 30-31, 2021. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2021.1.6> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/issue/ix-evf-2021-1-szam/> (15/12/2024.)

- [24] Á. Gábor and Á. Suhajda. „A szervezeti kultúra dimenziói a controlling fókuszú szervezetben”, *Controller Info*, vol. 7, no. 2, pp. 30-35, 2019. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2019.2.5> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-szervezeti-kultura-dimenzioi-a-controlling-fokusz-szervezetben/> (15/12/2024.)
- [25] S. Gáspár and G. Valastyán. „Lean eszközök és módszerek megjelenése és vizsgálata a controlling rendszerekben”, *Controller Info*, vol. 7, no. 1, pp. 41-45, 2019. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2019.1.8> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/lean-eszkozok-es-modszerek-megjelenese-es-vizsgalata-a-controlling-rendszerekben/> (11/10/2024.)
- [26] P. Kalmár. „Adattudomány és ‘big data’ technológia a controlling szolgálatában”, *Controller Info*, vol. 5, no. 2, pp. 2-5, 2017. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2017.2.1> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/adattudomany-es-big-data-technologia-a-controlling-szolgalataban/> (11/10/2024.)
- [27] D. Kaposi-Szász. „Kontrolling jelentősége, célja, funkcionalitása, különös tekintettel a HR kontrolling vonatkozásában”, *Controller Info*, vol. 8, no. 4, pp. 22-25, 2020. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2020.4.4> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/kontrolling-jelentosege-celja-funkcionalitasa-kulonos-tekitettel-a-hr-kontrolling-vonatkozasaban/> (11/10/2024.)
- [28] J. Kárpáti. „Vállalati kontrolling módszerek alkalmazási modellje az állam működésének értékelésében”, *SZTE Gazdaságtudományi Kar Közleményei*, vol. 12, no. 2, pp. 253-269, 2013. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://share.google/udtDJ8GgKn0nhsCeE> (18/11/2024.)
- [29] K. Koppány. „A controlling eltéréselemzés vizualizációja excelben: A vízésés-diagram (1. rész)”, *Controller Info*, vol. 10, no. 4, pp. 7-13, 2022. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2022.4.2> [Online]. Available: https://controllerinfo.hu/wp-content/uploads/2023/04/ContrInf_Koppány-SZINES-120224.pdf (18/12/2024.)
- [30] K. Koppány. „A vízésés-diagram alkalmazási lehetőségei a controlling és az üzleti elemzés területén”, *Controller Info*, vol. 11, no. 1, pp. 48-53, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2023.1.8> [Online]. Available: https://controllerinfo.hu/wp-content/uploads/2023/04/8_A-vizeses-diagram-alkalmazasi-lehetosegei-a-controlling-es-az-uzleti-elemzes-teruleten-1.pdf (18/12/2024.)
- [31] K. Koppány and P. Kresalek. „A controlling eltéréselemzés módszerei I.”, *Controller Info*, vol. 11, no. 2, pp. 2-6, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2023.2.1> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-eltereselemzes-modszerei-i/> (18/12/2024.)
- [32] K. Koppány and P. Kresalek. „A controlling eltéréselemzés módszerei II.”, *Controller Info*, vol. 11, no. 3, pp. 6-11, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2023.3.2> [Online]. Available: https://controllerinfo.hu/wp-content/uploads/2023/12/ContrInf_beliv_2023-03_negyedev_2.pdf (18/12/2024.)
- [33] B. Kovács. „A controlling-folyamatok hatékonyságának mérése és növelése”, *E-Conom: Online Tudományos Folyóirat*, vol. 8, no. 1, 2019. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.17836/EC.2019.1.027> [Online]. Available: <https://journal.uni-sopron.hu/index.php/econom/article/view/econom-2019-027-037> (10/11/2024.)
- [34] T. Kozma, B. Gyenge, and R. Tóth. „Ellátási lánc controlling”, *Controller Info*, vol. 3, no. 3, pp. 15-23, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/ellatasi-lanc-controlling/> (10/11/2024.)
- [35] É. Krenyácz. „A hazai egészségügyi intézmények kontrolling-rendszere”, *Statistikai Szemle*, vol. 93, no. 8-9, pp. 823-843, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: https://www.ksh.hu/statszemle_archive/2015/2015_08-09/2015_08-09_823.pdf (18/10/2024.)
- [36] É. Krenyácz. „Controlling in Hungarian hospitals: History and key issues”, *Society and Economy*, vol. 40, pp. 605-622, 2018, doi: <https://doi.org/10.1556/204.2018.40.4.8> [Online]. Available: https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3891/1/SE_2018n4p605.pdf (18/10/2024.)

- [37]I. Lábás and F. Kondorosi. „Költségvetési szervek eredményesebb működését támogató controlling”, *Controller Info*, vol. 3, no. 1, pp. 16-19, 2015. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/koltsegvetesi-szervek-eredmenyesebb-mukodeset-tamogato-controlling/> (10/11/2024.)
- [38]C. Lentner, P. Molnár, and V. Nagy. „Accrual accounting and public finance reforms in Hungary: The study of application in the public sector”, *Economic Annals-XXI*, vol. 183, no. 5-6, pp. 89-105, 2020, doi: <https://doi.org/10.21003/ea.V183-09> [Online]. Available: <https://ea21journal.world/index.php/ea.V183-09/> (18/12/2024.)
- [39]K. Liapis and P. Spanos. „Public accounting analysis under budgeting and controlling process: The Greek evidence”, *Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the Changed World (EBEEC 2015)*, vol. 33, no. 7, pp. 103-120, 2015, doi: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01697-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01697-4) [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115016974?via%3Dihub> (18/12/2024.)
- [40]T. Nagy. „A lean menedzsment és a controlling kapcsolati rendszere”, *Controller Info*, vol. 4, no. 1, pp. 38-42, 2016. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-lean-menedzsment-es-a-controlling-kapcsolati-rendszere/> (11/11/2024.)
- [41]E. Nikliné Gáldonyi. „Az egységes controlling módszertan és implementációjának tapasztalatai”, *IME Interdiszciplináris Magyar Egészségügy: Tudományos Folyóirat*, vol. 15, no. 2, pp. 21-24, 2016. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ime.memt.hu/cikk/2016/02-lapszam-2016/az-egyseges-controlling-modszertan-es-implementaciojanak-tapasztalatai/> (18/12/2024.)
- [42]P. Novoszáth. „A controlling szerepe és főbb kihívásai a jelenlegi magyar köz- és nonprofit szférában”, *Taylor: Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Folyóirat*, vol. 11, no. 1, pp. 56-72, 2019. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/taylor/article/view/21945> (27/11/2024.)
- [43]A. S. Paterson, F. Changwony, and P. B. Miller. „Accounting control, governance and anticorruption initiatives in public sector organisations”, *British Accounting Review*, vol. 51, no. 5, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.100844> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0890838919300691?via%3Dihub> (28/11/2024.)
- [44]L. Pavlik. „Verseny és controlling a közszféra egy fontos szegmensében, a felsőoktatásban”, *Pénzügyi Szemle*, vol. 62, no. 1, pp. 48-70, 2017. [in Hungarian], [Online]. Available: https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/9450/1/pavlikl-2017-1-mpdf_20170406155237_65.pdf (13/11/2024.)
- [45]Á. Szukits, L. Sztrida, and I. A. Szabó. „Információs folyamatok digitalizációjának hatása a kontrolleri szakmára - Szisztematikus irodalomáttekintés”, [manuscript, 2024, forthcoming]. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2024.06.03> [Online]. Available: <https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/10027/> (10/10/2024.)
- [46]A. Tahar and K. Menacere. „Management accounting practices in the public sector of developing countries”, *African Journal of Accounting, Auditing and Finance*, vol. 2, no. 2, pp. 128-145, 2013, doi: <https://doi.org/10.1504/AJAAF.2013.057075>. [Online]. Available: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=57075> (30/11/2024.)
- [47]G. Thalmeiner, Á. Suhajda, and M. Tóth. „Teoretikus controlling szemléletek”, *Controller Info*, vol. 7, no. 2, pp. 23-29, 2019. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2019.2.4> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/teoretikus-controlling-szemleletek/> (29/10/2024.)
- [48]C. Tóth G. „A költségvetés fenntarthatóságát mérő mutatók előrejelző képessége”, *Pénzügyi Szemle*, vol. 59, no. 4, pp. 544-561, 2014. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://www.proquest.com/openview/2cf36f0acf7a8070bf80a35e5db37c6a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2046131> (14/10/2024.)

- [49]R. Tóth, É. Mester, and I. Túróczi. „Ellátási lánc eredményessége, valamint a felmerülő kockázati tényezők a controlling rendszer tükrében”, *Controller Info*, vol. 5, no. 1, pp. 2-7, 2017, doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2017.1.1> [in Hungarian], [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/ellatasi-lanc-eredmenyessege-valamint-a-felmerulo-kockazati-tenzok-a-controlling-rendszer-tukreben/> (18/10/2024.)
- [50]J. Vácit. „Esetszintű controlling - naprakész adatokkal”, *IME Interdiszciplináris Magyar Egészségügy: Tudományos Folyóirat*, vol. 17, no. 4, pp. 19-22, 2018. [in Hungarian], [Online]. Available: https://ime.memt.hu/wp-content/uploads/3020_19_22.pdf (12/12/2024.)
- [51]J. van Helden and C. Reichard. „Management control and public sector performance management”, *Baltic Journal of Management*, vol. 14, no. 1, pp. 158-176, 2019, doi: <https://doi.org/10.1108/BJM-01-2018-0021> [Online]. Available: <https://www.emerald.com/bjm/article-abstract/14/1/158/18457/Management-control-and-public-sector-performance?redirectedFrom=fulltext> (18/10/2024.)
- [52]Z. Zéman. „A controlling fejlődéstörténetének főbb irányzatai”, *Gazdaság és Társadalom: Társadalomtudományi Folyóirat*, vol. 8, no. 2, pp. 91-106, 2016. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.21637/GT.2016.2.04>. [Online]. Available: <https://real.mtak.hu/49606/> (13/10/2024.)
- [53]Z. Zéman. „Controlling kutatás jelene és jövője”, *Controller Info*, vol. 9, no. 4, pp. 67-73, 2021. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2021.4.12> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/controlling-kutatas-jelene-es-jovoje/> (18/11/2024.)
- [54]Z. Zéman and J. Lukács. „A controlling információigénye”, *Számvitel, Adó, Könyvvizsgálat*, vol. 60, no. 10, p. 38, 2018. [in Hungarian], [Online]. Available: https://www.matarka.hu/cikk_list.php?fusz=172423 (18/11/2024.)
- [55]Z. Zéman, G. Vajda, and G. Thalmeiner. „A controlling fejlődés új iránya, az adatvezérelt controlling”, *Controller Info*, vol. 11, no. 1, pp. 2-7, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2022.4.1> [Online]. Available: https://controllerinfo.hu/wp-content/uploads/2023/04/1_A-controlling-fejlodes-uj-iranya-az-adatvezereelt-controlling-1.pdf (19/11/2024.)
- [56]Z. Zéman, G. Vajda, G. Thalmeiner, and S. Gáspár. „A controlling fejlődés új iránya, az adatvezérelt controlling”, *Controller Info*, vol. 10, no. 3, pp. 49-56, 2022. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24387/CI.2022.3.9> [Online]. Available: <https://controllerinfo.hu/a-controlling-fejlodes-uj-iranya-az-adatvezereelt-controlling/> (19/11/2024.)
- [57]C. Sohrabi, G. Mathew, T. Franchi, A. Kerwan, M. Griffin, J. S. C. Del Mundo, S. A. Ali, and R. Agha. „The PRISMA 2020 statement: what's new and the importance of reporting guidelines”, *International Journal of Surgery*, vol. 88, p. 105918, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105918> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919121000522> (20/11/2024.)
- [58]É. Quinn, J. Smith, L. Brown, et al. „The People's Review protocol: designing an innovative study by the public”, *Research Involvement and Engagement*, vol. 11, no. 1, p. 28, 2025. doi: <https://doi.org/10.1186/s40900-025-00682-7> [Online]. Available: <https://researchinvolvement.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40900-025-00682-7> (12/12/2024.)
- [59]M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, et al. „The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews”, *BMJ*, vol. 372, p. n71, 2021. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71> [Online]. Available: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71> (30/12/2024.)
- [60]N. Kovács and Z. Bács. „A controlling, mint egy lehetséges támogató eszköz”, *Védelemtudomány*, vol. 9, no. 4, pp. 74-95, 2024. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.61790/vt.2024.17661>. [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/17661> (31/12/2024.)

- [61] A. Kovári. „Szisztematikus szakirodalom feldolgozás lépései a PRISMA 2020 ajánlása alapján”, *Információs Társadalom*, vol. 14, no. 3, p. 385, 2024. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.24368/jates385> [Online]. Available: <https://real.mtak.hu/216252/> (03/05/2025.)
- [62] J. Mógor and I. Angyal. „A kritikus infrastruktúrák ellenálló képesség fejlesztését célzó szabályozás mérföldkövei 2022-2025”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 2, pp. 11-21, 2025. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19455> [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/19455> (08/08/2025.)
- [63] I. Szalkai. „Veszélyes üzemek vizsgálata drón eszközzel”, *Védelem Tudomány*, vol. 8, no. 1, pp. 198-211, 2023. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13574> (08/08/2025.)
- [64] L. Egyed. „Drónok használatának lehetőségei a katasztrófavédeleminél, különös tekintettel a tűzvédelmi prevencióra and a kárelhárításra”, *Védelem Tudomány*, vol. 8, no. 1, pp. 124-143, 2023. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.61790/vt.2023.13092> [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13092> (10/08/2025.)
- [65] E. Podholiczki. „Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben I. rész”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 1, pp. 1-30, 2025. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.18288> [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/18288> (10/08/2025.)
- [66] E. Podholiczki. „Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben II. rész”, *Védelem Tudomány*, vol. 10, no. 2, pp. 80-104, 2025. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.61790/vt.2025.19350> [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/19350> (11/08/2025.)
- [67] S. Barnabás and R. Nagy. „Katasztrófák elleni védekezés informatikai támogatásának egyes kérdései”, *Védelem Tudomány*, vol. 6, no. 2, pp. 1-16, 2021. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13475> (11/08/2025.)
- [68] B. R. Lakatos. „A katasztrófavédelmi hatósági feladatrendszer műszaki, technológiai hátterének az elemzése, a továbbfejlesztési lehetőségek vizsgálata”, *Védelem Tudomány*, vol. 7, no. 1, pp. 101-121, 2022. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13635> (13/08/2025.)
- [69] T. Hábermayer, P. Hartner és Á. Muhoray. „A globális katasztrófa előrejelző és koordinációs, valamint a közösségi veszélyhelyzeti kommunikációs és információs rendszerek bemutatása”, *Hadmérnök*, vol. 13, no. 3, pp. 203-218, szept. 2018. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/3827> (01/08/2025.)
- [70] Hábermayer T., Hornyacsek J. és Á. Muhoray. „Katasztrófavédelmi önkéntesek motiváció kutatása a védekezések hatékonyságának növeléséhez”, *Hadmérnök*, vol. 13, no. 2, pp. 159-173, 2018. [in Hungarian], [Online]. Available: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/6212> (01/08/2025.)
- [71] T. Hábermayer, I. Varga, A. Kricskovics és M. Vénosz. „A halálos tüzesetek számának csökkentése és a kritikus kockázati csoportok védelme egyszerűsített tűzkockázat-elemzéssel”, *Scientia et Securitas*, vol. 5, no. 3, pp. 308-322, 2024. [in Hungarian], doi: <https://doi.org/10.1556/112.2024.00235> [Online]. Available: <https://akjournals.com/view/journals/112/5/3/article-p308.xml> (01/08/2025.)
- [72] P. Trucco, E. Cagno, F. Ruggeri, and O. Grande. „Loss and damage assessment in critical infrastructures due to extreme events”, *Safety Science*, vol. 148, p. 105682, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105587> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753521004288> (10/07/2025.)
- [73] M. Erdelj, M. Król, and E. Natalizio. „Wireless sensor networks and multi-UAV systems for natural disaster management”, *Computer Networks*, vol. 124, pp. 72-86, Sep. 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.05.021> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128617302220> (11/07/2025.)

- [74] M. Yu, C. Yang, Y. Li, and B. Zhou. „Big data in natural disaster management: a review”, *Geosciences*, vol. 8, no. 5, p. 165, 2018. doi: <https://doi.org/10.1109/SITIS.2017.67> [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/324488027_A_Review_on_Applications_of_Big_Data_for_Disaster_Management (19/07/2025.)
- [75] S. Ghaffarian, F. R. Taghikhah, and H. R. Maier. “Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 98, Article 104123, Nov. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104123> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420923006039> (19/07/2025.)
- [76] Akhyar, A., M. A. Zulkifley, J. Lee, T. Song, J. Han, C. Cho, S. Hyun, Y. Son, and B. W. Hong. “Deep artificial intelligence applications for natural disaster management systems: A methodological review,” *Ecological Indicators*, vol. 163, Article 112067, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112067> [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X24005247> (19/07/2025.)

VÉDELEM
Tudomány



A KATASZTRÓFAVÉDELEM
ONLINE SZAKMAI,
TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA