



# HADMÉRNÖK

## Kiemelt közlemények

**ISTVÁN MÉSZÁROS:** *Hospital Disaster Management – Evacuation of Perinatal Intensive Care Units Based on Emergency Management Plan*

**GÓZON FANNI ZSUZSANNA, VÁCZI DÁNIEL, LAUFER EDIT:** *Hierarchikus fuzzy alapú kiberbiztonsági kockázatértékelő modell*

**KOCZKA FERENC:** *A felsőoktatási intézmények informatikai védelmének szektorspecifikus kérdései*

17. évf. (2022)  
1. szám

ISSN 1788-1919 (elektronikus)



**LUDOVIKA**  
EGYETEMI KIADÓ

### Hadmérnök

Katonai műszaki tudományok online folyóirata  
ISSN 1788-1919 (elektronikus)

### A szerkesztőbizottság elnöke

Kovács László dandártábornok, egyetemi tanár

### A szerkesztőbizottság elnökhelyettese

Munk Sándor ny. ezredes, professor emeritus

### A szerkesztőbizottság tagjai

Alexandru Babos őrnagy, egyetemi docens

Berek Tamás ezredes, egyetemi docens

Bryson Payne egyetemi docens

Eleki Zoltán ezredes

Földi László ezredes, egyetemi tanár

Haig Zsolt ezredes, egyetemi tanár

Horváth Attila ezredes, egyetemi tanár

Kállai Attila alezredes, egyetemi docens

Lukács László ny. alezredes, egyetemi tanár

Pohl Árpád dandártábornok, egyetemi docens

Josef Procházka ny. alezredes, egyetemi docens

Szászi Gábor ezredes, egyetemi docens

Taksás Balázs százados, egyetemi docens

Turcsányi Károly ny. ezredes, egyetemi tanár

Ujházy László ezredes, egyetemi docens

### Főszerkesztő

Farkas Tibor őrnagy, egyetemi docens

### Szerkesztőség

Kovács László dandártábornok, egyetemi tanár

Németh József Lajos, egyetemi docens

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

1101 Budapest, Hungária krt. 9–11.

Postacím: 1581 Budapest, Pf. 15.

„A” épület 9. emelet, 901. iroda

Telefon: +36-1-432-9000/29-289/ Fax: +36-1-432-9025

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

Web: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok>

### Kiadó

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó

Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Kapcsolat: [www.ludovika.hu](http://www.ludovika.hu); [kiadvanyok@uni-nke.hu](mailto:kiadvanyok@uni-nke.hu)

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Gergely Zsuzsánna, György László, Resofszi Ágnes



# Tartalom

## Biztonságtechnika

- Veresné Rauscher Judit, Berek Lajos: *Kórházak biztonsága és védelme 2.*  
– személy- és vagyonvédelmi eszközök lehetőségei . . . . . 5

## Környezetbiztonság

- Jackovics Péter, Muhoray Árpád, Pék László: *Magyar katasztrófaorvosi mentőcsapat műveleti tevékenysége Haitin* . . . . . 21
- Bana János, Kovacsóczy László: *Sugárárnyékolt jármű lehetséges alkalmazása a baleseti sugárhelyzet felmérésében* . . . . . 43
- Maxim Kátai-Urbán: *Examination of the Firewater Pollution Prevention Regulation in Hungary* . . . . . 57
- Farkas Csaba Bence: *A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai* . . . . . 67
- Katona Gábor: *A védett természeti területek helyzete a vízgazdálkodási nagylétesítmények fenntartásában* . . . . . 83
- Gábor Deli: *Mechanism of Action and Use of Radiomimetic Compounds* . . . . . 101

## Védelem-informatika

- Gózon Fanni Zsuzsanna, Váczi Dániel, Laufer Edit: *Hierarchikus fuzzy alapú kiberbiztonsági kockázatértékelő modell* . . . . . 117
- Koczka Ferenc: *A felsőoktatási intézmények informatikai védelmének szektorspecifikus kérdései* . . . . . 139

Grégory Lucas, Gergely László, Csaba Lénárt, József Solymosi: *Review of Remote Sensing Technologies for the Acquisition of Very High Vertical Accuracy Elevation Data (DEM) in the Framework of the Precise Remediation of Industrial Disasters – Part 1* . . . . . 155

Sándor Munk: *Are Traditional IT System Interoperability Solutions Sufficient and Efficient? Thoughts on Novel Solutions* . . . . . 171

### Fórum

János Gyula Kocsi: *The Significance of the Establishment of the United States Indo-Pacific Command for U.S.–China Relations* . . . . . 193

István Mészáros: *Hospital Disaster Management – Evacuation of Perinatal Intensive Care Units Based on Emergency Management Plan* . . . . . 203



Veresné Rauscher Judit,<sup>1</sup> Berek Lajos<sup>2</sup>

## Kórházak biztonsága és védelme 2. – személy- és vagyonvédelmi eszközök lehetőségei

### Hospital Safety and Security 2 – Personal and Property Protection Equipment

Az egészségügyi létesítmények, azon belül is a kórházak a kritikus infrastruktúra részét képezik mind műszaki, mind társadalmi szempontból. A legfontosabb feladatuk a gyógyítás, amit különböző vészhelyzetekben is folytonosan biztosítani szükséges. Emiatt fontos kérdés, hogy a kórházakban milyen külső és belső veszélyforrások merülnek fel kockázatként és azok milyen védelmi megoldásokkal csökkenthetők.

A két részből álló cikksorozat 2. részében a korábban feltárt kockázati tényezők típusai, jellemzői alapján nemzetközi ajánlások és saját tapasztalatok alapján meghatározzuk, hogy azok elkerülhető-e, és ha igen, akkor milyen megelőző biztonsági kialakítással vagy tevékenységgel csökkenthetők a kockázataik és a hatásuk. A kutatásunk alapján kijelenthető, hogy a kórházakat fenyegető veszélyek teljes mértékben nem kerülhetők el, azonban biztonsági intézkedésekkel csökkenthetők a kockázatok.

A cikksorozatban feltártuk a kórházakat érintő speciális kockázati tényezőket, és javaslatot adtunk azok lehetséges csökkentésére vagy elkerülésére. Fontos tényező azonban, hogy minden egyes intézmény egyedi funkcióval és kialakítással rendelkezik, így az általános útmutatás mellett mindig szükséges az egyedi elemzések elkészítése és a szükséges megelőző tevékenységek meghatározása. Ezekkel jelentősen növelhető az egészségügyi intézmények, különösen a kórházak működési biztonsága, ami egyben kihatással van azok gazdasági és társadalmi megítélésére is.

<sup>1</sup> Doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: [judit@flamella.hu](mailto:judit@flamella.hu)

<sup>2</sup> Egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: [berek.lajos@bgk.uni-obuda.hu](mailto:berek.lajos@bgk.uni-obuda.hu)

**Kulcsszavak:** egészségügy, kórház, biztonság, kockázat, kritikus infrastruktúra, gyógyítás, üzembiztonság, védelem

Healthcare facilities, including hospitals, are part of critical infrastructure, both from a technical and a social point of view. Their most important task is to provide medical care, which must be provided at all times, even in emergency situations. For this reason, the question of what external and internal hazards pose a risk in hospitals and what protection solutions can be put in place to reduce them is an important issue.

In Part 2 of this two-part series of articles, we will use the types and characteristics of the risk factors identified earlier. Based on international safety recommendations and our own experience, we determine whether they are avoidable and, if so, what preventive safety design or activity can be used to reduce their risks and impact. Based on our research, it can be stated that hazards to hospitals cannot be completely avoided, but risks can be reduced by safety measures.

In this series of articles, we have identified specific risk factors that affect hospitals and suggested possible ways to reduce or avoid them. An important factor, however, is that each institution has a unique function and design, so in addition to general guidance, it is always necessary to carry out specific analyses and identify the necessary preventive actions. These can significantly improve the operational safety of healthcare institutions, particularly hospitals, and also have an impact on their economic and social image.

**Keywords:** healthcare, hospital, security, risk factors, critical infrastructure, medical care, operational safety, protection

## 1. Bevezetés

A cikksorozatunk első részében összeszedtük, hogy az egészségügyi létesítményeknek, ezen belül a kórházaknak milyen veszélyforrásokkal kell számolniuk és mire kell felkészülniük. Ezek lehetnek szándékos cselekmények hatásai és véletlen események miatti vészhelyzetek, de mindkét esetben az egyes kórházi vészhelyzeteknek különböző következményei lehetnek.

A szándékos támadások nem zárhatók ki teljes mértékben, azok lehetséges céljai Magyarországon is jelen vannak. Bár fontos megjegyezni, hogy jelenleg nem tartozunk a jellemző terrorista célországok közé,<sup>3</sup> de ez a helyzet a jövőben változhat, és szerencsésebb megelőzni a problémákat. A szándékos károkozás céljai között jellemzőbb itthon a lopás, mind fizikai, mind digitális értelemben. Ezekre a közelmúltból az alábbi példákat találtuk, amelyek mutatják, hogy nem egyedi esetről van szó:

<sup>3</sup> Tálás Péter: *A nemzetközi terrorizmus és a szervezett bűnözés hatása a nemzetközi biztonságra és Magyarország biztonságára*. Budapest, ZMNE SVKI Elemzések, 2007.

- 2020 áprilisában – az országos kórházparancsnok válasza alapján – több esetben loptak el fertőtlenítőszeret, maszkokat, kesztyűket, számítógépet, amelyek miatt 3 rendőrségi eljárás volt folyamatban.<sup>4</sup>
- 2020 májusában egy férfi a kalocsai kórházban fekvő betegektől lopott, látogatás helyett.<sup>5</sup>
- 2020 szeptemberében volt hír, hogy több magyar kórház informatikai rendszerét támadták hamis e-mailekkel, amelyek alkalmasak lehetnek bármilyen adatlopásra vagy zsarolóvírus terjesztésére is.<sup>6</sup>
- 2020 októberében egy férfi informatikai eszközöket lopott el a pécsi megyei kórház üres, de nem lezárt területéről, közel félmillió forint értékben. A kórházi személyzet nem vette észre, hogy bejutott a területre, ahonnan több alkalommal is el tudott vinni különböző eszközöket.<sup>7</sup>
- 2021 februárjában volt jelentős hír, hogy egy rezidens a Szent László Kórházból lopott speciális gyógyszerekkel üzletelt, ami járványhelyzetben különösen káros lehet a társadalmi megítélés szempontjából.<sup>8</sup>

A véletlen veszélyhelyzetek, balesetek vagy károk feltárt csoportjai azonban mindenképpen befolyásolják a magyarországi kórházak helyzetét, és mérlegelni kell, hogy ezek kockázata hogyan csökkenthető jelentős mértékben. Néhány példa a közelmúltból, amely – a saját tapasztalaton túl – mutatja, hogy ezekkel a kérdésekkel mindenképpen foglalkozni kell:

- 2013 júliusában műszaki hiba miatt halt meg egy nő a mosonmagyaróvári Karolina Kórházban. A felújítás során fordítva kötötték be az altatógáz- és az oxigéncsőveket. 4 embert elítéltek.<sup>9</sup>
- 2016 tavaszán a szolnoki Hetényi kórházban a transzformátorházban meghibásodás történt. Az ellátás zavartalanságát külön áramfejlesztőkkel oldották meg, amelyek automatikusan átkapcsoltak, de a nem sürgős műtéteket el kellett halasztani. A sürgősségi ellátást átirányították Karcagra, Jászberénybe és Ceglédre.<sup>10</sup>
- 2016 nyarán egy utcai víznyomócső törése zavarta meg fél napra a sátoraljaújhelyi kórház működését.<sup>11</sup> (Ez természetesen bárhol és bármikor előfordulhat, azonban az intézménynek fel kell készülnie a betegellátás folytatására ebben a helyzetben is.)
- 2017 januárjában a kistarcsai Flór Ferenc Kórház fűtési rendszere a rendszeres karbantartás ellenére meghibásodott, amit csak estére tudtak részlegesen

<sup>4</sup> DA: Kórházi lopások: valahonnan egy számítógépet is elhoztak. *Index.hu*, 2020. április 16.

<sup>5</sup> Alvó betegeket fosztott ki egy férfi a kórházban Kalocsán. *Origo.hu*, 2020. május 5.

<sup>6</sup> Botos Tamás: Hivatalosnak tűnő emailekkel támadják a magyar kórházak informatikai rendszereit. *444.hu*, 2020. szeptember 24.

<sup>7</sup> A Covid-központból lopott, vádat emeltek ellene. *Szabad Pécs*, 2020. október 8.

<sup>8</sup> Szemán László János: Lopott gyógyszerekkel üzletelt egy rezidens. *Magyar Nemzet*, 2021. február 22.

<sup>9</sup> Műszaki hiba miatt halt meg egy beteg a mosonmagyaróvári kórházban. *Kisalföld.hu*, 2017. október 27.

<sup>10</sup> Műszaki hiba miatt áramfejlesztők látják el a szolnoki Hetényi kórházat. *JNSZ.hu*, 2016. április 9.

<sup>11</sup> Rák István: Csőtörés a kórházban. *Sátoraljaújhelyi Erzsébet Kórház*, 2016. június 30.

javítani, majd másnap folytatták. Erre az időre a betegellátást korlátozták és műtéteket halasztottak el.<sup>12</sup>

- 2020 októberében az oroszországi Cseljabinszk kórházában az oxigénpalackok tárolására szolgáló bódében tűz ütött ki, majd az felrobbant. 150 beteget kellett evakuálni a kórházból, 2 fő pedig meghalt az oxigénellátás megszűnése miatt.<sup>13</sup>
- 2021. április elején a budapesti Szent Margit Kórház egyik kórtermében tűz ütött ki, a berendezési tárgyakat a kiérkező tűzoltók eloltották, és 1 szintet ki kellett üríteni. 1 beteg életveszélyesen megégett, és 1 rendőr füstmérgezést kapott.<sup>14</sup>
- 2021 januárjában a Nápoly melletti kórház felszín alatti parkolójában gázrobbanás történt, a kráter 50 m széles és 15 m mély. Senki nem sérült meg, de 3 autó megsemmisült, és a kórház részlegeit kiürítették, mivel megszűnt a vízellátás, és az áramellátást is csak generátorokról tudták biztosítani.<sup>15</sup>

A feltárt kockázati tényezők széles köre miatt a biztonsági intézkedések esetében is többféle lehetőség együttes alkalmazásával lehet csak ténylegesen befolyásolni a biztonsági eseményeket. Ennek során komplex vagyonsvédelmi hozzáállással kell a mechanikai védelem elemeit, az elektronikai eszközöket és az élőerős védelmet összehangolni.<sup>16</sup>

## 2. A mechanikai védelem alapvető lehetőségei kórházakban

A mechanikai védelem az egyik legalapvetőbb védelmi eszköz a környezetünkben, amely képes megakadályozni vagy késleltetni a szándékos jogellenes cselekedeteket,<sup>17</sup> és egyben védelmet nyújt bizonyos típusú véletlen vészhelyzetek esetében is.

A fizikai védelem három csoportja is megjelenik az egészségügyi intézményekben: a kültéri védelem eszközei, az építményvédelem eszközei és korlátozott mértékben a mechanikai védelem eszközei is. Ezekkel lényegében majdnem mindenki találkozik egy kórházban és alapvetőnek tartjuk azokat, mégis fontos elemei a védelem rendszerének.

A kültéri területeken jellemzően megjelennek a kerítések és ezeken kapuk. Kapuk szolgálhatnak a személyforgalom áthaladására vagy a járműforgalom részére. Ezek egy része zárt állapotban van jellemzően, egy része nyitott és sorompóval védett, és egy része teljesen nyitva tartott (és ezáltal fizikai védelem nélkülivé válik). Ezekre néhány példát mutatnak az 1–3. ábrák. A kapuk műszaki kialakítása és azok üzemeltetése fontos részét képezik az intézmény védelmi stratégiájának, így ezt is komplex szemmel kell nézni.

<sup>12</sup> Nincs sürgősségi betegfelvétel a kistarcsai kórházban. *Medical Online*, 2017. január 27.

<sup>13</sup> Daisy Lester: Russia Explosion: Blast Rocks Coronavirus Hospital after Fire in Oxygen Store. *Independent*, 2020. október 31.

<sup>14</sup> Szász Péter: Tűz volt a Szent Margit Kórházban. *Napi.hu*, 2021. április 6.

<sup>15</sup> Spirk József: Óriási kráter nyílt egy olasz Covid-kórház garázsának berobbanása után. *24.hu*, 2021. január 8.

<sup>16</sup> Berek Lajos: *Biztonságtechnika*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014.

<sup>17</sup> Berek Lajos – Berek Tamás – Berek László: *Személy- és vagyonsvédelem*. Budapest, OE-BGK 3071, 2016.



1. ábra: Kórházi fogadó épület, személybejárati kapuk (Napközben folyamatosan nyitott állapotban vannak, és mögötte van portásfülke, így a portás részben tudja felügyelni a forgalmat.)

Forrás: <https://www.janoskorhaz.hu/galeria/>



2. ábra: Kórházi fogadó épület, járműbejárat sorompóval (A portaépületből felügyelik a sorompó működését, de ez egyéb védelmet [esetleg lopásvédelmet] nem jelent.)

Forrás: [www.petz.gyor.hu/parkolas](http://www.petz.gyor.hu/parkolas)





3. ábra: Ideiglenes kórházi járműforgalmi kapu (Többször teljesen nyitott állapotban van hosszabb ideig, mögötte nincs egyéb védelmi vonal, és szabadon bejárható a teljes terület.)

Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Szent\\_J%C3%A1nos\\_K%C3%B3rh%C3%A1z\\_VII-es\\_kapu,\\_2018\\_K%C3%BAtv%C3%B6lgy.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Szent_J%C3%A1nos_K%C3%B3rh%C3%A1z_VII-es_kapu,_2018_K%C3%BAtv%C3%B6lgy.jpg)

Az építményvédelem elemei lényegében magát az épületet jelentik: falazat, földem, tetőzet, ablakok, ajtók, rácsok stb. Ezek esetében fontos, hogy normál üzemben is megvédjék az épületet és a bent tartózkodókat, de ugyanezt tegyék meg vészhelyzetben is. Az épületszerkezetekre vannak általános tartószerkezeti, tűzeseti állékonyosságra vagy földrengésre vonatkozó előírások, amelyek biztosítják, hogy az életvédelem a legtöbb esetben továbbra is fennálljon.

Az ablakok esetében előfordulnak olyan területek, ahol szükséges egy kórházban külön védelmet biztosítani. Ilyenek jellemzően a külső járdáról elérhető ablakok, amelyeket ráccsal (az 1. és a 4. ábrán) vagy biztonsági fóliával védenek. Ezenkívül lehetnek olyan részlegek, ahol a szökés vagy öngyilkosság veszélye miatt, illetve veszélyes anyagok tárolása miatt szükséges fizikai védelmet kialakítani az ablakokon (például pszichiátria, megfigyelő, börtönkórház stb.).

Az ajtók normál üzemben nemcsak a vagyónvédelem eszközeit jelentik a kórházakban, hanem egyéb személyvédelmi funkciókat is ellátnak, például radiológiai területen sugárvédelem, tűzgátló ajtók tűzvédelmi szempontból, zsilipes rendszerű ajtók a steril területeken. Az ajtók esetében jellemzően részben mechanikai, részben elektronikai védelmi megoldásokat látunk kórházakban. Ez nagyban függ Magyarországon attól, hogy az adott kórházi épület kora milyen. A régebbi kórházakban szinte csak mechanikai zárral találkozunk, sokféle kulccsal, raktárokon lakattal, ami a mindennapokban sem egyszerűsíti a használatot, de egy vészhelyzet esetén kifejezett hátrányt jelenthet. Az újabb épületekben vagy a felújítások során sokszor megjelennek a beléptető rendszerrel védett ajtók, főkulcsrendszerrel készített kulcsos ajtók, illetve ezek észszerű kombinációi.



4. ábra: Külföldi példa egy kórházi ablak rácsozásának modern kialakítására

Forrás: a szerző felvétele



5. ábra: Példa a külső bejárati ajtó kialakítására (kórháztelepen belül) (Kívülről nem kilincs, hanem gomb található, beléptetővel és csengővel, egyébként tűzoltósági kulcsszéf is a bejutáshoz)

Forrás: a szerző felvétele

A kórházi épületek működtetése esetében lehetséges olyan kialakítás, ahol a betegek vagy látogatók számára egy-egy irány tiltott lehet biztonsági okokból. Erre részben erős mechanikai megoldások jöhetnek szóba, részben inkább jelképes megoldások. Ennek megoldásaira mutat példát a 6. és 7. ábra.



6. ábra: Külföldi példa egy kórházi telephelyen, egy útszakasz „lezárása” láncsal és kulcsos leengedővel

Forrás: a szerző felvétele



7. ábra: Külföldi példa egy tetőfeljáró létra lezárására, kulccsal nyitható kivitelben

Forrás: a szerző felvétele

Kórházakban a funkciókból adódóan egyes területeken fontos lehet, hogy az általános védelem mellett külön mechanikai tárgyvédelem is megjelenjen. Ez különösen a veszélyes anyagok tárolásánál fordulhat elő, robbanásveszélyes anyagoknál a speciális fémszekrény kötelező előírás, vagy a drognak számító gyógyszerek tárolásához széfet telepítenek.

### 3. Elektronikai eszközök lehetőségei kórházakban

Az elektronikai rendszerek napjainkban már szerves részét képezik egy komplex védelmi rendszernek. Kórházakban az újabb épületekben vagy felújítások során folyamatosan jelennek meg ezek az eszközök, azonban még nem annyira elterjedtek, mint a nemzetközi környezetben. Ezek működésükkel kiegészíthetik a kialakított mechanikai védelmi rendszereket és ezzel egyszerűsíthetik az élőerős feladatokat. Azonban jellemzőjük, hogy akkor működhetnek hatékonyan, ha azt élőerő ellenőrzi.

A kórházi vagyonvédelmi rendszerek körébe tartoznak a különböző beléptető-rendszerek, kártyás hozzáférési rendszerek, amelyekkel hatékonyan el lehet különíteni a betegek, a látogatók és a személyzet területeit, vagy azon belül a speciális jogkört érintő személyzeti területeket. Ezek orvosszakmai szempontból is elengedhetetlen rendszerek, de részben anyagi okból lassan terjednek el hazánkban.

Szintén a vagyonvédelem szempontjából lehetnek szükségesek a különböző kültéri megfigyelő kamerarendszerek, amelyeket etikai okból, belső, a betegek által használt terekben ritkán telepítenek. De megfontolandó, hogy a háttérterületek, raktárak esetében a CCTV-rendszer telepítése növelheti a biztonságot. A biztonsági személyzet feladatát segíti, ha a kapu-, illetve sorompókezelés is elektronikai eszközzel történik, és nem manuálisan kell a nyitásokat intézni.

Az illetéktelen behatolást jelezheti, ha az épületekben riasztórendszert is telepítenek, amelyhez a homlokzati nyílászárók esetében nyitásérzékelőket alakítanak ki. Ez természetesen csak akkor hatékony eszköz, ha a jelzést követően élőerős biztonsági személyzet ellenőrzi és intézkedik szükség esetén.

Magyarországon még nem elterjedt egészségügyi intézményekben, de nemzetközi területen egyre inkább használják a személy- és csomagátvizsgáló rendszereket, amelyekkel kiszűrhetők lehetnek a fegyveres személyek, illetve a lopási cselekmények egy része is. A személykereső rendszerekkel nyomon követhetők lennének a betegek és a személyzet is, ami a biztonságtechnikai előnyükön túl alkalmas arra is, hogy vészhelyzet esetén pontos információt adjon a bent tartózkodók pozíciójáról a mentést végzők részére.

Nem utolsósorban idesorolhatók a tűzmelőzéshez és mentéshez kapcsolható rendszerek is, amelyek bár nem szüntetik meg ezt a kockázati tényezőt, a korai felismerés és riasztás miatt jelentősen csökkentik a tényleges sérülések és károk mértékét. A beépített tűzjelző berendezések folyamatos fejlődése miatt ma már szinte bármilyen meglévő vagy új épületbe lehet a technológiának megfelelő szerkezeteket találni. A riasztás során a kórházak esetében speciális feladat, hogy a betegek nyugalmát



a lehető legjobban megőrizték, így a nemzetközi ajánlásokban már javasolják evakuációs hangrendszerek telepítését a szirénák helyett.<sup>18</sup>

#### 4. Élőerős védelem lehetőségei kórházakban

Manapság szinte elképzelhetetlen egy kórházi épület élőerős biztonsági szolgálat nélkül. Ugyanis nem az egészségügyi személyzet feladata a telephelyre érkező járműforgalom ellenőrzése és koordinálása, vagy az épületbe lépők ellenőrzése és esetleges irányítása. Emellett a korábban felsorolt mechanikai és elektronikai védelmi rendszerek passzív védelmet nyújtanak, amire a reagálást, tehát az aktív részt csak a biztonsági szolgálat tudja megtenni.<sup>17</sup>

A kórházi környezetben többféle biztonsági őrre van szükség a komplex működéshez: portaszolgálat (személy- és teherportán is), anyag- és áruforgalmi ellenőr, általános őr és külső-belső járőrök is. E csoportok szervezését javasolt egy központi területen irányítani és felügyelni, azaz szükség van olyan kollégákra is, akik a különböző elektronikai védelmi rendszerekről érkező jelzéseket látják és értelmezést követően irányítják az őröket.

Az őrök jellemzően külön szerződött vállalkozáshoz tartoznak, de előfordul, hogy munkaviszonyban állnak az intézménnyel. Jellemzően nem fegyveres őrök, így incidens esetén mindenképpen be kell vonni a hivatásos rendőri szerveket, addig „csak” fel-tartóztathatják az elkövetőket. Az általános bizalmi viszonyon túl a kórházi szolgálat során különös tekintettel kell lenni arra, hogy az épületek látogatói jellemzően beteg, rászoruló emberek, vagy az őket látogató aggódó személyek, akik emiatt várhatóan több türelmet igényelnek.

#### 5. Potenciális veszélyforrások kezelése

A cikksorozatunk első részében felvetett, nem szándékosan okozott, mégis jelen levő veszélyforrásokat részben tervezési megoldásokkal, részben üzemeltetési feladatokkal lehet a legjobban csökkenteni.

A Magyarországon jellemző természeti hatások ellen jellemzően maga az épület védi meg az intézmény működését. A jelentős hóesés nem közvetlenül az épületeket fenyegeti, hanem a beszállítási kapacitásokban okozhat fennakadást. Magyarországon erdőtűz jellemzően csak kisebb területeken várható, ritkán veszélyeztet lakóterületeket, de kisebb egészségügyi létesítményeknél előfordulhat. Az extrém hőmérsékleti viszonyok itthon inkább nyáron jellemzők, tartós meleggel, amely különösen érintheti a betegeket. Ez ellen viszont nem védelmi eszközökkel, hanem építészeti és gépészeti eszközökkel lehet védekezni. Az utóbbi hónapokban meghatározó pandémiás helyzet szintén vészhelyzet a kórházak szempontjából, ami külön egészségügyi és védelmi feladatokat is rótt a rendszerre. Ilyen volt például, hogy az intézményeket lezárták

<sup>18</sup> IFC Life and Fire Safety: *Hospitals Good Practice Note*. Washington, USA, International Finance Corporation, 2017.

a látogatók elől, külön protokollok készültek a beléptetésre, fokozott élőrős védelmet rendeltek a kerítésekhez, kapukhoz, portákhoz (központi honvédségi segítséggel).

A technológiai veszélyek ellen a megfelelően tervezett rendszerekkel, kiemelt üzembiztonsággal, esetleg rendszerelemek duplázásával, rendszeres karbantartással lehet védekezni. Ennek részét képezik a mechanikai védelmi eszközök is, amelyek magukat a berendezéseket is védik.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos vészhelyzetek ellen is jellemzően maga az épület nyújt védelmet, a szerkezeti elemekkel és gépészeti kialakítással. Ezt egészíti ki a technológiára vonatkozó pontos biztonsági előírások ismerete és betartása, amit nemcsak az ott dolgozóknak, hanem a biztonsági szolgálatnak is ismerniük kell. A gépészeti kialakítás magában foglalhatja a tűzvédelmi, tűzoltási rendszereket, a vésszellőző rendszereket, zsilipelt vezérléseket.

Ezekből a példákból és megoldásokból látható, hogy e veszélyforrások nagy részét az intézmény műszaki tervezése és üzemeltetése során lehet a leginkább elkerülni vagy hatékonyan csökkenteni. Természetesen ezt egészíti ki az üzemeltetés során a rendszeres karbantartás, ellenőrzés, szükséges felújítások rendszere, ami szükségszerű a biztonságos működés és ellátás fenntartásához. És ezen elemeket kismértékben egészítheti ki az élőrős védelem.

## 6. A jellemző biztonsági rések komplex kockázatcsökkentési lehetőségei

A cikksorozatunk első részében feltártunk tipikus, kórházakra jellemző kockázati csoportokat, amelyeket összetett megoldásokkal lehet kezelni az alábbiak szerint.

### a) A kórházak bejáratainak más szemléletű kialakítása

Mivel egy kórház működése során szükséges a beteg- és a kiszolgáló forgalom szétválasztása, így mindenképpen szükséges a több bejárat kialakítása az épületeknél, létesítményeknél. Emellett a magyarországi kórházi állományban jelentős számban vannak jelen az olyan intézmények, ahol egy-egy telephelyen több különálló épületben működnek.

Mindezek miatt a főbb bejáratoknál megfelelő szintű mechanikus és élőrős őrzést szükséges kialakítani. Ez a mai fejlett eszközök esetében történhet akár rejtett megoldásokkal (például fémkereső kamerákkal), amelyek nem befolyásolják a jóhiszemű használók stressz-szintjét. Az élőrővel nem védhető bejáratokat jellemzően nem a betegek, látogatók használják, így a beléptetőrendszer jelentheti a megoldást ezek esetében. Természetesen a belépéshez szükséges eszközök kiadásához szükséges egyértelmű szabályrendszert kialakítani.

Az épületen belüli, eltérő területek bejáratai esetében is szükséges lehet az áthaladók ellenőrzése, korlátozása. Például a személyzeti és betegterületek elválasztása biztonsági szempontból fontos. A gyógyító munka biztonságához pedig szükséges a steril területeken, az intenzív ellátás területein, kényszergyógykezelés esetén, a nukleáris diagnosztikai területeken, de akár az egyes osztályok esetében is.

A komplett beléptető rendszerek kialakítása új épületek esetében már a tervezés során felmerül igényként, de meglévő intézmények esetében jelentős beruházást jelenthetnek az intézmény méreteinek függvényében. A szükséges élőrős felügyelet

és támogatás pedig nem beruházásban jelent nagy összeget, hanem a fenntartás során vannak folyamatos költségei.

b) A kórházak legyenek könnyen elérhetők motoros járművekkel

A kórházak könnyű megközelíthetősége a szándékos károkozás esetében jelent biztonsági kockázatot. Befelé irányban lehetővé teszi a támadók érkezését, kifelé irányban pedig a jogtalanul elvitt elemek, tárgyak szállítását.

A kockázatok csökkentése érdekében javasolt a gépjármű-bejáratok ellenőrzése, legalább adminisztrációs (szállítólevél) szinten, de szükség szerint részletes ellenőrzéssel (például megtekintés, zilipelt áthaladás, alvázellenőrzés, sugárvédelmi ellenőrzés stb.). Amennyiben a területre megengedett a betegek személygépjárműveivel is behajtani, akkor azok ellenőrzése is javasolt. De ennek elkerülése több szempontból célszerű (például jellemző helyhiány, belső forgalom és parkolás nehézségei stb.), inkább a kerítésen kívül javasolt parkolóhelyeket létesíteni.

Az ellenőrzést nehezíti, ha az intézet rendelkezik mentőbejáráttal is, mivel a beteg ellátása előnyt élvez a biztonsági ellenőrzéshez képest. Emiatt az amerikai ajánlás javasolja a különböző mentőszolgálatok erőteljesebb átvilágítását és pontos, rendszeres regisztrálását.<sup>19</sup> Ez a probléma Magyarországon azonban nem áll fenn, mivel betegszállításban csak az Országos Mentőszolgálat és a vele szerződésben állók vehetnek részt.

c) Személyzeti háttérelőrzés javítása

A jelenlegi hazai személyzeti viszonyok (munkaerőhiány) miatt a munkavállalók átvilágítása problémát jelenthet. Bár erre az egészségügyi dolgozók esetében lehetőséget ad az új szolgálati jogviszony, a többi munkavállaló számára rengeteg munkaórát jelentene, amelyre jellemzően nincs kapacitásuk és nem felkészültek.

Azonban legalább a „kényes” munkakörökben fontos lenne az intézmények részéről bizonyos háttérelőrzés. A szerződéses szolgáltatók esetében a minőségbiztosítási rendszerek részeként lehetne biztonsági átvilágítást is végezni és azt időszakosan ismételni.

d) A központi szellőző védett kialakítása

Feltártuk, hogy minden központi szellőzőrendszerrel készült épületben biztonsági kockázatot jelent annak kialakítása, így célszerű több ponton biztonságot növelő módon beavatkozni ezek megvalósításába.

Egyrészt a gépészeti oldalon, a rendszereken belül kialakíthatók HEPA és ultraibolya germicid besugárzási szűrők. A HEPA-szűrők 0,3 mikrométer átmérőjű szemcsés anyagot (beleértve a bakteriális spórákat) 99,97%-os hatékonysággal kötik le, míg az ultraibolya (UV) germicid besugárzás megöli az összes vírust és a legtöbb baktériumot. Ilyen szűrőket a steril területek légtechnikai rendszereibe alapvetően telepítenek, de érdemes a komplett rendszert ilyenekkel tervezni. Emellett az egészségre ártalmas kémiai anyagok szűrésére aktív szén szűrők alkalmasak, de a szorbens szűrők hátránya, hogy technikailag nehéz fenntartani őket. A szűrők azonban csak akkor érnek valamit, ha rendszeresen karbantartják, cserélik azokat, ami folyamatos költséget jelent a fenntartás során.

<sup>19</sup> U.S. Department of Homeland Security: *Hospitals, Potential Indicators of Terrorist Activity, Common Vulnerabilities, and Protective Measures*. 2007.

További lehetőség a rendszer védelmére, ha a levegő bevezetésének helye(i) az alábbi megoldások egyik szerint készül: az építmény magas, nehezen megközelíthető helyén, mozgásérzékelővel vezérelt kamerával védve, vagy a terepszinten, kerítéssel körülvett helyen, mozgásérzékelővel vezérelt kamerával védve. A terepszintű elhelyezés továbbá segítheti, hogy tűz esetén kis valószínűséggel kerüljön füst a szellőzőrendszerekbe.

e) Orvosi gázok és éghető, robbanásveszélyes anyagok biztonságos és tűzvédett tárolása

Az orvosi gázok és éghető, robbanásveszélyes anyagok rutinszerűen jelen vannak a kórházakban, a mindennapi működéshez szükségesek.

A 8. és 9. ábrákon több megoldás látható, a tartályokat és palackokat a kertben, külön melléképületben helyezik el, amely tűz vagy robbanás esetén a távolsággal védi az épületeket. A kialakítások mechanikusan is védettek (kerítés, lakat), de további őrzés nélküliek, nyilvános területekről könnyen elérhetők. Az adott intézmény esetében mérlegelni javasolt, hogy szükség van-e további elektronikai védelemre is, vagy a bemutatott megoldások elegendők.



8. ábra: Példa egy kórházi telephelyen, kis palackok központi tárolására

Forrás: a szerző felvétele



9. ábra: Példa egy kórházi telephelyen, központi palack kialakítására és mechanikus védelmére

Forrás: a szerző felvétele

A központi tárolás mellett az épületeken belül jellemzően a használat helyén is szükség van kisebb mennyiség tárolására, hogy kifogyás esetén átkapcsolással és azonnali cserével biztosítható legyen a folyamatos ellátás. Az épületen belüli tárolási helyet javasolt tűzgátló szerkezetekkel ellátni beléptetőrendszerrel védett ajtóval, és rendszeres (napi, heti) mennyiségi ellenőrzést is bevezetni.

f) Lopások megelőzése és hatékony felderítése

A betegetől történő lopások megelőzése érdekében 2007–2008 között kötelezővé tették az ágyak mellett széfek telepítését, majd ezt vissza is vonták a sokasodó

problémák miatt. Erre több megoldás létezik, amelyekből csak néhányat alkalmaznak egyelőre Magyarországon:

A kórházak jellemzően nyilatkozatot íratnak alá a betegekkel, hogy nem vállalnak felelősséget a személyes tárgyakért, és ezt mindenki kénytelen elfogadni;

Több kórházban működik központi értékmegőrző is, de nem mindenhol elterjedt. Sokszor a bizalom is hiányzik, hogy nincs ott mellettük valami tárgyuk;

Lehetne osztályonként széfet vagy megőrzőt kialakítani, ami átmenet lenne a helyben és a központi őrzés között, talán nagyobb bizalmat adva a betegeknek;

Erősíteni lehet a bejáratok és kijáratok ellenőrzését, akár átvizsgálási lehetőséggel, ami a kintről érkező tolvajok ellen lehetne megoldás. Erre jó kezdeményezés volt egyébként az egyik budapesti kórházban, ahol befekvéskor ki kellett tölteni egy nyilatkozatot, feltüntetve a bevitt nagyobb értékű eszközöket (azonosítószámokkal) és ez alapján ellenőrizhették a bejáratnál kimenőket. De saját tapasztalatom alapján a kijáratnál senkit nem érdekelt ez a kérdéskör...;

A belsős tolvajok elleni védelem csak a már korábban említett átvilágítási rendszerrel kezelhető jobban.

Az eszköz, tárgy, veszélyes anyag védelme biztonsági szempontból fontos kérdés, és adott intézmények esetében részben célszerű, részben kötelezően megoldandó feladat. Például a nukleáris medicina elemeit és a gyógyszerek tárolását mindenképpen fokozott mechanikai védelemmel kell ellátni, beléptetőrendszerrel és emellett napi mennyiségi ellenőrzési rutinnal. Az intézmények értékesebb mobil vizsgálati, kezelőberendezések esetében alkalmazhatók tárgyvédelmi eszközök és azokat kiegészítő ellenőrző- (akár rejtett) kapuk kialakításával (áruházi lopásgátló rendszerhez hasonlóan). Ezzel csökkenthető lenne a kórházak anyagi vesztesége és biztosítható a folyamatos ellátás.

g) Az intézmények infrastruktúra-biztonságának fejlesztése

Az épület külső-belső infrastruktúrájának védelme, biztonságos kialakítása talán a legnehezebb műszaki és biztonsági feladat.

Egyik legfontosabb, hogy megfelelő elektromosenergia-ellátással rendelkezzen az intézmény, és az vészhelyzetben is biztosítható legyen. Ehhez jó megoldás lehet, ha az intézmény eleve két irányból, két független középfeszültségű hálózatról kap áramkapcsolatot, és azok a teljes belső hálózati igényt képesek kiszolgálni. Emellett javasolt az energiaellátást áramszünet esetén is garantáló generátorok telepítése az intézményekben, különösen ott, ahol műtétek, illetve intenzív jellegű ellátás is van, és az ezekhez szükséges megfelelő mennyiségű üzemanyag biztosítása. A mennyiség meghatározásához részletes elemzést kell készíteni a vészhelyzetben szükséges energia mennyiségéről, valamint arról, hogy az elhelyezkedése alapján mennyi a várható javítási idő. A kritikus infrastruktúra védelme érdekében azt is ki kell dolgozni, hogy az üzemanyag fogyása esetén honnan, milyen ütemezésben kaphat pótlást az intézmény az energiaellátás fenntartása érdekében. A generátorok pozícióját pedig úgy érdemes kialakítani, hogy azok tűz esetén védettek legyenek, és megfelelő mechanikai védelemmel rendelkezzenek a rongálások elkerülése érdekében. Az épületen belüli kialakításban fontos, hogy a főkapcsolók, szakaszkapcsolók lehetőleg szolgálati területről legyenek elérhetők, ne a nyilvános folyosókról. Ez persze nem jelent teljes védelmet, de csökkentheti az elérések kockázatát.



A másik alapvető infrastruktúra-elem a vízellátás, amely a betegellátáshoz, megfelelő takarításhoz, mosáshoz, élelmezéshez elengedhetetlen. Bár vészhelyzetben ezek egy része pótolható tartályos megoldással, egy komplett intézmény nem tartható fenn így hosszabb ideig. A vízbekötés, vízkezelés területeit legalább mechanikai védelemmel javasolt kialakítani a rendszer tisztaságának fenntartásához.

## 7. Összefoglalás

A kockázatok felmérését követően az adott intézményre szabottan szükséges meghatározni, hogy azokat milyen mértékig javasolt csökkenteni. Ehhez mérlegelni szükséges az adott intézmény ellátórendszerben betöltött helyét, mivel ez meghatározza a szükséges biztonsági szintet és az intézmény sérülése esetén okozott károk (gazdasági és társadalmi) mértékét. Így amennyiben ismertek a védelmi célok, akkor hozzárendelhetők a megfelelő és szükséges védelmi intézkedések. Az intézkedések egy része mechanikai védelem kialakítását igényli, másik részük elektronikai megoldásokkal és élőerős védelemmel biztosítható.

A cikksorozatban feltárt kockázatok széles köre és a megoldási lehetőségek sokrétűsége miatt új egészségügyi vagy kórházépületek esetében már a tervezés időszakában javasolt biztonságtechnikai szakember bevonása és kockázatelemzés készítése, hogy a terület komplex szemlélettel kezelhető legyen. A meglévő, üzemelő létesítmények esetében szintén javasolt komplex biztonságtechnikai felmérést és kockázatelemzést készíteni. Ezt követően lehet mérlegelni, hogy a kockázatok csökkentése érdekében, a meglévő adottságok milyen kötöttséget jelentenek, és cél megtalálni egy-egy kompromisszumos megoldást mind műszaki, mind biztonságtechnikai szempontból. Emellett a már meglévő épületeknél egyszerre jelentenek hátrányt az adottságok, de egyben előnyt is jelenthetnek a kialakult jó gyakorlatok.

Összességében kijelenthető, hogy egy kórházi létesítmény a működési jellemzőiből adódóan több biztonsági kockázatot is magában hordoz, amelyeket az üzembiztonság, a gyógyítási feladat folytonos biztosítása érdekében, lehetőleg komplex szemlélettel érdemes kezelni az intézmények teljes élettartalma alatt.

## Felhasznált irodalom

- A Covid-központból lopott, vádat emeltek ellene. *Szabad Pécs*, 2020. október 8. Online: <https://szabadpecs.hu/2020/10/a-covid-kozpontbol-lopott-vadat-emeltek-ellene/>
- Alvó betegeket fosztott ki egy férfi a kórházban Kalocsán. *Origo.hu*, 2020. május 5. Online: [www.origo.hu/itthon/20200505-a-rendorok-hamar-elfogtak-a-besur-rano-tolvajt.html](http://www.origo.hu/itthon/20200505-a-rendorok-hamar-elfogtak-a-besur-rano-tolvajt.html)
- Berek Lajos: *Biztonságtechnika*. Budapest, Nemzeti Közszerzői Intézet, 2014. Online: <http://real.mtak.hu/19709/>
- Berek Lajos – Berek Tamás – Berek László: *Személy- és vagyónbiztonság*. Budapest, ÓE-BGK 3071, 2016.

- Botos Tamás: Hivatalosnak tűnő emailekkel támadják a magyar kórházak informatikai rendszereit. *444.hu*, 2020. szeptember 24. Online: <https://444.hu/2020/09/24/hivatalosnak-tuno-emailekkel-tamadjak-a-magyar-korhazak-informatikai-rendszereit>
- DA: Kórházi lopások: valahonnan egy számítógépet is elhoztak. *Index.hu*, 2020. április 16. Online: [https://index.hu/belfold/2020/04/16/korhazi\\_lopasok\\_valahonnan\\_egy\\_szamitogepet\\_is\\_elhoztak/](https://index.hu/belfold/2020/04/16/korhazi_lopasok_valahonnan_egy_szamitogepet_is_elhoztak/)
- IFC Life and Fire Safety: *Hospitals Good Practice Note*. Washington, USA, International Finance Corporation, 2017. Online: [www.ifc.org/wps/wcm/connect/091f5ea7-f3cf-4c32-945b-bfef3d950e65/p\\_GPN\\_LFS-Hospitals.pdf?MOD=AJPERES&CVID=LSKLC00](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/091f5ea7-f3cf-4c32-945b-bfef3d950e65/p_GPN_LFS-Hospitals.pdf?MOD=AJPERES&CVID=LSKLC00)
- Lester, Daisy: Russia Explosion: Blast Rocks Coronavirus Hospital after Fire in Oxygen Store. *Independent*, 2020. október 31. Online: [www.independent.co.uk/news/world/europe/russia-hospital-explosion-chelyabinsk-coronavirus-oxygen-fire-b1473692.html](http://www.independent.co.uk/news/world/europe/russia-hospital-explosion-chelyabinsk-coronavirus-oxygen-fire-b1473692.html)
- Műszaki hiba miatt halt meg egy beteg a mosonmagyaróvári kórházban. *Kisalföld.hu*, 2017. október 27. Online: [www.kisalfold.hu/mosonmagyarovar-es-kornyeke/muszaki-hiba-miatt-halt-meg-egy-beteg-a-mosonmagyarovari-korhazban-5627551/](http://www.kisalfold.hu/mosonmagyarovar-es-kornyeke/muszaki-hiba-miatt-halt-meg-egy-beteg-a-mosonmagyarovari-korhazban-5627551/)
- Műszaki hiba miatt áramfejlesztők látják el a szolnoki Hetényi kórházat. *JNSZ.hu*, 2016. április 9. Online: <https://jnsz.hu/muszaki-hiba-miatt-aramfejlesztok-latjak-el-szolnoki-hetenyi-korhazat>
- Nincs sürgősségi betegfelvétel a kistarcsai kórházban. *Medical Online*, 2017. január 27. Online: [http://medicalonline.hu/eu\\_gazdasag/cikk/nincs\\_surgossegi\\_betegfelvetel\\_a\\_kistarcsai\\_korhazban](http://medicalonline.hu/eu_gazdasag/cikk/nincs_surgossegi_betegfelvetel_a_kistarcsai_korhazban)
- Rák István: Csőtörés a kórházban. *Sátoraljaújhelyi Erzsébet Kórház*, 2016. június 30. Online: [www.ujhelykorhaz.hu/2016/06/csotores-a-korhazban/](http://www.ujhelykorhaz.hu/2016/06/csotores-a-korhazban/)
- Spirk József: Óriási kráter nyílt egy olasz Covid-kórház garázsának berobbanása után. *24.hu*, 2021. január 8. Online: <https://24.hu/kulfold/2021/01/08/napolyi-covid-korhaz-garazs-robbanas/>
- Szemán László János: Lopott gyógyszerekkel üzletelt egy rezidens. *Magyar Nemzet*, 2021. február 22. Online: <https://magyarnemzet.hu/belfold/lopott-gyogyszerrel-uzletelt-egy-rezidens-9410624/>
- Szász Péter: Tűz volt a Szent Margit Kórházban. *Napi.hu*, 2021. április 6. Online: [www.napi.hu/magyar-gazdasag/tuz-szent-margit-korhaz.726488.html](http://www.napi.hu/magyar-gazdasag/tuz-szent-margit-korhaz.726488.html)
- Tálas Péter: *A nemzetközi terrorizmus és a szervezett bűnözés hatása a nemzetközi biztonságra és Magyarország biztonságára*. Budapest, ZMNE SVKI Elemzések, 2007.
- U.S. Department of Homeland Security: *Hospitals, Potential Indicators of Terrorist Activity, Common Vulnerabilities, and Protective Measures*. 2007.





Jackovics Péter,<sup>1</sup> Muhoray Árpád,<sup>2</sup> Pék László<sup>3</sup>

## Magyar katasztrófaorvosi mentőcsapat műveleti tevékenysége Haitin

### Operational Activities of the Hungarian Disaster Medical Rescue Team in Haiti

Magyarország 2010-ben mentőcsapatot küldött ki a földrengés sújtotta, válságövezetbe tartozó Haitibe. A szerzők a csapat kiutazásának előkészítéséről, a vezetői döntésekről, a küldetés szakmai kihívásairól, a vezetés-irányítás tapasztalatairól, a biztonsági kérdések és a civil-katonai együttműködés, a nemzetközi katasztrófa-segítségnyújtás tanulságairól számolnak be úgy, hogy a küldetés sikeres végrehajtásában aktívan, közvetlenül közreműködtek, akkori felsővezetőként, csapatvezetőként és orvosszakmai vezetőként. Az akkor szerzett tapasztalatok napjainkban is tanulságként szolgálhatnak a jövő katasztrófavédelmi szervezetei és vezetői számára.

**Kulcsszavak:** földrengés, katasztrófa-segítségnyújtás, csapatvezetés, ENSZ, EU, prehospitalis sürgősségi ellátás

In 2010, Hungary sent a rescue team to earthquake-stricken Haiti. The authors report on team preparation, high-level leadership decisions, mission challenges, leadership experiences, security issues, civil-military cooperation and lessons learnt from international disaster relief. As they contributed actively and directly to the successful implementation of the mission as deputy director general, team leader and medical professional leader, they had first-hand experience. The experience gained then can still serve as a lesson for future leaders and organisations of disaster management today.

<sup>1</sup> Tüzoltó ezredes, veszélyhelyzet-kezelési főosztályvezető, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság; parancsnok, HUNOR Mentőszervezet, e-mail: [peter.dr.jackovics@katved.gov.hu](mailto:peter.dr.jackovics@katved.gov.hu)

<sup>2</sup> Nyugállományú polgári védelmi vezérőrnagy, címzetes egyetemi tanár, óraadó, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, e-mail: [muhoray.arpad@uni-nke.hu](mailto:muhoray.arpad@uni-nke.hu)

<sup>3</sup> Oxiológus szakorvos, szolgálatvezető főorvosi és szuperügyeleti osztályvezető, Országos Mentőszolgálat, e-mail: [Pek.Laszlo@mentok.hu](mailto:Pek.Laszlo@mentok.hu)

**Keywords:** earthquake, disaster response, leadership, UN, EU, pre-hospital emergency care

## 1. Bevezetés

2010. január 24-én a Magyar Köztársaság Kormánya döntésének megfelelően a földrengés sújtotta Haitiba humanitárius segítségnyújtásra a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) szervezésében egy 6 fős egészségügyi mentőcsapat indult útnak, amely február 3-ig tartó kirendelésének 11 teljes műveleti napjából 6 napot a katasztrófa sújtotta Haiti főváros térségében, Port-au-Prince-ben tevékenykedett.<sup>4</sup>

### 1.1. Előzmény, a humanitárius segítségnyújtás első lépései

2010. január 12-én a helyi idő szerint 21:53-kor Haiti sűrűn lakott térsége mellett a partoktól 16 km-re a Csendes-óceán alján 10 km mélységben a Richter-skála szerinti 7,2-es nagy erejű földrengés következett be. A földrengés elsősorban Port-au-Prince főváros 2 200 000 fős lakosságát és infrastruktúráját sújtotta. Január 20-án a Richter-skála szerinti 6,0-os erősségű utóregés rázta meg a térséget. A két rengés pusztító hatása következtében összeomlott a lakóházak zöme, de az állami és közigazgatási épületek és a rendvédelmi szervek épületei is. A földrengésben meghalt 112 250 fő, megsérültek 193 891-en, mintegy 1 000 000 fő vált fedél nélkülivé. A földrengés után később megjelent adatok 100-316 ezer lakost is említenek áldozatként.

A haiti földrengés az elszenvedett károk, és emberi áldozatok alapján okvetlenül bekerül a Földet sújtó 20–21. századi eddig ismert legnagyobb földrengések sorába, amelyek közül említést érdemel az 1948. évi, Szovjetunióban, a türkménisztáni Asgábádban történt 7,3-as rengés a körülbelül 10-110 ezer fős áldozatával, vagy 1976-ban a kínai Hupej városát károsított 7,8-as erősségű földrengés 255 ezer fő halálos áldozattal, más becslések szerint a mindösszesen 242-700 ezer fős áldozatával.

A haiti sérültek zöme a 393 db állami vagy spontán létrejött sátorábróban talált menedéket, amelyekben nagyon sokan orvosi ellátásra szorultak. Az ENSZ haiti központi épülete és számos ENSZ stabilizációs missziós épület (MINUSTAH<sup>5</sup>) összedőlt, az ENSZ 1248 fős missziójából 70 fő, köztük a misszió vezetője, a Haitiban dolgozó elöljáró és a rendőrfőnök is meghalt, 30 fő megsérült és 55 fő eltűnt. Az állami és helyi közigazgatás, annak infrastruktúrája teljesen összeomlott. Az élelem és ivóvíz híján levő haiti lakosok között egyre gyakoribbá vált a fosztogatás és az erőszak, a nemzetközi mentőcsapatok mellett így katonai rendfenntartási segítségre is szükség volt. Az ENSZ az ötös skáláján 3-as biztonsági fokozatot hirdetett ki. Pan Gimun ENSZ-főtitkár közleményben jelentette be, hogy az ENSZ katonákat és rendőröket vezényelt a térségbe

<sup>4</sup> BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: 422-44/2/2010. számú Útjelentés, 2010.

<sup>5</sup> United Nations Stabilization Mission in Haiti, MINUSTAH.



## 1.2. Kialakult helyzet és a megindított nemzetközi katasztrófa-segítségnyújtások

A Haiti kormány 10 nappal a földrengés után, 2010. január 22-én délután a kutató-mentő tevékenységet leállította.<sup>7</sup> A kiadott jelentés szerint addig a 67 országból érkezett városi kutató és mentő (USAR-) csapatok a romok alatt 133 fő túlélőt találtak meg. E csapatok összlétszáma elérte a 1917 főt és a 160 keresőkutyát.<sup>8</sup> A kutatás leállítására figyelemmel történt az, hogy Magyarország katasztrófasegély nyújtásaként nem kutató-mentő csapat, hanem orvosi mentőcsapat útba indítása mellett döntött.

A magyar mentőcsapattal együtt 24 EU-tagállam küldött a térségbe segítséget. Tevékenységük összehangolására az EU Monitoring és Információs Központja (MIC) Polgári Védelmi Koordinátor csoportot küldött a térségbe, hogy támogassa az ENSZ Humanitárius Ügyek Koordinációs Hivatala (OCHA) által mozgósított ENSZ Katasztrófabecslő és Koordinációs (UNDAC) szakértőinek munkáját. Váltásukra 2010. január 24-én, több lépcsőben került sor.<sup>9</sup>

## 1.3. A hazai nemzetközi katasztrófa-segítségnyújtás háttere és rendje

A BM OKF jogszabályi felhatalmazás alapján végezte és végzi napjainkban is a nemzetközi katasztrófa-segítségnyújtás koordinálását. A főigazgatóság összefogja a segítségnyújtásra kiküldendő mentőerők kiképzését, ellátja Magyarország Nemzeti Kapcsolati Pontja feladatait az ENSZ, az EU és a NATO irányába.<sup>10</sup> 2004–2005 során a BM OKF és az ENSZ Nemzetközi Kutató és Mentő Tanácsadó Csoport (INSARAG) többlépcsős kiképzést indított el az ENSZ OCHA szakembereivel az ENSZ INSARAG Irányelv és Módszertan ismereteinek szélesítése érdekében.<sup>11</sup> Az ENSZ OCHA független szakértői 2005 novemberében egy Lenti város térségében levezetett nagyszabású katasztrófavédelmi gyakorlaton, a világon először Magyarország USAR-csapatái számára adták meg a sikeres minősítést.<sup>12</sup> Itt a Fővárosi Központi Rendeltetésű Mentőszervezet (FKRMSZ) *nehéz kategóriájú*, míg a Magyarországi Mentőcsoportok Szövetsége (MMSZ) a Zala Különleges Mentők Egyesülete (ZKM) *közepes kategóriájú* városi kutató mentő minősítést szereztek. Ezekkel a mentőcsapatokkal a BM OKF 2006-ban kollektív együttműködési megállapodást is kötött. E szervezetek számos nemzetközi gyakorlaton képviselték sikeresen hazánkat (EU-TACOM-SEE-2006, EU-DANEX-2006, NATO-IDASSA-2007, EULUX-2007, EU-HUROMEX-2008, EU-HU-NEX-Decathlon-2009, EU-DANUBIUS-2009 stb.), ezenkívül több alkalommal került sor nemzetközi bevetésükre, így 2004–2005-ben a szökőár sújtotta Sri Lankán, 2006-ban a romániai, szerbiai és hazai árvízi védekezésekben, valamint 2009-ben a földrengést szenvedett Indonézia nyugat-szumátrai térségében.

<sup>7</sup> INSARAG: *INSARAG Steering Group Meeting, Chairman's Summary*. Geneva, Switzerland, 2010. június 4.

<sup>8</sup> Európai Bizottság: *Factsheet Haiti Earthquake*. 2010. március 22.

<sup>9</sup> A Bizottság 2005/160/EK Határozata az Egyesült Nemzetek Humanitárius Ügyekért felelős Koordinációs Hivatala (UN OCHA) és az Európai Közösségek Bizottsága között a katasztrófa segélyezés keretében való együttműködésről.

<sup>10</sup> Muhoray Árpád: *Katasztrófaregelőzés I.* Egyetemi jegyzet. Budapest, NKE KVI, 2016.

<sup>11</sup> ENSZ INSARAG Irányelv, 2004-es verziója.

<sup>12</sup> Kondorosi Ferenc – Muhoray Árpád: *Katasztrófák kora*. Miskolc, Bíbor, 2019.

A Nemzetközi városi kutató és mentő segítségnyújtás koordinációjának és hatékonyságának növeléséről szóló ENSZ 57/150 számú Közgyűlési Határozata és az ENSZ INSARAG Irányelv és Módszertan iránti hazai elkötelezettségünket szimbolizálta, hogy 2008–2009-ben a BM OKF főigazgatója töltötte be az ENSZ INSARAG Afrika/Európa/Közel-Kelet Regionális Csoport alelnöki, majd az elnöki tisztségét. 2009-ben Budapest adott otthont a Regionális Csoport ülésének az ENSZ OCHA és a régió országai katasztrófavédelmi vezetőinek részvételével.

## 2. A felsővezetői döntés előkészítése, nemzetközi jelentések elemzése

A Haitinek nyújtandó katasztrófasegély kormányzati döntésének előkészítésére és a kiutazó orvosi mentőcsapat összeállítására 2010. január 15-én, pénteken délután került sor az akkori OKF veszélyhelyzet-kezelési főigazgató-helyettes irodájában, ahol jelen voltak a Fővárosi Központi Rendeltetésű Mentőszervezet (FKRMSZ) és a Magyarországi Mentőcsoportok Szövetsége (MMSZ) vezetői. A csapat tagjait a BM OKF és a fenti INSARAG minősítésű szervezetek adták. A döntés a költségek függvényében 6 vagy 7 fős egészségügyi különítmény 10 teljes műveleti napra történő kiküldéséről szólt. A csapat konkrét összetételére az akkor ismert tényezőkre tekintettel született meg a javaslat, amely alapján a csapat parancsnokául Jackovics Péter pv. őrnagy lett kijelölve, dr. Pék László lett az orvosszakmai vezető, dr. Bőjte József Attila az orvos, Lukács András a mentőtiszt, Bozó Gyula a mentő szakápoló és Moga Istvánné a klinikai szakápoló. Elvárt képességként lett megnevezve 2000 fő részére a járó- és sürgősségi betegellátás elvégzése, amelyhez 1,5 tonna, 8 m<sup>3</sup> szállítótérben megállapított egészségügyi felszerelésnek kell tudni biztosítani az egészségügyi anyagi feltételeket, miközben a csapat önfenntartásra és önellátásra legyen felkészülve.

A kormányzati döntés előkészítése érdekében 2010. január 18. és 21. közötti napokban a nemzetközi tájékoztatók feldolgozása, a jelentések, háttéranyagok összeállítása történt. A BM OKF Nemzetközi Főosztálya munkaidőben, az OKF Központi Ügyelete munkaidőn kívül végezte a beérkező ENSZ-, EU- és NATO-jelentések fogadását, értékelését. A szakmai feladatok koordinációja és összefogása a társszerző, az akkori OKF veszélyhelyzet-kezelési főigazgató-helyettese vezetésével történt. A felkészülési idő alatt megtörtént a kialakítandó kapacitások pontosítása, a szükséges eszközök összeállítása.

## 3. A döntés, a felajánlás elfogadása és a kiutazás előkészítése

Célszerű döntés született, hogy hazánk segítségnyújtását az EU Közös Polgári Védelmi Mechanizmus keretében ajánljuk fel, ezért a brüsszeli EU MIC-kel a BM OKF Nemzetközi Főosztálya felvette a közvetlen kapcsolatot. Brüsszel kiküldte Magyarország felajánlási kérelmét a Haitiben dolgozó EU Polgári Védelmi Koordinációs csoportnak. Az EU-csoport egyeztetve az ENSZ által vezetett egészségügyi munkacsoporttal 2010. január 19-én elfogadta a magyar felajánlást az egészségügyi mentőcsapat kiküldéséről. A veszélyhelyzet kezelésére szolgáló Közös Kommunikációs

és Tájékoztatási Rendszeren (CECIS) tájékoztattuk az EU MIC-et a kiutazás tervezett idejéről és a felajánlott egészségügyi kapacitásunkról.<sup>13</sup> Az EU-nál kezdeményeztük a szállíttatási igényünket, miközben a döntést követően a csapat az ENSZ INSARAG-irányelv szerinti 8 órás riasztási normaidővel készen állt az azonnali indulásra. Megtörtént a csapat tagjainak olttatása (*gamma-globulin, tifusz, kolera, Hepatitisz-A* fertőzés ellen) az Országos Epidemiológiai Központ Nemzetközi Utazás-egészségügyi és Oltóközpontjában térítés ellenében önköltségi áron.

2010. január 21-én a BM OKF főigazgatója kiadta „a haiti nemzetközi katasztrófavédelmi segítségnyújtáson részt vevő magyar mentőcsapat ki- és visszautazására, a végrehajtásban való részvételre” szóló 1/2010. számú parancsát. A kiutazás az EU Polgári Védelmi Mechanizmus közvetítésével egy szlovén mentőcsapattal együtt az osztrák katasztrófavédelmi partner által szervezett teherszállító géppel történt. Ehhez a Mechanizmus keretében – tehát nem kétoldalú úton – először sikerült a BM OKF-nek az Európai Bizottságtól nagymérvű katasztrófák esetén szállítási kapacitásra igényelhető maximális 50%-os pénzügyi támogatást elnyerni. A misszió teljes összköltsége akkor 10 millió forintból lett tervezve, amelyet kormányzati fejezeti keretből csoportosítottak át, a Külügyminisztérium és az Egészségügyi Minisztérium támogatásával.

2010. január 22-én reggel érkezett meg a Fővárosi Polgári Védelmi Igazgatóság (FPVI), Budapest XVII. kerület, Ferihegyi úti Kiképző és Raktárbázisára az Egészségügyi Minisztérium Egészségügyi Készletgazdálkodási Intézetének (EKI) gyógyszer- és orvosi-felszerelés-készlete, amelynek értéke akkori áron elérte a 2 800 000 forintot.

Port-au-Prince repülőterén továbbra is fennálló káosz miatt az osztrák partner jelezte, hogy az osztrák–magyar–szlovén közös teherszállító repülőgép nem Haitiban, hanem Dominikán fog leszállni, ezért gondoskodni kell az önálló áttelepülésről. A csapat kijelölt vezetője a BM OKF akkori műveleti osztályvezetője, a cikk társszerzője felvette a kapcsolatot a Haitiban dolgozó EU PV koordinációs csoporttal, akik arról tájékoztattak, hogy a helyi szállítás ügyében összeköttetésbe kell lépni az ENSZ Egészségügyi Világélelmezési Program (WFP) képviselőjével. A speciális utazási formanyomtatványokat még indulás előtt megküldték az ENSZ-szervezet részére.

## 4. A nemzetközi küldetés

### 4.1. Indulás, cargózás, áttelepülés: Budapest – Bécs – Santo-Domingo

A csapat ünnepélyes elindítására az FPVI Budapest Ferihegyi úti Kiképző és Raktárbázisán 2010. január 22-én, pénteken, 11:00-kor került sor a BM OKF akkori vezetői és a sajtó képviselőinek jelenlétében. Addigra már sor került bécsi cargózásra induló tehergépjármű felmálházására és a csapattagok munkavédelmi oktatásra. A 1,5 t súlyú és 8,0 m<sup>3</sup>-t kitevő szállítmány 18 db nagyméretű alumíniumládába csomagolva fért el.

<sup>13</sup> Muhoray Árpád: A polgári védelem helye a modern Katasztrófavédelemben. *Hadmérnök*, 12. (2017), 2. 188–200.



Az orvosi felszerelések és gyógyszerek mellett infokommunikációs eszközöket, a csapat teljes önellátására és önfenntartására élelmet, ivóvizet és elhelyezési eszközöket is készleteztek. A cargózás 2010. január 23-án, szombaton, a reggeli órákban történt meg Bécs Nemzetközi Repülőtérén a Pac-Tra Logistik GmbH raktáráépületében.

A 6 fős magyar egészségügyi mentőcsapat az előző nap elküldött rakomány után 2010. január 24-én, vasárnap, 16:00-kor indult el Budapestről a Bécsi Nemzetközi Repülőtérre. A bécsi cargoirodában érte a csapat vezetőjét az e-mail-üzenet az ENSZ-től, hogy Dominikáról a személyek és a szállítmányok továbbküldését külön módon és helyen tervezik, ezzel az ENSZ Logisztikai Munkacsoportját (*Health Cluster*) bízták meg. A Pac-Tra Légiszállítási cég ügyvezető igazgatójával a csapat vezetője megkezdte az ENSZ által megadott légikikötő helyét, amelyről kiderítették, hogy az Santo Domingótól, a Dominikai Köztársaság fővárosától 40 km-re fekszik. Az aznap kapott információk szerint a légi úton történő személyszállítást az ENSZ Humanitárius Légi Támogató Szolgálat (UNHAS), a csomagok eljuttatását a WFP irányítja. Ezt követően egy német ENSZ-összekötő számával indult el a csapat Dominikára. Közvetlen segítséget az EU-tól akkor nem kaptunk.<sup>14</sup>

A csapat 21:30-kor szállt fel a Sky Georgia légitársaság GFG 1524 járatszámú, Ilyushin IL-76 (4L-SKL) típusú, ukrán személyzetű repülőgéppel. Ausztria 400 db, Szlovénia 25 db családi sátrat küldött még a repülőgéppel, összesen a három ország küldeménye 31,5 tonnát, illetve 167 m<sup>3</sup>-t, tett ki. A csapat indulásánál az osztrák belügyminisztérium képviseltette magát.



2. ábra: A csapat indulása a bécsi nemzetközi repülőtérről egy IL-76 teherszállító repülőgéppel

Forrás: Christian Krol, Federal Ministry of the Interior, Dept. for Civil Protection, Crisis and Disaster Protection Management

<sup>14</sup> Jackovics Péter: Deployability of International Medical Teams for Disaster Response. *Ecoterra: Journal of Environmental Research and Protection*, 17. (2020), 2. 35–39.

A delegáció tagjai a kétnapos légi út során a teherszállító gépben a csomagokon és az ott lévő lehajtható padokon utaztak, önmaguk gondoskodtak saját ételmezésükről. A csapat Kanadán, Új-Fundlandon (Gander) keresztül 2010. január 25-én, hétfőn 12:00-kor érkezett Dominika fővárosába Santo Domingóba.

#### 4.2. Áttelepülés: Santo Domingo és Port-au-Prince

A landolás után az egészségügyi mentőcsapat számos olyan problémával szembesült, amilyenekre itthon nem is gondolt senki, ám a találékonyság, a misszió ügye iránti elkötelezettség, az otthoni elöljáróval történő konzultáció lehetősége átsegítette őket a nehézségeken.

Santo Domingó repülőterén a földi kiszolgálók túlterheltségre hivatkozva a szállító gépet nem voltak hajlandók lepakolni. Az ENSZ által megadott német összekötőt nem lehetett elérni. A repülőbiztonságiak nem tudtak a gép érkezéséről és a szállított rakományról. Az onnan 40 km-re lévő másik repülőterre való áttelepülés reménytelennek tűnt. A misszió sikere érdekében a csapatvezető egyéni kezdeményezésével saját kézbe vette az irányítást. A biztonságiak tiltakozása ellenére a gépről a felszereléseiket lepakolták, majd elindultak az 1 km-re lévő repülőtéri épületekhez intézkedni. Többszöri próbálkozás ellenére a megadott ENSZ-kapcsolattartókat nem tudták elérni, a WFP irodája zárva volt, a német összekötőről a helyiek nem tudtak, a repülőtéri fogadóközpont nem működött. Mivel az osztrák partner vöröskeresztes szállítmányát is vitték magukkal, így a csapat vezetője a repülőtéren felkereste az ottani Vöröskereszt vezetőjét és raktárépületeit, azonban ott csak az osztrák szállítmány átvételében lettek volna hajlandók együttműködni. A kialakult teljesen bizonytalan helyzetben a csapatvezető úgy döntött, hogy csomagjaikkal együtt közúton utaznak tovább, hisz átvevő hiányában nem volt lehetőség azokat szállításra átadni az ENSZ-megbízott számára. Sajnálattal lehetett tudomásul venni, hogy a szervezés időszakában megkövetelt túlzott adminisztráció és levelezés ellenére az EU és az ENSZ nem tudott közreműködni a csapat segítségével, a magyar-osztrák-szlovén küldemény fogadásában. A repülőgépen lévő osztrák és szlovén sátrakat átadták a Dominikai Vöröskereszt részére. A repülőtéren uralkodó zavaros helyzetben, alkalmazkodva a limitált szállítási lehetőséghez, az átláthatatlan vámjárársokhoz és cargózáshoz a földi kiszolgáló segítségével öntevékenyen sikerült megfelelő szállítóeszközöket szerezni és a csapatnak kijutni a repülőtéri biztonsági területre.

A misszió sikerét az addigi dominikai akadályoztató tényezők mellett elősegítette egy váratlan telefonhívás, ugyanis még a repülőtéren a csapat vezetőjét telefonon megkereste a magyar Krisna-tudatú hívők missziójának vezetője, Karádi Csaba úr, és felajánlotta segítségét, amelyet a csapatvezető azonnal elfogadott. A csapat estére a Santo Domingóban lévő Krisna-templom udvarába állíttatta be a felszerelésekkel megpakolt teherutót, és az estét egy szükségszálláshelyen tudták eltölteni.

Másnap, 2010. január 26-án, kedden, hajnalban indultak útnak Haiti fővárosába, amely közel 250 km-re fekszik Santo Domingótól. Biztonsági okokból velük tartott Karádi Csaba úr is, aki az „Ossz ételt! Életet az ételéért!” nemzetközi segélyprogram keretében felderítést kívánt tenni Haitiban. A gépjárművekkel közel 8 órás menetidő alatt szűk hegyi utakon érték el Haiti határátkelőjét, Jimanit. A korábbi ismereteik



ellenére ENSZ-konvoj és katonai kíséret nem indult, így ahhoz nem tudtak csatlakozni. A dominikai–haiti határon uralkodó tumultus és akadály miatt a veszélyhelyzet-kezelési főigazgató-helyettessel telefonon lefolytatott rövid egyeztetést követően a csapat vezetője úgy döntött, hogy a saját felelősségére tovább utaznak Port-au-Prince-be. Az utazás során a csapat folyamatos jelentést adott a Haitiban lévő Európai Uniói Polgári Védelem egységének, az OKF Központi Ügyeletének és az ENSZ Logisztikai Munkacsoport határ menti vezetőjének. Kalandos úton a Port-au-Prince-i repülőtérhez 15:45-kor értek el.

### 4.3. Műveleti fázis, a hét műveleti nap Haitiben

Az 1. műveleti napon, 2010. január 26-án, kedden 16:00-kor a csapat vezetője azonnal felvette a kapcsolatot az ENSZ-EU OSOCC-kal (Helyszíni Műveletek Koordinációs Központja), ahol az EU MIC összekötője bemutatta az Egészségügyi Világszervezet (WHO) kárterületen lévő vezetőinek. A csapat működési helyéül a spanyol kórházat, illetve a sátoertékek orvosi meglátogatását jelölték meg. Ezzel egy időben kezdődött el az ENSZ Egészségügyi Munkacsoportjának értekezlete, ahol bejelentették a csapat érkezését. Az ENSZ és az EU szállítóeszközt és védelmet továbbra sem tudott biztosítani, a magyar műveleti bázis (BoO) kijelölését a csapat vezetőjére bízták.

A csapat a táborhelyét a Port-au-Prince-i Nemzetközi Repülőtéren, az Amerikai Egyesült Államok katonai és az Egyesült Királyság, valamint a spanyol mentőcsapat bázisa mellett állította fel. A tábor felállítása és berendezése késő este fejeződött be.

A 2. műveleti napon, 2010. január 27-én, szerdán logisztikai eszköz híján a csapat vezetése meglátogatta az OSOCC-központot, ahol a reggeli órákban senki nem tartózkodott. A csapat vezetője megállapította, hogy a misszió sikere érdekében a logisztikai biztosításról és helyi vezetőről a csapatnak magának kell gondoskodnia, ez irányba meg is tette a szükséges lépéseket.



3. ábra: A csapat vezetője a Port-au-Prince-ben lévő egyik menekülttáborban

Forrás: Bozó Gyula felvétele

Az előző napi megbeszéléseknek megfelelően a csapat az ENSZ-EU OSOCC kérésére meglátogatott négy, Port-au-Prince-ben lévő menekülttábor a 393 közül. A menekülttáborok látogatását a WHO helyi képviselői kérték a csapattól, mert a kórházi kezelést igénylő sérültek ellátása mellett a fedél nélkül maradt betegek, sérültek ellátása jelentette a legnagyobb gondot. A Lauverture főút melletti 6000 fős menekülttáborban a csapat 300 fő részére adott át antibiotikumot a helyi segítőknek. A csapat felderítést végzett a fővárosi egyetemi kórházban, ahol a sérültek, sebesültek ellátását a nemzetközi erők végezték, további segítségre itt nem tartottak igényt, ők is a helyszíni, kórházi elhelyezést nem igénylő ellátás hiányosságaira mutattak rá.

A katasztrófa bekövetkezte és a kiérkezés között eltelt idő alapvetően meghatározta az egészségügyi segítségnyújtás módját. Az azonnali beavatkozások, a kimentett sérültek prehospitális és kórházi definitív ellátása zömében megtörtént. Az elsődleges egészségügyi problémát az ellátott sérültek elhelyezése, utókezelése, valamint a sátoztáborok lakóinak közegészségügyi és alapellátása jelentette.

A csapat Port-au-Prince-be érkezése napján az ENSZ Egészségügyi Munkacsoportjának értekezletén megjelent szakemberek elsődleges problémaként az operált, ellátott sérültek, betegek elhelyezését említették. Kiderült, hogy nincs elég kórházi ágy, ezért több sérültet nem tudtak felvenni, valamint az ellátottakat kénytelenek a folyosókon, kórházak udvarán, illetve a táborokban elhelyezni. További gondot jelentett a sérültek szállítása mind a progresszív betegellátás, mind a táborokba történő elhelyezés érdekében, mert nem volt minőségileg és mennyiségileg megfelelő mentőautó vagy más szállítóeszköz. Az első napokban ezt a betegszállítási feladatot egy helyismerettel csak korlátozottan rendelkező gépkocsivezetővel és kisteherautójával oldotta meg a csapat, majd tájékozódás után GPS-koordináták alkalmazásával önállóan, bérelt gépkocsi használatával.



4. ábra: A csapat Haiti fővárosában, Port-au-Prince-ben, az egyetemi kórház előtt

Forrás: Jackovics Péter felvétele

A haiti kormány egészségügyi képviselője arra kérte a jelen levő nemzetközi segítségnyújtó csapatok képviselőit, hogy a kórházi/műtéti ellátásra érkezett egységek közül csak azok maradjanak, akik hosszabb távra, fél vagy egy évre át tudnak venni egy-egy intézményt üzemeltetésre. Jelezték továbbá, hogy a táborokban elhelyezett lakosság közegészségügyi és alapellátása, valamint az odakerült sérültek utókezelése megoldatlan. A csapat által képviselt humán erőforrás és felszerelés lehetővé tette az ezen utóbbi munkákba való bekapcsolódást. Miután a csapat elhelyezése saját helyválasztással biztonságosan megoldódott az ENSZ és amerikai katonai erők által védett repülőtér területén, elsődleges feladatuk a csapat és az ellátáshoz szükséges felszerelés helyszínre juttatásának megszervezése volt, amelyhez WHO-, ENSZ- és EU-támogatást gyakorlatilag nem kaptak.

A 3. műveleti napon 2010. január 28-án, csütörtökön a csapat a hatékonyságának fokozása érdekében kettévált, és egyik fele az EU kérésének megfelelően a Bernard Meus (spanyol) kórházban végezte el 40 ember betegosztályozását (triázs), és további 14 fő sérült ellátásában segédkezett. A csapat másik fele két állami és egy spontán szerveződő táborban végzett egészségügyi felderítést és ellátást. A táborokban összesen 213 fő esetében végzett elsődleges triázst, emellett 124 fő beteg, illetve sérült ellátását végezték el, továbbá a betegosztályozás eredményeként 640 fő részére elegendő gyógyszer és egészségügyi felszerelést adott át a táborvezetésnek.

A csapatnak sikerült maximálisan alkalmazkodni a rendkívül feszült és kényes helyi lakossági közhangulathoz és közbiztonsági helyzethez, így közvetlen atrocitás nem érte őket.

Az EU-koordinátorok kommunikációs rendszere összeomlott, ezért kérték, hogy valamennyi fotót és jelentést közvetlenül az EU MIC-nek küldjenek meg. Helyi szállítási eszközökről és csapatvédelemről továbbra sem tudtak gondoskodni. A közbiztonság a növekedő ENSZ-ellenőrzés ellenére rossz volt. A menekülttáborok látogatása során számos veszélynek voltak az orvosok kitéve. A nemzetközi tábor helyét az amerikai erők egyre nagyobb mértékben foglalták el. Az ENSZ tájékoztatása szerint az egészségügyi erők fokozatosan átadták a kórházak működtetését a hosszabb távon ott maradó erőknek. A munkaterület kiválasztásában az EU-koordinátorok szabad kezet adtak a csapatnak, közvetlen utasítást továbbra sem kaptak az OSOCC-tól sem.

A csapat vezetője és orvosai több működő kórházat felkeresve kettősséget tapasztaltak. Megállapították, hogy a sérültek számához képest bőségesen rendelkezésre állt egészségügyi személyzet, az ellátásokhoz szükséges felszerelések megvannak. Az utánpótlás bár rapszodikus, de biztosított. A sátor táborokba kiérve ezzel szemben azt tapasztalták, hogy az egészségügyi igények felmérése még szinte meg sem kezdődött, a lakosságnak nem volt kihez fordulnia. Ez utóbbira tekintettel célszerűen bekapcsolódtak az alapellátás, utókezelés, akut betegellátás tevékenységeibe. A gyakorlatban ez azt jelentette, hogy részben önállóan, részben egyéb (például svájci) csapattal közösen az ellátás megszervezéséhez szükséges triázsolást, az ellátott, operált sérültek sebkezelését, kötéscseréjét, az akut, elsősorban légúti betegek vizsgálatát, illetve általában egy hétre elegendő gyógyszer átadásával a járóbetegek megfelelő gyógyszerellátását végezték.



5. ábra: A csapat orvosszakmai vezetője és vezető szakápolója sérültet lát el Haitiben  
Forrás: Jackovics Péter felvétele

A 4. műveleti napon 2010. január 29-én, pénteken a csapat 4 menekülttáborban végzett egészségügyi ellátást. A táborokban összesen 155 fő esetében működtek közre elsődleges triázsolásban, 67 fő sérült, illetve beteg ellátását végezték el, továbbá a betegosztályozás eredményeként 440 fő részére elegendő gyógyszert és egészségügyi felszerelést adtak át az egészségügyi hatóság képviselőinek.

A táborokban nagy volt a fertőzésveszély, a földrengésben mindenüket elvesztett táborlakók között pattanásig feszült a hangulat. Az egészségügyi személyzet e nehéz körülmények között rendkívül körültekintően végezte munkáját. A csapat szakápolói nemcsak a sérültek előkészítését és az orvosok támogatását, hanem a csapat személyi védelmét is ellátták.

A kiküldetés félidejéhez érkezve meg kellett tervezni a hazautazást. Célszerűen egyeztetés történt egy, a svéd partner által a NATO-tól odaszállításra kibérelt C-17-es katonai szállítógéppel való hazautazásra, mivel e gép állomáshelye Magyarországon – Pápán, a NATO katonai repülőtéren – van. Ezzel egy időben elindult egy B terv előkészítése is, egy tájékoztató előzetes tárgyalás a Santo Domingóban lévő Maersk konténerszállító céggel arra az esetre, ha a cargózást légi úton nem tudná a csapat megoldani. Az EU-koordinátorok részére bejelentették, hogy a csapat vasárnap estig tevékenykedik, ezzel teljesítve a 6 műveleti napra szóló küldetését. Este a csapat megkapta a NATO-tól a választ, hogy a svédek által bérelt C-17-es szállító katonai



repülőgép üresen repül vissza Magyarországra, így rajta az állomány a felszereléseivel együtt hazautazhat Pápára.

Az 5. műveleti napon 2010. január 30-án, szombaton a csapat kolumbiai és chilei orvosokkal együtt dolgozva 3 menekülttáborban végzett egészségügyi ellátást. A táborokban összesen 142 fő esetében végeztek elsődleges triázsolást, 23 fő beteget, illetve sérültet láttak el, továbbá 380 főnek elegendő gyógyszert és egészségügyi felszerelést adtak át a helyi hatóság képviselőinek.

Szombaton a csapat orvosszakmai vezetője az ENSZ-táborban újraélesztett egy ENSZ-segítőt is, akit az elsősegélynyújtást követően kórházba szállítottak. Egyeztetés történt az EU-koordinátorokkal, akik még 2010. február 4-ig maradtak a térségben. Az EU-funkcionáriusok a hazautazás kapcsán a cargóztatásban, a csomagok szállításában sajnos ismét nem tudtak segíteni. Találkozóra került sor a svéd humanitárius mentőcsapat vezetőjével, aki tájékoztatott a katonai repülőgép tervezett indulásáról.

A csapat tettekrekészése, hangulata az 5. műveleti napon is megfelelő volt. A tisztálkodást az ENSZ katonai táborban oldották meg. Külső atrocitás a csapatot nem érte. A készleteik elegendők voltak, illetve a felhasznált gyógyszereket, kötszereket egy-egy új helyre indulva pótolták. Az amerikai hadsereg újabb katonai erőket érkeztetve és telepítve Haitire teljesen körbevette a magyar tábor, ez a biztonság szempontjából előnyös is volt. A magyar és a spanyol csapatokon kívül csak amerikai erők tartózkodtak már a táborban, viszont katonai kíséretet a táborok látogatásához a magyarok továbbra sem kaptak.

A 6. műveleti napon, 2010. január 31-én, vasárnap a csapat két menekülttáborban végzett egészségügyi ellátást. A táborokban összesen 90 fő esetében láttak el elsődleges betegosztályozást, illetve kezeltek 13 fő sérültet.

A gyógyítómunka vállalt idejének leteltével az addig fel nem használt egészségügyi készlet hátrahagyása további segítséget jelentett a sérülést szenvedettek, a helyi betegek számára. Az átadásra a csapatvezető két lehetőség közül választhatott. Vagy az ENSZ logisztikai központjában adják le a maradékot, vagy egy aktív kórház készletét egészítik ki. Utólag is logikus volt a második lehetőség választása amiatt, hogy az addig nemzetközi csapatok által üzemeltetett spanyol kórházat további hosszú távú működtetésre egy kubai egészségügyi csoportnak adták át, de a munkához szükséges eszközök, gyógyszerek beszerzéséről még nem tudtak gondoskodni. Így a Bernard Meus (spanyol) kórháznak 220 fő részére elegendő gyógyszert, kötszert, fájdalomcsillapítót, fertőtlenítőszert adott át a csapat orvosszakmai vezetője.

Ekkorra a hazautazás részletei is tisztázódtak. Világossá vált, hogy a C-17-es NATO-s óriásgépet Haitiről, a Port-au-Prince-i repülőtérről indul, de üzemanyag-felvétellel Puerto Ricóban le kell szállnia. A Puerto Ricó-i amerikai szférába történő beléptetés érdekében elektronikusan sikerült a csapattagok számára vízumkérelmet elindítani. Az amerikai beutazás könnyítése érdekében, a BM OKF és Magyar Külügyminisztérium közvetítésével a csapatvezetőt megkereste Nemes Szabolcs úr, a washingtoni magyar konzul, aki a határátléptetés ügyében az érintett amerikai hatóságoknál közbenjárt.

#### 4.4. Műveleti fázis befejezése, visszatelepülés előkészítése

A műveleti fázis befejezéseként, a magyar csapat 2010. február 1-jén, hétfőn a tábor bontását, összehúzóását és a légi szállítást megszervezését végezte. Kölcsönös előnyök alapján az ENSZ Nemzetközi Humanitárius Partnerség (IHP) svéd csapata ígéretet tett arra, hogy a keddi reggeli indulást szállítóeszközökkel segítik. Légi szállításra 13 egységdobozt sikerült összerakni, amelynek összes tömege 800 kg lett.

#### 4.5. Visszatelepülés: Port-au-Prince – Aguadilla (Puerto Rico) – Pápa

A csapat a táborból a Port-au-Prince repülőtérre 2010. február 2-án, reggel 07:00-kor indult a svéd IHP-csappal. Szigorú amerikai biztonsági ellenőrzés után sikerült a málhával együtt feljutni a NATO C-17 Globemaster III (08 0003) típusú, szigorúan védett szállító repülőgépre, amely John Zaworsky ezredes főpilóta parancsnokságával helyi idő szerint délelőtt 10:30-kor indult a Puerto Ricó-i Aguadilla légi bázisra (1 óra repülési út). Itt egy délutánt a csapat pihenésképp a városban tölthetett.

Puerto Ricóból 2010. február 3-án, helyi idő szerint reggel 08:00-kor indult tovább a csapat haza Páparra. Az Atlanti-óceán és Nyugat-Európa feletti viszonylag sima repülőút után a repülőtéren a BM OKF főigazgatója, veszélyhelyzet-kezelési főigazgató-helyettese és az MH Pápa Bázisrepülőtér vezetői fogadták a hazatérő, szerencsésen földet érő, a humanitárius küldetését kiemelkedő eredményességgel teljesítő magyar egészségügyi mentőcsapatot.<sup>15</sup>



6. ábra: A csapat érkezése a NATO C-17 szállítógéppel Páparra 2010-ben

Forrás: Dévényi Veronika felvétele, Kánya (2010): i. m.

<sup>15</sup> Kánya Andrea: Jól kooperált a honvédség és a katasztrófavédelem. *Honvédelem.hu*, 2010. február 12.

## 5. A küldetés eredményeinek összegzése

A haiti nemzetközi katasztrófavédelmi segítségnyújtásban részt vevő magyar orvosi mentőcsapat teljesítménye a súlyos földrengéssel pusztított térségben emberileg és katasztrófavédelem-szakmailag is nagyon figyelemre méltó. Irányítás szempontjából végig a szilárd vezetés jellemezte, illetve folyamatosan megvalósult a magas szintű katasztróforvosi feladatellátás. A csapat vezetője a bevetés során rendszeres napi jelentést adott a veszélyhelyzet-kezelési főigazgató-helyettesen keresztül a BM OKF felső vezetésének, a BM OKF Központi Ügyeletének, a brüsszeli EU MIC-nek, a Haitin lévő EU Polgári Védelmi Csoport koordinátorainak.

Az ígért ENSZ- és EU-összekötők nemléte miatt a nagyfokú önállóság és kezdeményezőkészség került előtérbe. A magyar mentőcsapatnak a helyszínre érkezve nem volt rálátása a haiti kormányzati struktúrára, amely egyébként is teljesen összeomlott a földrengés következtében. Az ENSZ és az EU is ezért küldött szakértőket, akik azonban csak kevés sikerrel tudták ellátni koordinációs feladataikat a hatalmas káosz miatt, az alá-fölé rendeltségi irányítást tükröző organigramot emiatt nem is lehetett elkészíteni. Ennek tükrében még értékesebb a magyar csapat teljesítménye: számos lehetetlen helyzetben is képesek voltak megoldani feladatukat, megtalálni a segítséget, a közreműködés lehetőségét és módját.

A csapat a hazai közvélemény hatékony tájékoztatása érdekében naponta cikktervezetet és fotókat küldött a csapat tevékenységéről. A felvételeket az EU MIC külön is kérte a csapatvezetőtől, amelyek felkerültek az EU MIC Haitival foglalkozó akkori hivatalos weblapjára.

### 5.1. A magyar csapat tevékenységének összesített statisztikái

1. táblázat: A magyar orvosi mentőcsapat tevékenységének összesített statisztikái 2010-ben

Műveleti nap	Betegellátás, fő	Triázs, fő	Gyógyszerkiadás, fő
1	0	0	0
2	97	0	300
3	138	253	640
4	67	155	440
5	23	142	380
6	13	90	220
<b>Összesen:</b>	<b>338</b>	<b>640</b>	<b>1980</b>
<b>Mindösszesen:</b>	<b>978</b>		
	<b>2958</b>		

Forrás: Jackovics Péter szerkesztése

## 6. Tapasztalatok, tanulságok feldolgozása

### 6.1. Orvosszakmai tanulságok

A küldetés során a csapat az ENSZ és az EU felé a földrengés sújtotta Haiti további veszélyhelyzeti egészségügyi ellátása érdekében az alábbi javaslatokat fogalmazta meg:<sup>16</sup>

Az orvosi és egészségügyi ellátás hosszú távú biztosítása az országban.

Fontos a betegek és sérültek utókezelésére a katasztrófapszichológusok jelenléte, akik a sürgősségi betegellátásra érkező orvosokat válthatják. Közreműködésükkel az érintett lakosság a földrengés okozta traumát jobban feldolgozhatja.

Földrajzilag közelebb lévő segítségnyújtó országok segélycsapatai maradjanak Haitin (Dél- és Közép-Amerika), de azokat is leválthatják a helyiek.

A „Krisis Intervenciók Team”-ek (KIT) munkáját nehezítik a nyelvi problémák, mert gyakorlatilag csak a franciául beszélő szakemberek tudnak hatékony munkát végezni.

Nagy teljesítményű áramfejlesztőkre van szükség a kórházakban.

Mentőautók és betegszállító eszközök biztosítását kell megszervezni a környező országokból.

A javaslatokat az ENSZ és az EU katasztrófa-egészségüggyel foglalkozó illetékesei elfogadták. A megvalósítás lehetőségeinél a későbbiekben figyelembe vették, ám az orvosszakmai javaslatokat gyakran felülírta az ország egyéb szempontok szerinti válságövezeti helyzete.

### 6.2. A médiakapcsolatok

A hazai média érdeklődése jelentős volt, a csapat vezetőjének a csapat tevékenységéről naponta többször kellett interjút adnia telefonon a magyar médiának. A csapaton belül a nyilatkozattétel jogát a vezető önmagának tartotta fenn annak elkerülése érdekében, hogy nehogy téves vagy ellentétes információk kerüljenek a médiához a leírtak szerinti sokszor bonyolult és élesen változó helyzetben.

## 7. Összegzés, javaslatok

A BM OKF szervezésű és vezetésű orvosi mentőcsoport kitűzött küldetését nemzetközi és hazai szinten is eredményesen teljesítette.<sup>17</sup> A nemzetközi visszajelzések azt igazolták, hogy a küldetés során a BM OKF koordinatív és szakértői szerepe jól vizsgázott, a hazai szervezésű hivatalos mentőcsapatok a nemzetközi eljárásoknak megfelelő következetes összefogását és irányítását, valamint tevékenységét nemzetközi szinten is elismerték. Összességében elmondható, hogy a kormányzat által Haitira kiküldött, a BM OKF által szervezett magyar egészségügyi mentőcsapat működése sikeres volt, a küldetés elérte célját, a humanitárius és katasztrófavédelmi szakterületen növelte

<sup>16</sup> Jackovics (2020): i. m.

<sup>17</sup> Haiti: elismerés a magyaroknak. *24.hu*, 2010. február 12.



Magyarország tekintélyét, elősegítve hazánk kedvező nemzetközi megítélését. Aktív szerepvállalásunk az EU Polgári Védelmi Mechanizmusának erősítése terén fontos esemény volt az akkor 10 éves magyar Katasztrófavédelem történetében.<sup>18</sup>

Az állomány a gyógyítási alaprendeltetésen túl, komplex feladatokat (cargózás, táborépítés stb.) is ellátott, ezért leterheltsége maximális volt, de bírta a fokozott fizikai és szellemi igénybevételt. A csapat öltözködésében jó döntésnek bizonyult az éghajlatnak megfelelő terepmintás rövidnadrág és a Konstantin-keresztes (életmentés szimbóluma) rövid ujjú ing használata. Az egyenöltözet rendszeresítésénél fontos volt a katonai jellegű megjelenés alkalmazása, amely a lakosság körében a csapatnak tekintélyt kölcsönzött.<sup>19</sup>

A csapat egészségügyi felszerelése alapvetően alkalmas volt a kitűzött feladat végrehajtására. A tapasztalatok alapján a csapattagok javaslatot készítettek az egészségügyi anyag mennyiségi és minőségi kiegészítésére, összetételére.

Hasonló katasztrófa által sújtott térségekben való műveletekhez a csapat összetételére javasolt figyelembe venni az összeszokottságot, az éles helyzetben szerzett tapasztalatot, a körülményekhez történő alkalmazkodás képességét, a kreativitást, a csoportba történő beilleszkedés képességét, de orvosszakmailag azt, hogy a katasztrófa-egészségügyi beavatkozások elsősorban prehospitalis sürgősségi ellátásban gyakorlatot szerzett szakembereket igényelnek, akik az aktív ellátásban tudnak a helyi igényekhez alkalmazkodni.

Megfogalmazódott, hogy a jövőben is indokolt minden esetben hivatásos, az INSARAG-irányelveket tökéletesen ismerő, kiképzett és tapasztalt személyt megbízni a kormányzat által delegált mentőcsapat vezetésével. Megfontolandó, hogy a csapatvezető mellett legyen egy logisztikai, IT-szakember is. A média megfelelő tájékoztatása érdekében indokolt lenne jól felkészült TV-operatőr-szerkesztőt kijuttatni a mentőerőkkel. Kis létszámú csapat kiküldése veszélyeztetheti az alkalmazhatóságot és a hatékonyságot, legalább 12 fő kiküldése indokolt hasonló esetekben.

A szervezés, koordináció javítása érdekében a kárhelyszínen fontos lenne egy helyi koordinátor megléte, vagy az érkező csapat fogadásának és szállíttatásának le szervezéséhez, akár menetrend szerinti járáttal egy felderítő koordinátor előreküldése.

Az infokommunikációs eszközök nélkülözhetetlen szerepet tölthettek be a küldetés sikeres megvalósításában. A BM OKF felszerelését képező ütésálló, gurulós „Peli” informatikai bőrönd és tartalma kiválóan segítette a csapat munkáját kontinensek közötti távolságokon át, azonban a kezelhetőség és utaztatás szempontjából kisebb informatikai bőrönd lenne szükséges.

Az akkori washingtoni magyar külképviselet nagyban hozzájárult a magyar misszió sikeres befejezéséhez, a hazaszállításhoz. A kubai külképviselet közreműködéséről nem volt a magyar csapatnak információja. Hasonló helyzetben a sikert segítően elő, ha az ENSZ és az EU katasztrófavédelmi tisztségviselői mellett lehetne részletesen tájékoztatni a térség országainak magyar nagykövetségeit a csapat működtetéséről, mozgásáról, adatairól, technikai szükségleteiről, esetleges segítségkéréséről.

<sup>18</sup> Jackovics Péter: Haiti katasztrófa következményeinek felszámolásában szerzett tapasztalatok. *Honvédervos*, 63. (2011), 1–2. 108–109.

<sup>19</sup> Jonathan Patrick: Haiti Earthquake Response. Evaluation Insights. *ALNAP*, 2011. június.

Nagyobb költségvetési tehervállalással akár több felszerelést, nagyobb létszámot lehetett volna kijuttatni, ez növelhetné volna a magyar egészségügyi szerepvállalást és annak műveleti idejét. A jövőben külön központi katasztrófavédelmi alap létesítése elősegíthetné a nemzetközi katasztrófa-segítségnyújtásban történő eredményes hazai részvételt, a gyors döntést, a felelősségteljes csapatösszeállítást és mozgósítást az ilyen súlyos természeti katasztrófáknál szükséges időtényező kiemelt figyelembevételével.

A jövő katasztrófái következményeinek eredményes felszámolásához szükséges a szakmai tapasztalok, sikerek, esetleges sikertelenségek feldolgozása, számbavétele. A haiti földrengéshez kormányzati döntés alapján kiküldött magyar katasztrófaorvosi mentőcsapat története egy hihetetlen nehéz körülmények közötti sikeres beavatkozásról szól, jó példaként szolgál napjaink katasztrófavédelmére, a katasztrófa-egészségügy szakemberei, a speciális mentőcsapatok számára.

## 8. Mi változott 10 év után itthon és Haitiben?

### 8.1. Magyarország

A magyar katasztrófavédelmi-orvosi mentőcsapat Haitin való sikeres tevékenysége is arra sarkallja a magyar katasztrófavédelmet, hogy készen kell lenni a hazai mellett speciális mentőcsapatokkal a nemzetközi segítségnyújtásban való részvételre. A nemzetek katasztrófavédelmi segítségnyújtási képességéhez napjainkban is nagyon fontos, hogy rendelkezzenek az ENSZ INSARAG-irányelveknek megfelelően összeállított, felszerelt, felkészített és minősített mentőcsapatokkal.

Hazánkon kívül az Amerikai Egyesült Államok, Németország, Ausztrália, Ausztria, Oroszország, Spanyolország két mentőcsapatot, míg Franciaország és Törökország három mentőcsapatot is fenntart.

A jogelőd FKRMSZ, MMSZ és ZKM 2004-ben elnyert nehéz és közepes minősített csapatok alapvetően sokéves sikeres munkája után az új Kat.-ban foglaltaknak megfelelően e csapatok *bázisát, rendszerét 2012-ben átszervezték*, és helyettük a BM OKF új alapon létrehozta a HUNOR és a HUSZÁR mentőszervezeteket, amelyek a korábbiakhoz hasonlóan a nemzetközi szinten az Afrika/Európa/Közel-Kelet Régióhoz tartoznak. Mindkét csapat önkéntesen szerveződik, de a jelentős újítás az a korábbi évtizedhez képest, hogy a HUNOR tagjai a jól képzett katasztrófavédelmi hivatásos állomány tagjainak sorából jelentkezhetnek, míg a HUSZÁR továbbra is a civil önkéntesekre alapoz.

A HUNOR Mentőszervezet 2012-ben elsőként, majd 2017-ben szintén, immár másodszor újította meg az ENSZ INSARAG nehéz kategóriájú minősítését, ezáltal Magyarország az az ország, amely a világon legelőször minősítette újra magát az ENSZ INSARAG-rendszerében, a többször módosított irányelvek kihívásait mindig eredményesen teljesítve. Nehéz kategóriás csapatként megvan a műveleti képessége a nehéz és bonyolult műszaki kutató-mentő műveletekre, kutatni tud eltűnt személyek után kutyákkal és műszaki eszközökkel. A nemzetközi küldetésre induláskor a katasztrófa jelzésétől számított 48 órán belül működni kell az adott országban, és folyamatos váltásokban, napi 24 órában, két helyszínen, 10 napos időtartamon

keresztül, önállóan kell tudnia segítséget nyújtani. Jelenleg a világon mindössze 35 ilyen nehéz minősítésű városi kutató-mentő csapat van.

A HUSZÁR Mentőszervezet közepes kategóriájú városi kutató-mentő szervezet, amelynek a riasztástól számított 48 órán belül a segítséget kérő ország katasztrófa sújtotta területén működésbe kell lépnie. A közepes kategóriájú csapatoknak napi 24 órában, 7 napon keresztül kell tudniuk önállóan dolgozni. Nemzetközi viszonylatban jelenleg 21 ilyen minősítésű csapat létezik. 2012-ben sikeres minősítést, majd 2017-ben sikeres újraminősítést szerzett a HUNOR-ral közös minősítési eljárásban és az azt lezáró 36 órás terepgyakorlaton.

A HUNOR nehéz USAR-kategóriában a harmadik, a HUSZÁR pedig közepesként a második újraminősítésére készül 2023-ban.

## 8.2. Haiti

A földrengést követő hatalmas nemzetközi összefogást tekintve gondolható volt, hogy Haitin néhány éven belül a természet okozta pusztítás következményei felszámolhatók lesznek. Azonban tíz évvel a földrengés után még mindig körülbelül 30 ezer ember él táborokban, és 300 ezer ember lakik a főváros mellett fekvő „Canaan”-ban, a katasztrófa után felépült új városrészben. Az országot a földrengés után elárasztó dollármilliárdok, valamint az újjáépítési ígérek ellenére az ENSZ OCHA humanitárius segítségnyújtási jelentése szerint 4,6 millió haiti (körülbelül 40%) lakos számára sürgős segélyre volt szükség 2020-ban, és ezentúl is 3,7 millió ember szenved majd élelmiszerhiányban. A Nemzetközi Valutaalap (IMF) és más fejlesztési ügynökségek szerint a gazdasági kilátásokat az ország politikai helyzete nem segíti.<sup>20</sup>

A földrengés 10. évfordulója jó alkalom arra, hogy a nemzetközi közösség értékelje a Haitival való kapcsolatát. A támogatások függetlenítése, valamint a helyi és regionális beszerzések támogatása a hatékony fejlesztés alapelvei azok, amelyeket a fejlesztési ügynökségeknek prioritásként kell kezelniük. Szükséges ezen elvek kiterjesztése a haiti magánszektor fejlesztési tevékenységére is.

Az Orvos Határok Nélkül (MSF) jelentése szerint tíz évvel a pusztító haiti földrengés után az ország egészségügyi rendszere még mindig az összeomlás szélén áll. Katasztrófák és járványok, politikai és gazdasági válságok sorozata, valamint a világ közömbössége súlyos hiányt okozott orvosi ellátásban és személyzetben. Az MSF arra kéri a többi segélyszervezetet, hogy fordítsanak figyelmet a válságra és támogassák továbbra is Haiti egészségügyi szükségleteit.<sup>21</sup>

A 2010-es haiti földrengés óta eltelt 11 év alatt a Miyamoto International, a nem kormányzati szervezetek, az adományozók és a haiti kormány több száz képzési programot szerveztek a jobb építési gyakorlatok megerősítése érdekében. Hasonló programok más, katasztrófa sújtotta országokban is megtalálhatók Ecuadortól Indonéziáig.<sup>22</sup>

<sup>20</sup> Iolanda Fresnillo: Haiti 10 Years after the Earthquake: The Fight for Social and Economic Justice Continues. *Eurodad*, 2020. január 10.

<sup>21</sup> Médecins Sans Frontières: *Ten Years after Haiti Earthquake, Medical Care is Deteriorating*. Press Release. 2020. január 9.

<sup>22</sup> Olivia Nielsen et al.: *Myth or Reality: Is Haiti Safer Today?* *Miyamoto International*, 2021. március 4.

Az elmúlt 10 év nagy előrelépéseként értékelhető, hogy a kolera előfordulása mára 50%-kal csökkent. Haiti GDP-je 4%-kal nőtt, míg az infláció 8%-ról 4,5%-ra csökkent. A külföldi vállalkozások érdeklődést mutatnak a különböző haiti befektetések iránt, ideértve az idegenforgalmat is.<sup>23</sup>

Az Európai Számvevőszék megállapította, hogy a 2010-es haiti földrengést követő európai uniós helyreállítási támogatás kialakítása általában véve megfelelő volt, a programok végrehajtása azonban nem volt elég eredményes. A helyreállítás támogatása irányában tett erőfeszítései során az Európai Bizottság, más donorokhoz hasonlóan, jelentős akadályokba ütközött.<sup>24</sup>

A jelentős természeti katasztrófák társadalomra és gazdaságra gyakorolt hatásain okulva, a Világbank globális katasztrófacsökkentési és helyreállítási eszköze (GFDRR), az ENSZ Fejlesztési Programja (UNDP) és az Európai Unió (EU) útmutatókat dolgoz ki rendszeresen a katasztrófák utáni helyreállítási keretrendszerek fejlesztésére. Az útmutatók célja, hogy segítse a kormányokat és a partnereket a katasztrófa utáni helyreállítás rugalmas tervezésében, miközben hozzájárul a hosszabb távú fenntartható fejlődéshez.<sup>25</sup>

## Felhasznált irodalom

- Desmarais, Daniel: *Report of The United Nations in Haiti 2010: Situation, Challenges and Outlook*. ENSZ, (é. n.). Online: [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/F9DE84C8F12B844B8525781B0053C3F6-Full\\_Report.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/F9DE84C8F12B844B8525781B0053C3F6-Full_Report.pdf)
- ENSZ: *INSARAG Irányelv*. 2004. Online: <https://studylib.net/doc/8059032/insarag-guidelines-2004-draft-part-4.doc>
- Európai Bizottság: *Factsheet Haiti Earthquake*. 2010. március 22. Online: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_10\\_94](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_10_94)
- Európai Számvevőszék: *A haiti földrengést követő európai uniós helyreállítási támogatás*. Különjelentés. Luxembourg, 2014. Online: [www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR14\\_13/QJAB14013HUC.pdf](http://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR14_13/QJAB14013HUC.pdf)
- Fresnillo, Iolanda: *Haiti 10 Years after the Earthquake: The Fight for Social and Economic Justice Continues*. *Eurodad*, 2020. január 10. Online: [www.eurodad.org/10\\_years\\_haiti](http://www.eurodad.org/10_years_haiti)
- Haiti: elismerés a magyaroknak. *24.hu*, 2010. február 12. Online: [https://24.hu/belfold/2010/02/12/haiti\\_elismeres\\_magyaroknak/](https://24.hu/belfold/2010/02/12/haiti_elismeres_magyaroknak/)
- INSARAG: *INSARAG Steering Group Meeting, Chairman's Summary*. Geneva, Switzerland, 2010. június 4. Online: [www.insarag.org/wp-content/uploads/2016/04/2010\\_INSARAG\\_Steering\\_Group\\_Meeting\\_Chairman\\_Summary\\_with\\_Annexes\\_English.doc](http://www.insarag.org/wp-content/uploads/2016/04/2010_INSARAG_Steering_Group_Meeting_Chairman_Summary_with_Annexes_English.doc)
- Jackovics Péter: *Haiti katasztrófa következményeinek felszámolásában szerzett tapasztalatok*. *Honvédeorvos*, 63. (2011), 1–2. 108–109.

<sup>23</sup> World Bank's Global Facility for Disaster Reduction and Recovery: *Recovery Framework Case Study. Recovery from a Mega Disaster*. 2014. augusztus.

<sup>24</sup> Európai Számvevőszék: *A haiti földrengést követő európai uniós helyreállítási támogatás*. Különjelentés. Luxembourg, 2014.

<sup>25</sup> World Bank's Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (2014. augusztus): i. m.

- Jackovics Péter: Deployability of International Medical Teams for Disaster Response. *Ecoterra: Journal of Environmental Research and Protection*, 17. (2020), 2. 35–39. Online: [www.ecoterra-online.ro/files/1608477409.pdf](http://www.ecoterra-online.ro/files/1608477409.pdf)
- Kányai Andrea: Jól kooperált a honvédség és a katasztrófavédelem. *Honvédelem.hu*, 2010. február 12. Online: <https://honvedelem.hu/hirek/jol-kooperalt-a-honvedseg-es-a-katasztrofavedelem.html>
- Kondorosi Ferenc – Muhoray Árpád: *Katasztrófák kora*. Miskolc, Bíbor, 2019.
- Médecins Sans Frontières: *Ten Years after Haiti Earthquake, Medical Care is Deteriorating*. Press Release. 2020. január 9. Online: [www.msf.org/ten-years-after-haiti-earthquake-medical-care-deteriorating](http://www.msf.org/ten-years-after-haiti-earthquake-medical-care-deteriorating)
- Muhoray Árpád: *Katasztrófamegelőzés I*. Egyetemi jegyzet. Budapest, NKE KVI, 2016.
- Muhoray Árpád: A polgári védelem helye a modern katasztrófavédelemben. *Hadmérnök*, 12. (2017), 2. 188–200. Online: [http://hadmernok.hu/172\\_15\\_muhoray.pdf](http://hadmernok.hu/172_15_muhoray.pdf)
- Nielsen, Olivia – Sabine Kast – Guilaine Victor – Mark Broughton – Lucienne Cross: Myth or Reality: Is Haiti Safer Today? *Miyamoto International*, 2021. március 4. Online: [www.preventionweb.net/news/view/76362](http://www.preventionweb.net/news/view/76362)
- Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: 422-44/2/2010. számú Útjelentés. 2010.
- Patrick, Jonathan: Haiti Earthquake Response. Evaluation Insights. *ALNAP*, 2011. június. Online: [www.alnap.org/system/files/content/resource/files/main/1304.pdf](http://www.alnap.org/system/files/content/resource/files/main/1304.pdf)
- World Bank's Global Facility for Disaster Reduction and Recovery: *Recovery Framework Case Study. Recovery from a Mega Disaster*. 2014. augusztus. Online: [www.gfdr.org/sites/default/files/publication/rfcs-2014-haiti.pdf](http://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/rfcs-2014-haiti.pdf)

### Jogi forrás

- A Bizottság (2005/160/EK) Határozata az Egyesült Nemzetek Humanitárius Ügyekért felelős Koordinációs Hivatala (UNOCHA) és az Európai Közösségek Bizottsága között a katasztrófa segélyezés keretében való együttműködésről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005D0160&from=en>





Bana János,<sup>1</sup> Kovacsóczy László<sup>2</sup>

# Sugárárnyékolt jármű lehetséges alkalmazása a baleseti sugárhelyzet felmérésében

## Possible Use of a Radiation Shielded Vehicle to Assess an Accident Radiation Situation

Jelen írás bemutatja egy, a Paksi Atomerőmű által beszerzett sugárárnyékolt jármű alkalmazhatóságát, műszaki paramétereit, valamint tényleges számításokkal igazolja annak jelentőségét a dózismegtakarításban, baleseti helyzet esetén. A gyakorlati alkalmazási tapasztalatok és szituációs analízisek támasztják alá az alkalmazhatóság hatékonyságát.

**Kulcsszavak:** sugárárnyékolt jármű, Komondor, sugárhelyzet-felmérés, dózismegtakarítás

This paper presents the applicability and technical parameters of a radiation shielded vehicle procured by the Paks Nuclear Power Plant, and justifies its significance in dose savings in the event of an accident with specific calculations.

**Keywords:** radiation shielded vehicle, Komondor, radiation survey, dose saving

### 1. Bevezetés

2011. március 11-én Japán írott történelmének legnagyobb földrengését követően létrejött extrém méretű szökőár következtében súlyos reaktorbaleset történt a Fukushima I. atomerőműben. A tengerparttól mintegy 130 km-re, 24 km-es mélységben a Richterskála szerint 9-es erősségű földrengés történt, amely az erőmű tervezési alapját kissé meghaladó mértékben megrázta az atomerőmű területét. Ennek következtében az erőmű működésben lévő blokkjai leálltak.

<sup>1</sup> Főosztályvezető, MVM PA Zrt., Védelmi Főosztály, e-mail: [bana@npp.hu](mailto:bana@npp.hu)

<sup>2</sup> Szakterületi mérnök, MVM PA Zrt., Balesetelhárítás, e-mail: [kovacsoczy@npp.hu](mailto:kovacsoczy@npp.hu)

Az esemény következménye a szó szoros értelmében és átvitt értelemben is bejárta a világot. Az európai országok különböző módon ugyan, de szinte azonnal reagáltak a fukushimai balesetre. Még javában tartott a japán erőmű személyzetének harca a baleset elhárításáért, illetve következményeinek csökkentéséért, amikor nagy vita alakult ki arról, hogy Európa hogyan reagáljon egységesen a balesetre. A nemzeti nukleáris hatóságok, amelyek szuverén módon döntenek az atomerőművek működésének engedélyezéséről, önként vállalták, hogy az általuk felügyelt atomerőműveket egységes felülvizsgálatnak vetik alá (ezt nevezték a bankvilágból átvett, meglehetősen félrevezető kifejezéssel „*stress test*”-nek, amelyet pontosabb magyarul célzott biztonsági felülvizsgálatnak – CBF – nevezni).

A megfogalmazott követelmények alapján az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) 2011. május 2-án előírta a Paksi Atomerőmű Zrt. részére a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat (CBF, nem nyilvános) végrehajtását, amelyhez átadta a felülvizsgálat tartalmi követelményeit tartalmazó dokumentumát is.<sup>3</sup> A PA Zrt. 2011. augusztus 15-re a felülvizsgálat eredményeiről előrehaladási jelentést készített, míg a végleges jelentést az előírásnak megfelelően 2011. október 31-re benyújtotta.

Az OAH a jelentések alapján értékelt a felülvizsgálat végrehajtását, annak eredményeit, megállapításait, meghatározta a szükséges biztonságnövelő intézkedések körét, valamint elkészítette a kormány által az Európai Bizottságnak megküldendő Nemzeti Jelentést. A felülvizsgálat rávilágított arra, többek között, hogy a személyzet sugárterhelésének csökkentése érdekében a szennyezett területen belül vagy a magas dózisteljesítményű területeken a beavatkozási területek megközelítését megfelelő árnyékolási tényezővel rendelkező gépjárművekkel kell megoldani. E megállapítás mint javaslat a végrehajtandó javító intézkedések között meg is jelent.

Az atomerőművet üzemeltető országok a nukleáris veszélyhelyzet kezelését a Nemzetközi Atomenergia-ügynökség által kiadott követelmények és ajánlások szerint kezeli. Ezekkel összhangban van a nemzeti jogszabályi környezet. [Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény,<sup>4</sup> illetve a 2011. évi CXXVIII. törvény,<sup>5</sup> az annak végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) kormányrendelet,<sup>6</sup> illetve a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról szóló 1150/2012. (XII. 30.) kormányhatározat szabályozza.<sup>7</sup>] A speciális képességeket a nemzeti tervekben általában honvédelmi kötelekek biztosítják. Az ipari létesítmények jellemzően nem rendelkeznek saját, telephelyen folyamatosan készenlében álló különleges védelmi, illetve sugárfelderítő képességgel rendelkező járművel, ezeket a nemzeti terv szerint a veszélyhelyzet-kezelés során támogató erőktől igénylik meg.

A nemzetközi katonai alkalmazásban jól ismert jármű például a Rheinmetall Pz 1A3/ABC vagy Spürpanzer (Fuchs), illetve a hazai szolgálatban lévő VSBTR. Azonban ezek

<sup>3</sup> Tervezési és tervezésen túli üzemi állapotok sugárzási következményei, MTA EK-SVL-2016-994-02-01-00, tanulmány.

<sup>4</sup> 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról.

<sup>5</sup> 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.

<sup>6</sup> 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.

<sup>7</sup> 1150/2012. (XII. 30.) Korm. határozat a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról.

az eszközök katonai járművek, közúti mozgásukhoz, méretük miatt útvonalengedély, speciális harcjárművezetői képesség és személyzet szükséges. Továbbá a kialakításuk katonai alkalmazásra lett optimalizálva, így az ipari, jelen esetben atomerőművi környezetben kevésbé alkalmazhatók.

Ez a megoldás az ipari létesítmények számára nem ideális. Ezért volt szükség egy olyan megoldást találni, amely a képességet és az ipari létesítmény igényeit ötvözi, ezáltal emeli a nukleáris biztonság szintjét.

A jelen cikk bemutatja azt a sugárnyékolt járművet, amelyet a fent említett javító intézkedések keretén belül az MVM PA Zrt. beszerezett.

## 2. A sugárnyékolt jármű beszerzése, főbb műszaki paraméterei

Az MVM PA Zrt. 2015-ben döntött egy RDO-3221 RSV (Komondor) sugárnyékolt gépjármű beszerzéséről. A beszerzés alapvetően hazai fejlesztői-gyártói bázison alapuló eszközt célt meg, hiszen az atomerőmű balesetelhárítási szolgálatának egyedi igényei speciális képességeket takartak, amelyek kielégítése közvetlen gyártói-alkalmazói együttműködést követelt meg, a gyártói oldalról magas fokú rugalmasságot feltételezve.



1. ábra: A Komondor fényképe az atomerőmű telephelyén

Forrás: a szerzők felvétele

### 3. A jármű mozgékonyága, lehetőségei, szakfelépítménye<sup>8</sup>

Az RDO-3221 Komondor (1. ábra) sugárnyékolt járművet a Gamma Műszaki Részvénytársaság által fejlesztett és épített Komondor járműcsalád bázisjárművének alapjain alakították ki, az RDO-3221 Komondor ABV-felderítő jármű prototípusának átalakítása révén.

A 4 × 4-es kerékképletű, zárt páncéltestű járművet az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. által megfogalmazott műszaki igények/követelmények alapján, valamint a jármű kategóriájára vonatkozó hazai és nemzetközi előírások, gyártási és üzemeltetési tapasztalatok figyelembevételével tervezték meg.<sup>9</sup>

A jármű zárt felépítménye a műszaki követelményekben előírt sugárzáselnyelő tulajdonságokkal rendelkező általános szerkezeti acélból készült, belső tere mentesíthetőség, takaríthatóság biztosítása érdekében speciális, kopás- és csúszásálló poliuretán bevonattal lett ellátva.

A jármű kialakításából, moduláris felépítéséből adódóan alkalmas mind a megkövetelt műszerek befogadására, mind a kezelőszemélyzet és annak felszereléseinek hordozására.

Az RDO-3221 Komondor nagyfokú mozgékonyággal és terepjáró képességgel, kollektív ABV-védelemmel, RH- és URH-frekvenciatartományokban megbízható beszéd- és adatátviteli kapcsolat biztosításával rendelkezik.

A sugárnyékolt gépjárművet speciálisan nukleáris erőművek katasztrófavédelmi szolgálatai részére alakították ki. Biztosítja a gépjármű kezelőszemélyzetének (parancsnok, vezető) és a szakszemélyzetnek (7 fő), azok felszerelésének és eszközeinek elhelyezését, szállítását, valamint a szennyezett terepszakasz biztonságos megközelítését és elhagyását. A személyzet szennyezett terepszakaszon való biztonságos munkavégzését a túlnyomószerű szűrő-szellőztető berendezés teszi lehetővé.

A gépjármű rendelkezik a vasúti, vízi, légi szállításhoz szükséges rögzítő- és emelő-, valamint vontatáshoz, (ön)mentéshez szükséges elemekkel.

Technikai kialakítása és a beépített eszközök révén a kezelőszemélyzet képes radioaktív-szennyezett terepen feladatot végrehajtani, miközben biztosított a környező terület vizuális megfigyelése, a sugárzási szint mérése, elemzése, valamint a mért adatok folyamatos továbbítása.

A járműfelépítmény 15-20 mm szerkezeti acélból készült, gyengítési tényezője: > 60%, az üvegek speciális 48 mm-es ólmozott biztonsági üvegek, gyengítési tényezőjük: > 50%

A jármű egyéb fizikai paraméterei:

- teljes (össz)tömege: 16 500 kg;
- öntömege: 12 460 kg
  - a mellső tengelyen: 5880 kg
  - a hátsó tengelyen: 6580 kg;
- hasznos terhelhetősége: 4040 kg;

<sup>8</sup> Gamma Technical Corporation: *KOMONDOR Armoured Vehicle Family*. 2020.

<sup>9</sup> Zsitnyányi Attila: KOMONDOR – könnyű páncélvédett bázisjármű család fejlesztése Magyarországon I. rész. *Haditechnika*, 53. (2019), 6. 44–50.

- megengedett vontatmány tömege: 3500 kg;
- hossza: 5895 mm;
- szélessége: 2445 mm;
- magassága: 2880 mm;
- tengelyek távolsága: 3220 mm.

#### 4. A jármű műszerezettsége

Az eszköz sugárzásmérő rendszere fedélzeti (belső) és a jármű két oldalán, kívül elhelyezett gamma-dózisteljesítménymérő detektorból, valamint GPS-vevőből áll, amelyek központi adatgyűjtő modulon keresztül csatlakoznak a fedélzeti számítógéphez.

A jármű elején, két oldalt elhelyezett detektor (2. ábra) méri a járművet kívülről érő gammadózis teljesítményét (Gy/h).



2. ábra: A jármű oldalán elhelyezett, külső dózisteljesítményt mérő detektorok (IH-99DM) egyike

Forrás: a szerzők felvétele

A jármű belsejében – egy az utastérben, egy a vezető fülkében – elhelyezett detektor (3. ábra) méri a vezető, illetve az utastér dózisteljesítményét.





3. ábra: A járműfedélzeten (utastérben) elhelyezett dózisteljesítményt mérők (BNS-98S) egyike  
Forrás: a szerzők felvétele

A mérőrendszer a jármű környezetében, illetve belsejében mért dózisteljesítmény-értékek, illetve a fedélzeten tartózkodó személyek dózistartaléka, valamint a megadott dózismegszorítások alapján folyamatos számításokat végez és szükség esetén figyelmeztetést, illetve riasztást generál.

A riasztást kiváltó okok:

- ha a külső detektorok által mért érték átlépte azt a szintet, ahová a gépjármű már nem léphet be, a járműnek vissza kell fordulnia, illetve a szennyezett területen a járművet elhagyni nem javasolt;
- ha a vezetőfülkében vagy az utastérben elhelyezett detektor által mért érték átlépte azt a szintet, amikor a vezetőfülkében vagy utastérben tartózkodni nem javasolt.

A figyelmeztetést kiváltó ok, ha a vezető tartózkodási ideje, illetve az utasok tartózkodási ideje elért egy beállított időpontot, hogy a vezetőnek legyen kellő ideje elhagyni a szennyezett területet.

A külső detektorok által mért adatokból a rendszer környezeti sugárszintet képez az alábbi formula alapján:

$$P_t = K(P_{t1} + P_{t2}) \quad (1)$$

Ahol,  
 $P_t$  – a külső dózisteljesítmény,  
 $P_{t1}, P_{t2}$  – a külső dózisteljesítmény-mérők adatai.

A K súlyozó tényező figyelembe veszi a járműnek a külső dózisteljesítményre gyakorolt árnyékoló hatását, értéke 1 körül van, mivel mindkét detektor fél térszögre van árnyékolva. A dózisteljesítmény értékét Gy/h mennyiségben jelzi ki. A kijelzés számértékkel (cGy/h) és gráf (jobb-bal) alkalmazásával történik.

## 5. Kollektív védelmi (COLPRO-) képesség

A jármű kollektív védelmi képességét egy szűrő szellőztetőrendszer biztosítja, annak érdekében, hogy a vezetőfülkében és az utastérben tartózkodó személyek egyéni védőfelszerelés nélkül is szennyezett területre hajthassanak be járművel anélkül, hogy radioaktív szennyeződést lélegeznének be. A rendszer rendeltetése a légmentesen záródó járműben dolgozó, illetve a szállított személyi állomány védelme, valamint önálló friss levegős befújással nem rendelkező munkateretek szellőztetése.



4. ábra: A jármű utasterének poliuretán bevonata, amely a dekontaminálhatóságát lehetővé teszi

Forrás: a szerzők felvétele

A beszívott levegő tisztítását a ventilátorok előtt egy porleválasztó, utánuk az előszűrését F7-es papírszűrő, a levegő tisztaságát pedig egy egységbe épített impregnált szén, valamint egy H13-as szűrőegység biztosítja. A tisztított levegő külön ágon kerül a vezetőhöz és az utastérbe, állandó légmennyiséggel és túlnyomással. A túlnyomást biztosítja a külső tér és a vezetőfülke között, a vezetőfülke és az utastér között és menetközben a vezető- és utastér, illetve a külső tér között. A túlnyomás alaphelyzetben 240 Pa, azonban a kombinált szűrő behelyezése után 190 Pa-ra módosul. A jármű belső tere (4. ábra) a dekontaminálhatóság, takaríthatóság érdekében speciális, kopás- és csúszásálló poliuretán bevonattal van kezelve.

## 6. A jármű alkalmazási lehetőségei nukleárisbaleset-elhárítási feladatokban, illetve egyéb veszélyhelyzet esetén

### 6.1. A jármű sugárnyékoltási képességének meghatározása, nukleáris baleset esetére elvégzett szimulációk bemutatása

A jármű védőképességét, a vezető, illetve az utastér tiszta levegővel történő ellátásán kívül, alapvetően a belső tér sugárnyékoltó képessége határozza meg, amit főként a talaj szennyezettségéből adódó megnövekedett dózisteljesítmény csökkentése jellemez, ezt a belső térben, illetve a szabadban mért dózisteljesítmény-arányból számolt gyengítési együtthatón keresztül fejezzük ki.

Ezt a vizsgálatot a jármű gyártása után a Gamma Műszaki Zrt. telephelyén végezték el 2015-ben. A mérési procedúra, röviden, az alábbiak szerint folyt. A kollimált sugárforrást a talajra helyezték el, a mérőeszközt a gépjárműben, illetve a gépjármű nélkül azonos magasságban. Mind az utastér, mind a vezetőfülke esetében a legkevésbé védett (a talaj és a mérési pont között legkevesebb gyengítő közeget tartalmazó) ponton lettek a mérések végrehajtva. A gyengítés meghatározásához két méréssorozat készült, egy 102,351 MBq aktuális aktivitású  $^{137}\text{Cs}$  zárt sugárforrás dózisterében. A mérőműszer egy MKEH által hitelesített BNS-98S típusú gamma dózisteljesítmény-mérő műszer volt. Az egyik méréssorozat a sugárforrás dózisterében, nyílt elhelyezésben lévő mérőműszer mérési adatait tartalmazta, ahol a műszer pozíciója megegyezett a második méréssorozat során a jármű vezetőülése, valamint az utastér középpontjának pozíciójával. A két méréssorozat statisztikus feldolgozása a vezetőülésre jellemző gyengítési együtthatót  $K_{gy} = 0,34$  értékben határozta meg, innen a vezetőfülke gyengítése a talaj felől érkező sugárzásra vonatkoztatva  $K_a = 66\%$ :

$$K_a = (1 - K_{gy}) \cdot 100(\%) \quad (2)$$

Ahol:

$K_a$  – objektum gyengítése – a forrás felől érkező sugárzás dózisteljesítményének csökkenése az objektum belsejében, százalékos részarányal megadva;

$K_{gy}$  – objektum, sugárnyékoltó fal gyengítési együtthatója – a sugárnyékoltó fal sugárzással átellenes oldalán mért dózisteljesítmény és a forrás felőli oldalán mért dózisteljesítmény aránya, törtben kifejezve.

Az utastér gyengítése e módszer alkalmazásával 54%-nak adódott. A vezetőfülke nagyobb mértékű árnyékolása azzal indokolható, hogy abban a személyzet (vezető, járműparancsnok) több időt tölt, mint azok a személyek, akiket a tiszta területről a szennyezett területen lévő munkavégzés helyszínére, illetve onnan szállít.

A jármű védőképességének demonstrálása érdekében különböző számításokat végeztek szennyezett terepszakaszon történő személyszállításra, ahol a terep szennyezettségét egy feltételezett maximális tervezési üzemzavari eset szerint adták meg. Az adott esemény következtében kialakuló sugárhelyzetre a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont Sugárvédelmi Laboratórium munkatársai végeztek elemzést a súlyos balesetek sugárzási következményeinek feltárására.<sup>10</sup> Ennek során hat lehetséges esetet tekintettek át, értékelték a maximális tervezési üzemzavar (NA500 melegági törés kétoldali kifolyással) esetét is. A forgatókönyvek bemenő adatait az alábbi struktúrára bonthatjuk:

- A különböző feltételezett szivárgási pontokra vonatkozó kiáramlási adatokat a PA Zrt. adta meg a NUBIKI által végzett számítások alapján, integrális formában, tíz elemcsoportra, néhány másodperces időfelbontással.
- A környezeti kibocsátást 10 perces, a receptorpontokra vonatkozó aktivitáskoncentrációkat és dózisteljesítményeket 1 órás időfelbontással határozták meg, 168 óra időtartamra.
- A környezetben kialakuló levegőaktivitás-koncentrációk időbeli lefolyása minden esetben a forrástag időfüggését követi.

A maximális tervezési üzemzavari esetben a maximális elnyelt dózisteljesítmény  $P_{\max} = 6,5 \text{ mGy/h}$  volt.

Ezt figyelembe véve, a legrosszabb esetre számolt legjobb becslés (*worst case best estimate*) a következők szerint alakul egy, a telephely evakuálását feltételező tevékenység során, ahol a kimenekítési útvonalon, az 1. blokki kiépítés délkeleti sarka mint gyülekezőhely, valamint az 1010-es óvóhely között mint célobjektum között járórozés történik. A tevékenységet gyalogosan, illetve a szóban forgó járművel való szállítással hajtják végre, a számítás a forgatókönyv szerint, a dozimetriai mérést végző járőr által elszenvedett dózisa irányul, egyszeri, oda-vissza útra.

## 6.2. A járőrfelderítés általános paraméterei

Öltözet: Tyvek overall, MSA panorámaálarc, R típusú szűrővel

Felszerelés: 15 kg

Távolság: 2200 m (1100 m oda-vissza)

$$D = P_k \cdot K_{gy} \cdot \frac{S}{v} \quad (3)$$

<sup>10</sup> Tervezési és tervezésen túli üzemi állapotok sugárzási következményei, MTA EK-SVL-2016-994-02-01-00, tanulmány.

Ahol:

$D$  – a járórt által a feladat végrehajtása során elszennvedett elnyelt  $\gamma$ -dózis,

$P_k$  – a környezeti  $\gamma$ -dózisteljesítmény: 6,5 mGy/h,

$s$  – a távolság, 2200 m,

$v$  – a sebesség, gyalogosan 4,5 km/h, járművel 30 km/h.

A járórt az adott útvonalon az alábbi elnyelt dózist szenved el:

- gyalogosan:  $D = 3,2$  mGy;
- a jármű szállítóterében:  $D = 0,22$  mGy;
- a jármű vezetőfülkéjében:  $D = 0,16$  mGy.

A három hipotetikus érték szerint, egyrészt a járműben történő elhelyezés esetén a gyalogoshoz képest a dózisterhelés aránya 5-7%, másrészt a különbözet (93-95%) a dózisterhelés szempontjából dózistartalékként jelentkezik, amit a nukleárisbal-eset-elhárítás során, megfelelő dózistervezéssel fel lehet használni.

## 7. A jármű alkalmazásának lehetőségei

Az alkalmazási lehetőségeknél közös pont a személyzet megóvása, szem előtt tartva az ALARA- (*As Low As Reasonably Achievable*) elvet. Ez azt jelenti, hogy a normál háttérsugárzásnál lényegesen magasabb dózistérben végzett tevékenység során a védelmet úgy kell biztosítani, hogy minél nagyobb legyen a „nettó haszon” a gazdasági és társadalmi tényezők figyelembevételével. Azaz a dózistér forrásait és az azzal kapcsolatos létesítményeket, armatúrákat megfelelő védelmi és biztonsági rendszerrel kell ellátni, hogy a sugárterhelés nagysága és valószínűsége, valamint az érintett személyek száma az észszerűen elérhető legkisebb legyen, a gazdasági és társadalmi szempontokat szem előtt tartva.

## 8. A beavatkozó állomány szállítása

Ez a feladat valójában a jármű alaprendeltetése, a fent vázolt megfontolások értelmében. Az egyik legfontosabb, hogy a képzett, tapasztalt munkaerőt a lehető legtávolabb meg kell óvni, figyelembe véve a vonatkozó miniszteri rendelet [16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet] szerint meghatározott effektív dózisértékeket. Veszélyhelyzetben a baleset következményeinek elhárításában részt vevő személy sugárterhelése nem haladhatja meg az 50 mSv effektív dózist. Az érintettek körén belül kivételt képez ez alól a népesség jelentős sugárterhelésének megakadályozásában és életmentésben részt vevő személy. Ebben az esetben törekedni kell arra, hogy a sugárterhelés a 100 mSv effektív dózist, az életmentésben részt vevő személy sugárterhelése a 250 mSv effektív dózist ne haladja meg.



## 9. Sugárfelderítés (menekülési, felvezetési útvonalak, sugárforrás-keresés)

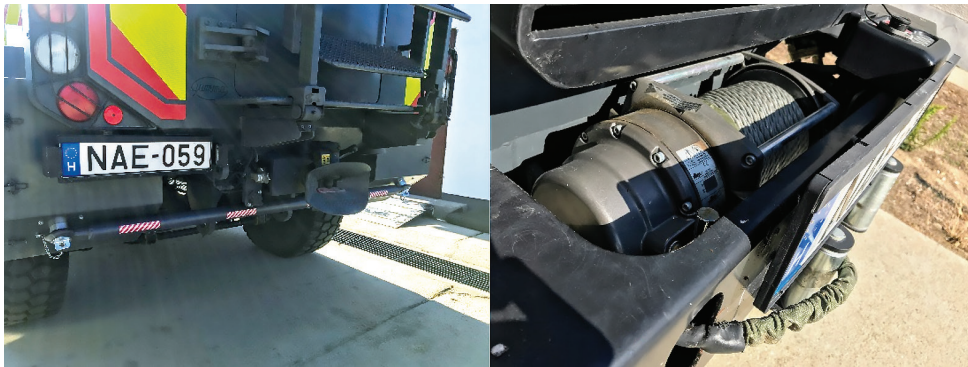
A jármű, a kialakítása miatt alkalmas a baleseti helyzetben a saját, elhárítási feladatokban nem részt vevő személyzet kimenekítési útvonalainak felderítésére is. Mivel a telephelyen belül eltérő lehet a szennyezés mértéke, ezért a megfelelő útvonal kiválasztása nagymértékben csökkentheti a munkavállalók többletterhelését a kimenekítés során, ha olyan kedvezőtlen helyzet áll elő, hogy már a kimenekítés ideje alatt fellép kibocsátás.

### 9.1. Műszaki felderítés (vizuálisan, rombolódások, egyebek)

A páncélat és terepjáró képesség a műszaki felderítést is segítheti. A műszaki személyzet a jármű biztonságából tudja szemrevételezni helyszínt, így pontosabb javaslatot tud tenni az elhárítási feladatokra.

## 10. Vontatás, műszaki mentés

Szükség esetén, és az elsődleges funkcióját nem korlátozva, vontatható segédberendezéseket szállíthat, mint aggregátor, vízszivattyú stb. A 7,5 t teherbírású csörlő segítségével a műszaki mentést és egyéb műszaki munkákat is támogatni tud.



5. ábra: A jármű vontatási, műszaki mentési képességét demonstráló részei

Forrás: a szerzők felvétele

## 11. A kezelő állomány (ki)képzése

Alapvető koncepció, hogy veszélyhelyzetben a folyamatosan telephelyen lévő létesítményi tűzoltóság állománya lesz a kezelő/vezető személyzet, amely a járművet a később meghatározott végpontok között vezeti. A vezetőnek – a jármű kialakításából adódóan – speciális képességre, gyakorlatra van szüksége ahhoz, hogy azt biztonsággal

alkalmazza a bevetésekkor. Nemcsak a létfenntartó berendezésekkel kell tisztában lennie, de a korlátozott látómező miatt a jármű vezetését is ismernie kell, a kiegészítő biztonságtechnikai eszközök segítségével.

Annak érdekében, hogy a kijelölt állomány biztonsággal vezesse a járművet, a gyártó és az Atomix Kft. közötti megállapodás értelmében három éven keresztül, rutin-, akadálypályás, illetve terepen történő vezetési képzésben részesülnek a kezelők. Ezeket a képzéseket összekötve, telephelyi sajátosságokat kihasználva, rendszeres szinten tartó képzést kapnak, az MVM PA Zrt. Baleset-elhárítási Osztályával együttműködve.

Sugárvédelmi szakemberek képzése is kiemelten fontos terület, hiszen a baleseti sugárhelyzet még pontosabban megállapítható a jármű segítségével, olyan helyekről is nyerhető mérési eredmény, amelyek telepített állomásokkal nem lefedettek, vagy éppen ad hoc szükséges azokról információ. Mindezt természetesen úgy, hogy a jármű személyzete a kollektív védelem előnyét élvezve nem vagy csak lényegesen kevésbé szennyeződik, illetve szenved többletterhelést (fedélzeti műszerkezelés, kommunikáció).

## 12. Következtetések

A sugárnyékolt jármű a jelen állapotában értékes eleme az MVM PA Zrt. Baleset-elhárítási Szervezetének, s megtalálta helyét a létesítményi tűzoltóság alkalmazásában is.

A továbbiakban a személyzet felkészítése és a gyakorlatok során felhalmozódó tapasztalatok a jármű képességeinek fokozására lesznek felhasználva, amelyek különböző fejlesztéseket jelentenek.

Ilyen terület lesz az online adatkommunikáció megvalósítása a védett vezetési pont sugárvédelmi szakembereivel, illetve az integráció lehetőségének megteremtése a külső beavatkozó erők hasonló adatgyűjtő/mérő rendszereivel.

Egy másik fejlesztendő terület a jármű fedélzeti felderítőrendszerének kiegészítése a telephelyen lévő veszélyes/mérgező ipari anyagok detektálására, azonosítására.

További fejlesztés lehetséges a műszaki mentő képesség növelése céljából, az RDO-4336 Komondor mintájára.<sup>11</sup>

## Felhasznált irodalom

Gamma Technical Corporation: *KOMONDOR Armoured Vehicle Family*. 2020. Online: [http://gammatech.hu/downloads/cat/Gamma\\_komondor\\_MRAP.pdf](http://gammatech.hu/downloads/cat/Gamma_komondor_MRAP.pdf)

Tervezési és tervezésen túli üzemállapotok sugárzási következményei, MTA EK-SVL-2016-994-02-01-00, tanulmány. Budapest, 2017. november.

Zsitnyányi Attila: KOMONDOR – könnyű páncélvédett bázisjármű család fejlesztése Magyarországon I. rész. *Haditechnika*, 53. (2019), 6. 44–50. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.53.6.09>

<sup>11</sup> Zsitnyányi Attila: KOMONDOR – könnyű páncélvédett bázisjármű család fejlesztése Magyarországon II. rész. *Haditechnika*, 54. (2020), 1. 35–42.

Zsitnyáni Attila: KOMONDOR – könnyű páncélvédett bázisjármű család fejlesztése Magyarországon II. rész. *Haditechnika*, 54. (2020), 1. 35–42. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.54.1.08>

### *Jogi források*

1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

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

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

1150/2012. (XII. 30.) Korm. határozat a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról



Maxim Kátai-Urbán<sup>1</sup>

## Examination of the Firewater Pollution Prevention Regulation in Hungary

Major accidents involving dangerous substances endanger human health and the environment. Due to major industrial accidents in dangerous establishments, the contaminated firewater can cause significant environmental damage if it enters surface and groundwater or the soil. In the present study, the author examines the requirements of the Hungarian disaster management, environmental protection and water quality protection regulations applied for the prevention of the environmental effects of industrial accidents.

**Keywords:** industrial accidents, environmental impact, dangerous establishment, firewater pollution prevention, Hungary

### 1. Introduction

Industrial pollution prevention research aims to improve the industrial and environmental safety conditions, legal and technical requirements for the storage of dangerous substances. Part of the practical studies focus on analyses of the legal, institutional and enforcement systems aiming prevention, preparedness, mitigation and recovery of accidental water pollution events caused by non-operational accidents.

Major accidents involving the release of dangerous substances in dangerous establishments can cause significant environmental damage if contaminated firewater enters into surface water, groundwater or the soil.

The topic of this article focuses on the research of the border areas of environmental protection, water protection and industrial safety, in which the common research field is accidental water pollution prevention.

The most significant international organisation for preparing a regulatory framework is the United Nation Economic Commission for Europe (hereinafter referred to as: UN ECE). The scientifically appropriate solution of the research problem is the

<sup>1</sup> PhD student, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering, e-mail: [maxim.katai-urban@katved.gov.hu](mailto:maxim.katai-urban@katved.gov.hu)

domestic application of the recommendations of the methodological guide entitled *Safety Guidelines and Good Practices for the Management and Retention of Firefighting Water* (hereinafter: Safety Guidelines) developed by the UN ECE.<sup>2</sup> The above mentioned regulation also appears in the internal environmental protection regulation of the European Union. Appendix II of the *Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC* (hereinafter: Seveso III Directive) specifies the requirements regarding the content of safety reports, where in Point 5 prescribes that emergency retention vessels and fire water retention facilities should also be installed at dangerous establishments.

In the present research, the author will apply as a research method the analysis of the current disaster management, environmental protection and water quality protection legal regulations, as well as will evaluate in a comprehensive way the law enforcement experience of operators of dangerous establishments involving dangerous substances.

## 2. Comprehensive analyses of the disaster management regulation

The disaster management regulations concerning accidental water pollution in dangerous establishments are mostly based on the legal regulations dealing with the prevention of major accidents involving dangerous substances and the fire prevention regulations as well.

### 2.1. Examination of major-accident prevention emergency planning regulations

The content requirements for the safety reporting documentation set out in the Seveso III Directive have generally been incorporated into Hungarian law. The implementation regulations of the Seveso III Directive in Hungary are:

- *Act CXXVIII of 2011 on disaster management and the amendment of certain related laws*
- *Government Decree 219/2011 (X. 20.) on the prevention of major-accident hazards involving dangerous substances* (hereinafter: Gov. Decree)

These regulations can also be named major-accident regulations.

The major-accident regulations unfortunately only partly contain specific prevention and mitigation provisions related to the collection and retention of contaminated firewater. Annex II of the Seveso III Directive deals with the content requirements of the safety report. In paragraph 5 (a) of Annex II, the term "fire water retention" is mentioned. Unfortunately this vital term was omitted from paragraph 1.7. (e) of

<sup>2</sup> UN Economic Commission for Europe, *Safety Guidelines and Good Practices for the Management and Retention of Firefighting Water* (Geneva: United Nations, 2019).



Annex III Gov. Decree. Therefore, there are no specific requirements in the Hungarian regulations regarding the installation and use of fire water pollution retention facilities.

In accordance with Section 19 (1) Gov. Decree, the operator of a dangerous establishment dealing with dangerous substances shall prepare an internal emergency plan in order to eliminate the consequences of the hazards specified in the safety report and analysis. An internal emergency plan sets out the procedures, personnel and technical conditions to be applied in the event of a major accident falling within the scope of the major-accident regulations.

In line with the content requirements of the safety report, it shall include a description of the process for assessing the risk of a major accident involving dangerous substances. Paragraph 1.6 of Annex III Gov. Decree determines that the safety report shall contain the assessment of the consequences of a major accident involving identified dangerous substances, as well as the presentation and assessment of possible domino effects and their consequences. Analysing the domestic regulations, it can be stated that the adverse effects of possible major accident scenarios do not include environmental impacts, in particular on soil or surface water and groundwater. However, section 1.7. of Annex VII Gov. Decree contains the acceptance of qualitative conditions for major-accident hazards involving an environmental impact set out in Table 1.

*Table 1: Acceptance conditions for major-accident hazards involving an environmental impact*

*Source: Section 1.7. of Annex VII Gov. Decree.*

Condition	Technical requirements of the regulation
Development of manufacturing, processing or storage technology	The technical design of the technology guarantees the limitation of the amount of environmentally dangerous substances released into the environment.
Technology regulations	Technological regulations are in place to collect, decontaminate and dispose of the dangerous substance realised into the surrounding environment.
Conditions for damage control	The material, technical and personal conditions of the environmental remediation procedures are ensured.
Preparing and practicing of the personnel	The plant's response organisation is prepared to perform environmental remediation tasks and carries out these tasks regularly as planned.

It can be concluded that the content requirements of the safety documentation must be adapted to the acceptance of technical requirements of an environmental impact. In this case the analysis of the consequences of environmental effects, the introduction of remediation, decontamination and disposal measures as well as the personal and technical conditions of the application of response measures must be taken into consideration.

The prevention of major accidents requires cooperation between the large number of organisations involved in protection, as "this requires continuous and timely

exchange of information and synchronisation of tasks in time and space to avoid parallel (and thus redundant) work of partners".<sup>3</sup>

## 2.2. Examination of fire prevention regulations

Based on the Safety Guidelines, it is recommended to develop a fire prevention concept regulating the construction and use of dangerous facilities dealing with dangerous substances. The concept applies primarily to manufacturing, processing and storage facilities in the manufacturing industry.

*The Ministry of the Interior Decree 54/2014 (XII. 5.) on National Fire Protection Regulations* (hereinafter: NFPR) contains the most important requirements for the design of storage facilities, which are typical for logistics warehouses dealing with dangerous goods.<sup>4</sup>

The most important specifications are:

- the fire protection requirements of the materials and structures belonging to the relevant risk class that can be installed during construction
- the fire distance
- the floor area of the storage fire sections
- the obligation to install fire alarm and fire extinguishing equipment
- the required amount of extinguishing water
- the obligation to install a wall fire hydrant and the required water
- the requirements for heat and smoke extraction
- the requirements for installing a fission opening surface
- the requirements for electrical equipment and lightning protection
- the regulation on safety lighting and safety signals
- rules of use related to storage and the requirements for firefighting routes
- the rules applied for the use of flammable liquids and gases

The introduction of mitigation measures during the design of firewater prevention systems may also be a part of the fire prevention concept.

These measures can be, for example, the following:

- When using the built-in fire protection systems, the gas-extinguishing or water-mist extinguishing equipment has a new and modern water-saving and firewater damage prevention role.<sup>5</sup>
- When designing dangerous goods logistics warehouses, the use of special non-aqueous extinguishing agents (such as gas extinguishing equipment) does not normally require an extinguishing water retention device. However,

<sup>3</sup> Tamás Berek, László Földi and József Padányi, 'The Structure and Main Elements of Disaster Management System of the Hungarian Defence Forces, with Special Regard to the Development of International Cooperation', *AARMS* 19, no 1 (2020), 17–26.

<sup>4</sup> Gergő Erces and Gyula Vass, 'Veszélyes ipari üzemek tűzvédelme ipari üzemek fenntartható tűzbiztonságának fejlesztési lehetőségei a komplex tűzvédelem tekintetében', *Műszaki Katonai Közlöny* 28, no 4 (2018), 2–22.

<sup>5</sup> Rajmund Kuti and László Földi, 'A beépített vízköddel oltó rendszerek újabb alkalmazási lehetőségeinek feltárása', *Hadmérnök* 3, no 2 (2008), 60–66.

it is recommended to plan a limited capacity (20%, but maximum amount of 20 m<sup>3</sup>) of firewater retention facility.<sup>6</sup>

The NFPR contains provisions defining the required level of safety, while its fulfilment can be achieved by using the technical solutions, calculation methods and designer-certified solutions regulated by the Fire Protection Technical Guidelines.<sup>7</sup>

Based on the analysis, it can be concluded that the requirements of the fire prevention regulations can significantly affect the effectiveness of the application of the fire water pollution prevention regulations.

### 3. Evaluation of the environment and water quality protection regulation

One of the most important areas of environmental protection legislation developed on the European model is the protection of surface and groundwater, and soil (protection of water quality). In this content, we distinguish between environmental and water operator's obligations.

#### 3.1. Examination of the environment protection regulation

In line with *Government Decree 314/2005 (XII. 25.) on the environmental impact assessment and the unified environmental use permit procedure*, the environmental protection authority issues an environmental use permit for the activities covered by this decree. The procedure is based on the obligation to carry out an environmental impact assessment procedure. Among the content requirements concerning the preparation of the environmental impact study, we can find an obligation to present and evaluate possible major accident scenarios that may cause environmental impact, the possibilities of failures, and the resulting factors.

With regard to the estimation of the expected direct and indirect effects on the environment, the extent of the risk of major accidents shall be presented, in particular with regard to the dangerous substances and the technology used. The quantitative risk analysis procedure can be performed according to internationally used guidelines and methodologies.<sup>8</sup>

Permit application of the operator of the planned activity shall include the determination of the impact area.<sup>9</sup> The operator shall also take into account the possible effects of major accidents of dangerous establishments situated nearby the

<sup>6</sup> György Sárosi, *Veszélyes áru raktárlogisztika – korszerű követelmények* (Budapest: Complex Kiadó, 2006), 25.

<sup>7</sup> László Bérczi and Csaba Badonszki, 'A tűzvédelmi tervezés fő tartópillérei: a tűzvédelmi műszaki irányelvek', *Védelem Tudomány* 6, no 2 (2021), 66–96.

<sup>8</sup> Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment, *Guidelines for quantitative risk assessment – CPR 18E* (The Hague: VROM, PGS 3, October 1997).

<sup>9</sup> Zsolt Cimer and Béla Szakál, 'Control of major-accidents involving dangerous substances relating to combined terminals', *Science for Population Protection* 7, no 1 (2015), 1–11.

examined facility. In accordance with the major-accident regulation, the operator of the facility is obliged to evaluate the extent of the endangered area.<sup>10</sup>

The territorially competent regional body of disaster management participates in the environment impact assessment procedure as a specialised authority.

In accordance with Table 9 Annex I of *Government Decree 531/2017 (XII. 29.) on the designation of specialised authorities acting on overriding reasons in the public interest* the designated Regional Disaster Management Directorates act in environmental and nature protection authority matters as water management and water protection specialised authority.

The water management and water protection specialised authority examines among others:

- whether the water supply of the activity, drainage of the generated rainwater and wastewater is ensured
- whether the requirements specified in the legislation or authority decision on the protection and deterioration of the quality and quantity of surface and groundwater can be enforced

### 3.2. Investigation of the water quality regulation

The procedure for the prevention and remediation of environmental damage in water quality is regulated by *Government Decree 90/2007 (IV. 26.) on procedures for the prevention and remedying of environmental damage* (hereinafter: Environment Remediation Decree) with regard to groundwater and surface water as environmental elements, taking into account the environmental and nature protection requirements.

The use of the environment must be carried out in such a way as to exclude, inter alia, environmental damage. It is the responsibility and obligation of the operator to carry out the loss prevention and remediation activities. The guidance document used in the United Kingdom can provide a good example of how to perform these relevant tasks.<sup>11</sup>

In the course of loss prevention activities, damage to other environmental elements (soil, air, wildlife, surface water, built environment) must be prevented and when the environment is endangered, it is necessary to minimise the impact on the environment. In case of pollution of surface and groundwater, the location, nature and extent of the environmental damage shall be identified and notified to the territorial water authority and the territorial water directorate.

Operators are obliged to cooperate with water management and environmental protection state bodies in preparing for remediation activities. The territorial water management bodies are obliged to prepare a so-called territorial damage management plan. The economic organisations (operators) are obliged to prepare an operational damage prevention plan for the activities listed in Annex II of the Environment Remediation Decree.

<sup>10</sup> Béla Szakál and Zsolt Cimer, 'Major Disaster Recovery Plans', *Science for Population Protection* 6, no 1 (2014), 1–7.

<sup>11</sup> Environment Protection Agency, *Managing Fire Water and Major Spillages*: PPG18.

The territorial and operational plan is approved by the environmental protection authority with the assistance of the water protection authority.

*Government Decree 366/2015 (XII. 2.) on the designation of bodies performing water protection administrative tasks and amending certain government decrees on water issues* designate the Disaster Management Directorates to implement the water protection authority's tasks prescribed in the Environment Remediation Decree.

The Environment Remediation Decree regulates, inter alia, the stockpiling of remedial materials and equipment, the recording of data, the applied remedial practices, the detection and classification of environmental damage, the operational management of remediation implementation and the readiness of remediation.

When examining the submitted damage prevention plans, the competent authority checks whether the documentation complies with the content requirements specified in the Environment Remediation Decree.

### *3.3. Assessment of the operator's experience on law enforcement for water pollution prevention*

In the course of evaluating the water pollution prevention regulation, the author finds detailed requirements for the retention of liquid dangerous substances, and a detailed analysis of the consequences on air. However, the major-accident scenarios of dangerous substances discharges developed on the basis of the consequence analysis, the related operator's internal emergency plans in most cases do not include a description of firewater pollution events. If they did include such scenarios, we can only come across quality measures based on discharges of minor quantity dangerous substances. Unfortunately I could not find quantitative accident scenarios for firewater pollution events. This is especially true for logistics warehouses, where in almost all cases operators analyse the air pollutant effects of toxic combustion products. Most measures to protect the environment are related with the neutralisation of small amounts of discharged liquid substances with absorbent materials, soaking in sand, and of course collection and storage as hazardous waste.

It can therefore be concluded that the introduction of firewater pollution prevention measures is lacking in the majority of operators emergency planning practice.

Among the dangerous establishment, logistics warehouses can be singled out in terms of preventing environmental damage, in connection with that, the following general conclusions can be made:

1. Storage activities at the warehouses of operators dealing with dangerous substances may be subject to major-accident prevention, fire prevention, water quality damage prevention and environmental protection regulations on the basis of the quantitative and qualitative properties of the dangerous substances present and the nature of the technology used at economic activity.

2. Specific regulations related to the retention of contaminated firewater in warehouses shall include requirements on risk and consequence analysis procedure, installation and usage rules, and also content requirements for the preparation of the

operator's safety documentation, furthermore prescriptions for the implementation of internal and external emergency measures.

#### 4. Conclusions

In the present study, the author made the following detailed findings based on an examination of the legal requirements of disaster management and environmental protection regulation for the prevention of the environmental effects of industrial accidents:

1. Major accident regulations deal with the mitigation measures only in a general way, where there is no specific provision for the retention of contaminated firewater.

2. It can be stated that the majority of accidents involving a release of a dangerous substance and requiring intervention in the field of disaster management are in most cases fire events, which could have a dangerous impact not only on the air but also on the surface and groundwater.

3. In the form of quality requirements in the major-accidents regulation, there are only qualitative requirements for the acceptability of the risk of major accidents involving environmental damages.

4. One of the decisive bases for the installation and usage of dangerous goods storage facilities – from the point of view of disaster management – is the fire prevention concept. The amount of firewater and extinguishing agent is determined by the efficiency of the fire alarm system, the type of fire extinguishing equipment installed, and the amount of firewater used.

5. The National Fire Protection Regulations does not yet have an industrial and logistics chapter dealing with the handling and storing of dangerous substances or goods.

6. In the field of prevention and remediation of environmental impacts on water quality, the preparation and application of operators remediation plans based on the Environment Remediation Decree have a decisive role.

7. Investigation of pollution issues with firewater is not currently addressed by water protection authorities due to the lack of enforceability of a specific legal requirement.

8. The main lesson is that most of the dangerous establishments are prepared for the release and localisation of small amounts of dangerous substances. In storage warehousing facilities, the floor itself serves as a remediation tool. The amount of firewater is unfortunately not quantified.

9. It is necessary to provide training in the field of industrial pollution prevention in Hungarian industrial safety higher education, as well as in the traditional fields of activity of industrial safety.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Gyula Vass, 'Industrial Safety Training in Disaster Management Higher Education in Hungary', *Pozhary i Chrezvychnye Situacii: Predotvrashenie Likvidacia* 8, no 2 (2017), 80–84.



## References

- Berek, Tamás, László Földi and József Padányi, 'The Structure and Main Elements of Disaster Management System of the Hungarian Defence Forces, with Special Regard to the Development of International Cooperation'. *AARMS* 19, no 1 (2020), 17–26. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2020.1.2>
- Bérczi, László and Csaba Badonszki, 'A tűzvédelmi tervezés fő tartópillérei: a tűzvédelmi műszaki irányelvek'. *Védelem Tudomány* 6, no 2 (2021), 66–96.
- Cimer, Zsolt and Béla Szakál, 'Control of major-accidents involving dangerous substances relating to combined terminals'. *Science for Population Protection* 7, no 1 (2015), 1–11.
- Érces, Gergő and Gyula Vass, 'Veszélyes ipari üzemek tűzvédelme ipari üzemek fenntartható tűzbiztonságának fejlesztési lehetőségei a komplex tűzvédelem tekintetében'. *Műszaki Katonai Közlöny* 28, no 4 (2018), 2–22.
- Environment Protection Agency, Managing Fire Water and Major Spillages: PPG18. Online: [www.netregs.org.uk/media/1674/ppg-18.pdf](http://www.netregs.org.uk/media/1674/ppg-18.pdf)
- Kuti, Rajmund and László Földi, 'A beépített vízköddel oltó rendszerek újabb alkalmazási lehetőségeinek feltárása'. *Hadmérnök* 3, no 2 (2008), 60–66.
- Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment, *Guidelines for quantitative risk assessment – CPR 18E*. The Hague: VROM, PGS 3, October 1997. Online: <https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>
- Sárosi, György, *Veszélyes áru raktárlogisztika – korszerű követelmények*. Budapest: Complex Kiadó, 2006.
- Szakál, Béla and Zsolt Cimer, 'Major Disaster Recovery Plans'. *Science for Population Protection* 6, no 1 (2014), 1–7.
- UN Economic Commission for Europe, *Safety Guidelines and Good Practices for the Management and Retention of Firefighting Water*. Geneva: United Nations, 2019. Online: [www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2019/TEIA/Publication/1914406E\\_web\\_high\\_res.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2019/TEIA/Publication/1914406E_web_high_res.pdf)
- Vass, Gyula, 'Industrial Safety Training in Disaster Management Higher Education in Hungary'. *Pozhary i Chrezvyčajnye Situacii: Predotvrashenie Likvidacia* 8, no 2 (2017), 80–84. Online: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.2.80-84>

## Legal sources

- Act CXXVIII of 2011 on disaster management and the amendment of certain related laws. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100128.TV>
- Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC. Online: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:EN:PDF>

Government Decree 90/2007 (IV. 26.) on procedures for the prevention and remedying of environmental damage. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700090.kor>

Government Decree 219/2011 (X. 20.) on the prevention of major-accident hazards involving dangerous substances. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100219.kor>

Government Decree 366/2015 (XII. 2.) on the designation of bodies performing water protection administrative tasks and amending certain government decrees on water issues. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1500366.kor>

Government Decree 531/2017 (XII. 29.) on the designation of specialised authorities acting on overriding reasons in the public interest. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1700531.KOR>

Ministry of the Interior Decree 54/2014 (XII. 5.) on National Fire Protection Regulations. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm>

Farkas Csaba Bence<sup>1</sup>

## A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai

### Direct and Indirect Environmental and Health Care System Impact of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Incidents

A katasztrófák világszerte emelkedő esetszámában állítják kihívás elé az általuk érintett régiókat, nemzeteket. A globalizációnak, a bővülő ipari-technológiai szektornak, valamint a sugárzó anyagok széles körű, nukleáris létesítményekben történő alkalmazását is felölelő felhasználásának köszönhetően az esetlegesen bekövetkező káresemények vonatkozásában veszélyes vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris ágensek is fontos szerephez juthatnak. Jelen tanulmány célja, hogy halálos áldozatokkal is járó, múltban lezajlott vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák példáján bemutassa ezek mind az élettelen, mind az élő környezetre gyakorolt károsító képességét, egyúttal feltárva és összegezve komplex hatásmechanizmusait.

**Kulcsszavak:** vegyi, biológiai, radiológiai, nukleáris incidens, ABVR, környezetbiztonság, halálos tömegszerencsétlenség

The worldwide increase in the case number of disasters is a serious challenge for the affected regions, nations. Because of globalisation, the expanding industrial-technological sector, and the wide-scale utilisation of radioactive substances, including in nuclear power plants, the possibility of chemical, biological, radiological and nuclear agents' involvement in these events is imminent. The goal of this study is

<sup>1</sup> Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: [farkascsababence92@gmail.com](mailto:farkascsababence92@gmail.com)

to explore and summarise, through real-life examples, the complex mechanisms of action of chemical, biological, radiological and nuclear disasters in connection with direct and indirect environmental impact.

**Keywords:** chemical, biological, radiological, nuclear incident, CBRN, environmental protection, mass fatality incident

## 1. Bevezetés

A folyamatok tervezhetőségének és a váratlan helyzetek „kalkulálhatóságának” elméleténél a rendszerszerű működés részeként kezelik a katasztrófákat, amelyek a ciklikusság elvét követve (esemény, válasz, újjáépítés, megelőzés, felkészülés) be is következnek. A katasztrófák felosztásánál az ember által okozott, illetve embert mint tényezőt magában foglaló katasztrófák csoportjába tartoznak a CBRN-anyagokhoz, kórokozókhoz vagy röviden, „ágensekhez” köthető események, tragédiák. Szerencsére ezek az események nem mindennaposak, ezért az eddig lezajlott ilyen típusú katasztrófák, balesetek elemzése, tapasztalatainak közreadása nélkülözhetetlen a megelőzéshez és a felkészüléshez.

A SARS-CoV-2 vírus okozta pandémia – amely 2019 őszén, a kínai Vuhan városából indult – csak Magyarországon több mint 30 ezer halálos áldozatot követelt eddig. A járvány az egészségügyi rendszerekre a katasztrófákhoz hasonló terhelést jelent, sőt annál jóval hosszabb ideig tart, és súlyos gazdasági, lélektani károkat is okoz világszerte. Bár szakemberek évek óta figyelmeztetnek egy esetleges járványügyi krízishelyzet kialakulására, mégis az esemény bekövetkeztéig döntéshozói szinten relatíve kevés figyelmet szenteltek ezen eshetőségek megelőzésére, és az érintett managementek, intézetek felkészülésére, felkészítésére.

Sajnálatos módon ezen utóbbi tendencia általánosságban jellemző a katasztrófákkal kapcsolatban, hiszen napjainkban, bár egyre inkább a prevencióra tevődik a hangsúly, még mindig nem sikerült elérni, hogy a megelőzés, gyakorlatias előre gondolkodás legyen a domináns szemléletmód. Éppen emiatt fontos a már megtörtént események minél alaposabb feldolgozása, tudományos igényességű vizsgálata.

A katasztrófák sokszínű csoportján belül külön, kiemelt figyelmet érdemes szentelni azon eseményeknek, amelyek vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris veszélyes ágenseket is felvonultatnak. Ezen incidensekben mind humánegészségügyi értelemben, mind a környezet védelme szempontjából speciális óvintézkedésekre, eljárásrendekre van szükség.

Úgy ítélem meg, hogy ezek miatt kiemelt figyelmet érdemel az ezekkel kapcsolatos összefüggések, a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák komplex egészségügyre, valamint környezetre gyakorolt hatásainak az összefoglalása.

## 2. Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák fogalma

Az Európai Bizottság által kiadott szöveget így foglalja össze a CBRN-katasztrófa fogalmának jelentését: olyan vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris események, amelyekben a kiszabaduló veszélyes anyag baleset kapcsán vagy szándékosan kiengedve, disszemináció útján, illetve hatásai révén a társadalomban kárt okozhat.<sup>2</sup> Bár ez a definíció nem tesz lényeges különbséget veszélyes anyagokkal kapcsolatos incidensek (*hazardous material incident*) és CBRN-események között, a szakirodalom egy része az adott káresemény kiterjedtsége, valamint szándékos vagy balesetszerű létrejötte mentén mégis elkülöníti a két fogalmat.<sup>3</sup> Ezen megközelítés alapján a CBRN-katasztrófák általában súlyosabb következményekkel járó események, amelyek kialakulásában direkt ártó szándékú érdekeket, illetve veszélyesebb ágensek jelenlétét kell feltételezni (például terroristacselekmény, tömegpusztító fegyver használata).

A megállapításból következik, hogy a klasszikus értelemben vett CBRN-ágensek listája is eltér azon esetektől, amelyekben „csupán” jogszabályi értelemben vett veszélyes anyagok reprezentáltak. Utóbbiakat széles körű nemzetközi, továbbá nemzeti szintű, harmonizált jogszabályi keretrendszer szabályozza, osztályozás, előállítás, szállítás, tárolás vonatkozásában.<sup>4</sup> Előbbiek is természetesen szigorú monitorizálás, illetve több esetben például előállítást tiltó rendelkezések hatálya alá esnek. A legtöbb, magas esethalálozási rátával jellemezhető, illetve egyéb, a bevetési célhoz igazított specifikus hatásmechanizmusú vegyi anyag, valamint a hasonlóképpen potens kórokozók és toxinjaik vegyi, illetve biológiai fegyverként definiálhatók, ismert ilyen jellegű felhasználásuk.<sup>5</sup> Sugárzó anyagok esetében a némenklatúrai elkülönítés alapja a radioaktív tulajdonság mellett nukleáris létesítményekben, illetve nukleáris fegyverekben történő felhasználási lehetőség (nukleáris ágens), valamint az ettől eltérő célú alkalmazási (például egészségügyi) terület (radiológiai ágens).

## 3. CBRN-események környezetre gyakorolt hatása

A környezet definíció szerint azon élő és élettelen, dinamikusan összefüggő komponensek összessége, amelyben az emberek létezése, cselekedetei megvalósulnak az őket

<sup>2</sup> European Commission, Directorate-General Home Affairs, Directorate A: Internal security, Unit A.1: Crisis management – Terrorism: CBRN Glossary.

<sup>3</sup> Disaster Information Management Research Center: CBRNE: Health Information Resources. Lásd: [www.nlm.nih.gov/dis\\_courses/cbrne/index.html](http://www.nlm.nih.gov/dis_courses/cbrne/index.html)

<sup>4</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK Rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EKG és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg); Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK Rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról, az 1999/45/EK irányelv módosításáról, valamint a 793/93/EKG tanácsi rendelet, az 1488/94/EK bizottsági rendelet, a 76/769/EKG tanácsi irányelv, a 91/155/EKG, a 93/67/EKG, a 93/105/EK és a 2000/21/EK bizottsági irányelv hatályon kívül helyezéséről.

<sup>5</sup> Steven A. Bland: Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Casualty Management Principles. In James M. Ryan et al. (szerk.): *Conflict and Catastrophe Medicine: A Practical Guide*. London, Springer, 2014. 747–770.

körülvevő világban.<sup>6</sup> Legfontosabb alkotóelemei a föld, víz, levegő, az élővilág, a táj és a települési környezet. A környezetbiztonság mint alapfogalom

„a környezeti elemek védeltségi állapotának mértékét fejezi ki az emberi tevékenységek, az ember által működtetett műszaki, technológiai folyamatokkal, rendszerekkel szemben, ugyanakkor azt az állapotot jelképezi, amikor a természet, a környezet sem közvetlenül, sem pedig az emberi tevékenységeken keresztül nem veszélyezteti sem az embert, sem pedig annak természetes és mesterséges környezetét”.<sup>7</sup>

Utóbbi meghatározásból logikusan következik, hogy CBRN-eseményben a környezetbe kerülő vagy onnan felbukkanó veszélyes ágens miatt a környezetbiztonság csökken, akár természetes, akár emberi tevékenység által előidézett incidensről van szó. Mivel a környezet önmagában is egymással szoros összefüggésben lévő elemek rendszere, károsodása esetén nem csupán egyetlen érintett szegmensen kell számolnunk, hanem komplex formában szükséges értékelni az adott esemény miatt létrejövő környezeti interakciókat.

### 3.1. Élettelen környezet

Értelemszerűen a talajt, különböző víz alapú közegeket (legyenek akár édesvízi, akár sós vizű tengeri, óceáni terek), illetve a levegőt mint az élethez nélkülözhetetlen, azonban önmagukban élettelen alkotóelemeket szennyező veszélyes anyagok, kórokozók elsősorban az élővilágra gyakorolt hatásuk révén fejtik ki romboló hatásukat. Amennyiben ember-, illetve élővilág-központúan közelítjük meg a környezetre gyakorolt hatásmechanizmusokat, láthatjuk, hogy az élettelen környezet CBRN-ágensekkel történő kontaminációja kiemelt fontosságú. Ez egyfelől abból adódik, hogy a veszélyes anyagok kémiai, fizikai tulajdonságaiktól függően hosszabb-rövidebb ideig változatlan formában – vagy módosult, de továbbra is toxikus derivátumként – perzisztálhatnak a litoszférában, hidroszférában és atmoszférában, ami lehetőséget teremt az adott közeggel kontaktusba kerülő élővilág képviselőivel történő interakcióra. A megállapítás a kórokozókra is igaz, ugyanis a veszélyes biológiai ágensek jelentős hányada szintén képes önmagában, gazdaszervezet nélkül fennmaradni a talajban, vízben, vagy különböző élettelen felületeken. Jó példa erre a *Bacillus anthracis*, amely spóra formában a talajba kerülve akár évekig, egyes kutatások szerint évszázadokig is fertőzőképes maradhat.<sup>8</sup> A jelenleg is zajló Covid-19-pandémia kapcsán szintén kimutatták, hogy a vírus napokig kontagiózus formában jelen lehet, például fémek felszínén.<sup>9</sup> Jól jellemzi továbbá a kórokozók és az élettelen környezet összetett kapcsolatát azon tény, hogy

<sup>6</sup> Halász László – Földi László: *Környezetbiztonság*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 2014.

<sup>7</sup> Halász-Földi (2014): i. m. 16.

<sup>8</sup> Ernst-Jürgen Finke et al.: Review: The Risk of Contracting Anthrax from Spore-Contaminated Soil – a Military Medical Perspective. *European Journal of Microbiology & Immunology*, 10. 2020. 2. 29–63.

<sup>9</sup> Montse Marqués – José L. Domingo: Contamination of Inert Surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, Stability and Infectivity. A Review. *Environmental Research*, 193. (2021). 110559.



az influenzavírus mutációinak megjelenését a hőmérséklet, páratartalom is képes befolyásolni. További bizonyíték a komplex környezeti interakciókra a bioakkumuláció jelensége. Ennek keretében a talajt, vízi közeget, levegőt szennyező anyagok adott élőlénybe jutása megakadályozza a matéria természetes fizikai, kémiai vagy biokémiai degradációját.<sup>10</sup> Az élőlény szervezetében felhalmozódó, nehezen ürülő vegyületek az adott egyed károsodásán túl további veszélyt jelentenek a tápláléklánc következő szintjein elhelyezkedő organizmusokra is.

Figyelemre érdemes azon megfigyelés, amely szerint egyes katasztrófák közvetlen, talán kissé paradox módon a környezetbiztonságot javítani képesek. A sok áldozattal járó, nagy médiafigyelemben részesülő káreseményeket követően mind a döntéshozók, mind a tudományos közösség tagjai élennebb figyelmet fordítanak az esetleg jövőben bekövetkező, hasonló jellegű eseményekre való felkészülés vonatkozásában. A fokozott figyelemnek köszönhetően innovatív megelőző intézkedések, incidenskezelési eljárások, szigorúbb és körültekintőbb, valamint jobban betartott biztonsági előírások láthatnak napvilágot. Az emberi tevékenységhez köthető környezetszennyezésnek például járványügyi érdekből meghozott korlátozások szabhatnak gátat.<sup>11</sup> Ugyanakkor ennek kapcsán arról sem szabad megfeledkezni, hogy a mérlegnek mindig két oldala van: amely a jelenleg zajló pandémia a levegő szennyezettségét tekintve bár pozitív eredményekkel járt, azonban az egyéni védőfelszerelések aktívabb használatával a műanyagszennyezés növekedését vonta maga után.<sup>12</sup>

### 3.2. Élővilág

Az élővilágot mint az emberiséget körülvevő környezeti elemet szintén összetett módon képes befolyásolni egy CBRN-katasztrófa. Egyfelől a sugárzó anyagok, mérgező vegyületek vagy kórokozók az adott élőlényt, legyen az mikroba, gomba, növény vagy állat, direkt módon lehetnek képesek károsítani. Fontos azonban megjegyezni, hogy a szóban forgó ágens patomechanizmusától, a megbetegített egyed individuális érzékenységtől, valamint a szervezetének ellenállóképességétől függően faj és egyed szinten is nagy különbségek jelentkezhetnek a megbetegítő vagy halált okozó képességben.

Radioaktív materiák esetében az élő szervezetre gyakorolt hatást a sugárzás típusa (alfa, béta, gamma, neutron), a sugárzó anyag tömege, távolsága, az élőlény és a sugárforrás közt elhelyezkedő, a sugárzást elnyelni képes anyagok minősége és mennyisége befolyásolja, továbbá, hogy külső, vagy magasabb rendű élőlények esetében lehetséges belső kontaminációról van-e szó.<sup>13</sup> A sugárzásnak kitett élőlény

<sup>10</sup> B. Streit: Bioaccumulation Processes in Ecosystems. *Experientia*, 48. (1992), 10. 955–970.

<sup>11</sup> Mohamed K. Mostafa – Gamil Gamal – A. Wafiq: The Impact of Covid 19 on Air Pollution Levels and Other Environmental Indicators – A Case Study of Egypt. *Journal of Environmental Management*, 277. (2021). 111496; Ritwik Nigam et al.: Positive Effects of Covid-19 Lockdown on Air Quality of Industrial Cities (Ankleshwar and Vapi) of Western India. *Scientific Reports*, 11. (2021). 4285.

<sup>12</sup> Justine Ammendolia et al: An Emerging Source of Plastic Pollution: Environmental Presence of Plastic Personal Protective Equipment (Ppe) Debris Related to Covid-19 in a Metropolitan City. *Environmental Pollution*, 269. (2021). 116160.

<sup>13</sup> Jerrold T. Bushberg: Radiation Exposure and Contamination. *MSD Manuals*, 2020. október.

sejtjei, sejtalkotói egyedi érzékenységet meghatározó attribútumaik (például sejtmag, örökítőanyag kvalitásai) mellett a noxára saját „repair” mechanizmusokkal reagálnak, amelyek kapacitása és effektivitása nagyban befolyásolja ellenállóképességüket. A fehérjékben, örökítőanyagban keletkezett hibák kijavítása időigényes, ami miatt a sugárzás időtartama is fontos szerephez jut a megbetegítő képességben.

Vegyí anyagok kapcsán az adott ágens kémiai összetétele, szerkezete meghatározza stabilitását, az élő szervezetekbe történő bejutásának lehetőségeit, valamint ezeken belül toxicitását. A különböző vegyületek direkt módon károsíthatják a sejteket alkotó struktúrákat (például örökítőanyag, sejtmembrán), tönkretesznek vagy működésükben zavarhatják az anyagcsere-folyamatokban szerepet játszó molekulákat (például enzimeket). Rövid és hosszú távú toxicitásuk ebből fakadóan dózisuk és hatásmechanizmusuk mellett az érintett organizmus alternatív enzimműködéseitől, *repair* képességeitől, illetve a veszélyes ágens vonatkozásában rendelkezésre álló eliminációs lehetőségeitől fog függeni. Humánegészségügyi szempontból kiemelt továbbá annak jelentősége, hogy a vegyi anyag hatását felfüggesztő, semlegesítő antidotum rendelkezésre áll-e.

A különböző kórokozók általában fajspecifikus formában képesek patogén szerepüket betölteni. Számtalan esetben beszélhetünk a patogének kapcsán természetes rezervoár szervezetekről, amelyekben akár betegség okozása nélkül képes túlélni, reprodukálódni az adott mikroba. Ennek jelentősége egyfelől abban rejlik, hogy a kórokozó kontrollálása például járvány esetén a vadállatállomány vagy gazdasági állatállomány lehetséges gazdaszervezeteinek szélesebb spektruma esetén nehezítetté válik. Az emberiség történelmének egyik legjelentősebb egészségügyi vívmánya, a feketehimlő természetből történő eradikációja, a hatékony oltási program mellett, a vírus emberen kívüli természetes rezervoárjainak hiányán alapult. A gazdaszervezetek másik fontos aspektusát az evolúciós jellegű mutációk megjelenésének lehetősége adja, ami a patogén túlélő- és alkalmazkodóképességének növekedésében manifesztálódhat. A vírusok, baktériumok, gombák, paraziták a megfertőzött élőlényt saját anyagcsere-folyamataikkal, toxinjaikkal direkt, patogénmediált módon, illetve a fertőzésre adott immunreakció kapcsán indirekt, immunmediált formában is destruálhatják. Humán-, illetve állategészségügyi szempontból itt is kiemelt kérdés, hogy specifikus kuratív terápiás lehetőség (például antibiotikum) vagy hatékony prevenció eljárás (például védőoltás) rendelkezésre áll-e az adott kórokozóval szemben.

CBRN-jellegű káreseményben az adott incidens kontrollálására tett emberi erőfeszítések további, rövid és hosszabb távú környezetkárosítást valósíthatnak meg az élővilág vonatkozásában. Erre példa a veszélyes anyaggal vagy kórokozóval potenciálisan interakcióba lépett növények, állatok szisztematikus állománycsökkentése, irtása. Célja az adott vegyi, illetve radioaktív ágens fizikális, térbeni terjedésének megakadályozása, biológiai ágens esetén a rezervoár állomány terminálásával a zoonózis (állatról emberre terjedés), illetve reverz-zoonózis (emberről állatra terjedés) esélyének csökkentése. Ilyen beavatkozás valósult meg a koronavírus-járvány kapcsán Dániában, amelynek keretében a gazdasági célból, prémjükért tartott, teljes nyércállományt

terminálták.<sup>14</sup> A lehetséges hordozók, gazdaszervezetek irtásának mértéke azonban mind etikai, mind gazdasági kérdéseket felvet, továbbá specifikus, vadon élő fajok kiirtásával felboríthatja egy adott régió ökológiai egyensúlyát.

## 4. Jelentősebb, következtetések levonására alkalmas katasztrófák

### 4.1. Bhopali katasztrófa

1984. december 2-áról 3-ára virradóra, a megközelítőleg 800 ezer fős lakosságú indiai Bhopal városa mellett az emberiség eddigi történetének egyik legsúlyosabb vegyi, ipari katasztrófája zajlott le.<sup>15</sup> A Union Carbide India Limited (UCIL) vállalat peszticideket gyártó üzemében bekövetkezett szivárgás során megközelítőleg 40 t gáz halmazállapotú metil-izocianát (MIC) került a környezetbe. A baleset körülményeit a mai napig nem tisztázták teljesen, azonban feltételezhető, hogy a részben egyáltalán nem működő, részben nem megfelelően üzemeltetett biztosító rendszerek, valamint a hanyagul betartott biztonsági előírások jelentősen hozzájárultak a tragédia kialakulásához.<sup>16</sup> A baleset bekövetkezése után néhány órával emlősök és madarak tetemei hevertek az utcákon; a különböző becslések szerint 2500–20 000 ember vesztette életét, többségük a szivárgást követő 24–48 órán belül, az áldozatok kisebb hányada a mérgezés hosszú távú szövődményeinek következtében, valamint legalább 200 ezer ember került kisebb nagyobb dózisban kontaktusba a mérgező anyaggal.<sup>17</sup>

A metil-izocianát, amely a fő toxikus vegyület volt a bhopali tragédia kialakításában, az izocianát vegyületek családjába tartozó, nagy reaktivitású, szobahőmérsékleten szintelen folyadék. Amennyiben jelentősebb mennyiségű vízzel találkozik, heves exoterm reakció játszódik le, aminek fontos szerepe volt a katasztrófa lefolyásában, hiszen a nagy nyomással tartályából kiszabaduló metil-izocianát gáz halmazállapotban szóródhatott a környezetbe.

A vegyület pontos toxikológiai tulajdonságairól a katasztrófa bekövetkezése előtt rendkívül limitált adatok álltak csupán rendelkezésre. A bhopali incidens első napjaiban is sokan úgy vélték, valójában hidrogén-cianid (HCN) felelős a mérgezésekért.<sup>18</sup> A halálos áldozatok körboncolása során valóban találtak hidrogén-cianid-mérgezésre jellegzetes elváltozásokat, azonban a tünetek megjelenéséig eltelt hosszabb időtartam, a mérgezés lefolyása, valamint a HCN adekvát antidótumaként ismert nátrium-tiosulfát inefektív terápiás hatása végül a metil-izocianát irányába terelte patomechanizmus szintjén is a kutatók figyelmét.<sup>19</sup> A vegyület állatkísérletes körülmények

<sup>14</sup> World Health Organisation: *SARS-CoV-2 Mink-Associated Variant Strain – Denmark*. 2020. december 3.

<sup>15</sup> Daya R. Varma – Shree Mulay: Methyl Isocyanate: The Bhopal Gas. In Ramesh C. Gupta (szerk.): *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents (Second Edition)*. Boston, Academic Press, 2015. 287–299.

<sup>16</sup> Varma–Mulay (2015): i. m.

<sup>17</sup> Varma–Mulay (2015): i. m.; Edward Broughton: The Bhopal Disaster and Its Aftermath: A Review. *Environmental Health*, 4. (2005), 6. 1–6.; S. Sriramachari: The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster. *Current Science*, 86. (2004), 7. 905–920.; Roli Varma – Daya Varma: The Bhopal Disaster of 1984. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25. (2005), 1. 37–45.

<sup>18</sup> Varma–Mulay (2015): i. m.

<sup>19</sup> Varma–Mulay (2015): i. m.; Sriramachari (2004): i. m.

között végzett vizsgálatainak eredményei jól korreláltak a bhopali incidens kapcsán az emberekben megfigyelt tünetekkel. A halálhoz vezető patomechanizmus elsősorban a légzőszervek érintettségével valósult meg: heveny légcső-, hörgőgyulladás, a lég-hólyagokban tüdőviznyíró, bevézések, hámszejtréteg-leválás, hyalin-membrán-képződés dominált. Az incidens után hónapokkal, évekkel bekövetkezett halálesetek boncolási eredményei szintén késői diffúz alveoláris károsodás, tüdőhegesedés jeleit mutatták.<sup>20</sup> Utóbbi elváltozások érdekes módon a jelenleg zajló SARS-CoV-2-pandémia kapcsán, Covid-19-betegség vonatkozásában is relatíve jellegzetes eltérések. A metil-izocianát a növényvilágot sem kímélte, fajspecifikus módon idézett elő szabad szemmel is látható (például levelek elvesztése, nekrozis, megállt növekedés), illetve genetikai szinten észlelhető elváltozásokat.<sup>21</sup>

#### 4.2. 2009-es H1N1 pandémia

A biológiai ágensekhez köthető események abban az értelemben különleges helyet foglalnak el a CBRN-katasztrófák csoportjában, hogy nem csupán humán civilizációs tevékenységhez köthetően jöhetnek létre, hanem természetes úton, az emberi tényezőt mintegy „passzívan” magában foglalóan is kialakulhatnak, ahol az emberek csak elszenvedői, de nem közvetlen okozói a folyamatoknak. Természetesen emberi ténykedéshez köthetően is megjelenhetnek járványok, illetve balesetek, elég csak a II. világháború időszakában, Mandzsúriában állomásozó japán 731-es alakulat kórokozókkal folytatott kísérleteire, vagy az 1979-ben Szverdlovszkban bekövetkezett, anthraxfertőzés miatt civil áldozatokkal járó balesetre gondolni. Az alábbi alfejezetben egy jól dokumentált, természetes járványt mutatok be, amely a 21. század első világjárványa volt, 2009–2010 között zajlott, több mint 214 országot, tengerentúli területet és közösséget érintően.<sup>22</sup> A pandémia, amely a kutatási adatok alapján nagy valószínűséggel Mexikóból indult, az 1918-as spanyolnáthához hasonlóan H1N1 altípusú influenza A vírushoz köthető.<sup>23</sup> A járvány kapcsán 18 449 laboratóriumi vizsgálattal megerősített halálesetet jelentettek, az áldozatok valós száma azonban a különböző becslések szerint 151 700–575 400 fő között lehetett. A szezonálisan megjelenő influenzajárványoktól eltérően a 2009-es pandémiában a 24 évnél fiatalabb felnőttek, gyermekek voltak a leginkább veszélyeztetettek.<sup>24</sup>

A világjárvány létrehozásához szükséges tulajdonságokkal rendelkező influenza A vírus az Orthomyxoviridae családba tartozó, RNS-örökítőanyaggal jellemezhető kórokozó.<sup>25</sup> Felszíni glikoproteinjeinek tulajdonságai alapján (hemagglutinin, neuraminidáz)

<sup>20</sup> Sriramachari (2004): i. m.; B. Nemery et al.: Effects of Methyl Isocyanate on the Respiratory Tract of Rats. *British Journal of Industrial Medicine*, 42. (1985), 12. 799–805.

<sup>21</sup> Girish Kumar – Daya Shankar Tripathi – Sisir Kumar Roy: Cytological Effects on Plants by an Accidental Leakage of Methylisocyanate (Mic) Gas. *Environmental and Experimental Botany*, 29. (1989), 2. 261–271.

<sup>22</sup> World Health Organisation: *Pandemic (H1N1) 2009 – update 112*. 2010. augusztus 6.

<sup>23</sup> Nikole Scalera – Sherif Mossad: The First Pandemic of the 21<sup>st</sup> Century: A Review of the 2009 Pandemic Variant Influenza A (H1N1) Virus. *Postgraduate Medicine*, 121. (2009), 5. 43–47.

<sup>24</sup> Scalera–Mossad (2009): i. m.

<sup>25</sup> Patrick R. Saunders-Hastings – Daniel Krewski: Reviewing the History of Pandemic Influenza: Understanding Patterns of Emergence and Transmission. *Pathogens*, 5. (2016), 4. 66.

több altípusba sorolható, amelyek közül a 2009-es pandémiát egy H1N1 variáns okozta. Az influenzavírusok fertőzőképes, szezonális formájú megjelenését az úgynevezett antigénsodródás (*antigenic drift*) jelensége biztosítja.<sup>26</sup> Ennek keretében a vírus felszíni glikoproteinjeit kódoló örökítőanyag replikáció közben kijavítatlan mutációkat szenved, emiatt a kórokozó antigén tulajdonsága módosul, a megfertőzött szervezet immunrendszere elől valamelyest elrejtőzni képessé válik. Fontos azonban leszögezni, hogy az emberi szervezet immunválasza influenza okozta vírusfertőzéssel szemben rendkívül összetett, ebből fakadóan az antigénsodródás által létrehozott eltérések nem okoznak teljes körű védtelenséget az infektált szervezet vonatkozásában.<sup>27</sup> A ritkábban manifesztálódó antigéncuszaszlás (*antigenic shift*) ezzel szemben lényegesen nagyobb változásokat, tulajdonképpen új, harmadik vírustörzset hoz létre egy olyan gazdaszervezetben, amelyet két különböző másik vírustörzs egy időben fertőzött meg, lehetőséget teremtve a kórokozók közti géncserére, reasszortációra.<sup>28</sup> A 2009-es pandémiát egy humán, sertés és eurázsiai madár virális törzsekre jellemző génállományt is involváló, tripla genetikai reasszortáció manifesztálta.<sup>29</sup>

Az influenzavírus okozta tünetek emberben általában enyhék, döntően láz, száraz köhögés, orrfolyás, fejfájás, gyengeség, fáradékonyság, izomfájdalom jelentkezik. Az esetek kisebb hányadában, fennálló alapbetegségeket súlyosbító szövődmények, bakteriális felülfertőződés, tüdőgyulladás alakulhat ki. Néhány betegben akár akut légzési distressz szindróma, diffúz alveoláris károsodás, illetve szepszis léphet fel, amelyek megjelenése esetén magas esethalálozási rátára lehet számítani.

A különböző influenzavariánsok az emlősök (például sertés, macska, kutya) és madarak (például házityúk, kacska, pulyka) szervezetében is képesek lehetnek fertőzés létrehozására. Ezen esetek egy részében mindössze tünetmentes infekció lép fel, azonban enyhe, közepsúlyos vagy akár súlyos tünetek is megjelenhetnek, amelyek az állat halálához vezetnek. A kórokozó jelentette direkt károsodás mellett az állatvilág tagjait a humánegészségügyi érdekekből végzett, járványkontroll-intézkedésként végrehajtott szisztematikus leölés is fenyegetheti: a H1N1 pandémia kapcsán Egyiptomban 300 ezer sertést termináltak, félve a járvány propagációjától.<sup>30</sup>

Az influenzajárványok kialakulásában az élettelen környezet elemei is fontos szerepet játszanak. A cseppes formában, akár aeroszolként levegőbe, vízbe vagy valamely felületre kerülő kórokozó túlélőképessége nagyban függ a hőmérséklettől, a közeg pH-értékétől, sótartalmától, a páratartalomtól, napsugárzástól.<sup>31</sup>

<sup>26</sup> Saunders-Hastings – Krewski (2016): i. m.

<sup>27</sup> Florian Krammer: The Human Antibody Response to Influenza A Virus Infection and Vaccination. *Nature Reviews Immunology*, 19. (2019). 383–397.

<sup>28</sup> Saunders-Hastings – Krewski (2016): i. m.

<sup>29</sup> Scalera–Mossad (2009): i. m.

<sup>30</sup> Julia Keenlside: Pandemic Influenza A H1N1 in Swine and Other Animals. In Jürgen A. Richt – Richard J. Webby (szerk.): *Swine Influenza. Current Topics in Microbiology and Immunology*. Berlin–Heidelberg, Springer, 2012. 259–271.

<sup>31</sup> Rebecca Poulson et al.: Environmental Stability of Swine and Human Pandemic Influenza Viruses in Water under Variable Conditions of Temperature, Salinity, and pH. *Applied and Environmental Microbiology*, 82. (2016), 13. 3721–3726.; Harini Sooryanarain – Subbiah Elankumaran: Environmental Role in Influenza Virus Outbreaks. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3. (2015), 1. 347–373.

### 4.3. Goiâniai baleset

1987 szeptemberében, a braziliai Goiânia városában, egy elhagyatott klinikán kezdődött a civilizáció eddig ismert legsúlyosabb radiológiai incidense.<sup>32</sup> Az épületben talált radioterápiás eszköz <sup>137</sup>Cs izotópját tartalmazó fémalkatrészt két férfi eltávolította, fémhulladékként történő értékesítés céljából. Szétszerelés közben a radionuklidot védő fémburkolaton ejtett lyukon át a benne található cézium-klorid só világitó kék színétől vezérelve a materiát eltávolították, majd a jelenségtől megbabonázva több család tagjának eladták a rizszem méretű radioaktív anyagdarabokat.<sup>33</sup> Az incidensben összesen 250 fő szenvedett külső vagy belső kontaminációt, 49 személy kórházi ellátásra szorult, közülük 28 fő súlyos tünetekkel; a katasztrófa négy halálos áldozatot követelt.<sup>34</sup>

A balesetben szerepet játszó radioaktív anyag a 137-es tömegszámú cézium volt. Ezen izotóp valamivel több mint 30 év felezési idővel jellemezhető, javarészt béta-sugárzás produkálása mellett bomlik, azonban átmeneti bomlásterméke, a bárium-137m erős gamma-sugárzó, aminek köszönhetően a <sup>137</sup>Cs mindkét sugárzástípussal képes károsítani környezetét. Emberi szervezetben megközelítőleg 110 nap a biológiai felezési ideje, ami berlini kék tartalmú gyógyszerrel 30 napra csökkenthető.<sup>35</sup>

Az elhunytak post mortem vizsgálata során heveny sugárbetegséggel összefüggésbe hozható vérzéses, illetve szepikus szövődményekre derült fény.<sup>36</sup> Szintén determinisztikus sugárhatás jelenségeként többeknél bőrtünetek, vérképzőszervi eltérések, hányás, hasmenés jelentkezett. Késői egészségügyi szövődményként felmerült rosszindulatú emlődaganatok incidenciájának emelkedése, azonban e jelenséget nem sikerült egyértelműen összefüggésbe hozni a balesettel.<sup>37</sup>

A katasztrófa környezetre gyakorolt hatásainak enyhítése érdekében kiterjedt, 550 fő részvételével végrehajtott dekontaminációs műveletre került sor.<sup>38</sup> A munkálatok sokszor mostoha időjárási körülmények között, heves esőzések közepette valósultak meg. A műveletek keretében 85 szennyezett lakóházat, 45 közterületi egységet tisztítottak meg. Több helyütt a talajt is el kellett távolítani, megakadályozandó a radionuklidok mélyebb rétegekbe, talajvízbe szivárgását, valamint állatokkal, emberekkel történő interakcióját. A dekontaminációs munkálatok javarészt 1987 karácsonyára befejeződtek.

<sup>32</sup> R. M. Anjos et al.: Radioactivity Teaching: Environmental Consequences of the Radiological Accident in Goiânia (Brazil). *American Journal of Physics*, 69. (2001). 377–381.

<sup>33</sup> International Atomic Energy Agency: *The Radiological Accident in Goiânia*. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1988.

<sup>34</sup> Anjos et al. (2001): i. m.

<sup>35</sup> Prussian Blue. Lásd: [www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/prussianblue.htm](http://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/prussianblue.htm)

<sup>36</sup> International Atomic Energy Agency (1988): i. m.

<sup>37</sup> Rosemar Macedo Sousa Rahal et al.: Trends in the Incidence of Breast Cancer Following the Radiological Accident in Goiânia: A 25-Year Analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20. (2019), 12. 3811–3816.; Leonardo Bastos Lage et al.: Evaluation of Ionizing Radiation as a Risk Factor for the Incidence of Breast Cancer: Long-Term Analysis after the Cesium-137 Accident in Goiânia, Brazil. An Ecological Study. *Sao Paulo Medical Journal*, 138. (2020), 4. 297–304.

<sup>38</sup> International Atomic Energy Agency (1988): i. m.



#### 4.4. Csernobili atomerőmű-baleset

1986. április 26-án a csernobili atomerőmű 4-es számú reaktorában, egy kísérletet követően robbanás következett be. A baleset, amelynek létrejöttében emberi mulasztás mellett a reaktor tervezési sajátosságai is szerepet játszhattak, a legsúlyosabb eddigi, nukleáris erőműben bekövetkezett tragédiává vált.<sup>39</sup> A robbanás okozta traumás sérülésekben ketten veszítették életüket, a megnyíló reaktormagból nagy mennyiségben levegőbe kerülő radioaktív anyagok kilométerekig szennyezték be a környezetet.<sup>40</sup> A következő tíz napban a reaktor mintegy 30 kilométeres körzetét kellett evakuálni, amit később szükségessé vált tovább bővíteni, összesen 350 ezer ember kényszerült elhagyni lakhelyét.<sup>41</sup> A helyszínre érkező tűzoltók, illetve a katasztrófát kontrollálni próbáló erőművi dolgozók közül további 28 fő veszítette életét a következő hónapokban heveny sugárbetegség következtében.<sup>42</sup> A hosszú távú humánegészségügyi következményekről megoszlanak a vélemények; összességében megközelítőleg 4000 haláleset hozható közvetlenül összefüggésbe az incidenssel.<sup>43</sup>

A csernobili atomerőmű-baleset során többféle radioaktív anyag szóródott szét a környezetben. A szennyezés szempontjából legjelentősebbek volatilis, rövid, illetve közepes felezési idejű radionuklidok voltak, ezek közül a béta- és gamma-sugárzó <sup>137</sup>Cs, <sup>131</sup>I emelendő ki.<sup>44</sup> Hosszabb felezési idejű nukleáris üzemanyag (például plutónium) lényegesen kisebb mennyiségben került csak a környezetbe. A reaktor felrobbanását követő megközelítőleg tíz napban szóródott szét a legtöbb radioaktív matéria, amelyek egy része kisebb nagyobb darabokban az erőmű közvetlen környezetét szennyezte be, jelentős hányaduk azonban a levegőbe kerülve és a széljárásnak megfelelően utazva, később eső formájában hullott vissza a földre. A kontamináció szempontjából legsúlyosabban érintett területek a korábbi Szovjetunió három tagállamában, Ukrajnában, Fehéroroszországban és Oroszországban lehetők fel, azonban a katasztrófa során levegőbe jutott radionuklidok jelenlétét az egész északi féltekén mérni lehetett.<sup>45</sup>

Humánegészségügyi vonatkozásban érdemes a rövid, illetve hosszú távú egészségkárosodásokat külön tárgyalni. Rövid távon az elnyelt, küszöbértéket meghaladó dózis alapján, determinisztikus sugárhatás révén kialakult heveny sugárbetegség volt a legfontosabb klinikai elváltozás. Ebben a különböző sejtek, sugárérzékenységüknek megfelelő pusztulása, illetve a szövetelhalás következtében fellépő szövődmények, szerelégtségek dominálnak. Általánosságban elmondható, hogy a magas mitotikus aktivitású szövetek (például nyálkahártya, bőr, vérképző rendszer) kevésbé állnak ellen sugárbehatásnak; ebből fakadóan a tünetek is e szenzitív szövetek, szervek

<sup>39</sup> Georg Steinhauser – Alexander Brandl – Thomas E. Johnson: Comparison of the Chernobyl and Fukushima Nuclear Accidents: A Review of the Environmental Impacts. *Science of The Total Environment*, 470–471. (2014). 800–817.

<sup>40</sup> N. A. Beresford et al.: Thirty Years after the Chernobyl Accident: What Lessons Have We Learnt? *Journal of Environmental Radioactivity*, 157. (2016). 77–89.; UNSCEAR 2008: *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York, United Nations, 2010.

<sup>41</sup> Beresford et al. (2016): i. m.

<sup>42</sup> UNSCEAR 2008 (2010): i. m.

<sup>43</sup> World Health Organisation: *Chernobyl: The True Scale of the Accident*. 2005. szeptember 5.

<sup>44</sup> Beresford et al. (2016): i. m.; UNSCEAR 2008 (2010): i. m.

<sup>45</sup> UNSCEAR 2008 (2010): i. m.

vonatkozásában a legkifejezettebbek.<sup>46</sup> Példaként említhető a vérképző rendszer károsodása esetén fellépő fehérvérsejthiány, vérzékenység, továbbá a gyengeség, fáradékonyság, hányás, hasmenés, hajhullás.<sup>47</sup>

A hosszú távú, sztochasztikus sugárhatások nem köthetők küszöbértékhez, azonban az elnyelt dózis mértéke befolyásolja a betegségek megjelenési valószínűségét. Idesorolhatók a repair mechanizmusok által ki nem javított genetikai mutációk következtében megjelenő daganatos vagy egyéb öröklődő elváltozások. A <sup>131</sup>I radionuklid kapcsán, amely a szennyezett talajról, növényzetről tehenek szervezetébe jutva a tehéntejben koncentrált, majd került emberek szervezetébe, bebizonyosodott, hogy nagymértékben hozzájárult a csernobili katasztrófa után megfigyelt, emelkedett esetszámban megjelenő rosszindulatú pajzsmirigydaganatok kialakulásához.<sup>48</sup> Bár e daganatok többsége időben diagnosztizálva 90% feletti gyógyulási rátával volt jellemezhető, mintázatukban, klinikai viselkedésükben mégis eltértek a nem sugárhatáshoz köthető esetektől.<sup>49</sup>

Az állatokat, növényeket ért radioaktivitás 80%-a a katasztrófa első három hónapjában zajlott le, 95%-ban béta-sugárzás mediált formában.<sup>50</sup> Az állatvilágot mind a szárazföldi, mind vízi élőlények esetén érintette az incidens. A különböző állatfajok specifikus szenzitivitásuk, valamint az elnyelt dózis függvényében károsodtak; leginkább az emlősök, madarak, halak reagáltak érzékenyen.<sup>51</sup> A heveny sugárbetegség mellett a krónikus, emelkedett háttérsugárzás következtében egyes fajok esetében termékenységszökkenést figyeltek meg. A katasztrófa után a haszon-, illetve háziállatok egy részét a lakossággal együtt evakuálták, azonban nagy részüket ezt követően is, hasonlóan a hátrahagyott állományhoz, terminálták.<sup>52</sup> A növények közül a magasabb rendű, fás szárú növények bizonyultak a legszenzitívebbnek. A reaktorhoz közel elhelyezkedő területeken a nagy mennyiségben kiszabaduló volatilis radionuklidok jellegzetes pusztítást hoztak létre a környező fenyőerdőben, amelyben az elhalt, vörösesbarna színt öltő fák után a Vörös-erdő nevet kapta a terület.<sup>53</sup> A rövid félélet-idővel jellemezhető radionuklidok által kibocsátott sugárzás csökkenésével, valamint az emberi civilizáció távozásával a természet fokozatosan visszahódította a területet; a sugárhatás szempontjából legérzékenyebbnek tekintett emlősök és madarak populációi is egyre növekvő számban képviseltetik magukat a zónában.<sup>54</sup>

Az élettelen környezet vonatkozásában elmondható, hogy a katasztrófa kezdetén a legsúlyosabb szennyezést a rövid, mindössze nyolcnapos felezési idővel jellemezhető <sup>131</sup>I alakította ki, amelyről az évek alatt a hangsúly a 30 év felezési idővel bíró <sup>137</sup>Cs felé tolódott. A robbanást követően az élettelen környezet mindhárom fő komponense

<sup>46</sup> R. J. Michael Fry: Deterministic Effects. *Health Physics*, 80. (2001), 4. 338–343.

<sup>47</sup> UNSCEAR 2008 (2010): i. m.

<sup>48</sup> UNSCEAR 2008 (2010): i. m.

<sup>49</sup> V. A. LiVolsi et al.: The Chernobyl Thyroid Cancer Experience: Pathology. *Clinical Oncology*, 23. (2011), 4. 261–267.

<sup>50</sup> International Atomic Energy Agency: *Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experiences*. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment'. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2006.

<sup>51</sup> International Atomic Energy Agency (2006): i. m.

<sup>52</sup> International Atomic Energy Agency (2006): i. m.

<sup>53</sup> Steinhäuser–Brandl–Johnson (2014): i. m.

<sup>54</sup> International Atomic Energy Agency (2006): i. m.

(litoszféra, hidroszféra, atmoszféra) kontaminálódott a reaktor közelében, valamint az atmoszférába került sugárzó anyagok több száz, illetve több ezer kilométeres távolságba is eljuthattak, mérhető, kimutatható sugárzást generálva. A talajszennyezés kapcsán a mezőgazdasági, élelmezési megfontolások mentén a hosszú távú, céziumizotópok talajból történő kivonását célzó intézkedéseket jelentős számban alkalmazták.<sup>55</sup> A Dnyeper-folyó vízrendszerének vonatkozásában szintén ellenintézkedések sorát vezették be a víztisztaság helyreállítása érdekében.

## 5. Következtetések

A fenti, intő példákhoz hasonló káresemények bármikor megtörténhetnek. A SARS-CoV-2-pandémia szintén aktuális, szomorú bizonyítéka a váratlanul bekövetkező válsághelyzeteknek. A CBRN-katasztrófák mint a környezetet komplex módon károsítani képes incidensek vonatkozásában nem lehet eléggé hangsúlyozni a prevenció lépések, az előre felkészülés fontosságát. A bevezetőben is említett, katasztrófákra jellemző ciklikusság fontos tanulsága, hogy a megelőző intézkedések mindig lényegesen költséghatékonyabbak, mint egy olyan katasztrófa felszámolására tett erőfeszítések, amely felkészületlenül érte az elszenvedő közösséget. A költséghatékonyság mellett az adekvát prevenció lépések kidolgozása és végrehajtása mind a humán vonatkozású, mind a környezetkárosító formában jelentkező veszteségek és károk minimalizálásában segítséget jelenthet. A megfelelő intézkedések tervezéséhez azonban tudnunk kell mind humánegészségügyi, mind környezetvédelmi szempontból értékelni a lehetséges katasztrófa-forgatókönyveket. Ez interdiszciplináris szemléletet, szoros együttműködést igényel a felszámolásban részt vevő szervezetektől. A múltbéli események alapos tanulmányozása, a megfelelő következtetések levonása értékes segítséget nyújthat a kooperáció elméleti alapjainak lefektetéséhez. Az elméleti alapok később gyakorlatok során történt tökéletesítése pedig a jövőbeni, valós káresemények ellenintézkedéseinek mikéntjében mutathat majd irányt.

## Felhasznált irodalom

- Ammendolia, Justine – Jacquelyn Saturno – Amy L. Brooks – Shoshanah Jacobs – Jenna R. Jambeck: An Emerging Source of Plastic Pollution: Environmental Presence of Plastic Personal Protective Equipment (Ppe) Debris Related to Covid-19 in a Metropolitan City. *Environmental Pollution*, 269. (2021). 116160. Online: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116160>
- Anjos, R. M. – A. Facure – E. L. N. Lima – P. R. S. Gomes – M. S. Santos – J. A. P. Brage – E. Okuno – E. M. Yoshimura – N. K. Umisedo: Radioactivity Teaching: Environmental Consequences of the Radiological Accident in Goiânia (Brazil). *American Journal of Physics*, 69. (2001). 377–381. Online: <https://doi.org/10.1119/1.1315603>

<sup>55</sup> International Atomic Energy Agency (2006): i. m.

- Beresford, N. A. – S. Fesenko – A. Konoplev – L. Skuterud – J. T. Smith – G. Voigt: Thirty Years after the Chernobyl Accident: What Lessons Have We Learnt? *Journal of Environmental Radioactivity*, 157. (2016). 77–89. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>
- Bland, Steven A.: Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Casualty Management Principles. In James M. Ryan – Adriaan P.C.C. Hopperus Buma – Charles W. Beadling – Aroop Mozumder – David M. Nott – Norman M. Rich – Walter Henny – David MacGarty (szerk.): *Conflict and Catastrophe Medicine: A Practical Guide*. London, Springer, 2014. 747–770. Online: [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2927-1\\_46](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2927-1_46)
- Broughton, Edward: The Bhopal Disaster and Its Aftermath: A Review. *Environmental Health*, 4. (2005), 6. 1–6. Online: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-4-6>
- Bushberg, Jerrold T.: Radiation Exposure and Contamination. *MSD Manual*, 2020. október. Online: [www.msmanuals.com/professional/injuries-poisoning/radiation-exposure-and-contamination/radiation-exposure-and-contamination](http://www.msmanuals.com/professional/injuries-poisoning/radiation-exposure-and-contamination/radiation-exposure-and-contamination)
- European Commission, Directorate-General Home Affairs, Directorate A: Internal security, Unit A.1: Crisis management – Terrorism: CBRN Glossary. Online: [http://encircle-cbrn.eu/wp-content/uploads/2021/04/cbrn\\_glossary\\_en.pdf](http://encircle-cbrn.eu/wp-content/uploads/2021/04/cbrn_glossary_en.pdf)
- Finke, Ernst-Jürgen – Wolfgang Beyer – Ulrike Loderstädt – Hagen Frickmann: Review: The Risk of Contracting Anthrax from Spore-Contaminated Soil – a Military Medical Perspective. *European Journal of Microbiology & Immunology*, 10. (2020), 2. 29–63. Online: <https://doi.org/10.1556/1886.2020.00008>
- Fry, R. J. Michael: Deterministic Effects. *Health Physics*, 80. (2001), 4. 338–343. Online: <https://doi.org/10.1097/00004032-200104000-00009>
- Halász László – Földi László: *Környezetbiztonság*. Budapest, Nemzeti Közszerkesztési Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar, 2014. Online: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/8583/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y>
- International Atomic Energy Agency: *Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experiences*. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment'. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2006.
- International Atomic Energy Agency: *The Radiological Accident in Goiânia*. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1988.
- Jiang, Dong – Qian Wang – Zhihua Bai – Heyuan Qi – Juncai Ma – Wenjun Liu – Fangyu Ding – Jing Li: Could Environment Affect the Mutation of H1N1 Influenza Virus? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17. (2020), 9. 3092. Online: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093092>
- Keenlside, Julia: Pandemic Influenza A H1N1 in Swine and Other Animals. In Jürgen A. Richt – Richard J. Webby (szerk.): *Swine Influenza. Current Topics in Microbiology and Immunology*. Berlin–Heidelberg, Springer, 2012. 259–271. Online: [https://doi.org/10.1007/82\\_2012\\_301](https://doi.org/10.1007/82_2012_301)
- Krammer, Florian: The Human Antibody Response to Influenza A Virus Infection and Vaccination. *Nature Reviews Immunology*, 19. (2019). 383–397. Online: <https://doi.org/10.1038/s41577-019-0143-6>

- Kumar, Girish – Daya Shankar Tripathi – Sisir Kumar Roy: Cytological Effects on Plants by an Accidental Leakage of Methylisocyanate (Mic) Gas. *Environmental and Experimental Botany*, 29. (1989), 2. 261–271. Online: [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(89\)90058-0](https://doi.org/10.1016/0098-8472(89)90058-0)
- Lage, Leonardo Bastos – Ruffo Freitas-Junior – Rosangela da Silveira Corrêa – Eliane Eugênia dos Santos – Nilson Clementino Ferreira – Nivaldo Carlos Silva – Leonardo Ribeiro Soares: Evaluation of Ionizing Radiation as a Risk Factor for the Incidence of Breast Cancer: Long-Term Analysis after the Cesium-137 Accident in Goiânia, Brazil. An Ecological Study. *Sao Paulo Medical Journal*, 138. (2020), 4. 297–304. Online: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.0041.r1.04052020>
- LiVolsi, V. A. – A. A. Abrosimov – T. Bogdanova – G. Fadda – J. L. Hunt – M. Ito – J. Rosai – G. A. Thomas – E. D. Williams: The Chernobyl Thyroid Cancer Experience: Pathology. *Clinical Oncology*, 23. (2011), 4. 261–267. Online: <https://doi.org/10.1016/j.clon.2011.01.160>
- Marqués, Montse – José L. Domingo: Contamination of Inert Surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, Stability and Infectivity. A Review. *Environmental Research*, 193. (2021). 110559. Online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110559>
- Mostafa, Mohamed K. – Gamil Gamal – A. Wafiq: The Impact of Covid 19 on Air Pollution Levels and Other Environmental Indicators – a Case Study of Egypt. *Journal of Environmental Management*, 277. (2021). 111496. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111496>
- Nemery, B. – D. Dinsdale – S. Sparrow – D. E. Ray: Effects of Methyl Isocyanate on the Respiratory Tract of Rats. *British Journal of Industrial Medicine*, 42. (1985), 12. 799–805. Online: <https://doi.org/10.1136/oem.42.12.799>
- Nigam, Ritwik – Kanvi Pandya – Alvarinho J. Luis – Raja Sengupta – Mahender Kotha: Positive Effects of Covid-19 Lockdown on Air Quality of Industrial Cities (Ankleshwar and Vapi) of Western India. *Scientific Reports*, 11. (2021). 4285. Online: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83393-9>
- Poulson, Rebecca – Stephen Tompkins – Roy Berghaus – J. Brown – D. Stallknecht: Environmental Stability of Swine and Human Pandemic Influenza Viruses in Water under Variable Conditions of Temperature, Salinity, and pH. *Applied and Environmental Microbiology*, 82. (2016), 13. 3721–3726. Online: <https://doi.org/10.1128/AEM.00133-16>
- Rahal, Rosemar Macedo Sousa – Marina Elias Rocha – Ruffo Freitas-Junior – Rosangela da Silveira Correa – Rodrigues, Danielle – Edesio Martins – Leonardo Ribeiro Soares – Jose Carlos Oliveira: Trends in the Incidence of Breast Cancer Following the Radiological Accident in Goiânia: A 25-Year Analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20. (2019), 12. 3811–3816. Online: <https://doi.org/10.31557/APJCP.2019.20.12.3811>
- Saunders-Hastings, Patrick R. – Daniel Krewski: Reviewing the History of Pandemic Influenza: Understanding Patterns of Emergence and Transmission. *Pathogens*, 5. (2016), 4. 66. Online: <https://doi.org/10.3390/pathogens5040066>
- Scalera, Nikole – Sherif Mossad: The First Pandemic of the 21<sup>st</sup> Century: A Review of the 2009 Pandemic Variant Influenza a (H1N1) Virus. *Postgraduate Medicine*, 121. (2009), 5. 43–47. Online: <https://doi.org/10.3810/pgm.2009.09.2051>

- Sooryanarain, Harini – Subbiah Elankumaran: Environmental Role in Influenza Virus Outbreaks. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3. (2015). 347–373. Online: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-111017>
- Sriramachari, S.: The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster. *Current Science*, 86. (2004), 7. 905–920. Online: [www.jstor.org/stable/24109273](http://www.jstor.org/stable/24109273)
- Steinhauser, Georg – Alexander Brandl – Thomas E. Johnson: Comparison of the Chernobyl and Fukushima Nuclear Accidents: A Review of the Environmental Impacts. *Science of The Total Environment*, 470–471. (2014). 800–817. Online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.029>
- Streit, B.: Bioaccumulation Processes in Ecosystems. *Experientia*, 48. (1992), 10. 955–970. Online: <https://doi.org/10.1007/BF01919142>
- UNSCEAR 2008: *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York, United Nations, 2010.
- Varma, Daya R. – Shree Mulay: Methyl Isocyanate: The Bhopal Gas. In Ramesh C. Gupta (szerk.): *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents (Second Edition)*. Boston, Academic Press, 2015. 287–299. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800159-2.00022-1>
- Varma, Roli – Daya Varma: The Bhopal Disaster of 1984. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25. (2005), 1. 37–45. Online: <https://doi.org/10.1177/0270467604273822>
- World Health Organisation: *Chernobyl: The True Scale of the Accident*. 2005. szeptember 5. Online: [www.who.int/news/item/05-09-2005-chernobyl-the-true-scale-of-the-accident](http://www.who.int/news/item/05-09-2005-chernobyl-the-true-scale-of-the-accident)
- World Health Organisation: *Pandemic (H1N1) 2009 – Update 112*. 2010. augusztus 6. Online: [www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2010\\_08\\_06-en](http://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2010_08_06-en)
- World Health Organisation: *SARS-CoV-2 mink-associated variant strain – Denmark*. 2020. december 3. Online: [www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2020-DON301](http://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2020-DON301)

## Jogi források

- Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK Rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg)
- Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK Rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról, az 1999/45/EK irányelv módosításáról, valamint a 793/93/EGK tanácsi rendelet, az 1488/94/EK bizottsági rendelet, a 76/769/EGK tanácsi irányelv, a 91/155/EGK, a 93/67/EGK, a 93/105/EK és a 2000/21/EK bizottsági irányelv hatályon kívül helyezéséről



Katona Gábor<sup>1</sup>

## A védett természeti területek helyzete a vízgazdálkodási nagylétesítmények fenntartásában

### The Situation of Protected Natural Areas in the Maintenance of Water Management Facilities

Hazánkban gyakran tapasztalható a természetvédelem és a vízgazdálkodási érdekek ütközése, amelynek oka főként országunk adottságaiban, méretében, illetve a közelmúlt történelmében keresendő. A cikkben a szerző a természetvédelem és a vízgazdálkodási tevékenységek átfedései mentén értékeli a Tisza-tó mint védett természeti terület vízgazdálkodási szempontú rekonstrukciós munkáit. Bemutatja a természetvédelem nemzetközi és hazai kialakulását, valamint kitér a Tisza-tó mint mesterséges létesítmény védett természeti területté nyilvánítására. Értékeli a beruházás keretében végzett rekonstrukciós munkák hatását a tó élővilágára, és megállapításokat tesz a vízgazdálkodási és természetvédelmi kezelők lehetséges együttműködésének formáira.

**Kulcsszavak:** védett természeti terület, védett természeti érték, fenntartás, kotrás, tározó

In Hungary, there is often a conflict between nature conservation and water management interests, the main reason of which is to be found in the endowments, size and recent history of our country. In the article, the author evaluates the water management reconstruction works of Lake Tisza as a protected natural area along the overlaps of nature conservation and water management activities. It presents the international and domestic development of nature conservation, and covers the declaration of Lake Tisza as an artificial facility as a protected natural area. It evaluates the impact of the reconstruction works carried out within the framework of the investment on the wildlife of the lake and makes findings on the possible forms of cooperation between water management and nature conservation managers.

<sup>1</sup> Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: [katona.gabor@kotivizig.hu](mailto:katona.gabor@kotivizig.hu)

**Keywords:** protected natural area, protected natural value, maintenance, dredging, reservoir

## 1. Bevezetés

A természetvédelem egyike a legfiatalabb tudományágainknak, amelynek kialakulását az emberi társadalom fejlődése generálta. Az ember először tönkretette azt, amit később megpróbál helyreállítani, megőrizni, megvédeni. Ma már tudjuk, hogy a társadalmi, majd az ipari fejlődés, az urbanizáció, a bányászat, a kemizálás ugyan az emberi jólétet, kényelmet szolgálta, de a környezetre komoly negatív hatást gyakorol. Számos folyamat visszafordíthatatlan, sok emberi tevékenység következménye már soha nem állítható helyre. „Bolygónk végeessége valószínűleg ma már köztudomású az iskolázott emberek körében, azonban az is lehetséges, hogy ennek a végeességnek a legnyilvánvalóbb jelei még számukra sem mindig egyértelműek.”<sup>2</sup> A korlátlan fejlődésnek tehát gátat kell szabni, azt fenntarthatóvá kell tenni. Elengedhetetlen, hogy olyan életmódot folytassunk, olyan technológiákat használjunk, amelyekkel saját civilizációs érdekeink, igényeink szem előtt tartása mellett a földi élet érdekeit, létfeltételeit is figyelembe vesszük, hiszen nélküle az ember sem létezhet.

„A »fenntartható fejlődés alapelve« olyan fejlődést jelent, amelynek során a jelen szükségleteinek kielégítése nem veszélyezteti a jövőbeni szükséglet kielégítését, mivel a környezeti források szűkössége, illetve a környezeti károsodás konfliktusokhoz vezet.”<sup>3</sup>

Ezért biztosítanunk szükséges a jövő nemzedékek számára is a jólétük feltételeit és a földi élet fennmaradását. A környezetbarát technológiák alkalmazása és az életmódunk változtatása mellett fontos megőrizni a még megmaradt érintetlen vagy helyreállítható életközösségeket, természeti értékeket, természeti területeket is.

Azonban némileg új helyzet adódik, amikor egy mesterséges létesítmény, egy ember által létrehozott és fenntartott területen alakulnak ki olyan értékek, amelyeket később védelemre érdemesnek ítélünk, így azt természetvédelmi területként kezeljük. Ilyenkor gyakran felvetődik a kérdés, hogy melyik cél az előbbre való, melyik érdek mentén szükséges meghozni a létesítménnyel kapcsolatos döntéseinket, ami a későbbiekben egyik vagy másik érdek kárára válhat. Erre több példa is ismert hazánk vízgazdálkodási létesítményei kapcsán, mint a Tisza-tó vagy a Lázberci-tározó. A Tisza-tó kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület, a Hortobágyi Nemzeti Park része. Ugyanakkor a terület a Kiskörei Vízlépcső és Duzzasztómű által létrehozott töltések közé szorított duzzasztott Tisza-szakaszon helyezkedik el, amelynek elsődleges célja a vízgazdálkodás feltételeinek javítása az Észak-Alföld térségében annak érdekében, hogy egy egész ország rész mezőgazdasági és (korábban) ipari vízellátását biztosítsa. A létesítmény – mesterséges jellegénél fogva – fenntartást, üzemeltetést

<sup>2</sup> Bessenyei Mónika et al.: Fenntartható jövőképünk. In Kaiser Tamás (szerk.): *A jó állam mérhetősége III.* Budapest, Dialóg Campus, 2019. 125–140.

<sup>3</sup> Halász László – Földi László: *Környezetbiztonság.* Budapest, Nemzeti Közszerkesztési Központ, 2014. 28.

igényel, amely során akaratlanul is be kell avatkoznunk a természet folyamataiba. A tanulmány keretében arra keresek választ, hogy a napjainkban felértékelődő édesvízkészletek megőrzése, a környezetbiztonság maradéktalan szavatolása mellett, meddig működhetnek egymásra épülve a vízgazdálkodási érdekeket szolgáló tározók és a természetvédelmi területek. Választ keresek arra is, hogy zavarja-e a létesítmény fenntartása a természeti értékeket, illetve hogy a jövőben okozhat-e biztonsági kockázatot a természetvédelmi terület fenntartása.

## 2. A természetvédelem kialakulása, nemzetközi természetvédelmi szervezetek és egyezmények

A téma elemzéséhez a természetvédelem alapfogalmai közül kiemelném a természeti érték és a természeti terület fogalmait. A természeti érték az élővilágot és annak életfeltételeit szolgáló élő és élettelen környezeti elemeket jelenti, a természeti területen pedig a természetközeli állapotban lévő élőhelyeket, életközösségeket, tájat, felszíni formákat értjük. Amennyiben ezek védetté nyilvánítás révén kiemelt oltalmat kapnak, akkor védett természeti értékről, illetve védett természeti területről beszélünk.

Az első hivatalosan is elismert védett természeti területet, a Yellowstone Nemzeti Parkot az Amerikai Egyesült Államokban hozták létre 1872-ben. Innen még hosszú út vezetett a modern értelemben vett természetvédelmi jog megszületéséig, amely még így is alig több mint egy évszázados múltra tekint vissza. Ehhez szükség volt a világban végbement politikai és társadalmi változásokra is.

„A környezet állapotára akkor fordíthattak – nemzetközi szinten – nagyobb figyelmet, amikor a nemzetközi politikai feszültség enyhült. A hidegháború »csatázájának« elültével nagyon is nyilvánvalóvá kezdett válni a természetpusztítás nagysága, s az is, hogy milyen keveset tettünk eddig ellene. Az 1960-as évek végétől kezdődően a nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények egész sorát dolgozták ki.”<sup>4</sup>

Ezeknek az egyezményeknek kezdetben csak helyi, regionális területi hatályuk volt, két- vagy háromoldalú egyezmények voltak.

Az első globális nemzetközi természetvédelmi szerződést, a nemzetközi jelentőségű vizes területekről, különösen, mint a vízmadarak élőhelyéről szóló egyezményt 1971-ben, az iráni Ramsarban írták alá, és 1975-ben lépett hatályba. A Ramsari egyezményhez azóta 169 ország csatlakozott, és a mai napig ez a legdinamikusabban fejlődő nemzetközi természetvédelmi egyezmény. Ezt követően még több, ma is hatályban lévő természetvédelmi célú egyezményt hoztak létre.

Szintén 1971-ben indult kutatási program a természet megóvásáért az ENSZ Nevelésügyi Tudományos és Kulturális Szervezete (UNESCO) kezdeményezésével *Man and Biosphere* (MAB), azaz *Ember és bioszféra* címmel, amely első ízben hívta fel a figyelmet arra, hogy a természeti értékek megőrzése önmagában nem elegendő,

<sup>4</sup> Bándi Gyula – Faragó Tibor – Lakosné Horváth Alojzia: *Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények*. Budapest, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, 1994. 7.

kiemelt célunk kell hogy legyen az ember és természet kapcsolatának javítása a fenntartható fejlődés biztosítása érdekében.

1972-ben látott napvilágot a hulladékkal és egyéb anyagokkal való tengerszennyezés megelőzéséről szóló egyezmény Londonban.

A veszélyeztetett fajokkal folytatott szabályozatlan nemzetközi kereskedelem növekvő méretei és ennek egyre szembetűnőbb káros hatásai következtében hozták létre 1973-ban a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről szóló washingtoni egyezményt, más néven a CITES-t (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*).

Az 1979-ben létrejött bonni egyezmény pedig a vándorló fajok összehangolt, nemzetközi védelmét szolgáló keretmegállapodás, majd ugyanebben az évben megszületik Bernben a nemzetközi keretegyezmény a határokon túl terjedő légszennyezés csökkentéséről.

Az ENSZ 1992-ben Rio de Janeiróban rendezett *Környezet és fejlődés* konferenciáján megszületett a biológiai sokféleségről szóló egyezmény (*Convention of Biological Diversity*, CDB), amelynek célkitűzése a biológiai sokféleség megőrzése, komponenseinek fenntartható használata, a genetikai erőforrások hasznosításából származó előnyök igazságos és méltányos elosztása.

A Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) Countdown 2010 programjának fő célja, hogy – állami és civil természetvédelmi szervezetek, valamint egyéb piaci szereplők tevékenységének és együttműködésének hatására – 2010-ig megállítsa Európában a biológiai sokféleség csökkenését.

Mint láthatjuk, számos nemzetközi egyezmény született a természet értékeinek védelmére, de ezek az egyezmények nem működhetnek anélkül, hogy az aláíró országok ne hoznának jogszabályokat az egyezmények szabta feltételek betartása, betartatása kapcsán.

### 3. A természetvédelem szabályozása az Európai Unióban

Az Európai Unió (EU) a természet védelme és a tagállamokon belüli egységes szabályozás érdekében szintén szigorú természetvédelmi jogszabályokat léptetett életbe, amelyeket minden tagállamnak kötelező betartani. A szabályozás központi eleme a Natura 2000 hálózat, amelynek alapja az 1979-ben megszületett 79/409/EGK irányelv (1979. április 2.) a vadon élő madarak védelméről (röviden madárvédelmi irányelv). Az „irányelv a Szerződésben érintett tagállamok európai területén természetesen előforduló összes vadon élő madárfaj védelmére vonatkozik. Magába foglalja e fajok védelmét, kezelését és ellenőrzését, továbbá szabályokat állapít meg hasznosításukkal kapcsolatban.”<sup>5</sup> Az uniós országok azonosítják és védelmezik azokat a területeket, amelyek különösen fontosak a vadon élő madarak szempontjából. Az eddigiek folyamán hozzávetőleg 5300 különleges madárvédelmi terület kijelölésére került sor. Ez 1992-ben kiegészült a Tanács 92/43/EGK irányelve (1992. május 21.) a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről szóló

<sup>5</sup> A Tanács 79/409/EGK irányelve (1979. április 2.) a vadon élő madarak védelméről.

szabályozással, amelynek célja, hogy „a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelmével hozzájáruljon a biológiai sokféleség biztosításához a Szerződésben érintett tagállamok európai területén belül”.<sup>6</sup> A védett területek a „különleges természetmegőrzési terület” nevet viselik. Az élőhelyvédelmi irányelv mintegy 1500 ritka és veszélyeztetett állat- és növényfaj számára biztosít oltalmat, és hozzávetőleg 230 különböző típusú élőhely tartozik a hatálya alá, köztük kaszálórétek, puszták és sós mocsarak.

A fenti két irányelv révén védelem alá helyezett területek alkotják a Natura 2000 hálózatot, amelynek alapvető célja, hogy az összes fontos élőhelytípust és veszélyeztetett állat- és növényfajt megőrizze Európában. Eddig már több mint 26 ezer területet vettek fel a rendszerbe, amely az EU szárazföldi területének 18%-át alkotja, és a környező tengeri területek számottevő részét is magában foglalja, ezáltal a védett természeti területek legnagyobb összehangolt hálózatává vált a világon. A hálózat nem hivatott kitiltani a védett területekről a gazdasági tevékenységeket, mindössze azt hivatott biztosítani, hogy ezek a tevékenységek összeegyeztethetők legyenek az értékes fajok és élőhelyek megőrzésére irányuló törekvésekkel.

„Magyarországon az éghajlatváltozás természetes ökoszisztémákra és biológiai sokféleségre gyakorolt hatásait tekintve a világ egyik legsebezhetőbb országa. Az ökoszisztémák éghajlatváltozás miatti átrendeződési folyamata sebezhető, egyszerűsített közösségeket eredményez, és ez ajtót nyit az általában könnyen terjedő invazív fajok bevándorlása előtt.”<sup>7</sup>

A Natura 2000 hálózatba tartozó területek fő rendeltetése, hogy megakadályozzák azokat a tevékenységeket, amelyek komolyan megzavarhatják azoknak a fajoknak az életét, illetve károsíthatják azokat az élőhelyeket, amelyek védelmére az adott területet kijelölték, és szükség esetén pozitív intézkedések révén gondoskodjanak ezeknek az élőhelyeknek és fajállományoknak a fennmaradásáról, helyreállításáról és hatékonyabb megőrzéséről.

A jogszabályok mellett az EU számos programmal támogatja a természetvédelmet. Ezek közül a legjelentősebb a LIFE-program, amelyen keresztül természetvédelmi és környezetvédelmi projektek számára biztosít támogatást. A LIFE-program keretében már több mint ezer természet- és biodiverzitás-védelmi témájú projektet részesített támogatásban több milliárd euró értékben. Összeségében tehát az EU mind jogszabályi, mind gyakorlati téren komoly lépéseket tett a természet védelmére, a természeti értékek megőrzése érdekében, amelyben fontos szerepet játszott az a felismerés, amely szerint a természet megőrzésére fordított anyagi javak a későbbiekben akár meg is térülhetnek. Ezáltal egyes gazdasági szereplőket, környezethasználókat is érdekeltté tették a természetvédelemben, így mára a reklámok, a termékek marketingje kapcsán a társadalom szélesebb köréhez is eljutott a természetvédelem fontosságának üzenete.

<sup>6</sup> A Tanács 92/43/EGK irányelve (1992. május 21.) a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről.

<sup>7</sup> László Földi – László Halász: Investigation of Climate Vulnerability of Domestic Natural and Artificial Ecosystems. *Hadmérnök*, 14. (2019), 2. 168.

#### 4. A természetvédelem hazai szabályozásának kialakulása, a kutatáshoz kapcsolódó fontosabb jogszabályok

Magyarországon a természetvédelmi szabályozás alapja az 1996. évi LIII. törvény a természet védelméről. Ennek – akárcsak a nemzetközi szabályozóknak – a célja:

„a természeti értékek és területek, tájak, valamint azok természeti rendszereinek, biológiai sokféleségének általános védelme, megismerésének és fenntartható használatának elősegítése, továbbá a társadalom egészséges, esztétikus természet iránti igényének kielégítése; a természetvédelem hagyományainak megóvása, eredményeinek továbbfejlesztése, a természeti értékek és területek kiemelt oltalma, megőrzése, fenntartása és fejlesztése.”<sup>8</sup>

A hazai természetvédelem alapfogalmai is a természeti értékre és természetvédelmi területre épülnek. Ezeket a területek és értékek alapkategóriákba sorolhatjuk, amelyek a következők:

- földtani;
- víztani;
- növénytani;
- állattani;
- kultúrtörténeti;
- és tájképi értékek.

A védetté nyilvánításukról a mindenkori környezetvédelemért felelős miniszter dönt rendelet útján. Ez által országos jelentőségű természeti érték vagy természetvédelmi terület jön létre. A védett természeti értékek jellemzően növényi és állati fajok, illetve azok egyedei, a védett természeti területek kategóriái a nemzeti park, a tájvédelmi körzet, a természetvédelmi terület és a természeti emlék. Ez alól a helyi védelmet élvező természeti területek a kivételek (csak természeti emlék és természetvédelmi terület lehet), mert ezek a területileg illetékes jegyző feladat- és hatáskörébe tartoznak.

A hazai természetvédelmi törekvések erősödése az 1970-es években kezdődött, bár már korábról is ismertek természetvédelmi vonatkozású intézkedések. 1935-ben elfogadták például az első hivatalosan is a természetvédelemhez kapcsolódó jogszabályt, az 1935. évi IV. törvényt az erdőkről és a természetvédelemről. Hazánk területén az első védetté nyilvánított terület a Debreceni Nagyerdő egy része volt, amely 1939-ben került védelem alá az ebben az évben alakult Országos Természetvédelmi Tanács által.<sup>9</sup> Az első tájvédelmi körzet kialakítására 1952-ben került sor a Tihanyi-félsziget egyes részeinek védelem alá helyezésével. 1962-től az Országos Természetvédelmi Hivatal (OTvH) lett a védetté nyilvánító hatóság. Az első nemzeti park létrehozására pedig 1972-ben került sor. A Hortobágyi Nemzeti Park (HNP) hazánk első és legnagyobb kiterjedésű nemzeti parkja. A kihirdetésének jogszabályai az 1850/1972. és az 1851/1972. számú OTvH Közlemények voltak. Az IUCN védett

<sup>8</sup> 1996. évi LIII. törvény a természet védelméről.

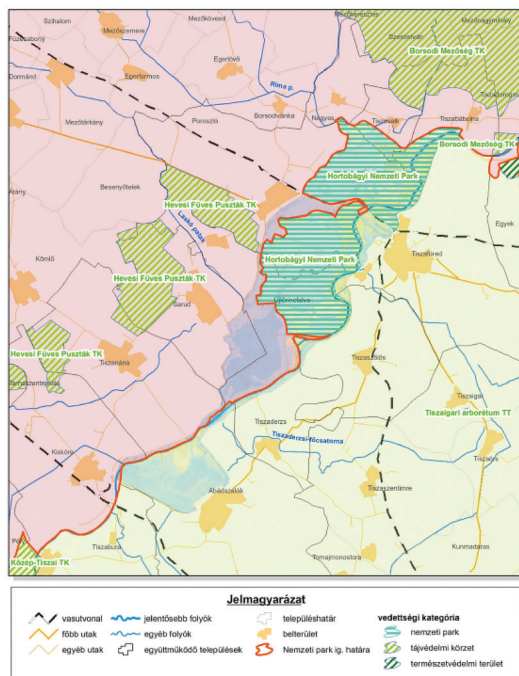
<sup>9</sup> Rakonczay Zoltán: *A természetvédelem története Magyarországon 1872–2002*. Budapest, Mezőgazda, 2009. 68–73.



területeket osztályozó rendszere II-es kategóriába sorolta ezt a területet. Ezt követően a Tisza folyó mentén számos természeti terület nyilvánítottak védetté. A Közép-Tiszaí Tájvédelmi Körzet a 2/1978. OKTH számú határozattal lett védett, de legelső védett területe az Országos Természetvédelmi Hivatal elnökének 4/1975. számú határozata alapján kihirdetett Pélyi Madárrezervátum.

## 5. A Tisza-tó mint kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület kapcsolata a vízgazdálkodással

Hazánk második legnagyobb felületű taván, a mesterségesen létrehozott Tisza-tó területén jelölték ki a HNP Tisza-tó kiemelt jelentőségű természetmegőrzési területét. A Tisza-tó teljes területe 12 700 ha, ebből 7012,4 ha védett. A védett területek elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Védett területek elhelyezkedése a Tisza-tavon

Forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság: Tisza-tavi kódex – mellékletek

Az ábrából jól látható, hogy a Tisza-tó jelentős részét lefedi a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság (HNPI) működési területe, amelyet két jól elkülöníthető részre oszthatunk az északi Tiszavalki-medencében és a délebbre elhelyezkedő Poroszlói-medencében. A védett területet középen szeli át a 33-as jelű főközlekedési út és a 108-as számú Debrecen–Füzesabony vasútvonal. Mind a déli, mind az északi

terület a nemzetközi ramsari egyezmény hatálya alá tartozik, amelyhez Magyarország 1979-ben csatlakozott. Északon helyezkedik el a tiszafüredi madárrezervátum, amelyet természetvédelmi területté az Országos Természetvédelmi Hivatal 1850/1972. OTvH számú közleményben közzétett határozatával lett nyilvánítva, majd a 11/1993. (III. 9.) KTM rendelet a Hortobágyi Nemzeti Parkhoz csatolta. 1973-ban, a Kiskörei-tározó üzembe helyezését megelőzően a madárrezervátum területét rét, szántó, morotvák, illetve erdők foglalták el. Védett értékeit az ártéri erdők, morotvák füzeseinek élővilága jelentette. A duzzasztás megkezdése után víz alá kerültek a rétek, az erdőrészek, egészen más típusú életközösségek kialakulását tették lehetővé. A területet szigorú korlátozásokkal védik, a Hordódi és a Háromágú holtágak területére egész évben tilos a belépés. Robbanómotoros vízi járművel közlekedni egész évben tilos, kivéve az élő Tiszát és a IX-es öblítő csatornát Tiszavalkig, illetve a kijelölt túraútvonalakat. A déli védett terület később, 1996-ban került védelem alá. A duzzasztás előtt a terület egy része kaszáló volt, régi holtmedrekkel körülvéve, másik részén hatalmas gyümölcsösök és erdők helyezkedtek el. A védelem itt kevésbé szigorú, mint az északi részen, de néhány értékesebb morotva,<sup>10</sup> holtág területére, mint az Óhalászi holtág, Porong tava, Ispán tava, Hód, Gaznyilas, Partos-fenek belsőégésű motorral tilos behajtani. A területek természetvédelmi oltalom alá helyezését számos indok támasztja alá, ezek közül a legjelentősebb, hogy a tó évenkénti feltöltése után olyan vízi élőhely alakult ki, amely a mozaikossága révén rendkívül jó táplálkozó- és fészkelő hely, valamint vonulási időszakban fontos pihenőhelyként szolgál. Főleg ősszel, több ezres madártömegek jelennek meg itt. A terület jellegéből adódóan értékes védett vízi növénytársulások alakultak ki, valamint megmaradtak olyan területek, amelyek a terület őshonos növénytársulásait őrzik, például a tiszádi östölgyes. Méreteinél, mozaikosságánál fogva fontos szerepe van a biodiverzitás megőrzésében. Ezen védett területek és értékek létrejötte alapvetően az emberi tevékenységnek köszönhető. A Tisza folyó mesterséges duzzasztása nélkül a mozaikosság, a rendkívüli biodiverzitás csupán a folyó több száz kilométeres hullámtéri területeire hasonlítana.

Az érintett területek a Magyar Állam tulajdonában és a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) vagyongazdálkodással és fenntartással kapcsolatos feladatokat a Nemzeti Parkkal egyeztetett módon végzi. A HNPI a terület természetvédelmi kezelőjeként 2014-ben készítette el a terület Natura 2000 fenntartási tervét. A Natura 2000 fenntartási terv az élőhelyvédelmi irányelv alapján kijelölt Natura 2000 területek kijelölésének alapjául szolgáló közösségi jelentőségű fajok és élőhely típusok hosszú távú megőrzését, a területek és jelölő értékeik kedvező állapotának fenntartását biztosítja. A hazai gyakorlatban a Natura 2000 fenntartási tervek olyan egyedi tervezési dokumentumok, amelyek a terület aktuális állapotához, a jelölő értékekhez, gazdálkodási szokásokhoz és lehetőségekhez igazodva területspecifikus módon és a gyakorlatban is alkalmazható szinten fogalmazzák

<sup>10</sup> Kialakulása a középszakasz-jellegű folyókhoz kapcsolódik. Ezek a folyók medrük homorú partjait pusztítják, domború partjait viszont hordalékuk lerakásával építik, így kanyarogva haladnak torkolatuk felé. Amikor egy-egy kanyarulat hurokszerűen túlfejlődik, a nagy árvizek alkalmával levágódik és holtággá (morotvává) alakul. Morotva tavak nemcsak természetes úton, hanem a kanyarulatok mesterséges levágásával is kialakulhatnak. A Kárpát-medencében található rengeteg morotva tó az alföldi folyók szabályozásakor alakult ki. Lásd: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Morotva>

meg a Natura 2000 területre vonatkozó általános természetvédelmi célkitűzéseket és a hozzájuk rendelhető intézkedési javaslatokat, szabályokat. A fenntartási tervben a természetmegőrzési területet 18 kezelési egységre osztották, amelyek különböző, a gazdálkodás és egyéb területhasználat feltételeit határozzák meg. A fenntartási terv vízgazdálkodási kérdésekkel foglalkozó fejezete csupán azt deklarálja, hogy a vízgazdálkodási kérdések az egyes kezelési területek leírásánál találhatóak, azaz a gazdálkodáshoz köthető általános kezelési javaslatok között tárgyalja. A 18 db kezelési egység közül szorosan nyolc érinti a Tisza-tavat, az általános kezelési javaslatok között azonban vízgazdálkodási tárgyú egyáltalán nem szerepel. A kezelési javaslatok jellemzően a partkezeléssel, haltelepítéssel, közlekedéssel és a természetvédelmi célú állapotfenntartással foglalkoznak. A tó kotrása kapcsán kialakítható élőhely-rekonstrukciós beavatkozások a kezelési egységek közül csupán kettőnél kerültek szóba, ebből a Tisza-tavat csak egy érinti. A Tisza-tó természetvédelmi szempontú kezelési terve a tó fenntartó kotrását mint a létesítmény hosszú távú működését, ezáltal a kialakult természeti értékek megőrzését szavatoló tevékenységet gyakorlatilag nem kezeli.<sup>11</sup> Összeségében tehát megállapítható, hogy a Tisza-tó természetvédelmi területei védettségét szavatoló jogi szabályozások biztosítják a természetvédelmi érdekek érvényesítését a területen, azonban nem, vagy nem kellő mértékben veszik figyelembe a létesítmény mesterséges jellegét és az ahhoz kapcsolódó fenntartási igényt. Indokolt lenne tárgyalni a fenntartási tervekben a kotrások és egyéb fenntartási tevékenységek szükségességét, vagy épp azok elhagyásának igényét és ezek hatását a kezelési tervben leírtakra.

## 6. A Tisza-tó vízgazdálkodási szempontú fenntartási tevékenységei és azok hatása a védett természeti értékekre és területekre

A művi létesítmények állapotát, élettartamát jelentősen befolyásolja a ráfordított fenntartási tevékenység. A 120/1999. (VIII. 6.) Korm. rendelet a vizek és a közcélú vízellátási létesítmények fenntartására vonatkozó feladatokról 2. § 1. és 2. pontja alapján megkülönböztethetünk fenntartást és közérdekű fenntartást. A fenntartás a vizeken és a közcélú vízi létesítményeken végzett munka, amelyet a biztonságos üzemelés és a rendeltetésszerű használat érdekében rendszeresen vagy eseti jelleggel el kell végezni, beleértve az építmény, illetőleg egyéb tárgyi eszköz alkotórészei lényeges elemeinek részleges cseréjét, valamint a vis maior következtében közvetlenül szükséges hibaelhárítást, továbbá ezzel közvetlenül összefüggésben más tárgyi eszközökön végzett bontást és helyreállítást. Ezzel az általánosabb megfogalmazással szemben a közérdekű fenntartás a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvényben (Vgtv.) meghatározott vízgazdálkodási feladatok ellátása érdekében az állami és az önkormányzati tulajdonban lévő vizek és közcélú vízellátási létesítmények, valamint a területi vízügyi hatóság kijelölő döntése alapján a vízügyi igazgatóság által üzemeltetett egyéb vizek és vízellátási létesítmények fenntartására mint közfeladatra a központi és az önkormányzati

<sup>11</sup> Hortobágyi Nemzeti Park: *A Tisza-tó (HUHN20003) kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve*. Debrecen, Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, 2014.

költségvetésben biztosított pénzeszközből, illetve egyéb támogatásból megvalósuló tevékenység. A fent említett jogszabály 3. §. (1) bekezdés arról is rendelkezik, hogy

„az állam a tulajdonában vagy kijelölő döntés alapján üzemeltetésében lévő, az önkormányzat a tulajdonában lévő, valamint a vízitársulat az önkormányzattól üzemeltetésre átvett vizek és közcélú vízellátási létesítmények fenntartásáról olyan színvonalon és olyan mértékben kötelesek gondoskodni, amely lehetővé teszi a Vgtv.-ben meghatározott vízgazdálkodási közfeladataik ellátását”.<sup>12</sup>

A fenntartási tevékenység a létesítmények egészére kiterjed, és minden elemét érinti. A témaválasztás okán azonban jelen tanulmányban nem érintem a vasbeton és terméskő létesítmények fenntartását, mivel ezek más jellegű munkálatokat igényelnek, és az azokkal járó pontszerű hatás is jelentősen eltér a kotrásoktól. Ugyancsak nem vizsgálom a kaszálási munkákat, amelyek volumene nem összehasonlítható a kotrási munkálatokkal. Rendszeresen, akár évente többször szükséges végezni, és amennyiben a területen élő állatok életciklusát nem zavarja, nem jelent jelentős terhelést a természetre.

A témával kapcsolatos releváns dokumentáció egyrészt a Kiskörei Vízlépcső és Duzzasztómű Üzemeltetési szabályzata, amely elsősorban a létesítmény szabályozó műtárgyainak különböző üzemrendekben történő használatát írja elő. Természetvédelmi jellegű kérdésekkel annyiban foglalkozik, hogy előírja, hogy a tó feltöltésének és leürítésének ütemezését a természetvédelmi kezelővel egyeztetni kell.

A tárgyalta folyószakasz, illetve a tározó vízgazdálkodási szempontú kezelési előírásait a nagyvízi mederkezelési terv (NMT) adja meg. A nagyvízi mederkezelési tervek készítését a Vgtv. írja elő. A törvény végrehajtását és a tervek tartalmi követelményeit a 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet tartalmazza, amely a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról szól. A 10. NMT 02. Tiszadorogma 440,00 fkm – Kiskörei vízlépcső 403,20 fkm közötti Tisza folyószakasz kezelési terve részletesen szól az érintett folyószakasz hasznosítási módjairól, így a természetvédelmi szempontú hasznosításról is. Megállapítja a természetvédelmi kezelési terv hiányát, azonban a Natura 2000 fenntartási tervet szinte szó szerinti részletességgel idézi, veszi számba annak előírásait. Említést tesz a Tisza-tó nyíltvízi felületeinek fenntartási munkálatairól, így a kotrásokról is.<sup>13</sup>

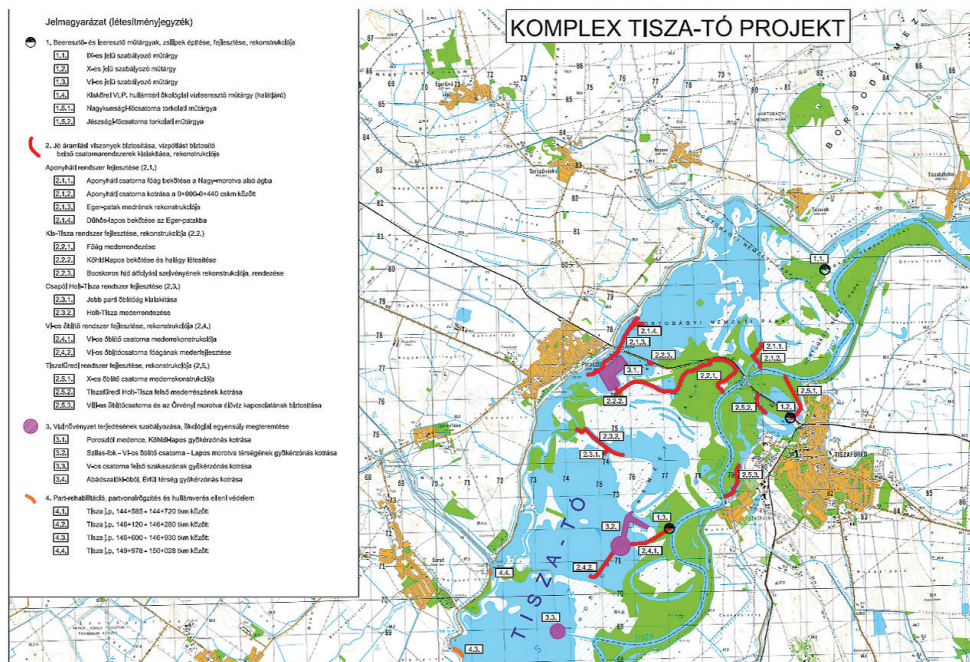
A Tisza-tó esetében a kotrást mint fenntartási munkát nagyban befolyásolja a tiszai hordalék tározótérben történő kijutása, kiüledése, ami jellemzően az öblítő csatornákon keresztül történik. A Tisza magyarországi szakaszán jelentős mennyiségű lebegtetett és görgetett hordalékot szállít. A lebegtetve szállított hordalék mennyisége két-három nagyságrenddel meghaladja a görgetett hordalékét. A kísérleti sorozatmérések szerint a lebegtetett hordalék maximális mennyisége 3300–4000 g/m<sup>3</sup>, az évi átlagos hordalékmennyiség 300–500 g/m<sup>3</sup> körül mozog. A Tisza hordalékjárás-elemzésénél

<sup>12</sup> 120/1999. (VIII. 6.) Korm. rendelet a vizek és a közcélú vízellátási létesítmények fenntartására vonatkozó feladatokról.

<sup>13</sup> Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igatóság: *Nagyvízi mederkezelési tervek*. Lásd: [http://kotiweb.vizugy.hu/nmt/mellekletek/10\\_nmt\\_02.zip](http://kotiweb.vizugy.hu/nmt/mellekletek/10_nmt_02.zip)

meg kell említeni a duzzasztóművek hatását is. A duzzasztómű feletti szakaszokon jelentős mértékű feliszapolódások történnek, mivel a duzzasztott térbe érkező folyó áramlása megváltozik, lelassul, így hordalékát lerakja. Ez a Tisza-tó esetében különösen a tó frissvízellátását biztosító öblítő csatornarendszer elemei esetében figyelhető meg. A feltöltődéshez szintén hozzájárul a tározótéri növényzetproduktum okozta elhalt szerves anyag mederfenéken történő felhalmozódása. Így megkülönböztetünk csatornakotrást, amely a – rendszerint vízjogi üzemeltetési engedéllyel rendelkező – csatornák eredeti szelvényének helyreállítását célozza, illetve lepelkotrást, amelynek keretében a tározótér nyílt felületein kiüledő iszap és felhalmozódó növényi maradványok eltávolítását végezhetjük, jellemzően néhány deciméter vastagságban.

A kotrások költséges beavatkozások, így nem rendszeresen, csupán igény szerint, eseti jelleggel történnek. Általában jellemző, hogy költségvetési források hiányában a szükségesnél ritkábban adódik rájuk lehetőség, ezért az elmaradó beavatkozások, halmozódó problémák egy-egy nagyobb volumenű beruházás keretében orvosolhatók. A létesítmény 1973-as átadása, illetve az öblítő csatornák 1980-as évekbeli kialakítása óta az első komolyabb beavatkozásra 2011–2014 során kerülhetett sor a 2008–2010 között készült tervek alapján, európai uniós források igénybevételével. A beruházás keretében végzett kotrással érintett munkálatok legfontosabb helyszínei a 2. ábrán láthatók.



2. ábra: A kotrással érintett munkálatok legfontosabb helyszínei

Forrás: a szerző szerkesztése KÖTIVIZIG-forrás alapján



Megállapítható az ábrából, hogy a legfontosabb fenntartási, kotrési tevékenységek jellemzően a védelemmel érintett területekre koncentrálnak. A tározó e térségeiben tapasztalható a legnagyobb mértékű feliszapolódás, illetve itt található a legsekélyebb vízmélységek, ahol már a kisebb feliszapolódások is jelentős negatív hatásokat válthatnak ki. Továbbá az áramlást javító intézkedésekkel ezeken a területeken lehet a legkedvezőbb hatást elérni a vízminőség javulása terén.

A továbbiakban bemutatom a beruházás keretében megvalósult legfontosabb beavatkozásokat, a lepel- és vonalas jellegű kotrásokat és azok eredményeit.

### *6.1. Lepelkotrás*

A Tisza-tó jelenlegi állapotában a legszükségesebb feladatok egyike a vízínövényzet terjedésének szabályozása. A munka célja a vízínövényzet záródása miatt teljesen lefedett területek mozaikossá tétele, belső nyílt vízfelületek kialakításával, amelynek lényege, hogy a sekély mederrészből az iszap kotrásával együtt a növényzet gyökere is eltávolításra kerül, korlátozva annak terjedését. Ez nagy vonalakban megegyezik a fentebb említett, természetvédelmi kezelési tervekben szereplő célokkal. A mozaikosság, az egyeduralkodó fajok tényeresésének csökkentése a biodiverzitás növelése irányába hat. A víz alatti iszap kitermelésére, eltávolítására legalkalmasabb a hidromechanizációs kotrési technológia. A kotrás ez esetben elsősorban úszókotró segítségével történik. A kotróhajón belsőégésű motorral hajtott zagyszivattyú van elhelyezve, amely csővezetéken szívja fel az iszapot és csővezetéken továbbítja a lerakási helyre. A kotróhajó hidraulikus működtetésű. Hidromotor forgatja a vágófejet, amely a gém végén található, és a meder anyagából készít szállításra alkalmas zagyot. A kicotort anyag zagy formájában, zárt csővezetéken keresztül jut el a lerakási helyre. A zárt csővezeték segítségével a zagy akár 1000 m távolságra is eljuttatható, de műszaki-gazdaságossági szempontból a ~300–400 m-es távolság az optimális. A zagy átlagos szilárdanyag-tartalma 10–20%-ra tehető. A hidromechanizációs kotrással kitermelt anyagot (iszap, növényi maradvány) a beavatkozással érintett területek közelében kijelölt zagyterekben helyezik el. A zagytereken körülhatárolás nélkül, közvetlenül a növényzetre terítik el a kitermelt zagyot. A lepelkotrással érintett felület mintegy 100 ha volt, amelyről összesen ~300 000 m<sup>3</sup> iszapot távolítottak el. Az érintett területeket a 2. ábrán lila felületekkel jelölték.

### *6.2. Vonalas jellegű vagy csatornakotrások*

A csatornák feltöltődése jellemzően a torkolat környékén a legintenzívebb. Az itt kialakuló hordalékkúpok esetenként a közlekedést is akadályozzák. A legutóbbi beavatkozások során a VI., VIII., X. jelű, és az Aponyháti csatornák, valamint a természetes kisvízfolyások közül a Kis-Tisza és az Eger-patak és további, tározótéri holtágak kotrását végezték el. Nagy mennyiségű szerves anyagot és iszapot távolítottak el mind a csatornák szabályozó műtárgyainak térségéből, mind a csatornák torkolattól távolabbi szakaszairól, ami az egyes csatornák eltérő mértékű, de összességében



jelentős feliszapolódására utal. Az érintett csatornaszakaszokat a 2. ábrán piros felületekkel jelölték.

Az öblítő csatornák feliszapolódásának mértékét az 1. táblázatban szereplő tervezett kotrási mennyiségek szemléltetik. A magassági adatokat a Balti-tenger középvízszintje feletti magasságban, méterben adták meg: méter Balti felett – m.B.f.

1. táblázat: Az öblítő csatornában lévő feliszapolódás mértéke 2013-ban és 2015-ben

	I öblítő	IV öblítő	V öblítő	VI öblítő	VIII öblítő	IX öblítő	X öblítő	Aponyháti csatorna	Kis-füredi fok
Eredetileg tervezett mederfenék (m.B.f.)	85,00	85,00	85,20	85,50	85,80	85,50	85,80	85,80	85,50
A 2013. évi felméréskor tervezett mederfenék (m.B.f.)	85,00	85,50	85,80	–	–	85,80	–	–	85,80
Feliszapolódás a tervezett mederfenékhez képest (m <sup>3</sup> ) torkolat ~80–100 m	712	672	1350	–	–	3745	–	–	1244
A 2015. évi felméréskor tervezett mederfenék (m.B.f.)	85,50	85,80	85,80	85,80	–	85,80	85,80	85,80	85,80
Feliszapolódás a tervezett mederfenékhez képest (m <sup>3</sup> ) torkolat ~80–100 m	1123	2951	2192	620	–	2382	54	949	2560

Forrás: a szerző szerkesztése KÖTIVIZIG-adatok alapján

A fent említett, rekonstrukciós beavatkozással érintett VI., VIII., X. jelű és az Aponyháti csatornák esetében az első felmérés évében nem jelentkezett kotrási igény. A felméréseket összehasonlítva megállapítható, hogy a 2013-as felvételezéshez képest 2015-re a VIII. és IX. öblítő csatorna kivételével minden csatornában nőtt a feliszapolódás, annak ellenére, hogy a második felmérés idején a tervezett mederfenék szintjét az I., IV., V., VI. csatornák esetében megemelték, így az eltávolítani tervezett iszap mennyisége számszerűen csökkent. A mederfenék szintjének elvi változtatása nélkül a feliszapolódás mértéke még nagyobb mennyiségeket mutatna. A csatornakotrások során további ~300 000 m<sup>3</sup> iszapot távolítottak el. A szintén hidromechanizációs módon kikotort iszapot ez esetben is a tározó területén lévő szárazulatokon helyezték el. E feltétel mellett az iszap minőségét nem volt szükséges vizsgálni, mivel a kotrással érintett ingatlan területéről nem került ki a kotort anyag. Ellenkező esetben

az veszélyes hulladéknak minősülne, és ennek megfelelő kezelést igényelne, amely kezelés költségei ilyen anyagmennyiségek mellett a kotrási költségek többszörösébe is kerülnének. Ez ellehetetlenítené a beruházásokat.

A fentiek alapján, ha figyelembe vesszük a kotrási technológia kapcsán jelentkező hígulást, megállapítható, hogy közel 6 000 000 m<sup>3</sup> vizes iszapot mozgattak meg, amely munka jelentős kapacitást igényelt. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy a fenntartás keretében végzett tevékenység a mindösszesen 127 km<sup>2</sup>, azaz 12 700 ha felületű létesítmény összterületéből csupán 132 ha-t, alig 1%-át érintette 3 év alatt, ezzel a kapacitással a tározó teljes felületének fenntartó kotrására megközelítőleg 300 évre lenne szükség, azaz pontosan a tízszeresére annak az időnek, amely eltelt az utolsó öblítő csatorna kialakítása óta. Megállapítható tehát, hogy a kotrási tevékenységgel fontos fenntartási feladatok valósulnak meg, amely a létesítmény fennmaradása szempontjából nélkülözhetetlen. Ezek a feladatok nemcsak a vízgazdálkodási szempontú kezelés, fenntartás, hanem a természetvédelem szempontjából is meghatározók hosszabb távon. A kotrási feladatok továbbá olyan volumenűek, hogy azokat nem elegendő eseti beruházások keretében elvégezni, hanem tervezetten, ütemezetten lenne szükséges végezni.

## 7. Hatásviselők és azok védelme

Az előzőekben leírtakon túl azonban figyelembe kell venni a terület természetvédelmi érintettségét is. A munkák engedélyezéséhez környezetvédelmi hatásvizsgálatot és Natura 2000 hatásbecslést kellett készíteni. Erről az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól, illetve annak végrehajtási rendelete, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról rendelkezik, amely szerint a környezeti hatásvizsgálati eljárást és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárást az európai közösségi jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területekről szóló külön jogszabályban meghatározott hatásbecslési eljárás szabályaira tekintettel kell lefolytatni.<sup>14</sup>

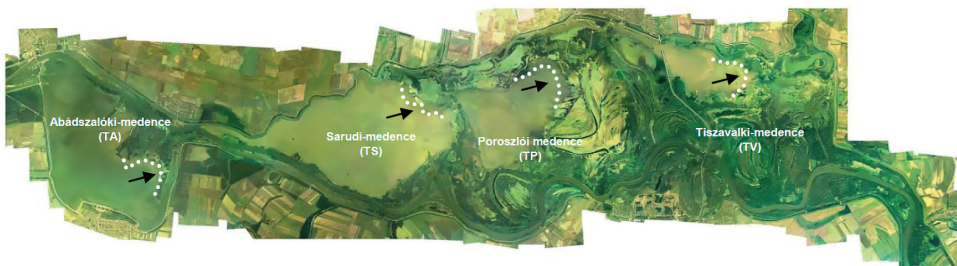
Ezek alapján általánosságban megállapítható, hogy a kotrások az adott területen élő fajok jelentős részét érintik, a mozgásra képtelen vagy korlátozottan képes élőlények legnagyobb része elpusztul. Ez jelentős dilemma, de nem feloldhatatlan. Az érintett helyszíneken előfordulnak hazánkban törvényi oltalom alatt álló növényfajok, a makrovegetáció és vízi makrogerinctelenek, kétéltű- és hüllőfajok, valamint halak, főként azok ivadékai, amelyek esetlegesen elpusztulnak, azonban visszatelepülésük rövid idő alatt megtörténhet. Ezért a károsító hatás mértéke nem tekinthető jelentősnek, lévén az érintett fajok igen gyakoriak a Tisza-tóban, az állományok regenerációjának feltételei jók.

Az élőlények védelme érdekében a környezetvédelmi engedély elsősorban időbeli korlátozásokat hozott a munkavégzésekre vonatkozóan. Ezek az európai közösségi

<sup>14</sup> 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról.

jelentőségű természetvédelmi rendeltetésű területek kapcsán kizárólag augusztus 1. és október 31. közötti 3 hónap időszakra korlátozta a munkavégzést. Ez komoly kihívást jelentett a relatív nagy felületeket érintő munkák elvégzésében. Még a természetvédelmi szempontból kevésbé értékesnek mondható, szinte víz alatti sivatagnak tekinthető, csekély élővilággal rendelkező sulymosok<sup>15</sup> gyökérszárak kotrását is augusztus 1. után, február 28-ig engedélyezte. Ez további három hónappal több munkavégzést tett lehetővé, azonban a vízen végzett munkálatok szempontjából ezen időszak csak korlátozottan vehető figyelembe, tekintettel a tározó téli csökkentett vízszinttel járó üzemrendjére és a fagyos napok esetén ellehetetlenülő munkákra.

A KÖTIVIZIG rendszeresen végzi a Tisza-tó víztestjeinek állapotvizsgálatát, így a munkák után részben az érintett helyszíneken a Víz Keretirányelv (VKI) szerinti vízminőségi vizsgálatokra került sor. A VKI az ökológiai állapoton belül biológiai, kémiai és hidromorfológiai állapotot/potenciált különböztet meg. A biológiai állapot alapja a vízi ökoszisztéma öt élőlény együttesének az állapota (fitoplankton, fitobenton, makrofíton, makroszkópikus gerinctelenek és halak). A víztestek jó állapotának, illetve jó potenciáljának elérése elsősorban ezeknek a minőségi elemeknek a vizsgálatával becsülhető. A kotrások következtében a víztest átöblítése gyorsan megtörténhet, ezért a kémiai állapot romlására nem, vagy csak átmenetileg kell számítani, azonban a biológiai állapot/potenciál jelentősen károsodhat. Többek közt ezért is kerül sor a környezeti hatásvizsgálat keretében korlátozások előírására a munkálatokkal kapcsolatban. Hogy megállapítható legyen az esetleges károkozás mértéke, érdemes megvizsgálni a munkálatok utáni laborvizsgálati eredményeket. A mintavételek helyszíneit, területeit a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: A vízi növényzet között élő árvaszúnyoglárva 2009. augusztus 11. és 2013. szeptember 9. közötti vizsgálatának mintavételi helyei a Kiskörei-tározóban

Forrás: Csépes Eduárd – Berényi Ágnes – Teszárné Nagy Mariann: A Kiskörei-tározó növényzet közötti árvaszúnyogfaunájának (Diptera: Chironomidae) változása az elmúlt évek szélsőséges tiszai vízjárásának következtében. *Hidrológiai Közöny*, 93. (2013), 5–6. 23–26.

A 2. ábrával összevetve megállapítható, hogy elsősorban a Poroszlói medencében van átfedés a fenntartási, rekonstrukciós munkálatok és a mintavételek helyszínei között. A felmérések alapján a Poroszlói medence víztestje fitoplankton tekintetében kiváló,

<sup>15</sup> A sulyom (*Trapa natans*) a mirtuszvirágúak (*Myrtales*) rendjébe és a füzényfélék (*Lythraceae*) családjába tartozó vízinövényfaj. A sulyom a holtágak növénye. Mivel védett növény, nem gyűjthető. Lásd: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Sulyom>

fitobenton tekintetében jó, makrovegetáció szempontjából jó, makroszkópikus vízi gerinctelenek szempontjából jó ökológiai állapotot mutatott.

A 2018. évi vizsgálatok alapján fitoplankton tekintetében kiváló, fitobenton tekintetében közepes/jó, makrofiton szempontjából kiváló, makroszkópikus vízi gerinctelenek szempontjából jó, ökológiai állapotot mutatott.<sup>16</sup>

A kotrások következtében tehát nem történt jelentős környezetkárosítás, a biológiai vízminősítés alapján, a VKI-szemponútú elemzések szerint az ökológiai állapot hamar helyreáll. A kotrással eltávolított magas szervesanyag-tartalmú iszap következtében csökken az inváziós fajok robbanásszerű terjedésének esélye, így nő a mozaikosság és a biodiverzitás.

Összességében megállapítható, hogy a fent leírt kotrások nem csak vízgazdálkodási szempontból előnyösek. Az élővilág gyors regenerációjával és a biodiverzitás növekedésével a természeti értékek növeléséhez is hozzájárulnak, így egyértelműen a természetvédelmi érdekeket is szolgálhatják.

## 8. Következtetések, javaslatok

A vízügyi tevékenység, a vízgazdálkodási célkitűzések és a környezetvédelmi érdekek gyakran kerülnek egymással szembe. Az ellenmondás feloldása a gyakorlatban nagyon függ attól, hogy az adott ország hogyan szabályozza a kérdést. Magyarországon a természetvédelem jogszabályi keretei tisztázottak, illeszkednek a nemzetközi jogszabályi előírásokhoz, valamint megfelelnek az Európai Unió elvárásainak. Így például szabályozva van a Natura 2000 fenntartási tervek készítése, ezáltal a terület természetvédelmi szempontú kezelési iránya meghatározott. A tározó vízgazdálkodási szempontú kezelési előírásait a nagyvízi mederkezelési terv szabályozza, amely jogszabályi előírás alapján figyelembe veszi a Natura 2000 fenntartási tervek szempontjait, azonban ez fordítva nem valósul meg.

Az elmúlt évtizedekben számos nemzeti park jött létre, amelyek feladata a védett természeti értékek és védett természeti területek természetvédelmi szempontú kezelésének megvalósítása. Természeti értékeink, területeink védelme így megfelelő kezekbe került, lehetőségünk van megóvni azokat a jövő generációi számára, így a fenntartható fejlődés feltételei is adóttak.

Azokon a területeken azonban, ahol a vizek több szempontú kezelése is zajlik, nem elegendő az egyes kezelői szempontok egyoldalú megvalósítása. Ha az egyes kezelők kizárólag saját szakmai szempontjaik szerint végzik tevékenységüket, előfordulhat, hogy a szakmai szempontok között konfliktus adódik, az egyes intézkedések pozitív hatásai ronthatják vagy kiolthatják egymást. Ha tevékenységüket együttműködésben valósítják meg, az egyes intézkedések hatásai erősíthetik egymást.

Az elmúlt időszakban a Tisza-tó területén folytatott vízügyi tevékenység ugyan vízgazdálkodási szempontok alapján generálódott, de a fent leírtak alapján megállapítható,

<sup>16</sup> Aranyiné Rózsavári Anikó et al.: *Negyvenéves a Tisza-tó*. Szolnok, Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, 2018. 68.

hogyan a létesítmény természeti értékeinek a javát is szolgálta. Ennek ismeretében indokolt lehet a természetvédelmi kezelési tervekben is szerepeltetni azokat a lehetséges kotrási tevékenységeket, amelyek hosszú távon elkerülhetetlenek. Ennek további pozitív hozadéka lehetne egy esetleges könnyített engedélyezési eljárás, amelynek keretében a hatásvizsgálatok adminisztrációs, dokumentációs terhéért könnyíteni lehetne, az eljárások rövidülhetnének. Továbbá javasolt lenne a fenti eredmények alapján mintaterületeken vizsgálni, hogy a hatásvizsgálatok következtetései szerint szigorú időbeli korlátozások közé szorított tevékenységeket az időkorlátokon túl végezve valóban tartós, visszafordíthatatlan károkozást eredményeznek-e, vagy épp ellenkezőleg, egyszerűbbé és hatékonyabbá tennék a munkavégzést. Ezzel a fenntartó kotrások irreálisan magas időigényét csökkenteni lehetne, továbbá gazdaságossági szempontból is kedvezőbb feltételek adódnának, aminek eredményeként egységnyi költségből több munkát lehetne végezni.

A Tisza-tó esetében szükség lenne olyan reális, hosszú távú célállapot meghatározására, amely sem a vízgazdálkodás, sem a természetvédelem érdekeit nem sérti. Ennek az állapotnak az elérése érdekében történő közös fellépés lényegesen hatékonyabbá tehetné a kezelők munkáját. Így mindkét ágazat számára lehetőség nyílna hosszú távú fejlesztési célok meghatározására, ami a létesítmény élettartama szempontjából meghatározó kérdés. Ehhez azonban nem a létesítmény felosztására és egyes részeinek különböző szempontú kezelésére, hanem a teljes terület együttes kezelésének megvalósítására lenne szükség mind vízgazdálkodási, mind természetvédelmi szempontból.

Ennek egyik lehetséges eszköze a vonatkozó Natura 2000 fenntartási terv és nagyvízi mederkezelési terv intézkedéseinek összehangolása. Ez a nagyvízi mederkezelési tervek oldaláról már nagyrészt megvalósult. Amennyiben a Natura 2000 fenntartási tervek készítése kapcsán is jogszabály határozná meg a nagyvízi mederkezelési tervekkel történő összehangolást, lehetőséget teremtenének az együttműködésre a vízgazdálkodási és természetvédelmi kérdésekben, és e pontok mentén közös fejlesztési irányokat állapíthatnának meg. Azonban tényleges eredményeket csak a tervek jogszabályi szinten történő egyeztetési, összehangolási kötelezettségének előírása hozna.

## Felhasznált irodalom

- Aranyné Rózsavári Anikó – Berényi Ágnes – Csépes Eduárd – Kelemenné Szilágyi Enikő – Teszárné Nagy Mariann – Fejes Lőrinc – Kéri Brigitta – Kovács Pál – Laczi Zoltán – Sólyom Norbert – Szalay Gyula – Végvári Péter: *Negyvenéves a Tisza-tó*. Szolnok, Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, 2018. 68.
- Bándi Gyula – Faragó Tibor – Lakosné Horváth Alojzia: *Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények*. Budapest, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, 1994. Online: <http://real.mtak.hu/103304/1/Egyezmenyek-KTM.pdf>
- Bessenyei Mónika – Földi László – Hetesi Zsolt – Szóka Ágnes: Fenntartható jövőnkünk. In Kaiser Tamás (szerk.): *A jó állam mérhetősége III*. Budapest, Dialóg

- Campus, 2019. 125–140. Online: [https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2017\\_pages/pdf\\_serve/non-compress/669\\_jam\\_iii\\_xs.pdf](https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2017_pages/pdf_serve/non-compress/669_jam_iii_xs.pdf)
- Csépes Eduárd – Berényi Ágnes – Teszárné Nagy Mariann: A Kiskörei-tározó növényzet közötti árvaszúnyog faunájának (Diptera: Chironomidae) változása az elmúlt évek szélsőséges tiszai vízjárásának következtében. *Hidrológiai Közöny*, 93. (2013), 5–6. 23–26.
- Földi László – Halász László: Investigation of Climate Vulnerability of Domestic Natural and Artificial Ecosystems. *Hadmérnök*, 14. (2019), 2. 167–178. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.14>
- Halász László – Földi László: *Környezetbiztonság*. Budapest, Nemzeti Közszerzői Egyetem, 2014.
- Hortobágyi Nemzeti Park: *A Tisza-tó (HUHN20003) kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve*. Debrecen, Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, 2014. Online: [www.hnp.hu/uploads/files/termeszetvedelem/natura2000/HUHN20003\\_tiszat%C3%B3.pdf](http://www.hnp.hu/uploads/files/termeszetvedelem/natura2000/HUHN20003_tiszat%C3%B3.pdf)
- Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság: *Tisza-tavi kódex – mellékletek*. (É. n.) Online: [http://kotivizig.hu/doksik/tisza\\_tavi\\_kodex/mellekletek.pdf](http://kotivizig.hu/doksik/tisza_tavi_kodex/mellekletek.pdf)
- Rakonczay Zoltán: *A természetvédelem története Magyarországon, 1872–2002*. Budapest, Mezőgazda, 2009.

### *Jogi források*

- A Tanács 79/409/EGK irányelve (1979. április 2.) a vadon élő madarak védelméről  
A Tanács 92/43/EGK irányelve (1992. május 21.) a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről  
1996. évi LIII. törvény a természet védelméről  
120/1999 (VIII. 6.) Korm. rendelet a vizek és a közcélú vízelétesítmények fenntartására vonatkozó feladatokról  
314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról



Gábor Deli<sup>1</sup> 

# Mechanism of Action and Use of Radiomimetic Compounds

## Part 1 – Alkylating Agents and Antimetabolites

Radiomimetic substances are drugs producing similar symptoms in living organisms as ionising radiation does. They constitute a special subgroup of carcinogen, mutagen, teratogen compounds; their common characteristic is to cause DNA breaks and/or to inhibit their repair. Mustard gas and its derivatives – alkylating agents – were the first known group of radiomimetic substances, later, it was observed, that some purine and pyrimidine analogues playing an antimetabolic role show a resembling outcome. Initially mustards were used in warfare, but now their usage for military purpose is prohibited by the Chemical Weapons Convention. Other radiomimetic substances have also become important tools in medicine, as they have been shown to be useful against certain pathogens and tumours. This review is a brief summary about the mechanism of action and the most common applications of alkylating agents and antimetabolites. In the coming second part, the radiomimetic substances of bacterial origin are reviewed from similar perspectives.

**Keywords:** radiomimetic substances, alkylating agents, dicentric chromosome, antimetabolites

### 1. Introduction

The danger of ionising radiation to human health has been well known since the last century. After Röntgen's discovery in 1895 (X-ray) and the Curie couple's in 1898 (radium), the detrimental effects of ionising radiation on biological systems were quickly revealed. The symptoms caused by ionising radiation (fever, vomiting, leukocyte depletion, burns, etc.) cannot be considered specific, that is why it is not easy to determine the radiation damage based on symptoms alone. Nor is it easy to decide whether a compound is radiomimetic, as it could cause non-specific symptoms.

<sup>1</sup> Senior Research Fellow, Military Hospital Medical Centre, Hungarian Defence Forces, Epidemiological and Scientific Research Institute, e-mail: [deligabor08@gmail.com](mailto:deligabor08@gmail.com)

Once it had been shown to be harmful on human tissues, both the X-ray and the radium-emitted radiation types (alpha, beta and gamma radiation) began to be used as a therapeutic method to stop cell division and destroy neoplastic tissues. The principle of cancer radiotherapy was laid hereby. Subsequently, it was recognised that ionising radiation (regardless of its origin) also causes changes in exposed cells and tissues. Radiation-induced biochemical reactions cause metabolic damage, which can lead to cell death and, at higher radiation doses, even to the death of the individual.

Certain chemicals cause similar symptoms in living organisms as ionising radiation, which is why Dustin in 1947 called these chemicals radiomimetic substances.<sup>2</sup> The term radiomimetic seems self-evident, the word coined more than 70 years ago was also applied to later discovered compounds, although there are many targets, modes and levels of radiation effects, and radiomimetic compounds can mimic only certain segments of these effects, not all. Therefore, the use of the term radiomimetic is not always clear, and accordingly, this term is not quite common in the scientific literature.

If we compare the compounds that were originally covered by the term and that were later discovered and classified as radiomimetic substances, we see parallels and differences in their mechanism of action. Our knowledge of the molecular biological effects of ionising radiation is also expanding, so it is timely to further refine and even limit the term radiomimetic.

In 1952, Boyland listed the biological effects that can be caused by either ionising radiation or radiomimetic chemicals.<sup>3</sup> In the following decades, other chemicals with similar effects were discovered. In 1963, Elson published the first comprehensive review of radiomimetic substances, beginning with Boyland's work, which he expanded.<sup>4</sup>

The origin of clinical radiomimetic effects can be found at the molecular level, mainly as DNA damage and its deceived repair process (chromosomal breakage, intra- and inter chromosomal translocations),<sup>5</sup> as well as cell-level changes (white blood cell count, cell death).<sup>6</sup> At the level of the body, these can lead to symptoms like in the case of radiation exposure such as fever, burning symptoms, blisters, weight loss, bone marrow hyperplasia, often coupled with leukocytopenia and immune suppression.

In case of radiation, several mechanisms have evolved over evolution to repair the damage,<sup>7</sup> but erroneous repairs cause permanent changes in the multiple-damaged genetic stock, so that the radiation exposure suffered can be detected by biodosimetry tools as cytogenetic and molecular biological measurements,<sup>8</sup> which includes

<sup>2</sup> Pierre Dustin, 'Some New Aspects of Mitotic Poisoning', *Nature* 159 (1947), 796.

<sup>3</sup> Eric Boyland, 'Azione biologica delle radiazioni e delle sostanze radiomimetiche', *Endeavour* 11 (1952), 87.

<sup>4</sup> Leslie A Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals: Comparative Physiological Effects* (Washington, D.C.: Butterworths, 1963), 1.

<sup>5</sup> Leila Benkhald et al., 'Induction of complete and incomplete chromosome aberrations by bleomycin in human lymphocytes', *Mutation Research* 637, no 1–2 (2008), 134.

<sup>6</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 1.

<sup>7</sup> Howard H Y Chang et al., 'Non-homologous DNA end joining and alternative pathways to double-strand break repair', *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 18 (2017), 495.

<sup>8</sup> Gábor Deli, 'Cytogenetic Detection Tools for Effects of Ionizing Radiation on Human', *Hadmérnök* 13, no 3 (2018), 180.

chromosomal aberration, micronucleus, FISH and comet assay, gamma H2AX assay, mRNA markers, mitochondrial DNA changes.<sup>9</sup>

The molecular effects of ionising radiation can be direct or indirect. A direct effect is when radiation itself causes DNA breaks; an indirect effect is when it does so through free radicals generated by ionising radiation, i.e. reactive oxygen species (ROS). Oxidative stress disrupts ROS homeostasis, modulates the expression of various transcription factors, and leads to damage to lipids, protective cellular proteins and DNA.<sup>10</sup> ROS chemically reacts with DNA, causing permanent damage.<sup>11</sup>

A single high linear energy transfer (LET) particle can generate multiple double strand DNA breaks (DSB) in a relatively small region of the nucleus. Chromatin packaging can bring widely spaced DNA segments into proximity with one another, increasing the likelihood that both segments might be damaged by the same high LET particle.<sup>12</sup> Ionising radiation produces DSB in close temporal and spatial proximity along 'tracks' while traversing the nucleus and, hence, maximising the possibility of the interaction of processes at the damaged DNA sites and their effectiveness in the induction of dicentric chromosome (DIC).<sup>13</sup> The great majority of chemical mutagens, on the other hand, are incapable of inducing DSB in the first place. Because the DNA breaks caused by chemicals occur randomly, they are not as close to each other in space, as in the case of radiation.<sup>14</sup> Due to its catalyst-like effect, bleomycin (a radiomimetic of bacterial origin which will be discussed in the next part of this article) can induce DIC.

## 2. Characteristics of radiomimetic compounds

### 2.1. Alkylating agents

Alkylation is the chemical process in which hydrogen is replaced by an alkyl group. This alkyl group can be a simple alkyl radical (CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-), or a more complex, branched, ring structure as well.<sup>15</sup>

Alkylating agents are electrophilic and can be covalently attached to electron-rich functional groups of various target molecules. If these nucleophilic target groups are readily available, both the newly attached and leaving functional group may be temporarily bound to the target molecule at the same time. Thus, the replacement

<sup>9</sup> Gábor Deli, 'Az ionizáló sugárzás emberi szervezetre gyakorolt hatásának korszerű kimutatási lehetőségei' [Up-to-date Detection Possibilities of the Effect of Ionizing Radiation on the Human Body], *Honvédeorvos* 71, no 1–2 (2019), 32.

<sup>10</sup> Dharambir Kashyap et al., 'Role of Reactive Oxygen Species in Cancer Progression', *Current Pharmacology Reports* 5 (2019), 79.

<sup>11</sup> Edouard I Azzam et al., 'Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury', *Cancer Letters* 327, no 1–2 (2012), 48.

<sup>12</sup> Wendy J Cannan and David S Pederson, 'Mechanisms and Consequences of Double-strand DNA Break Formation in Chromatin', *Journal of Cellular Physiology* 231, no 1 (2016), 14.

<sup>13</sup> Wolfgang Hoffmann and Inge Schmitz-Feuerhake, 'How radiation-specific is the dicentric assay?', *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 9 (1999), 118.

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 6.

takes place in one step, i.e. in the first-order. First-order alkylating agents are aromatic and aliphatic nitrogen containing compounds and sulfur mustards. The reaction is second-order if, due to the structural conditions, the part to be replaced must first leave its original position, allowing the alkyl group to be attached. These include ethyleneimines and epoxides, alkyl methanesulfonates and alpha-halogenated acids, ketones.<sup>16</sup>

Electron-rich molecules or ions (e.g. OH<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O, halogenides, alcohols, thiols and amines) and the proteins and nucleic acids that carry them are ideal targets for the nucleophilic substitution.

The alkylation of DNA, which is responsible for the antitumor activity of these compounds, can lead to formation of covalent cross-links between and within the DNA strands. During the DNA repair, or in case of cell division, such cross-linkages can result in DSBs in the DNA,<sup>17</sup> which cause programmed cell death.<sup>18</sup> Their effect is independent of the cell cycle; the proportion of cells killed depends on the dose used.<sup>19</sup> The alkyl group is attached to the N-7 nitrogen of the guanine in the DNA chain.<sup>20</sup>

The mustard gas (Figure 1) was first described in the 19<sup>th</sup> century,<sup>21</sup> but it was developed as a weapon only during the First World War; and it was later shown to reduce the number of white blood cells present in the circulation. When examining the biological effects of mustard gas and nitrogen mustards, it has been found that these and some related chemicals can induce remarkably similar cytological damage like the one caused by ionising radiation.



Figure 1: Mustard gas and nitrogen mustard are alkylating agents

Source: Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 5., edited

Note: They can cause DNA damage as they covalently link to guanine residues in DNA strands.

The discovery of this radiomimetic effect of nitrogen mustard was followed by the discovery that nitrogen and sulfur mustards cause mutations in *Drosophila*,<sup>22</sup> and cause

<sup>16</sup> Georg F Weber, 'DNA Damaging Drugs', in *Molecular Therapies of Cancer* (Cham: Springer, 2015), 9.

<sup>17</sup> Giovanna Damia and Maurizio D'Incalci, 'Mechanisms of resistance to alkylating agents', *Cytotechnology* 27, no 1-3 (1998), 166.

<sup>18</sup> Natsuko Kondo et al., 'DNA damage induced by alkylating agents and repair pathways', *Journal of Nucleic Acids* (2010), 2.

<sup>19</sup> Vikas Malhotra and Michael C Perry, 'Classical Chemotherapy: Mechanisms, Toxicities and the Therapeutic Window', *Cancer Biology & Therapy* 2, sup1 (2003), 2.

<sup>20</sup> Carmen Avendaño and Carlos Menendez, *Medicinal Chemistry of Anticancer Drugs* (Amsterdam: Elsevier, 2015), 238.

<sup>21</sup> Dirk Steinritz and Horst Thiermann, 'Sulfur Mustard', in *Critical Care Toxicology*, ed. by Jeffrey Brent, Keith Burkhardt, Paul Dargan, Benjamin Hatten, Bruno Megarbane, Robert Palmer and Julian White (Cham: Springer, 2017), 2683.

<sup>22</sup> Charlotte Auerbach, J M Robson and J G Carr, 'The Chemical Production of Mutations', *Science* 105, no 2723 (1947), 244.

chromosomal damage like those caused by radiation.<sup>23</sup> Their medical use is based on this effect, and in 1942 animal and then clinical trials began to cure lymphoma.<sup>24</sup>

Mustard derivatives are chemically highly active and react easily with various organic and inorganic compounds. They react quickly with water, what makes them inert.

Mustard gas, or sulfur mustard [Bis(2-chloroethyl) sulfide, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>2</sub>S] and its analogues, are blistering agents that can damage cells by alkylating macromolecules (DNA, RNA) initiating oxidative stress, glutathione release and inflammatory processes. Like ionising radiation and many other radiomimetic compounds, such as busulfan, cyclophosphamide and nitrogen mustard, the sulfur mustard and its analogues damage particularly the rapidly dividing cells and tissues (e.g. genital organs and foetus). Men exposed to sulfur mustard showed a lower sperm count and testosterone levels within a few weeks after respiratory exposure. For example, the gender ratio of newborns changed,<sup>25</sup> and the number of birth defects increased after the use of mustard gas in Iraq.<sup>26</sup>

In addition to nitrogen mustard, other alkylating agents are used in chemotherapy, such as nitrosureas, alkyl sulfonates and platinum-based agents. The well-known alkylating agents are listed in Table 1.

*Table 1: Alkylating agents based on Antineoplastic Agents*

*Source: 'Antineoplastic Agents', in LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury. Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012.*

Alkylating agents					
Nitrogen mustards	Nitrosureas	Alkyl sulfonates	Platinum based drugs	Ethylenamine and methylenamine derivatives	Triazines
cyclophosphamide	carmustin	busulfan	cisplatin	altretamine	dacarbazine
chlormethine	lomustin		carboplatin	thiotepa	procarbazine
uramustin	streptozocin		nedaplatin		temozolomide
melphalan			oxaliplatin		
chlorambucil			satraplatin		
mechlorethamine					
ifosfamide					

<sup>23</sup> Cyril D Darlington and Peo C Koller, 'The chemical breakage of chromosomes', *Heredity* 1 (1947), 190.

<sup>24</sup> Alfred Gilman, 'The initial clinical trial of nitrogen mustard', *The American Journal of Surgery* 105, no 5 (1963), 574.

<sup>25</sup> Ramesh C Gupta, *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*, 2<sup>nd</sup> edition (Amsterdam: Academic Press, 2015), 37.

<sup>26</sup> Kamyar Ghabili et al., 'Mustard gas toxicity: the acute and chronic pathological effects', *Journal of Applied Toxicology* 30, no 7 (2010), 627.

## 2.2. Antimetabolites

Since radiation-induced cytological damage is closely related to the effects on the nucleus (this is clearly visible in the morphological changes of the chromosomes), some cytological effects of radiation can be induced by compounds that disrupt the normal metabolism of nucleic acids, especially DNA. Many antimetabolic compounds are being tested as a possible chemotherapeutic agent, particularly as anti-leukemia agents. A few of these compounds are listed below in Table 2.<sup>27</sup>

Table 2: Radiomimetic antimetabolites based on Antineoplastic Agents

Source: 'Antineoplastic Agents'.

Antimetabolites		
Purine analogues	Pyrimidine analogues	Folic acid antagonists (Antifolates)
6-mercaptapurine	5-fluorouracil (5-FU)	methotrexate
azathioprine	floxuridine	pemetrexed
mercaptapurine	cytosine-arabinoside	pralatrexate
fludarabine	6-azauracil	trimetrexate
thioguanine	gemcitabine	edatrexat
cladribine	azacitidine	raltitrexed
	capecitabine	
	cytarabine	
	decitabine	
	trifluridine/tipracil	

Antimetabolites inhibit DNA synthesis by showing structural similarity to molecules that play a key role in DNA synthesis. The cellular enzymes are incapable of distinguishing them from their normal counterparts and insert them into the DNA, where they make the normal functions impossible.<sup>28</sup> Because of the inhibition of DNA synthesis, the cell is unable to divide as well. In contrast to alkylating agents, the effect of antimetabolites is cell-cycle dependent, affecting only cells that are in the S phase (synthesising DNA for cell division).<sup>29</sup>

### 2.2.1. Purine analogues

One of the best-known purine analogues is 6-mercaptapurine, a structural analogue of hypoxanthine. It inhibits de novo purine biosynthesis.<sup>30</sup> The compound shows

<sup>27</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 11.

<sup>28</sup> William B Parker, 'Enzymology of purine and pyrimidine antimetabolites used in the treatment of cancer', *Chemical Reviews* 109, no 7 (2009), 2883.

<sup>29</sup> Malhotra and Perry, 'Classical Chemotherapy', 3.

<sup>30</sup> Leonard S Jacob, *Pharmacology. The National Series for Independent Studies*, 4<sup>th</sup> edition (Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996), 260.



radiomimetic effects, for example on its effect on mucosa and bone marrow, also causes liver damage. The mechanism is fundamentally different from that of acute radiation syndrome.<sup>31</sup> Amsacrine (synonyms: m-AMSA, acridinyl anisidide) intercalate into DNA and inhibits topoisomerase II, resulting in DNA double-strand breaks.<sup>32</sup> It is an antineoplastic agent, has been used in acute lymphoblastic leukemia.<sup>33</sup>

The 2-amino-6-mercaptopurine (thioguanine) is a guanine analogue and disrupts the synthesis of DNA and RNA. Its effect on haemopoietic organs is more reminiscent of the effects of radiation. Fatal injuries such as agranulocytosis and thrombocytopenia caused by bone marrow damage, similar to whole-body irradiation, have been observed in animal experiments. However, other damage by thioguanine can be distinguished from radiation induced damages by the fact that lesion in lymphoid tissues and intestinal epithelium are not prominent.<sup>34</sup>

Common side effects are bone marrow suppression, liver problems and inflammation in the mouth.<sup>35</sup>

### 2.2.2. Pyrimidine analogues

A well described example of the pyrimidine analogue type antimetabolites is 5-fluorouracil described by Heidelberger et al. in 1957. The compound inhibits thymidylate synthase, hereby the DNA synthesis and growth of certain tumours and attenuates the aggravation of leukemia.<sup>36</sup> The 5-fluorouracil also has radiomimetic effects: it causes a decrease in leukocyte and erythrocyte count with its inhibiting effect of the bone marrow on haemopoietic tissues.<sup>37</sup> It is used to treat a variety of solid tumours such as breast, head-and-neck and digestive cancers either in neo-adjuvant, adjuvant or metastatic settings.<sup>38</sup> 5-fluorouracil sensitises tumour cells towards double stranded DNA breaks by interfering with homologous recombination repair.<sup>39</sup>

### 2.2.3. Folic acid antagonists

Aminopterin and its methyl derivative methotrexate are well-known folic acid antagonists which have a radiomimetic effect on hematopoietic organs.

<sup>31</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 12.

<sup>32</sup> Brendan Marshall et al., 'Evidence that mAMSA induces topoisomerase action', *FEBS Letters* 161, no 1 (1983), 75.

<sup>33</sup> Martin Horstmann et al., 'Amsacrine combined with etoposide and high-dose methylprednisolone as salvage therapy in acute lymphoblastic leukemia in children', *Haematologica* 90, no 12 (2005), 1701.

<sup>34</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 12.

<sup>35</sup> British National Formulary, *BNF 69*, 69<sup>th</sup> edition (London: British Medical Association, 2015), 588–592.

<sup>36</sup> Jacob, *Pharmacology*, 261.

<sup>37</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 13.

<sup>38</sup> Florian Lemaitre et al., '5-Fluorouracil therapeutic drug monitoring: Update and recommendations of the STP-PT group of the SFPT and the GPCO-Umicancer', *Bulletin du Cancer* 105, no 9 (2018), 791.

<sup>39</sup> Upadhyayula S Srinivas et al., '5-Fluorouracil sensitizes colorectal tumor cells towards double stranded DNA breaks by interfering with homologous recombination repair', *Oncotarget* 6, no 14 (2015), 12575.

Their radiomimetic effect is weight loss, bone marrow hypoplasia and decrease in blood cell counts (especially neutrophil granulocytes).<sup>40</sup>

Methotrexate inhibits the formation of DNA-forming nucleotides by binding and inactivating enzymes involved in their synthesis as a substrate due to their structural similarity.

Methotrexate reversibly inhibits the function of the dihydrofolate reductase enzyme that reduces folic acid to tetrahydrofolic acid. Inhibition of this step of folic acid metabolism limits purine synthesis, DNA synthesis, cell proliferation and regeneration.

Tissues whose cells proliferate rapidly (e.g. tumour cells, bone marrow, foetal cells, urinary bladder, mucous membranes of the mouth and intestines) are more susceptible to methotrexate. If the rate of cell proliferation in malignant tissues is much higher than in intact tissues, methotrexate inhibits tumour cell proliferation without irreversible damage to non-dividing tissues.<sup>41</sup>

### 3. Application of alkylating agents and antimetabolites

#### 3.1. Chemical warfare

Mustard gas, namely sulfur mustard, belongs to the group of cytotoxic and blistering warfare agents. Chemically pure sulfur mustard is a colourless liquid at room temperature. When used in unpurified form in warfare, it is usually yellowish brown in colour and smells like mustard, garlic or horseradish.<sup>42</sup>

For the first time mustard gas was produced presumably by César-Mansuète Despretz in 1822. The cytotoxic and blistering effect of mustard gas was recognised by Meyer in 1887, its development for military purposes was launched later by Fritz Haber.<sup>43</sup> The first military use of mustard gas took place during World War I, near Ypres, Belgium, on 12 July 1917, and the German army effectively used it against British soldiers, and later against the second French army. It was used as a warfare agent in World War I under the code H.

During World War II, the study of sulfur mustards led to the development of nitrogen mustards, such as bis(2-chloroethyl)methylamine (code HN2) and tris(2-chloroethyl)amine (code HN3). Fortunately, the use of these compounds in battlefields has not taken place.

Since the First World War, there were only isolated cases where mustard gas was used, mostly in the Middle East, for countries that were not members of the OPCW (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons) at the time of the incident.<sup>44</sup>

<sup>40</sup> Elson, *Radiation and Radiomimetic Chemicals*, 13.

<sup>41</sup> Alexei Vazquez et al., 'Overexpression of the Mitochondrial Folate and Glycine–Serine Pathway: A New Determinant of Methotrexate Selectivity in Tumors', *Cancer Research* 73, no 2 (2013), 479.

<sup>42</sup> National Research Council, *Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals*, Volume 3 (Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003), 301.

<sup>43</sup> Steinritz and Thiermann, 'Sulfur Mustard', 2683.

<sup>44</sup> James A Romano et al. (eds), *Chemical Warfare Agents, Chemistry, Pharmacology, Toxicology, and Therapeutics*, 2<sup>nd</sup> edition (Boca Raton: CRC Press, 2007), 630.

Producing or stockpiling sulfur mustard is prohibited by the Chemical Weapons Convention. The treaty entered into force on 29 April 1997 and accordingly, 86% of 17,440 tons of mustard gas worldwide have been destroyed by 2015.<sup>45</sup>

There is no information that other radiomimetic materials have been used for military purposes.

### 3.2. Antibiotic, antiviral and antifungal therapy

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) refers to a group of gram-positive bacteria that genetically differs from other *Staphylococcus aureus* strains and is responsible for many, difficult-to-treat diseases. Attempts are being made to exploit the antibiotic effect of certain radiomimetic agents in the treatment of MRSA.<sup>46</sup>

Mechlorethamine is the prototype of nitrogen mustards. It has been used topically for treatment of mycosis fungoides.<sup>47</sup>

Antimetabolites are used as an antibiotic (e.g. trimethoprim) or antiviral agent (e.g. lamivudine, ribavirin) in addition to the treatment of tumours. In the latter, the selective effect is based on the inhibition of enzymes or pathways that do not occur in humans.<sup>48</sup>

### 3.3. Tumour and autoimmune therapy

In 1943, an American ship carrying mustard gas and military personnel was bombed. Tanks containing mustard gas were damaged, causing deadly poisoning in those who survived the ship's sinking. Doctors later found that mustard gas probably attacked white blood cells. Leukemia and lymphoma are types of cancer that are associated with the proliferation of white blood cells; they were still incurable diseases at that time. It has been thought any substance capable of killing healthy white blood cells could destroy cancer cells, as well.

Mustard gas was too toxic to be used on its own, but after successful animal tests, Goodman and Gilman developed a version named nitrogen mustard and looked for test subjects. They found a man who is known today only by his initials, J D. He had lymphoma; he was so sick that he could barely move because of the swollen, painful lymph nodes. The researchers gave him nitrogen mustard, and although the injections he received did not save J D's life, the treatment temporarily helped him.<sup>49</sup>

<sup>45</sup> Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Annex 3." Report of the OPCW on the Implementation of the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on Their Destruction in 2015 (OPCW, 2016), 42.

<sup>46</sup> Christina C Andros et al., 'A novel application of radiomimetic compounds as antibiotic drugs', *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 67, no 10 (2015), 1371.

<sup>47</sup> Jacob, *Pharmacology*, 255.

<sup>48</sup> Agnieszka Wróbel et al., 'Trimethoprim and other nonclassical antifolates an excellent template for searching modifications of dihydrofolate reductase enzyme inhibitors', *The Journal of Antibiotics* 73 (2020), 5.

<sup>49</sup> Gilman, 'The initial clinical trial of nitrogen mustard', 574.

This way chemotherapy began with the nitrogen mustard, i.e. with a radiomimetic agent. Various derivatives of radiomimetic substances are widely used in combination chemotherapy today.

The first successful cancer chemotherapy regimen was the MOPP, introduced in 1964 for lymphomas.<sup>50</sup> The name comes from the initials of components: Mechlorethamine nitrogen mustard (alkylating agent, radiomimetic), Oncovin (vincristine, a vinca alkaloid, binds to tubulin), Procarbazine (triazene, alkylating agent, radiomimetic), Prednisone (glucocorticoid). Hundreds of chemotherapy regimens are in use today, defining the drugs to be used, their dosage, the frequency and duration of treatments and other considerations. There is no widely accepted naming convention for the nomenclature of chemotherapeutic regimens, standardisation has recently been proposed.<sup>51</sup>

Alkylating agents are frequently applied in tumour therapy. Cyclophosphamide is an essential part of many effective drug combinations in the treatment of various neoplastic disorders, and it has also been used as an immunosuppressing agent for organ transplants.<sup>52</sup> The high lipid solubility of some of nitrosoureas (Carmustine, Lomustine) allows penetration of the blood-brain barrier and is useful in the treatment of malignancies of the central nervous system. Dacarbazine is one of most active agents against malignant melanoma.<sup>53</sup>

Each antimetabolite is used in several cancer types alone or as part of a combined therapy: 6-mercaptopurine (6-MP) is marketed as Purinethol and is used to treat cancer and acute lymphoid leukemia, chronic myeloid leukemia, and other, non-tumour diseases, e.g. autoimmune diseases, Crohn's disease and ulcerative colitis. For acute lymphoid leukemia, it is generally used with methotrexate, in a regimen called POMP.<sup>54</sup> Common side effects include liver toxicity, vomiting, loss of appetite and inhibition of white blood cell formation in the bone marrow. There is an increased risk of future cancer and pancreatitis.<sup>55</sup> Tioguanine (6-thioguanine, 6-TG) is used in medicine for acute myeloid leukemia, acute lymphoid leukemia and chronic myeloid leukemia. Long term use is not recommended. Fluorouracil (5-FU) is marketed under the name Adrucil for the treatment of certain cancers. It is used intravenously for treatment of colon cancer, esophageal cancer, gastric cancer, pancreatic cancer, breast cancer and cervical cancer.<sup>56</sup> As a cream, it is used for the treatment of certain types of skin cancer.<sup>57</sup> Clinical use of aminopterin and methotrexate in leukemia has been the subject of numerous studies. Methotrexate is a folic acid antagonist antimetabolite

<sup>50</sup> Kenneth M Rassnick et al., 'MOPP Chemotherapy for Treatment of Resistant Lymphoma in Dogs: A Retrospective Study of 117 Cases (1989–2000)', *Journal of Veterinary Internal Medicine* 16, no 5 (2002), 576.

<sup>51</sup> Samuel M Rubinstein et al., 'Standardizing Chemotherapy Regimen Nomenclature: A Proposal and Evaluation of the HemOnc and National Cancer Institute Thesaurus Regimen Content', *JCO Clinical Cancer Informatics* 4 (2020), 60.

<sup>52</sup> Jacob, *Pharmacology*, 256.

<sup>53</sup> Ibid. 258.

<sup>54</sup> Victorio Rodriguez et al., 'POMP combination chemotherapy of adult acute leukemia', *Cancer* 32, no 1 (1973), 69.

<sup>55</sup> Mercaptopurine, The American Society of Health-System Pharmacists, 2016.

<sup>56</sup> Fluorouracil, The American Society of Health-System Pharmacists, 2016.

<sup>57</sup> Angela Yen Moore, 'Clinical applications for topical 5-fluorouracil in the treatment of dermatological disorders', *Journal of Dermatological Treatment* 20, no 6 (2009), 328.

used for the treatment of certain cancerous and autoimmune diseases (psoriasis, rheumatoid arthritis).

#### 4. Conclusion

The term "radiomimetic" was originally defined based on symptoms, but there are two aspects by which we can redefine the concept. The first is whether a compound can replace any use of ionising radiation, and the second is whether its molecular biological mode of action is similar to that of ionising radiation.

The term radiomimetic now has a different meaning than it originally did 70 years ago.<sup>58</sup> Not even Elson has claimed that all radiomimetic compounds should produce all the effects listed by him.

Sax – the same botanist who described the formation of dicentric chromosomes by ionising radiation in 1938 – based on chromosome studies in 1966 described that caffeine and ethanol has a radiomimetic effect on the cells of the onion germ.<sup>59</sup> Today, caffeine is not considered a radiomimetic compound, nor is ethanol. Sax himself has already suggested that the metabolism of each species is different, which is why today a compound is considered radiomimetic if exerts its effects on humans, too.

Traditionally, antimetabolites are radiomimetic, they also act on DNA, but their effects are indirect, as opposed to alkylating agents and inorganic free radical generating compounds.

Ionising radiation not only affects DNA, but it also damages other organic compounds as proteins, lipids, etc. It reaches the deeper layers of the body quickly and unnoticed, its effect develops only with a greater or lesser delay.

There are many compounds that may be considered to belong to the group of radiomimetic agents, but their mechanism of action is not like those of radiation damage. These include, among others, corrosive surface disinfectants, which prevent repair enzymes from working by destroying almost any part of the cell, the intercalating DNA dyes that do not cause DNA breakage but result in frameshift mutations, and certain antibiotics and cytostatics that do not attack DNA but, for example, protein synthesis. These compounds are not considered radiomimetic, but this issue may still be open to debate.

The use of the term 'radiomimetic' in the scientific literature has become even more complex with the discovery of radiomimetic substances of bacterial origin. A line should be drawn to clarify the meaning and simplify the use of this term. These topics will be discussed in the next part of this article.

<sup>58</sup> Dustin, 'Some New Aspects', 796.

<sup>59</sup> Karl Sax and Hally J Sax, 'Radiomimetic beverages, drugs, and mutagens', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 55, no 6 (1966), 1433.

## References

- Andros, Christina C, Ryan A Dubay, Kayleigh D Mitchell, Aaron Chen, Dawn E Holmes and Daniel R Kennedy, 'A novel application of radiomimetic compounds as antibiotic drugs'. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 67, no 10 (2015), 1371–1379. Online: <https://doi.org/10.1111/jphp.12432>
- 'Antineoplastic Agents', in *LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury*. Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012.
- Auerbach, Charlotte, J M Robson and J G Carr, 'The Chemical Production of Mutations'. *Science* 105, no 2723 (1947), 243–247. Online: <https://doi.org/10.1126/science.105.2723.243>
- Auerbach, Arleen D, 'Diagnosis of Fanconi Anemia by Diepoxybutane Analysis'. *Current Protocols in Human Genetics* 85 (2015), 8.7.1–8.7.17. Online: <https://doi.org/10.1002/0471142905.hg0807s85>
- Avenidaño, Carmen and J Carlos Menendez, *Medicinal Chemistry of Anticancer Drugs*. Amsterdam: Elsevier, 2015.
- Azzam, Edouard I, Jean-Paul Jay-Gerin and Debkumar Pain, 'Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury'. *Cancer Letters* 327, no 1–2 (2012), 48–60. Online: <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2011.12.012>
- Benkhaled, Leila, Mar Xunclà, Maria Rosa Caballín, Leonardo Barrios and Joan-Francesc Barquineró, 'Induction of complete and incomplete chromosome aberrations by bleomycin in human lymphocytes'. *Mutation Research* 637, no 1–2 (2008), 134–141. Online: <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2007.07.013>
- Boylard, Eric, 'Azione biologica delle radiazioni e delle sostanze radiomimetiche'. *Endeavour* 11 (1952), 87–91.
- British National Formulary, *BNF* 69, 69<sup>th</sup> edition. London: British Medical Association, 2015, 588–592.
- Cannan, Wendy J and David S Pederson, 'Mechanisms and Consequences of Double-strand DNA Break Formation in Chromatin'. *Journal of Cellular Physiology* 231, no 1 (2016), 3–14. Online: <https://doi.org/10.1002/jcp.25048>
- Chang, Howard H Y, Nicholas R Pannunzio, Noritaka Adachi and Michael R Lieber, 'Non-homologous DNA end joining and alternative pathways to double-strand break repair'. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 18 (2017), 495–506. Online: <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.48>
- Damia, Giovanna and Maurizio D'Incalci, 'Mechanisms of resistance to alkylating agents'. *Cytotechnology* 27, no 1–3 (1998), 165–173. Online: <https://doi.org/10.1023/A:1008060720608>
- Darlington, Cyril D and Peo C Koller, 'The chemical breakage of chromosomes'. *Heredity* 1 (1947), 187–221. Online: <https://doi.org/10.1038/hdy.1947.13>
- Deli, Gábor, 'Cytogenetic Detection Tools for Effects of Ionizing Radiation on Human'. *Hadmérnök* 13, no 3 (2018), 179–192.
- Deli, Gábor, 'Az ionizáló sugárzás emberi szervezetre gyakorolt hatásának korszerű kimutatási lehetőségei' [Up-to-date Detection Possibilities of the Effect of Ionizing



- Radiation on the Human Body]. *Honvédervos* 71, no 1–2 (2019), 31–45. Online: DOI: <https://doi.org/10.29068/HO.2019.1-2.31-45>
- Dustin, Pierre, 'Some New Aspects of Mitotic Poisoning'. *Nature* 159 (1947), 794–797. Online: <https://doi.org/10.1038/159794a0>
- Elson, Leslie A, *Radiation and Radiomimetic Chemicals. Comparative Physiological Effects*. Washington, D.C.: Butterworths, 1963.
- Fluorouracil, The American Society of Health-System Pharmacists, 2016.
- Ghabili, Kamyar, Paul S Agutter, Mostafa Ghanei, Khalil Ansarin and Mohammadali M Shoja, 'Mustard gas toxicity: the acute and chronic pathological effects'. *Journal of Applied Toxicology* 30, no 7 (2010), 627–643. Online: <https://doi.org/10.1002/jat.1581>
- Gilman, Alfred, 'The initial clinical trial of nitrogen mustard'. *The American Journal of Surgery* 105, no 5 (1963), 574–578. Online: [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(63\)90232-0](https://doi.org/10.1016/0002-9610(63)90232-0)
- Graham, Melanie L, Jody L Janecek, Jessica A Kittredge, Bernhard J Hering, Henk-Jan Schuurman, 'The Streptozotocin-Induced Diabetic Nude Mouse Model: Differences between Animals from Different Sources'. *Comparative Medicine* 61, no 4 (2011), 356–360.
- Gupta, Ramesh C, *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*, 2<sup>nd</sup> edition. Amsterdam: Academic Press, 2015. Online: <https://doi.org/10.1016/C2013-0-15402-5>
- Hoffmann, Wolfgang and Inge Schmitz-Feuerhake, 'How radiation-specific is the dicentric assay?' *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 9 (1999), 113–133. Online: <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500008>
- Horstmann, Martin A, Wolf-Achim Hassenpflug, Udo zur Stadt, Gabi Escherich, Gritta Janka and Hartmut Kabisch, 'Amsacrine combined with etoposide and high-dose methylprednisolone as salvage therapy in acute lymphoblastic leukemia in children'. *Haematologica* 90, no 12 (2005), 1701–1703.
- Jacob, Leonard S, *Pharmacology. The National Series for Independent Studies*, 4<sup>th</sup> edition. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996.
- Kashyap, Dharambir, Hardeep Singh Tuli, Katrin Sak, Vivek Kumar Garg, Neelam Goel, Sandeep Punia and Ashun Chaudhary, 'Role of Reactive Oxygen Species in Cancer Progression'. *Current Pharmacology Reports* 5 (2019), 79–86. Online: <https://doi.org/10.1007/s40495-019-00171-y>
- Kondo, Natsuko, Akihisa Takahashi, Koji Ono and Takeo Ohnishi, 'DNA damage induced by alkylating agents and repair pathways'. *Journal of Nucleic Acids* (2010). Online: <https://doi.org/10.4061/2010/543531>
- Lemaitre, Florian, Françoise Goirand, Manon Launay, Etienne Chatelut, Jean-Christophe Boyer, Alexandre Evrard, Marie-Noelle Paludetto, Romain Guilhaumou, Joseph Ciccolini and Antonin Schmitt, '5-fluorouracil therapeutic drug monitoring: Update and recommendations of the STP-PT group of the SFPT and the GPCO-Uncancer'. *Bulletin du Cancer* 105, no 9 (2018), 790–803. Online: <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2018.06.008>

- Malhotra, Vikas and Michael C Perry, 'Classical Chemotherapy: Mechanisms, Toxicities and the Therapeutic Window'. *Cancer Biology & Therapy* 2, no sup1 (2003), 1–3. Online: <https://doi.org/10.4161/cbt.199>; DOI: <https://doi.org/10.4161/cbt.199>
- Marshall, Brendan, S Darkin and R K Ralph, 'Evidence that mAMSA induces topoisomerase action'. *FEBS Letters* 161, no 1 (1983), 75–78. Online: [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(83\)80733-9](https://doi.org/10.1016/0014-5793(83)80733-9)
- Mercaptopurine, The American Society of Health-System Pharmacists, 2016.
- Moore, Angela Yen, 'Clinical applications for topical 5-fluorouracil in the treatment of dermatological disorders'. *Journal of Dermatological Treatment* 20, no 6 (2009), 328–335. Online: <https://doi.org/10.3109/09546630902789326>
- National Research Council, *Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals*, Volume 3. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003.
- Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, "Annex 3." *Report of the OPCW on the Implementation of the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on Their Destruction in 2015*. OPCW, 2016. Online: [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-044-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-044-2_1)
- Parker, William B, 'Enzymology of purine and pyrimidine antimetabolites used in the treatment of cancer'. *Chemical Reviews* 109, no 7 (2009), 2880–2893. Online: <https://doi.org/10.1021/cr900028p>
- Rassnick, Kenneth M, Glenna E Mauldin, Renee Al-Sarraf, G Neal Mauldin, Antony S Moore, Samantha C Mooney, 'MOPP Chemotherapy for Treatment of Resistant Lymphoma in Dogs: A Retrospective Study of 117 Cases (1989–2000)'. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 16, no 5 (2002), 576–580. Online: <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2002.tb02390.x>
- Rodriguez, Victorio, Jacqueline S Hart, Emil J Freireich, Gerald P Bodey, Kenneth B McCredie, John P Whitecar, Charles A Coltman, 'POMP combination chemotherapy of adult acute leukemia'. *Cancer* 32, no 1 (1973), 69–75. Online: [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(197307\)32:1<69::AID-CNCR2820320109>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-0142(197307)32:1<69::AID-CNCR2820320109>3.0.CO;2-0)
- Romano, James A, Brian J Lukey and Harry Salem (eds), *Chemical Warfare Agents, Chemistry, Pharmacology, Toxicology, and Therapeutics*, 2<sup>nd</sup> edition. Boca Raton: CRC Press, 2007. Online: <https://doi.org/10.1201/9781420046625>
- Rubinstein, Samuel M, Peter C Yang, Andrew J Cowan and Jeremy L Warner, 'Standardizing Chemotherapy Regimen Nomenclature: A Proposal and Evaluation of the HemOnc and National Cancer Institute Thesaurus Regimen Content'. *JCO Clinical Cancer Informatics* 4 (2020), 60–70. Online: <https://doi.org/10.1200/CCI.19.00122>
- Sax, Karl and Hally J Sax, 'Radiomimetic beverages, drugs, and mutagens'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 55, no 6 (1966), 1431–1435. Online: <https://doi.org/10.1073/pnas.55.6.1431>
- Sen, Soumitra, Eugenio Erba and Maurizio D'Incalci 'Synchronisation of cancer cell lines of human origin using methotrexate'. *Cytometry* 11, no 5 (1990), 595–602. Online: <https://doi.org/10.1002/cyto.990110506>
- Srinivas, Upadhyayula S, Jerzy Dyczkowski, Tim Beißbarth, Jochen Gaedcke, Wael Y Mansour, Kerstin Borgmann and Matthias Dobbstein, '5-Fluorouracil sensitizes colorectal tumor cells towards double stranded DNA breaks by inter-

- fering with homologous recombination repair'. *Oncotarget* 6, no 14 (2015), 12574–12586. Online: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.3728>
- Steinritz, Dirk and Horst Thiermann, 'Sulfur Mustard', in *Critical Care Toxicology*, ed. by Jeffrey Brent, Keith Burkhart, Paul Dargan, Benjamin Hatten, Bruno Megarbane, Robert Palmer and Julian White. Cham: Springer, 2017, 2683–2712. Online: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17900-1\\_149](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17900-1_149)
- Vazquez, Alexei, Philip M Tedeschi and Joseph R Bertino, 'Overexpression of the Mitochondrial Folate and Glycine–Serine Pathway: A New Determinant of Methotrexate Selectivity in Tumors'. *Cancer Research* 73, no 2 (2013), 478–482. Online: <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-12-3709>
- Weber, Georg F, 'DNA Damaging Drugs', in *Molecular Therapies of Cancer*. Cham: Springer, 2015, 9–112. Online: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13278-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13278-5_2)
- Wróbel, Agnieszka, Karolina Arciszewska, Dawid Maliszewski and Danuta Drozdowska, 'Trimethoprim and other nonclassical antifolates an excellent templat Agnieszkae for searching modifications of dihydrofolate reductase enzyme inhibitors'. *The Journal of Antibiotics* 73 (2020), 5–27. Online: <https://doi.org/10.1038/s41429-019-0240-6>



Gózon Fanni Zsuzsanna,<sup>1</sup> Váczi Dániel,<sup>2</sup> Laufer Edit<sup>3</sup>

## Hierarchikus fuzzy alapú kiberbiztonsági kockázatértékelő modell

### Hierarchical Fuzzy-based Cybersecurity Risk Assessment Model

Az informatikai rendszerek térnyerésével a kibertámadások egyre kifinomultabbá válnak, ami egyre intenzívebb és összetettebb támadásokat tesz lehetővé. A fenyegetettségek forrása szerint megkülönböztethetünk hardver-, szoftver-, fizikai és emberi tényező alapú támadásokat. Tanulmányunkban elsősorban az emberi tényezővel foglalkozunk, hiszen általában a leggyengébb láncszem az ember, de az egyéb cégbiztonságra ható tényezőket is figyelembe vettük. Egy olyan kockázatértékelési modellt dolgoztunk ki, amely képes megjósolni a vállalat kiberbiztonsági kockázati szintjét. A javasolt hierarchikus modellben fuzzy alapú alrendszereket alkalmazunk, hiszen kiberbiztonsági területen az adatokban és a kiértékelési folyamatban gyakran felmerülő bizonytalanságot és szubjektivitást is kezelni kell.

**Kulcsszavak:** fuzzy következtető rendszer, kiberbiztonság, humán sebezhetőség, social engineering

With the rise of IT systems, cyberattacks are becoming more sophisticated, allowing for more intense and complex attacks. According to the source of the threats, we can distinguish between attacks based on hardware, software, physical and human factors. In this study the human factor is in the focus, because humans are the weakest link; however, other factors affecting company security are also taken into account. The authors propose a risk assessment model that can predict the level of cybersecurity risk in a company. In this hierarchical model, fuzzy-based subsystems

<sup>1</sup> Hallgató, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, e-mail: [fanni.zsuzsanna.gozon@stud.uni-obuda.hu](mailto:fanni.zsuzsanna.gozon@stud.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> Doktori hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: [vaczi.daniel@phd.uni-obuda.hu](mailto:vaczi.daniel@phd.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> Egyetemi docens, Óbudai Egyetem Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, e-mail: [laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu](mailto:laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu)

are applied, as in the field of cybersecurity, the uncertainties and subjectivity that often arise in the data and evaluation process, must also be addressed.

**Keywords:** fuzzy inference system, cybersecurity, human vulnerability, social engineering

## 1. Bevezetés

A cégeknek az üzleti kockázat mellett a biztonsági kockázattal is számolniuk kell. Egy érett szervezetnél utóbbi fontossága és kezelésének prioritása megközelíti az üzleti kockázatokét, mivel közvetlen kölcsönhatásban állnak. Egy minél teljesebb körű információbiztonsági szabályzat készítése, annak betartása és betartatása a cég legfontosabb teendői közé kell hogy tartozzon. Nincs százszázalékos biztonság, de az erre való törekvés a cég méretéhez és más, ebben a tanulmányban nem tárgyalt tényezőkhöz mérten szükséges.<sup>4</sup>

A biztonsági kockázatok a támadás vektorát tekintve négy csoportba oszthatók: a hardveres támadások, a szoftveres támadások, a fizikai támadások és az emberi tényezőt kihasználó támadások, más néven a social engineering.<sup>5</sup>

Tanulmányunk tárgya egy egyszerű, nagymértékben a kiberbiztonságra koncentrált fuzzy modell létrehozása volt, amelyben az emberi tényezőre és az ahhoz szorosabban kapcsolható céges biztonsági szempontokra helyeződött a nagyobb hangsúly. Az emberi tényezőt kihasználó támadások már régóta hatékony eszközei a kibernetet használó különböző támadó csoportoknak. Ennek köszönhetően napjainkban a social engineeringet használó támadások súlyossága egyre nyilvánvalóbbá válik az üzleti és állami szférákban egyaránt. Egyre több kutatás foglalkozik ezzel a területtel. Két nagy kategóriába sorolhatjuk a social engineering támadásokat, az emberi és a technológiai alapúakra.<sup>6</sup> E támadások működését nem célunk kifejteni, de pár példát említünk rájuk, ugyanis a modell felépítését a humán alapú támadások és gyengeségek inspirálták.

A social engineering – emberi alapú – támadási módszereknél általában közvetlen kapcsolat van a célszemély és a támadó között, legyen szó akár telefonos, akár személyes esetről. A másik fő csoportba azok a támadások sorolhatók, ahol a különböző technológiák alapvető működési metódusait kihasználva közvetett módon használják ki a támadók az emberek figyelmetlenségét, naivitasát vagy éppen technológiai ismereteinek hiányát. A személyes támadások kevesebb emberre tudnak egyszerre hatni, cserébe, ha megfelelő mennyiségű és minőségű információ áll rendelkezésre, hatásosabbak. A technológiai alapú támadások viszont adatgyűjtésre (például phishing levelekkel) ideálisak, általában több emberre képesek egyszerre hatni, és egyes esetekben, ha csak egy áldozatot sikerül átverni, akkor is hasznos információkhoz juttathatja a támadót.

<sup>4</sup> Tamás Szádeczky: *Governmental Regulation of Cybersecurity in the EU and Hungary after 2000*. *AARMS*, 19. (2020), 1. 83–93.

<sup>5</sup> William Steingartner – Darko Galine: *Cyber Threats and Cyber Deception in Hybrid Warfare*. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18. (2021), 3. 25–45.

<sup>6</sup> Fatima Salahdine – Naima Kaabouch: *Social Engineering Attacks: A Survey*. *Future Internet*, 11. (2019), 89. 1–17.



Fontos megjegyezni azonban, hogy a social engineeringet nem csak rossz szándékkal használják. Christopher Hadnagy a *The Art of Human Hacking* című könyvében kiemeli, hogy mindenki használja ezeket a módszereket, csak a mögöttes szándék más és más.<sup>7</sup>

Az általunk alkotott modell a fuzzy logikára épül. Ez a megközelítés ilyen területen rendkívül előnyös annak köszönhetően, hogy megfelelően tudja kezelni az éles határokkal nem rendelkező, nehezen számszerűsíthető értékeket.<sup>8</sup> Mind az emberi gondolkodás, mind a kiberbiztonságban a fenyegetettség kérdése jól modellezhető ilyen módon, hiszen a vizsgált tényezők esetén nincs egy általánosan elfogadott vagy törvényszerű határ, ami a fuzzy megközelítésben alkalmazott tagsági függvények segítségével jól kezelhető, így a kiértékelés megfelelő eredménnyel szolgál.

A cikk további felépítése a következő: A 2. fejezetben a modell felépítését mutatjuk be a hierarchikus rendszer modellből kiindulva, ábrázolva az egyes alrendszerek kapcsolódását, valamint a főbb bemeneti tényezőket. Ezt követően az egyes alrendszerek részletezése következik az alkalmazott fuzzy halmazok, valamint szabályrendszer illusztrálásával. A 3. fejezetben a modell alkalmazhatóságát mutatjuk be egy fiktív cég elemzése által. Végezetül a 4. fejezetben foglaljuk össze az elért eredményeket, valamint a továbbfejlesztésre teszünk javaslatot.

## 2. A modell felépítése

A javasolt modell négy Mamdani-típusú alrendszerből épül fel, a *Szabályozottság*, a *Biztonsági kontroll* és a *Munkatársak* alrendszerek alkotják, amelyeket a hierarchia utolsó szintjén a *Kockázat besoroló* fog össze és adja meg az eredményt. A rendszer komplexitását és egyszerű bővíthetőséget az 1. ábrán szemléltetett hierarchikus felépítés segíti elő.

A szakértői tudást a szabálybázison keresztül vittük be a rendszerbe, ahol az egyes szabályok felépítése a következő:

$$HA x_1 = A_{1,i_1} \text{ és } \dots \text{ és } x_n = A_{n,i_n} \text{ AKKOR } y = B_{i_1, \dots, i_n}$$

ahol  $A_{j,i_j}$  a  $j$ -edik bemenethez tartozó  $i_j$ -edik fuzzy halmaz,  $i_j = 1, \dots, n_j$ ,  $n_j$  a  $j$ -edik bemenethez tartozó fuzzy halmazok száma.

A szabályok kiértékelése során az aggregációt a sum (1), a defuzzifikációt pedig a bisector (2) módszerrel végeztük.

<sup>7</sup> Christopher Hadnagy: *Social Engineering: The Art of Human Hacking*. Hoboken, Wiley, 2011. 22–27.

<sup>8</sup> László Pokorádi: Fuzzy Techniques in the Aircraft Engineering. In Zobory I. (szerk.): *Proceedings of the 7th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies*. Budapest, BME Vasúti Járművek Tanszék, 2001. 443–448.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_{B_i}}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

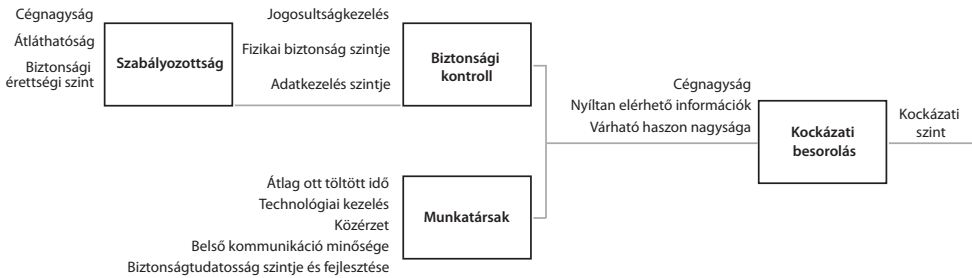
ahol  $n$  a szabályok száma,  $w_i$  az  $i$ -edik szabály tüzelési szintje,  $Y_{B_i}$  annak mértéke, hogy az adott szabálykimenet milyen mértékben játszik szerepet a végső döntésben.

A bisector módszer a görbe alatti területet két egyenlő részre osztja:

$$D = P_k \cdot K_{gv} \cdot \frac{S}{V} \quad (2)$$

ahol  $\alpha = \min\{y; y \in \mu_A\}$ ,  $\beta = \max\{y; y \in \mu_A\}$ . A két egyenlő részt képező függőleges vonal  $y = BOA$  az  $y = \alpha$ ,  $y = \beta$ ,  $z = 0$   $z = \mu_A(y)$  esetén.

A fuzzy alrendszereket Matlab Fuzzy Logic Toolbox környezetben építettük fel, és az egyes alrendszereket Matlab Simulink segítségével kötöttük össze.



1. ábra: A rendszer felépítése

Forrás: a szerzők szerkesztése

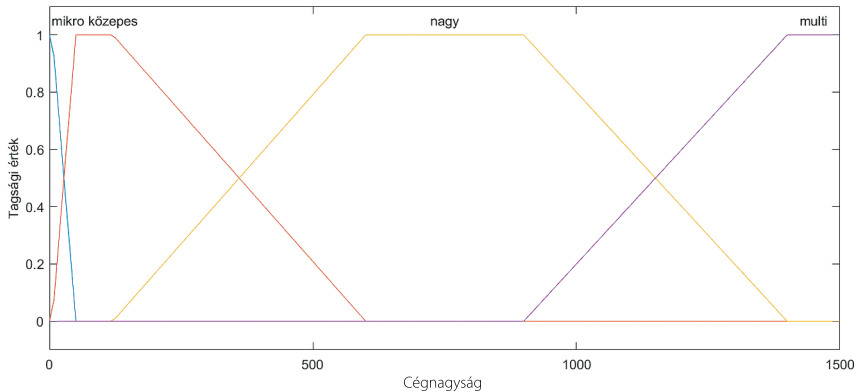
## 2.1. Szabályozottság alrendszer

A Szabályozottság alrendszer a cég szabályozottságát és annak alaptényezőit vizsgálja, értékeli, a cég nagyságát figyelembe véve.

### 2.1.1. Bemenetek

Az első bemenet a Cégnagyságot veszi figyelembe. Ez a tényező azért fontos, mert a különböző méretű cégeknél más körülmények és szabályok/szabályozások eltérő mértékben lehetnek megfelelőek. Például egy kisebb méretű szervezetnél mindenki ismer mindenkit, így egyes támadási technikákat nehezebb hatékonyan alkalmazni esetükben, akár kisebb biztonsági érettség mellett is.

A 2. ábrán látható *Cégnagyság* bemenet tagsági függvényei trapéz alakúak, a bemenet mértékegysége [fő]. A négy tagsági függvény a *mikro*, amely 1 és 5 között veszi fel a maximális értéket, míg a *közepes* értéke 50 és 130 között, a *nagy* értéke 600 és 900 között, a *multi* pedig 1300 fölött a tartomány végéig, 1500-ig maximális. Ha ennél többen dolgoznak a cégnél, az a modell esetében nem okoz változást, hiszen ez is a multi kategóriába sorolható 1 tagsági értékkel.

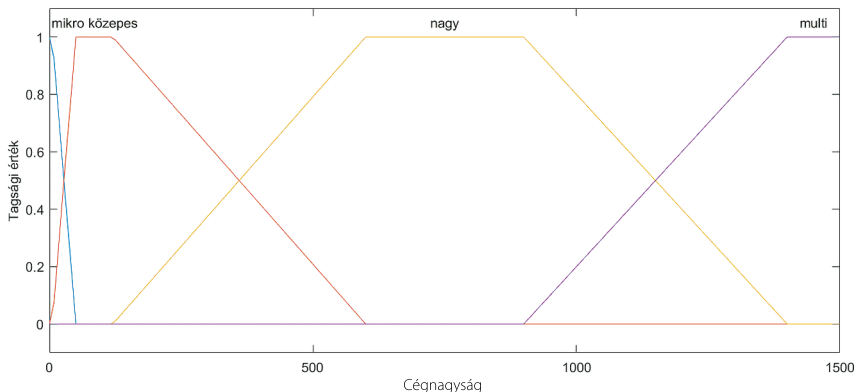


2. ábra: Cégnagyság bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az *Átláthatóság* bemenet a cég folyamatainak és működésének átláthatóságát vizsgálja belső szemszögből. Ugyanis hiába vannak meg a szabályok és az elvárások, ha nem átláthatók, esetlegesen ebből következően nem betarthatók.

A bemenetet lefedő tagsági függvények a 3. ábrán láthatók, három háromszög függvény formájában, ahol a bemenet értéke a  $[0,1]$  intervallumbeli értékkel adott. A függvényekhez rendelt nyelvi jellemzők a *nem jó*, az *elfogadható*, és a *remek*. Az érték növekedésével növekszik a cég szabályozottsága, mint az ábrán is látható.

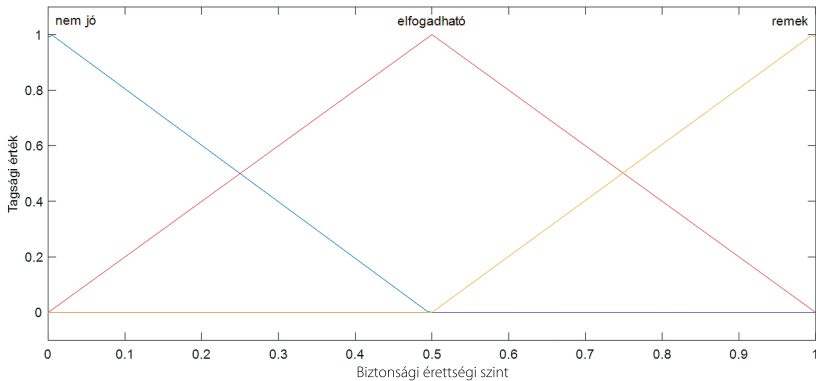


3. ábra: Átláthatóság bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A Szabályozottság alrendszer utolsó bemenete a cég Biztonsági érettségi szintjét vizsgálja, ami a cég biztonsághoz való hozzáállását méri fel, mennyire tartja azt fontosnak, mennyire ügyel rá és tartja frissen az ilyen irányú ismereteit.

A biztonsági érettségi szint három tagsági függvénye háromszög alakú, az értelmezési tartomány  $[0,1]$  között van, ahol a nagyobb értékek magasabb érettségi szintet jelölnek. A nyelvi jellemzők: *nem jó*, *elfogadható*, *remek*, ahogy az a 4. ábrán is látható.



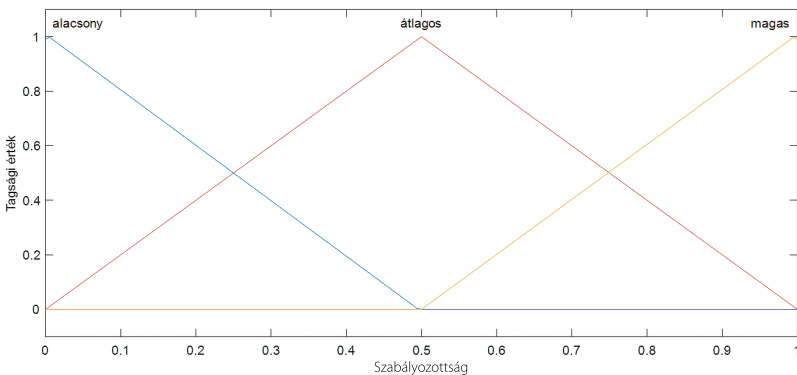
4. ábra: Biztonsági érettség szint bemenet tagsági függvénye

Forrás: a szerzők szerkesztése

### 2.1.2. Kimenet és szabályok

A cég szabályozottságának meghatározása súlyozott szabályok alapján történik. Az így előállított érték a Biztonsági kontroll alrendszerbe fog befutni, ugyanezeket a tagsági függvényeket alkalmazva.

A Szabályozottság értéke  $[0,1]$  tartománybeli értéket vesz fel, amelyet háromszög alakú függvények fednek le: *alacsony*, *átlagos*, *magas*. Ebben az esetben is az érték növekedésével növekszik a szabályozottság megfelelése.



5. ábra: Szabályozottság kimenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A kimenetet 33 súlyozott szabály segítségével határozzuk meg. A súlyozás a rosszabb kimeneteket eredményező szabályokat nagyobb súllyal veszi figyelembe, mint a magas kimeneti értéket. Ezt a súlyozást alkalmaztuk a többi alrendszerben is.

Az alkalmazott szabályok páronkénti vizuális reprezentációja a 6. ábrán látható. Az oszlopok és a sorok találkozásában található a kimeneten kapott tagsági függvény jelölése. A piros szín az alacsony, a sárga az átlagos, a zöld pedig a magas kimeneti értéket jelöli, az egyes négyzetekbe írt számok pedig az adott szabály súlyát jelölik a kiértékelés során.

		Cégnagyság				Biztonsági érettségi szint (nyitottság, befogadó- készség)		
		multi	nagy	közepes	mikro	remek	elfogad- ható	nem jó
Átláthatóság	remek	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	elfogad- ható	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1
	nem jó	1	1	1	0,8	0,8	1	1
Cégnagyság	multi					0,8	0,8	1
	nagy					0,8	0,8	1
	közepes					0,8	0,8	1
	mikro					0,8	0,8	0,8

6. ábra: Szabályozottság szabályai

Forrás: a szerzők szerkesztése

## 2.2. Biztonsági kontroll alrendszer

A *Biztonsági kontroll* alrendszer a cég biztonsági szabályozottságát vizsgálja, amelybe beleértjük a jogosultságkezelést, a fizikai biztonságot és az adatkezelést, valamint ezek mellé fut be a szabályozottság alrendszer kimenete is.

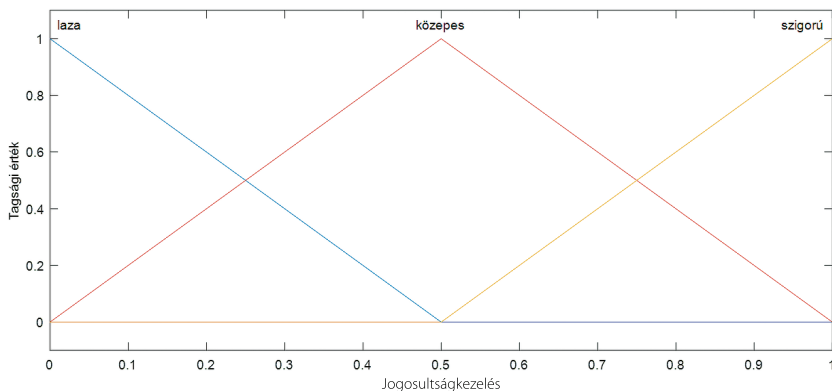
Az alrendszer szerepe a cég meglévő biztonsági szabályozottságának és értelmezhetőségének vizsgálata.

### 2.2.1. Bemenetek

A *Jogosultságkezelés* bemenet a cégen belül a munkatársak jogosultságainak frissen tartását és annak általános kezelését veszi figyelembe. Nagy sebezhetőséget nyújthat egy cégen belül, ha a jogosultságok nem megfelelően vannak kezelve. Például egy

már nem ott dolgozó fiókját és jogosultságait nem törlik, ami kihasználhatóvá teszi a céget akár az eltávozó dolgozó, akár mások támadása ellen.

A bemenet három háromszög tagsági függvénnyel rendelkezik, nevük a *laza*, *közepes*, *szigorú*, ezek egyenletesen osztják fel a  $[0,1]$  közötti értelmezési tartományt.

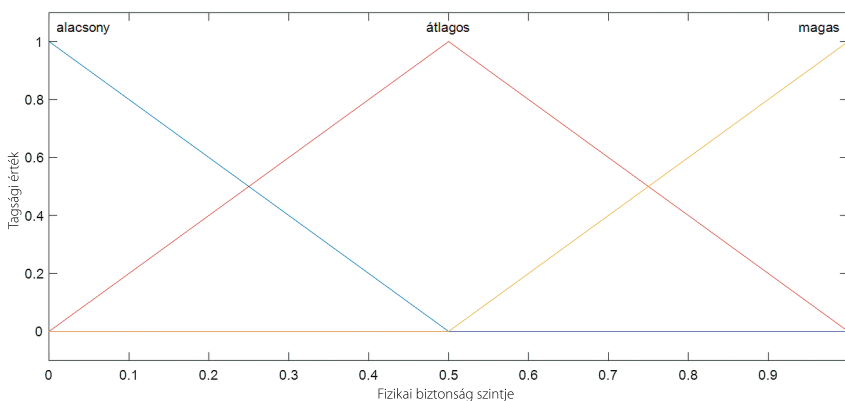


7. ábra: Jogosultságkezelés bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A *fizikai biztonság szintje* bemenet, mint a neve is mutatja, a kézzel fogható védelmi intézkedéseket vizsgálja. Ebbe beleértendő a beléptető rendszer és az őrzés-védés szintje, illetve a szükséges fizikai protokollok milyensége.

A tagsági függvények itt is  $[0,1]$  között vannak, *alacsony*, *átlagos* és *magas* néven. A nagyobb érték magasabb biztonsági szintet jelöl.



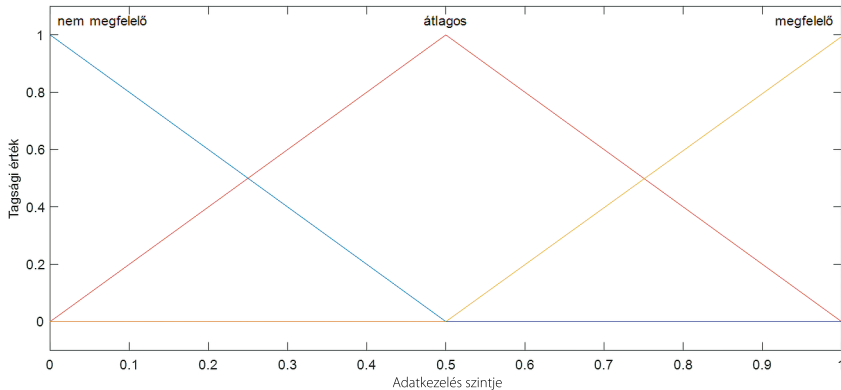
8. ábra: Fizikai biztonság szintje bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése



Az *adatkezelés szintje* a fizikai és számítástechnikai szinten egyaránt itt kerül kiértékelésre. Ideértjük a fizikai információt hordozó papírok kezelésének és megsemmisítésének szabályozottságát, a leselejtezett adathordozók kezelését és a dolgozók által tudott információk kiadásának szabályozottságát.

Mint eddig az alrendszerben mindenhol, itt is három háromszög alakú tagsági függvénye van a kimenetnek. Ezek elhelyezkedése a 9. ábrán látható, neveik pedig *nulla*, *nem megfelelő*, *átlagos* és *megfelelő*.



9. ábra: Adatkezelés szintje bemenet tagsági függvényei

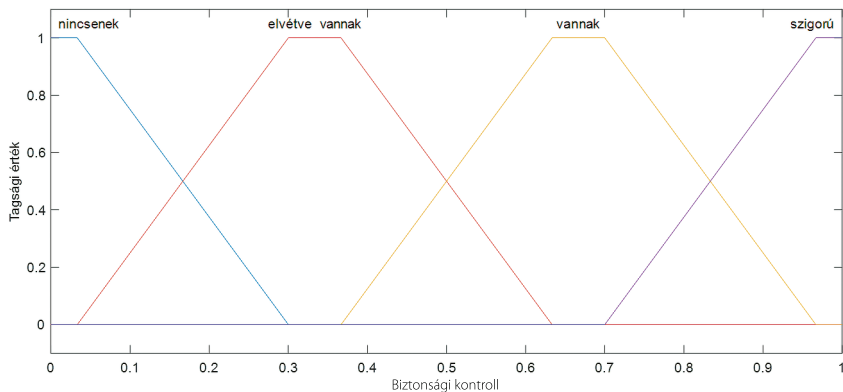
Forrás: a szerzők szerkesztése

A *Szabályozottság* alrendszer kimenete itt bemenetként kapott helyet. A bemeneti tartomány lefedésére alkalmazott tagsági függvényeket az 5. ábrán látható módon határoztuk meg.

## 2.2.2. Kimenet és szabályok

A *Biztonsági kontroll* alrendszer kimenete a cég biztonsági szabályozottságának mértékét mutatja. Ez a kimenet fog a Simulink segítségével befutni bemenetként a végső kockázatot értékelő alrendszerbe.

A kimenetet négy trapéz alakú tagsági függvény reprezentálja a következő elnevezésekkel: *nincsen*, *elvértve van*, *van* és *szigorúak*. Ezek arányosan oszlanak el a  $[0,1]$  tartományban. Ebben az esetben is a nagyobb érték a jobb biztonsági szempontból.



10. ábra: Biztonsági kontroll kimenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A szabályrendszer 57 súlyozott szabályt tartalmaz. A szabályok az egyes bemenetek tagsági függvényeit párosítják össze, és ehhez határozzák meg a kapcsolódó kimeneti tagsági függvényt a 11. ábrán látható módon, ahol a zöld szín a *szigorú*, a sárga a *van*, a narancssárga az *elvétre van*, és a piros a *nincsen* tagsági függvényt jelképezi, az egyes négyzetekbe írt számok pedig az adott szabály súlyát jelölik a kiértékelés során. Ezeket kiegészítve további erősítő szabályokat vezetünk be a *Szabályozottság* kimenetének erősítésére, vagyis a *Szabályozottság* bemenethez azonnali kimeneti értékeket rendeltünk, ezzel kicsit ráerősítve annak fontosságára és az erejére az alrendszerben.

		Fizikai biztonság szintje			Adatkezelés szintje (digitális, papíralapú...)			Szabályozottsága (folyamatok)		
		magas	átlagos	alacsony	megfelelő	átlagos	nem megfelelő	magas	átlagos	alacsony
Jogosultságigazgatás	szigorú	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9
	közepes	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
	laza	0,8	0,8	1	0,9	0,9	1	0,8	0,9	1
Fizikai biztonság szintje	magas				0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9
	átlagos				0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
	alacsony				0,8	0,8	1	0,8	0,9	1
Adatkezelés szintje (digitális, papíralapú...)	megfelelő							0,8	0,8	0,9
	átlagos							0,8	0,8	0,9
	nem megfelelő							0,9	0,9	1

11. ábra: A biztonsági kontroll szabályai

Forrás: a szerzők szerkesztése

### 2.3. Munkatársak alrendszer

A *Munkatársak* alrendszer a munkatársak átverhetőségét és kihasználhatóságát vizsgálja a humán tényezős támadások alapján, egyszerűsített bemenetekkel. Figyelembe veszi a munkavállalók átlagosan eltöltött idejét az adott szervezetben, a technológia kezelésének szintjét, a belső kommunikáció minőségét és a biztonságtudatosság szintjét.

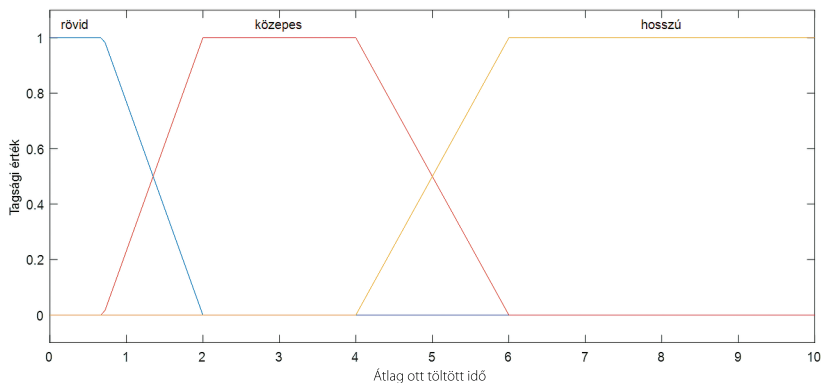
A *Munkatársak* alrendszer teljes mértékben az emberi tényezőre koncentrál, az általános hozzáállást és tudatosságot veszi figyelembe az összes dolgozó átlagában, nem személyenkénti leosztásban.

A *Munkatársak* kimenete a végső kockázatértékelőbe fog befutni a Simulinknek köszönhetően.

### 2.4. Bemenetek

Az *átlagosan ott töltött idő* bemenet a munkatársak átlagolt cserélődését veszi figyelembe éves szinten. Ha a fluktuáció nagy, az a cég szempontjából nem szerencsés. Ennek oka, hogy kisebb valószínűséggel alakul ki lojalitás a munkavállalókban, így nagyobb a szervezeten belülről érkező támadások elkövetésének potenciálja. Minél nagyobb az átlagos munkaviszony hossza, annál kisebb az esélye az ilyen esetek bekövetkezésének.

Az alkalmazott tagsági függvények a 12. ábrán láthatók, a *rövid* maximuma 0 és 0,8 év között, a *közepes* maximuma 2 és 4 év között, a *hosszú* pedig 6 és 10 között ábrázolódik. A tíz fölötti érték nem adható meg, de természetesen minden magasabb érték a *hosszú* halmazhoz tartozna, 1 tagsági értékkel.

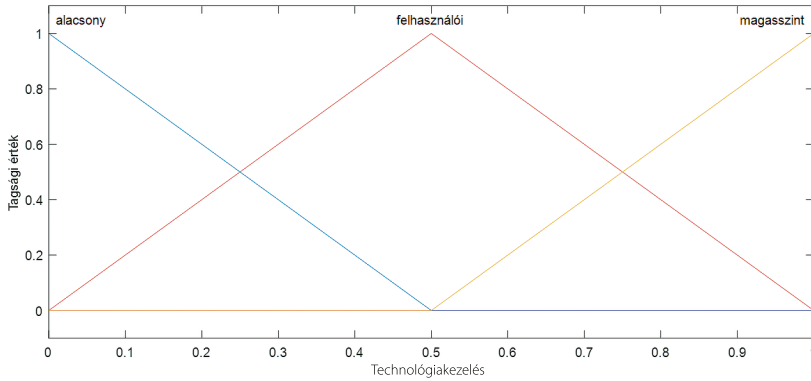


12. ábra: Átlagosan ott töltött idő bemeneti tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A *technológiakezelés* bemenet a pandémia idején kifejezetten fontos, ugyanis egy technológiailag kevésbé potens munkatárs nagyobb veszélyforrás lehet. Igaz ez a munkahely által biztosított informatikai infrastruktúra ismeretének hiányára, de potenciális veszélyforrás lehet a magánéletben használt eszközök óvatlan kezelése is, ha hatással lehet a szervezetre.

A bemenet  $[0,1]$  intervallumban adható meg, a hozzárendelt háromszög alakú tagsági függvények az *alacsony*, a *felhasználói* és a *magasszint*.

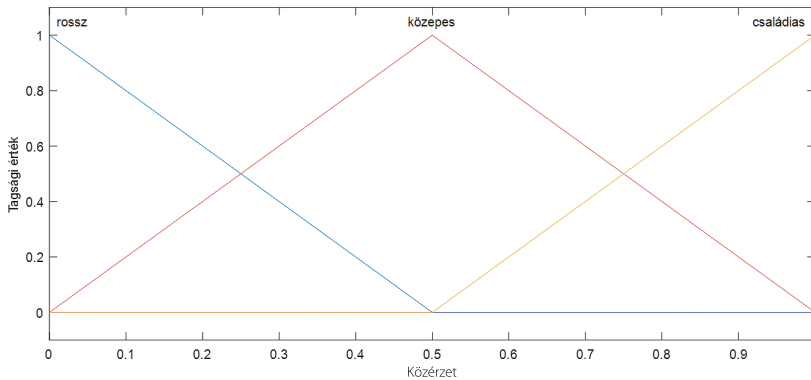


13. ábra: Technológiakezelés bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A közérzet bemenet a munkatársak céghez és a munkájukhoz való viszonyulását vizsgálja. Minél jobban érzi magát egy dolgozó a munkahelyén, annál inkább érdeke, hogy megpróbálja védeni azt, akár direkt, akár indirekt módon.

A közérzet tagsági függvényei az eddig használt hármas osztást követik, *rossz*, *közepes*, *családias* kategóriákkal.

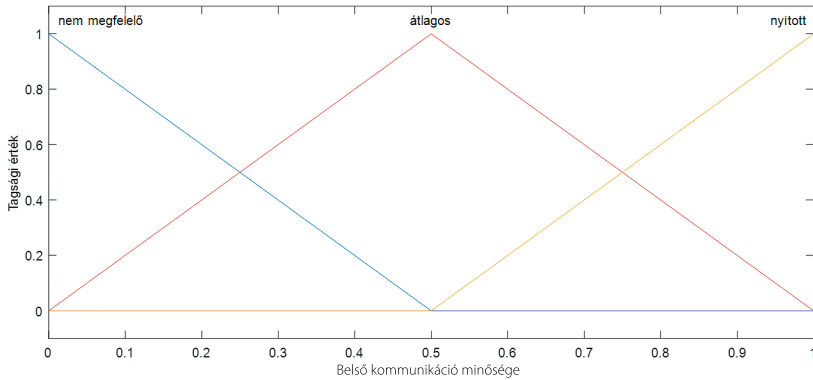


14. ábra: Közérzet bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A *belső kommunikáció minősége* egy cégben azt veszi figyelembe, hogy mennyire jó a munkatársak között és a cég felé irányuló kommunikáció. A nem megfelelő, utolsó pillanatra hagyott változtatások stresszt okozhatnak és ronthatják a munkamorált.

A bemenet a *nem megfelelő*, az *átlagos*, a *nyitott* tagsági függvényeken vehet fel értéket. Ezek a 15. ábrán láthatók.

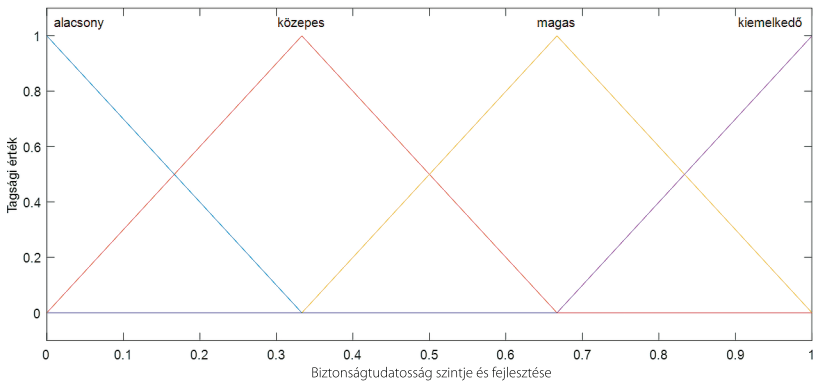


15. ábra: Belső kommunikáció minősége bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A *biztonságtudatosság szintje és fejlesztése* a *Szabályozottságban* felvett *biztonsági érettségi szint* párjának is nevezhető. Itt azonban a cég által megtett biztonsági óvintézkedések szintje helyett a munkatársak hozzáállását vizsgáljuk meg. Ez a bemenet az egyénnel szemben támasztott biztonsági elvárások és a rá vonatkozó szabályozások betartását jellemzi. Fontos megvizsgálni, hiszen hiába vannak meg a szabályok, ha senki sem tartja be azokat.<sup>9</sup>

Itt az általános hármas felosztású tagsági függvények helyett négyes felosztást alkalmaztunk: *alacsony*, *közepes*, *magas*, *kiemelkedő*.



16. ábra: Biztonságtudatosság szintje és fejlesztése

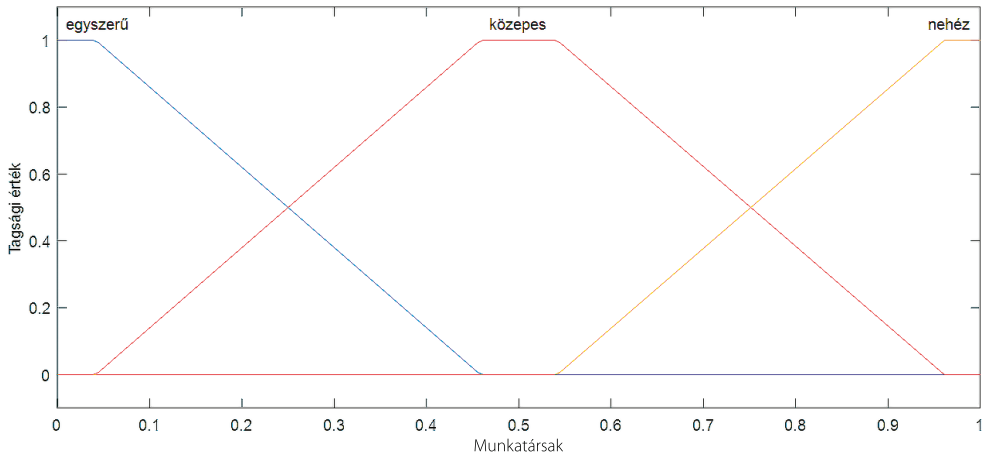
Forrás: a szerzők szerkesztése

<sup>9</sup> Jakus Attila – Tick Andrea: IT biztonsági kockázatok és kockázatkezelés. *Hadmérnök*, 12. (2017), 1. 182–202.

A *Munkatársak* kimenetén egy átlagos értéket kapunk, ahol az összes munkatársat figyelembe véve határozzuk meg a szintet, nem pedig egy-egy személy értékét becsüljük meg. Szükség esetén az alrendszer ilyen módon tovább fejleszthető.

## 2.5. Kimenet és szabályok

A kimeneten az *egyszerű*, a *közepes* és a *nehéz* tagsági függvényre futhat ki végül a kimenet, ami a végső kockázatértékelőbe továbbítja majd az értékét.



17. ábra: Munkatársak kimeneti tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A szabályrendszer 102 bemenetpáronkénti szabályra épül, hasonlóan súlyozva, mint az előző alrendszerek. A 18. ábrán látható a szabályrendszer grafikus váza, a sorok és oszlopok találkozásában található szín jelzi a két tagsági függvény *ÉS* kapcsolatára válaszként kapott kimeneti tagsági függvényt. A zöld szín a *nehéz*, a sárga a *közepes*, a piros az *egyszerű* tagsági függvényt hivatott reprezentálni.



		Technológiai kezelés			Közérzet			Belső kommunikáció minősége			Biztonságtudatosság szintje és fejlesztése			
		magas	felhasználói	alacsony	családias	közepes	rossz	nyitott	átlagos	nem megfelelő	künnelkötő	magas	közepes	alacsony
Átlag ott töltött idő	hosszú	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1
	közepes	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1
	rövid	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	1	1	0,9	0,9	1	1
Technológiai kezelés	magas				0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1
	felhasználói				0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1
	alacsony				0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	0,9	1	1
Közérzet	családias							0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1
	közepes							0,9	1	1	0,9	0,9	0,9	1
	rossz							1	1	1	0,9	1	1	1
Belső kommunikáció minősége	nyitott										0,9	0,9	0,9	1
	átlagos										0,9	0,9	1	1
	nem megfelelő										0,9	0,9	1	1

18. ábra: Munkatársak szabályrendszer  
 Forrás: a szerzők szerkesztése

### 3. Kockázatbesoroló alrendszer

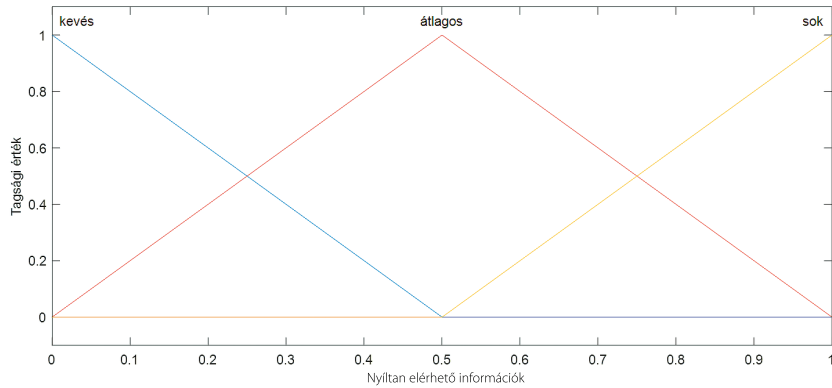
A *Kockázatbesoroló* alrendszer valójában a fő fuzzy rendszer, amely a cég kiberbiztonsági kockázatát mutatja, alapvetően a humán tényezős támadások esetén. Két új bemenetet vesz figyelembe a már használt cégnagyság mellett: a nyíltan elérhető információkat és a várható haszon nagyságát. Ezek mellé futnak be a *Biztonsági kontroll* és a *Munkatársak* alrendszerek kimenetei, itt már bemenetként.

#### 3.1. Bemenetek

A *Cégnagyság* már a *Szabályozottságból* ismert bemenet tagsági függvényeit a 2. ábra szemlélteti.

A második bemenet, a *Nyíltan elérhető információk*, a cég ismertségét és a róla nyilvánosan elérhető információk mennyiségét veszi figyelembe. Minél ismertebb egy cég, annál jobb lehet az elérése, cserébe biztonsági szempontból kockázatosabb is. Az adott cégről kint lévő információk mennyisége is kulcsfontosságú. Minél több az elérési lehetőség és egyszerűbb az információszerzés a cégről, annál sebezhetőbb lesz az egyes támadásokkal szemben.

A többi eddig használt bemenetekkel ellentétben, ez esetben a kisebb érték a jobb biztonsági szempontból.



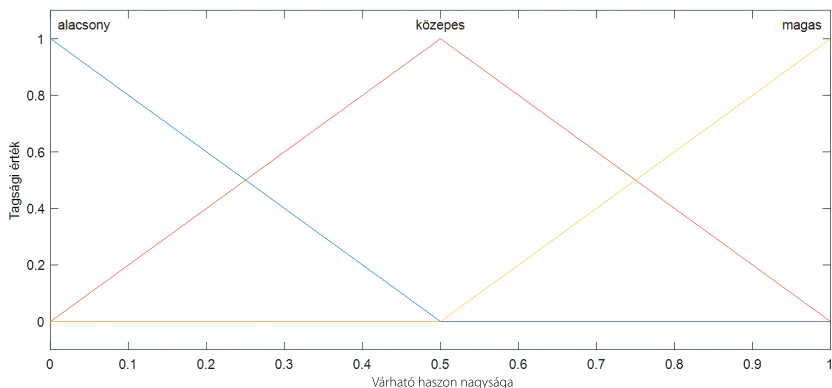
19. ábra: Nyíltan elérhető információk bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A *Várható haszon* nagysága a cég által birtokolt és eltulajdonítható információk, pénzügyi hasznot veszi figyelembe. Minél nagyobb a haszon, annál jobban megéri a támadóknak foglalkoznia vele. Emellett fontos tényező az is, hogy mennyire nehezen érhető el a kívánt információ. Ennek meghatározására általánosan az alábbi képlet használatos:<sup>10</sup>

$$\text{Kockázat} = \text{Fenyegetettség} \times \text{Sebezhetőség} \times \text{Nyereség} \quad (3)$$

A bemenet értékelése az előzőhöz hasonlóan alakul, azaz a kisebb a cég szempontjából kedvezőbb érték. Az *alacsony*, *közepes* és a *magas* tagsági függvényeket rendeljük hozzá a [0,1] intervallumbeli értékhez.



20. ábra: Várható haszon nagysága bemenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

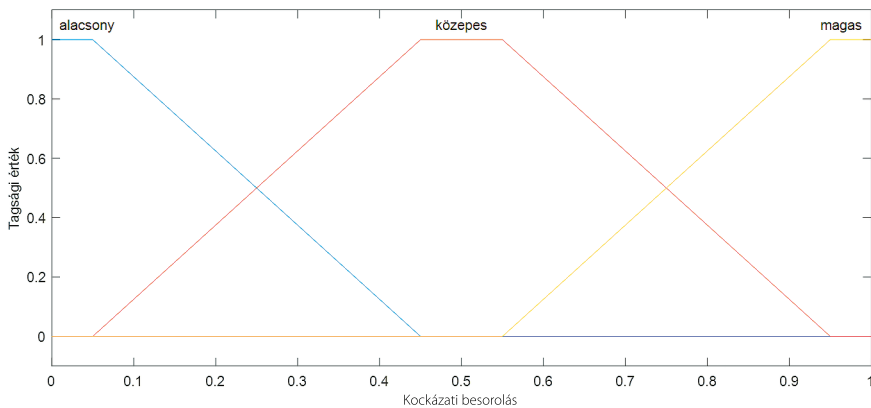
<sup>10</sup> John R. Vacca (szerk.): *Computer and Information Security Handbook*. Burlington, Morgan Kaufmann, 2009. 225–231.

Bemenetként fut be a *Biztonsági kontroll* kimenete is a 10. ábrán illusztrált tagsági függvényekkel, valamint a *Munkatársak* kimenete a 17. ábrán szemléltetett módon.

### 3.2. Kimenet és szabályok

A *kockázati besoroló* kimenetén kapjuk meg a modell utolsó és egyben legfontosabb eredményét, a cég összesített kiberbiztonsági kockázatát. A *Várható haszon* és a *Nyilvánosan elérhető információk* elnevezésű bemenetek viszik bele a rendszerbe azokat a tényezőket, amelyek megmutatják, hogy mennyire könnyen elérhetőek az információk a támadók számára és mennyire tűnik kifizetődőnek számukra.

A kimenet trapéz alakú tagsági függvényei a *Várható haszon nagyságához* hasonlóan a magasabb értékhez társítanak rosszabb kimenetet. A függvényekhez rendelt nyelvi változók: *alacsony*, *közepes* és *magas*.



21. ábra: Kockázatbesoroló kimenet tagsági függvényei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A kockázati besoroló alrendszer kimenetét meghatározó 122 szabályt az eddigiekben ismertetett módszerrel súlyoztuk. Erősítő szabályok a *Biztonsági kontroll*hoz hasonlóan itt is jelen vannak, mind a *Munkatársak* mind a *Biztonsági kontroll* bemenetén kapott értékeket azonnali kimenetre kapcsolják, ezáltal erősebb a hatásuk. A szabályokat az erősítőkön kívül a 22. ábrán láthatjuk, a zöld szín a kimeneten az alacsony tagsági függvényt jelenti, a sárga a közepeset és a piros a magasat. Ez a rendszer szolgáltatja a teljes rendszerkimenetet.

		Nyíltan elérhető információk			Várható haszon nagysága			Biztonsági kontroll				Munkatársak					
		kevés	átlagos	sok	alacsony	közepes	magas	szigorú	vannak	elvétele vannak	nincsenek	nehéz	közepes	egyszerű			
Cégnagyság	multi	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	1	0,9	0,9	1			
	nagy	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1			
	közepes	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	1	0,9	0,9	1			
	mikro	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1			
Nyíltan elérhető információk	kevés				0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	1			
	átlagos				0,9	0,9	1	0,9	0,9	1	1	0,9	0,9	1			
	sok				0,9	1	1	0,9	1	1	1	0,9	1	1			
Várható haszon nagysága	alacsony							0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9			
	közepes							0,9	0,9	1	1	0,9	0,9	0,9			
	magas							0,9	1	1	1	0,9	1	1			
Biztonsági kontroll	szigorú										0,9	0,9	0,9				
	vannak										0,9	0,9	1	1	0,9	0,9	1
	elvétele vannak										0,9	1	1	1	0,9	1	1

22. ábra: Kockázati besoroló szabályai

Forrás: a szerzők szerkesztése

#### 4. Esettanulmány

A modell működésének szemléltetése érdekében egy fiktív cég elemzését mutatjuk be.

Egy fiktív nagyobb céget vizsgáltunk, egészen jó átláthatósággal és biztonsági érettségi szinttel. A foglalkoztatott munkatársainak számát 1110-re vettük fel. Az átláthatóságát nem a remek értékre, de nem is csak elfogadhatóra értékeltük, a biztonsági érettségi szintnek hasonló értéket adtunk meg.

Adatok:

*cégnagyság* (fő, [0,1500]): 1110

*átláthatóság* [0,1]: 0,7

*biztonsági érettségi szint* [0,1]: 0,7

A kiértékelés után a *Szabályozottság* kimenete ebben az esetben 0,64 lett, ami a tagsági függvényeken az átlagos és a magas közé esik, inkább az átlagos irányába. A cég nagysága bemenet a kimeneten lefelé húzta a szabályozottságot.

A második alrendszer bemeneteihez szinte maximumértékeket adtunk meg, a kitalált cég ugyanis jól kezeli és frissen tartja a jogosultságokat, a fizikai biztonság is jobb az átlagosnál. A fenti bemenetek és a magasnak besorolt adatkezelési szint mellé még befut az előzőekben megkapott szabályozottság kimenete.

Adatok:

*jogosultságkezelés* [0,1]: 0,9

*fizikai biztonság szintje* [0,1]: 0,8

adatkezelés szintje [0,1]: 0,9

szabályozottság [0,1]: 0,64

A biztonsági kontroll eredménye így 0,76 lett, ami annyit tesz, hogy bármennyire is magasnak adtuk meg az önálló bemenetet, mivel a szabályozottság értéke alacsonyabb, mint a többi bemenet, az lenyomta a biztonsági kontroll értékét.

A munkatársak bemeneteihez a projektenként változó cégfelépítés miatt az átlag ott töltött időt 3 évre határoztuk meg. A technológiakezelést kifejezetten magasra értékeltük, míg a közérzet szintje közepesnek mondható, az utolsó pillanatos változtatások és értesítések miatt. A belső kommunikáció minőségének értéke kicsit magasabb a közérzeténél.

Adatok:

átlag ott töltött idő (év, [0,10]): 3

technológia kezelés [0,1]: 0,9

közérzet [0,1]: 0,5

belső kommunikáció minősége [0,1]: 0,6

biztonságtudatosság szintje és fejlesztése [0,1]: 0,8

A munkatársak kimenete a megadott bemenetek alapján 0,71 lett, ami a *vannak* tagsági függvényre ad nullától különböző értéket. A közepes bemenetek mellett a technológiakezelés és a biztonságtudatosság szintje és fejlesztése húzta fel az eredményt.

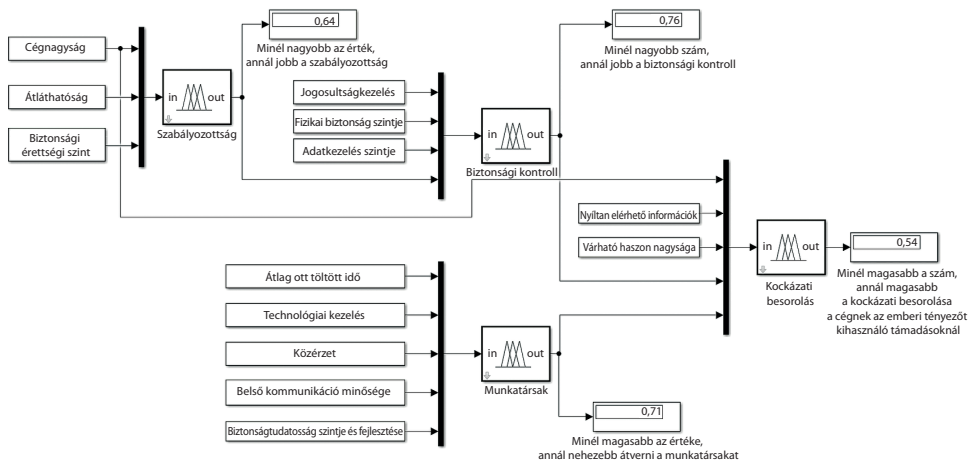
A kockázati besoroló megkapja a *Munkatársak* és a *Biztonsági kontroll* kimenetét, valamint a *Szabályozottságban* már használt *Cégnagyság* bemenet is. A két új információt, amelyet a rendszerbe be tudunk vinni, viszonylag magas értékekkel adtuk meg, ugyanis a cég ismert és viszonylag sok róla az információ, ezért a várható haszon is magas a céges titkok és kapcsolatok, valamint a pénz mozgása miatt.

Adatok:

cégnagyság (fő, [0,1500]): 1110

nyíltan elérhető információk [0,1]: 0,8

várható haszon nagysága [0,1]: 0,9



23. ábra: Simulinkben az esettanulmány eredménye és részeredményei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A végső kockázati szint 0,54 lett, amely egy közepes kockázatot jelent. A *Munkatársak* és a *Biztonsági kontroll* alrendszerek viszonylag jó eredménye mellett a magas hasznoszerzési lehetőség és a sok nyílt információ miatt a cég kockázata közepesre nőtt egy humán alapú támadás esetén.

## 5. Összegzés

Manapság az informatikai rendszerek használata átszövi életünket. Számos előnye mellett azonban ez fokozott kockázatot is hordoz magában, különösen a vállalatok és állami szereplők számára. Ennek eredményeként a kiberbiztonsági kérdések egyre fontosabb kutatási területet képeznek. A számos figyelembe veendő tényező közül általában az ember bizonyul a leggyengébb láncszemnek. A probléma kezelésére egy hierarchikus, emberitényező-központú kiberbiztonsági modellt dolgoztunk ki, amelyben a kiértékelést fuzzy következtetési rendszerrel végeztük. A befolyásoló tényezők jellemzői és a közöttük fennálló kapcsolat indokolja a fuzzy megközelítés alkalmazását. Ennek oka, hogy a kiberbiztonsági rendszerek tele vannak bizonytalanságokkal, szubjektivitással, ami ilyen módon jól kezelhető. A javasolt modell négy alrendszerből áll: 1. Szabályozottság, 2. Biztonsági kontroll, 3. Munkatársak, 4. Kockázati besoroló. Ezek mindegyike külön fuzzy rendszernek tekinthető. Segítségükkel a befolyásoló tényezők egyes logikai csoportjainak kockázatát külön értékelhetjük ki. Ennek a szerkezetnek nagy előnye az is, hogy biztosítja az átláthatóságot és a bővíthetőséget, ami megkönnyíti akár új tényezők beépítését is. A fuzzy modell megbízhatóságának bizonyításához további interjúk és esettanulmányok készítése szükséges. A szerzők további tervei között szerepel az emberi tényező pszichológiai vonatkozásainak mélyebb tanulmányozása a későbbi kutatások során.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani Kinczel Tamás Bencének, Gyulai Tamásnak, Lélek Kitti Alexandrának és Hüse Zoltánnak, akik segítségünkre voltak a modell felépítése során.

## Felhasznált irodalom

Hadnagy, Christopher: *Social Engineering: The Art of Human Hacking*. Hoboken, Wiley, 2011.

Jakus Attila – Tick Andrea: IT biztonsági kockázatok és kockázatkezelés. *Hadmérnök*, 12. (2017), 1. 182–202. Online: [http://hadmernok.hu/171\\_15\\_jakus.pdf](http://hadmernok.hu/171_15_jakus.pdf)

Pokorádi László: Fuzzy Techniques in the Aircraft Engineering. In Zobory I. (szerk.): *Proceedings of the 7th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies*. Budapest, BME Vasúti Járművek Tanszék, 2001. 443–448.

Salahdine, Fatima – Naima Kaabouch: Social Engineering Attacks: A Survey. *Future Internet*, 11. (2019), 89. 1–17. Online: <https://doi.org/10.3390/fi11040089>

Steingartner, William – Darko Galinec: Cyber Threats and Cyber Deception in Hybrid Warfare. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18. (2021), 3. 25–45. Online: <https://doi.org/10.12700/APH.18.3.2021.3.2>

Szádeczky Tamás: *Governmental Regulation of Cybersecurity in the EU and Hungary after 2000*. *AARMS*, 19. (2020), 1. 83–93. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2020.1.7>

Vacca, John R.: *Computer and Information Security Handbook*. Burlington, Morgan Kaufmann, 2009.





Koczka Ferenc<sup>1</sup>

# A felsőoktatási intézmények informatikai védelmének szektorspecifikus kérdései

## Sector-specific Issues of IT Security in Higher Education Institutions

A felsőoktatási intézmények sajátosságai következtében az informatikai rendszereik is a szokványostól eltérők, amelyek egyes területeken markánsan különböznek a gazdasági szektor rendszereitől. A nyitott egyetemi környezet következményei, az információk minél szélesebb körű közzététele, az oktatói és kutatói szabadság támogatása jelentősen megnehezíti az informatikai védelmi feladatok ellátását. Ezért az egyetemi környezet bizonyos területeken egyedi attitűdöket és speciális módszereket kíván meg az üzemeltetőktől, miközben értékeinek tudományos értékű azonosítására, fenyegetettségének és incidenseinek elemzésére és specialitásainak vizsgálatára csak néhány, a hazai vonatkozásokat teljesen mellőző szakirodalom áll rendelkezésre.

A cikk célja az akadémiai szféra informatikai védelmét tárgyaló tudományos szakirodalom áttekintése, a szektorra jellemző problémák feltárása és magyar vonatkozásainak bemutatása, valamint azonosságok és különbségek meghatározása a szerző egyetemi informatikai vezetői tapasztalatai alapján.

**Kulcsszavak:** felsőoktatás, felsőoktatás értékei, felsőoktatás kiberfenyegetettsége

Due to the special properties of higher education institutions, their IT systems are also different from the usual ones, which in some areas significantly differ from those of market players. The consequences of the open university environment, the need to make information more widely available and the promotion of academic and research freedom make it much more difficult to fulfil IT security tasks. Therefore, the university environment requires specific attitudes and specific methods from IT professionals in certain areas, while there is little literature available on the

<sup>1</sup> Informatikai osztályvezető, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, e-mail: [koczka.ferenc@uni-eszterhazy.hu](mailto:koczka.ferenc@uni-eszterhazy.hu)

identification of its values, the analysis of its threats and incidents, and its specificities, with no Hungarian relevance.

The aim of the article is to review the academic literature on IT protection in the academic sector, to identify the problems specific to the sector and their Hungarian implications, and to identify similarities and differences based on the author's experience as an IT manager in a university.

**Keywords:** higher education, values of higher education, cyber threat to higher education

## 1. Bevezetés

Az akadémiai szféra intézményei<sup>2</sup> működésük során számos különböző informatikai rendszert alkalmaznak, amelyeket főként az oktatási és kutatási tevékenység, valamint a gazdasági, működési és adminisztrációs folyamatai támogatására vezettek be. Bár az elmúlt években a kormányzat központosította az egyetemek gazdasági működését biztosító szoftvert, és egységesítette a tanulmányi rendszert is, a működtetett rendszerek többsége az intézmények saját infrastruktúrájában, saját üzemeltetésben van. Az elmúlt években Magyarországon azonban nemcsak az egyetemek mentek keresztül jelentős szervezeti átalakításokon, hanem a kutatóintézmények egy része is megváltozott feltételek mentén működik. E cikk írásakor öt budapesti és egy vidéki egyetem tartotta meg korábbi státuszát,<sup>3</sup> többségük összevonások és átszervezések után alapítványi, néhány pedig egyházi fenntartóval működik tovább. Az átalakítási folyamatokban az egyetemi informatikai rendszereket egyesítették, átadandó adataikat a fogadó fél adatbázisaiba másolták, közben a régi rendszerek archívumait is fenntartják. A fúziók eredményeként hazai viszonylatban korábban nem látott méretű intézmények jöttek létre, hatalmas mennyiségű adatot kezelve úgy, hogy rendszereikben olyan személyes adatok is megjelennek, amelyek tulajdonosai soha nem álltak kapcsolatban velük. Az intézmények gyors átalakítására szabott szoros határidők az informatikai védelem szempontjából bizonytalan helyzeteket hoztak, amit a jogszabályi környezet engedékenysége sem tett könnyebbé.

Nem csak az átalakítási folyamat nehezíti meg a felsőoktatás informatikai üzemeltetési feladatait. Az akadémiai környezet számos ponton eltér a gazdasági társaságok és kormányzati fenntartású szervezetekétől, ezért a felsőoktatás üzemeltetési feladatai mindig is egyéni utak mentén valósultak meg. Az egyetemi informatikai rendszerekben tárolt adatvagyon mennyisége, azok jellege, incidenseik száma, a technikai és humán oldalon is kimutatható sebezhetőségek mennyisége és speciális jellege, a védelem eltérő megszervezése és annak betartása felveti a felsőoktatási informatikai rendszerek védelmének általános újragondolását.

<sup>2</sup> A cikkben az akadémiai szféra intézményei alatt a főiskolákat, egyetemeket és kutatóintézeteket értjük.

<sup>3</sup> Új egyetemként a Tokaj-Hegyalja Egyetem jött létre, önálló maradt a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, az Eötvös Loránd Tudományegyetem, a Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, a Magyar Képzőművészeti Egyetem, a Magyar Táncművészeti Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem és a Testnevelési Egyetem.

Az arányos és költséghatékony védelem kialakításának első lépése a védendő értékek azonosítása. Magyarországon nem történt meg az egyetemi adatvagyon tudományos igényességű vizsgálata, ezért következtetések levonásához külföldi forrásokat kell alapul vennünk. Sajnos a témát tárgyaló nemzetközi tudományos szakirodalom sem túl széles. Ulven és Wangen 2021-es szakirodalmi áttekintésében<sup>4</sup> 18 tudományos igényű cikket, és 14 egyéb forrást<sup>5</sup> kutatót fel. Rahim és szerzőtársai<sup>6</sup> bibliometriai elemzésében az elmúlt tíz év online forrásból elérhető szakirodalmát vizsgálták. Ők ezekben 418 dokumentumot azonosítottak, amelyek többségükben nem tudományos igényű cikkek, hanem konferenciaelőadások voltak, közülük is csak hat volt publikusan is elérhető. A hivatkozott források közt egyetlen magyar sem volt, és utalás sem szerepelt a hazai egyetemekre. Bár a magyar és nemzetközi összehasonlításban számos közös pont valószínűsíthető, a szerző személyes tapasztalatai szerint a hazai felsőoktatás védelmi kérdéseinek vizsgálatakor jelentős különbségek kerülnének felszínre. Ezek azonosításához először fel kell térképezni a felsőoktatás értékeit, az őket érő informatikai incidenseket, sebezhető pontjaikat és azokat a tényezőket, amelyek következtében a védelmi megoldások szükségszerűen eltérnek más területekétől.

## 2. Értékek a felsőoktatásban

A 2013. évi L. törvény (Ibtv.) hatálya alá tartozó szervezeteknek szervezeti egységeiket biztonsági szintekbe, az informatikai rendszereiket pedig biztonsági osztályokba kell sorolniuk. Ennek végrehajtásához a 41/2015-ös BM rendelet nyújt konkrét és részletes szakmai útmutatást. Az akadémiai szféra intézményei általánosságban nem tartoznak e jogszabályok hatálya alá, így nem is kell az említett feladatokat elvégezniük. A kötelezettség hiánya ellenére az egyetemek informatikai biztonsági szabályzatai részben e jogszabályok szellemében készültek, ők valamilyen szinten azonosították rendszereik értékét és elvégezték a besorolásukat.

Az értékek meghatározására nem ismert általánosan alkalmazott metodika. Megalapozott módszertan nélkül a hivatkozott jogszabályok szerinti besorolást rendszerint informatikai munkatársak végzik, aminek során listázzák az egyes informatikai alrendszereket (például elektronikus levelezés, hallgatói nyilvántartás, VPN-kapcsolatok, hálózati szolgáltatások stb.) és saját szempontjaik alapján adnak szubjektív besorolást. E módszertan alkalmazása jól érzékelhető a magyar egyetemi szabályzatok áttekintése során. Ez a gyakorlat eszköz- és funkcióközpontú meghatározást eredményez, amely rendszerszintű információ hiányában csak részlegesen veszi figyelembe az intézmény valódi céljait, így attól jelentősen eltérhet. A technikai szemléletű informatikai munkatársak és az intézményi vezetők pedig valószínűleg teljesen máshová helyezik a súlyponti kérdéseket.

<sup>4</sup> Joachim B. Ulven – Gaute Wangen: Systematic Review of Cybersecurity Risks in Higher Education. *Future Internet*, 13. (2021), 39. 1–40.

<sup>5</sup> Ezek a források fehér könyvek, műszaki jelentések, szakdolgozatok és szakmai weboldalak voltak.

<sup>6</sup> Nazahah Rahim – Zaleha Othman – Fathilatul Zakimi Hamid: Cyber Security and the Higher Education Literature: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12. (2020), 12.

Az értékek azonosítása az intézmény különböző területi vezetőinek feladata, amelynek során meghatározzák az intézmény értékeit, az érték előállítását szolgáló célokat és az ahhoz szükséges fő követelményeket. Szinte minden egyetem esetében ilyen érték a hallgatói létszám növelése, a tudományos publikációk mennyiségi vagy minőségi javítása, vagy az intézmény által kiadott diplomák értéke szakmai körökben, vagy a közvéleményben. Ezen értékek eléréséhez számos feltétel, szolgáltatás, körülmény szükséges, amelyek számszerűsítésére a kulcsfontosságú teljesítménymutató (*Key Performance Indicator, KPI*) alkalmazható. A KPI-k azonosítása a célok eléréséhez szükséges elemeket mérhetővé, így leírhatóvá és összehasonlíthatóvá teszik. A KPI-k azonosítása nem csak informatikai szempontból lényeges. Valójában számos olyan KPI létezik, amelynek nincs informatikai vonatkozása, de meghatározásuk az intézményi informatikai folyamatok súlyának azonosításában jelentős szerepet játszik. A felsőoktatási KPI-k képzésére Ballard<sup>7</sup> doktori disszertációja ad példát, amelyben 34 felsőoktatási intézmény 2139 különböző kulcsfontosságú teljesítménymutatóját vizsgálta, amit 24 kategóriába sorolt be, egyúttal azonosítja az adatok és folyamatok körét, amelyek az intézményi célok eléréséhez szükségesek.

A felsőoktatási rendszerek adatvagyonára néhány fő területre koncentrálódik, ezek a személyes, kutatási és működési adatok.

## 2.1. Személyes adatok

Az egyetemek egyik legértékesebb adatköre személyes adatokból áll. A McDonald Hopkins fehér könyve<sup>8</sup> az amerikai egyetemek esetében nemcsak egyetemi hallgatók, oktatók és kutatók személyes adatait említi, hanem adományozók, kurátorok, igazgatósági tagok, öregdiákok, diákok, szülők, jelentkezők, személyzet, betegek mellett fogyasztók és eladók adatait is. Ezek egy része a magyar egyetemek esetében a kulturális, működési és finanszírozási különbségek miatt nem is értelmezhető, például hazánkban a végzett hallgatók támogató szerepe is jóval gyengébb hagyományokra tekint vissza, mint az amerikai magánegyetemek esetében. Ennek ellenére a személyes adatok jelentősége annak mennyisége és részletessége miatt is kiemelkedő az egyetemek esetében. Kwaa-Aido és Agbeko tanulmánya<sup>9</sup> a hallgatói nyilvántartást nevezte meg a legfontosabb adatforrásként egy ghánai egyetemen. A magyar elektronikus tanulmányi rendszer<sup>10</sup> kifejezetten sok személyes adatot tartalmaz, a hallgatók általános személyes adatai mellett a felvételi információit, korábbi iskoláik, nyelvvizsgálók részletes adatait, a teljes tanulmányi történetüket, ösztöndíj és tandíj adatokat,

<sup>7</sup> Paul J. Ballard: *Measuring Performance Excellence: Key Performance Indicators for Institutions Accepted into the Academic Quality Improvement Program (AQIP)*. PhD-értekezés. Kalamazoo, MI, Western Michigan University, 2013.

<sup>8</sup> James J. Giszczak – Dominic A. Paluzzi: *Pass or Fail? Data Privacy and Cybersecurity Risks in Higher Education*. McDonald Hopkins, 2016. augusztus 13.

<sup>9</sup> Ephrem K. Kwaa-Aidoo – Mathias Agbeko: *An Analysis of Information System Security of a Ghanaian University*. *International Journal of Information Security Science*, 7. (2018), 2. 90–99.

<sup>10</sup> A magyar felsőoktatás kizárólag a Neptunt alkalmazza, amelyet 1997-ben elsőként a BME-n vezettek be.

és olyan, rendszerint valamilyen csökkent képességet leíró egészségügyi adatokat is, amelyeknek a tanulmányok során szerepe lehet.<sup>11</sup>

Magyar viszonylatban az oktatók és kutatók adatai is nagy mennyiségű érzékeny adathalmazt jelentenek. Egy olyan incidens, amely a tanulmányi rendszer adatainak sérülését vagy nyilvánosságra kerülését eredményezné, az adott egyetem reputációját is jelentős mértékben ronthatná. Amennyiben jelentős mértékű adatsértés történne, az valószínűleg magával hozná a GDPR-ban meghatározott büntetési tétel érvényesítését, ami a legtöbb magyar egyetem esetében működésképtelenséget eredményezne. A tanulmányi rendszer adatainak elvesztése a legsúlyosabb következményekkel járna egy felsőoktatási intézmény számára. A tanulmányaikat folytató hallgatók tantárgy- és vizsgaeredményeinek elvesztése lehetetlenné tenné a követelmények teljesítésének ellenőrzését, nem lennének kiadhatók a korábbi diplomák, és kétségessé válna az államilag támogatott félévek elszámolása is. Bár az adatok egy része más forrásból pótolható lenne (például a befizetett tandíjak esetében) a tanulmányi rendszert ért végzetes incidens komoly reputációs veszteséget okozna.

A magyar egyetemek hallgatói és az oktatói létszámát a Felsőoktatási Információs Rendszerben (FIR) tartják nyilván, amely az 1. táblázat szerinti bontásban, 2021 januárjában több mint 2,5 millió személyes adatot tartalmazott.

1. táblázat: A FIR-ben tárolt személyes adatok száma 2021 januárjában

A magyar felsőoktatásban részt vevő hallgatók száma összesen:	1 832 965 fő
Hallgatói jogviszonnal rendelkezők száma 2021. január 14-én:	608 301 fő
A felsőoktatásban dolgozók száma összesen:	69 602 fő
A felsőoktatásban dolgozók száma jelenleg:	51 020 fő

Forrás: a szerző szerkesztése

A nagy mennyiségű adat kezelése különleges felelősséget ró az akadémiai szférára is. Több jogellenes adatkezeléssel kapcsolatos eljárás ismert,<sup>12</sup> amelyet a Nemzeti Adatvédelmi és Információs Hatóság (NAIH) indított az egyetemek hibás adatkezelési gyakorlata következtében.<sup>13</sup> Az informatikai incidensekkel kapcsolatos valós kép megismerését nagyban nehezíti, hogy annak ellenére, hogy azok bejelentése a NAIH felé kötelező, az a gyakorlatban ritkán történik meg.

<sup>11</sup> Az adatok részletes leírását a mindenkor adatkezelési tájékoztató tartalmazza. Egy példa: [www.kth.bme.hu/document/2148/original/Neptun\\_adatkezesi\\_tajekoztato.pdf](http://www.kth.bme.hu/document/2148/original/Neptun_adatkezesi_tajekoztato.pdf)

<sup>12</sup> NAIH/2020/54: Rendszeres szociális ösztöndíjakkal kapcsolatos adatkezelés a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen.

<sup>13</sup> NAIH-6298-2/2021: Állásfoglalás a koronavírus elleni védetség tényének felsőoktatási intézmény általi megismerhetőségéről, nyilvántarthatóságáról kollégiumi elhelyezés és egyetemi rendezvények kapcsán.

## 2.2. Oktatási rendszerek

A jelenléti oktatás kiváltására egyre több egyetem törekszik. A Covid-19 következtében, 2020-ban bevezetett kényszerintézkedések világossá tették, hogy az egyetemi kurzusok bizonyos területein az IKT-eszközökre alapozott távolléti rendszerű oktatás további fenntartása csökkentheti a hagyományos kontaktórák számát, miközben a hallgatók rugalmas időbeosztását is lehetővé teszi. A felsőoktatás oktatói számára a tananyagok elektronikus formára alakítása és LMS- (*Learning Management System*) rendszerekbe építése a járvány előtt is gyakran alkalmazott lehetőség volt, ezek alkalmazása a szektorban tömegessé vált. Jól látható, hogy a pandémia visszaszorulásával az oktatási folyamat nem tért vissza teljes egészében a régi, jelenléti oktatáshoz. A felnőttoktatásban és a levelező képzésben az elektronikus oktatási forma alkalmazásban maradt, és egyes intézmények a távolléti oktatási módszerek további alkalmazása mellett döntöttek.<sup>14</sup> A korábban jellemző szóbeli vizsgák helyét egyre inkább a gépi vizsgák vették át, amelyek néhány terület kivételével<sup>15</sup> nem voltak képesek a vizsgázó tudásának korábbi színvonalú mérésére, és a hangsúlyt az összefüggések felismeréséről és alkalmazásáról az egyes részletek felidézésére helyezték át. Az LMS-rendszerek sérülékenysége ugyanakkor lehetőséget ad a vizsgaeredmények módosítására, így azok motivációt jelenthetnek belső és külső támadók számára egyaránt.<sup>16</sup>

## 2.3. Kutatási adatok

A tudományos kutatás az akadémiai szféra intézményeinek egyik elsődleges tevékenysége. A kutatási adatok körébe a nyers és feldolgozott kutatási adatok, tudományos ismeretek, elemzések eredményei és a tudományos publikációk tartoznak.<sup>17</sup> A FireEye tanulmányában<sup>18</sup> a vállalati, kutatási és harmadik féltől származó adatokat, például az ipari együttműködések során az intézmények számára átadott adatokat minősíti kulcsfontosságúaknak. Giszczak kutatásában olyan projektekre is kitér, amelyekben egyetemi kutatások kormányzati együttműködésből származó adatokat használnak fel.

A tudományos eredmények ma már nem jöhetnek létre informatikai háttértámogatás nélkül. A kutatási adatok eltérő értékűek, kibervédelmi szempontból kiemelt figyelmet érdemelnek azok, amelyek főként gazdasági, ipari, pénzügyi területen olyan eredményeket tartalmaznak, amelyek a gazdasági élet szereplőit előnyösebb helyzetbe hozhatják. A magyar akadémiai szféra intézményeiben is folynak olyan kutatások, amelyek eredményeinek védelme nemzeti érdek, ezért egyes kutatási egységek nemzetbiztonsági védelem alatt állnak.<sup>19</sup> A felsőoktatás kiemelt védelme

<sup>14</sup> Pl. az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem esetében.

<sup>15</sup> A magyar online akkreditációval rendelkező nyelvvizsgák sikeresen működtek a járványhelyzet alatt is.

<sup>16</sup> Wee Ling Loo: *Student Hacking into University's Learning Management System to Save His Grades: A Cautionary Tale*. Singapore Management University, 2016.

<sup>17</sup> *Unit-Department for ICT and Joint Services in Higher Education and Research*. Technical Report, 2019.

<sup>18</sup> FireEye Inc.: *Why Cyber Attackers are Targeting Higher Education, and What Universities Can Do about It*. White Paper. 2015.

<sup>19</sup> 2009/2015. (XII. 29.) Korm. határozat a nemzetbiztonsági védelem alá eső szervek és létesítmények köréről.



nemzetközi viszonylatban is megjelenik, az ausztrál kormányzat az ország felsőoktatási intézményeit elsősorban a kritikus kutatási feladatokban vállalt szerepük miatt a kritikus infrastruktúra-elemek közé sorolja,<sup>20</sup> és kötelezi őket a besorolásnak megfelelő informatikai védelem kialakítására.

## 2.4. Működési adatok

Az egyetemek nagy költségvetésű intézmények, amelyek gazdasági tevékenysége az átláthatóság biztosítása érdekében nagyrészt nyilvános. A pénzügyekkel kapcsolatos feladatokat a legtöbb intézmény esetében akár egész igazgatóságok látják el. Emellett számos egyéb területet szabályoznak olyan törvényi előírások, amelyeket egységes elektronikus nyilvántartás hiányában nehéz kezelni. Ilyen rendszerek nélkül ezeket szigetszerű megoldásokra, saját fejlesztésű szoftverekre alapozzák, amelyeket hosszan lehetne sorolni a vegyszerraktárak nyilvántartásaitól a tűzjelző berendezések ellenőrzési jegyzőkönyvéig. A gazdasági terület legfontosabb rendszere, a HR- és gazdasági folyamatokat kezelő szoftver ma egy állami fenntartású változat. Az abban tárolt adatok biztonsága kizárólag adminisztratív, arra az üzemeltetővel szerződésben meghatározott garanciák érvényesek. Nem létezik kivonási stratégia, adatairól nem készíthetők helyi másolatok, de ha még volna is erre lehetőség, akkor sem lehetne azt mibe visszatölteni.

Egy centralizált rendszer alkalmazása ugyanakkor számos terhet vesz le az intézményről, a kommunikációs kapcsolat és a munkaállomás védelmének biztosításán túl a helyi informatikai személyzetnek nincs a rendszerrel kapcsolatos felelőssége.

## 3. Kiberfenyegetettség a felsőoktatásban

Számos egyetem szenvedett már el különböző típusú informatikai incidenseket. A média kibervédelemmel foglalkozó híreit nyomon követve érzékelhető, hogy egyre gyakrabban olvashatunk a szférát ért támadásokról. Ezek mennyiségi és súlyossági besorolásához, valamint statisztikai módszerekkel történő elemzésükhöz konkrét adatokra van szükség.

Nemzetközi viszonylatban több, elsősorban amerikai adatforrásokra támaszkodhatunk. Az ottani tendenciákból vonhatunk le következtetéseket a várható hazai változásokra is, de azok nem lesznek alkalmazhatók a különbségek figyelembevételével. Sajnos a különböző forrásokból származó adatok nem ugyanazt a képet rajzolják ki. Az Open Security Foundation szerint az összes biztonsági incidens 35%-a a felsőoktatásban történik.<sup>21</sup> Giszczak kutatása szerint 2016 első felében 50%-kal nőtt a felsőoktatási adatokkal kapcsolatos jogsértések száma. Munkájában bemutatja, hogy a reputációs veszteség megjelenik a kutatási támogatások és az adományok

<sup>20</sup> Australian Government Department of Home Affairs: *Security Legislation Amendment (Critical Infrastructure) Bill 2020. Explanatory Document.* (2020. november).

<sup>21</sup> FireEye (2015): i. m.

megszerzésében, amelynek mértékét rekordonként körülbelül 300 dolláros kárként azonosítja.

A [hackmageddon.com](https://www.hackmageddon.com)<sup>22</sup> havi bontásban közöl statisztikákat a szerkesztő által gyűjtött incidensekről, amelyek adatforrása is elérhető és tovább elemezhető. Ez a forrás sem teljes körű, de 2021 szeptemberéig közel 2000 eseményt és 72 adatszivárgást dokumentált. Adataiban elkülöníthetők az oktatási intézményeket érintő események részletei is. Ennek 2020-as adatai szerint a kibertámadások 7,8%-a irányult a teljes oktatási szektorra, ebből a szerkesztő 178-at sorolt a kiberbűnözés, és csak 3-at a kiberkémkedés kategóriájába.

Az oktatási intézmények vonatkozásában a vizsgálat alapjául a Privacy Rights Clearinghouse (PRC) adatbázisát választottam, amely 2021 októberében 9015 incidens adatait tartalmazta.<sup>23</sup> Az adatbázis kategóriákba sorolja az incidenseket elszenvedett szervezeteket és az incidensek típusát is. A szervezetek csoportosítása és a hozzájuk tartozó kódok az alábbiak:

- MED: egészségügy, egészségügyi szolgáltatók és kapcsolódó biztosítások;
- BSO: egyéb üzleti szolgáltatók;
- EDU: oktatási intézmények;
- BSF: üzleti és biztosítási szolgáltatók;
- GOV: kormányzat és hadsereg;
- BSR: kis- és nagykereskedők, online boltok;
- UNKN: ismeretlen;
- NGO: nonprofit intézmények.

Az egyes incidenstípusok:

- HACK: feltörés vagy rosszindulatú szoftver alkalmazása;
- DISC: véletlen nyilvánosságra hozatal;
- PORT: elvesztett vagy kidobott eszköz (laptop, telefon CD/DVD stb.);
- PHYS: papíralapú dokumentum elvesztése, ellopása;
- STAT: nem hordozható számítógép elvesztése, ellopása;
- UNKN: ismeretlen;
- INSD: belső munkatárs által okozott incidens;
- CARD: nem internetes bankkártyacsalás.

A PRC adatainak elemzésével megállapítható az oktatási intézmények incidenseinek jellege, és azok összehasonlíthatók más szektorokéval. A 2. táblázat alapján látható, hogy az összes incidens 9,4%-a az oktatási intézményekben történik, amivel ez a szektor a harmadik helyen szerepel a gyakorisági listán, megelőzve a biztosítási szolgáltatókat, a kormányzatot és a hadsereget is.

<sup>22</sup> Hackmageddon. Lásd: [www.hackmageddon.com/2021/01/13/2020-cyber-attacks-statistics/](https://www.hackmageddon.com/2021/01/13/2020-cyber-attacks-statistics/)

<sup>23</sup> Lásd: <https://privacyrights.org/data-breaches>

2. táblázat: A PRC incidenseinek szektorális eloszlása

	HACK	DISC	PORT	PHYS	STAT	UNKN	INSD	CARD	#N/A	SUM	%
MED	925	1072	463	1394	107	38	254	1	89	4343	48,20
BSO	618	116	137	61	22	23	63	5	0	1045	11,60
<b>EDU</b>	<b>290</b>	<b>239</b>	<b>138</b>	<b>61</b>	<b>48</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>848</b>	<b>9,40</b>
BSF	213	123	161	64	27	74	101	24	0	787	8,70
GOV	148	225	170	104	24	30	80	0	0	781	8,70
BSR	301	71	66	38	16	21	73	37	0	623	6,90
UNKN	0	0	0	0	0	469	0	0	0	469	5,20
NGO	38	15	37	11	5	4	9	0	0	119	1,30
SUM										9015	100,00

Forrás: a szerző szerkesztése

Az amerikai egyetemek a jogszabályi különbségekből adódóan a hazaitól eltérő adatkezelést valósítanak meg. A könnyen értékesíthető adatok körébe főleg a bankkártyák engedély nélküli felhasználásához kapcsolódó adatok és az SSN (*Social Security Number*) tartoznak. A magyar egyetemek többségükben nem tárolnak bankkártyaadatokat, és mivel a személyi szám is csak korlátozott ügýtípusok esetén alkalmazható, a személyes adatok kiszivárgásának hazánkban kevesebb esetben voltak súlyos, a sértett személy számára közvetlenül érzékelhető anyagi következményei. Ugyanez nem mondható el a célzott támadások és a belső munkatársak által okozott adatsértésekről, valamint reputációs veszteségekről. A szerző gyakorlatában az egyik legnagyobb kárértékű példa egy célzott megtévesztő levél helytelen kezelésével indult, amelyet több egyetem munkatársa is valósnak vélt, és módosította egy beszállítójának bankszámlaszámát a gazdasági rendszerében. Emiatt annak havidíjait később már a csalók számlájára utalták át. A legnagyobb anyagi kárt viszont egy ügyintéző okozta, aki a tanulmányi rendszer manipulálásával közel tíz éven át volt képes hallgatói tandíjak elsikkasztására. Kisebb kárértékű, de nagyobb reputációs veszteségű esetek több alkalommal is történtek: 2008-ban a Veszprémi Egyetemről 1717 hallgató adatainak szivárgását jelentették, amelyek a Google-keresésekben is megjelentek.<sup>24</sup> A Pázmány Péter Katolikus Egyetem (PPK) tanulmányi rendszerét 2020-ban egy zsarolóvírus tette átmenetileg elérhetetlenné.<sup>25</sup>

#### 4. A felsőoktatási rendszerek különbözősége

A felsőoktatási rendszerekkel szemben támasztott védelmi követelmények szoros szabályozása nemzetközi viszonylatban sem jellemző, a szakirodalom csak néhány törekvést említ ennek megváltoztatására. Az Amerikai Egyesült Államokban sem létezik átfogó, a felsőoktatásra szabott jogi környezet, az informatikai rendszerekkel

<sup>24</sup> Vámosi Gergő: Ezerhétszáz hallgató adatait veszítette el a veszprémi egyetem. *Origo*, 2008. december 10.

<sup>25</sup> Zsarolóvírus-támadás érte a Pázmányt, leállt a Neptun. *HVG.hu*, 2020. április 24.

kapcsolatos szabályzást több, különböző területet lefedő jogszabály valósítja meg úgy, hogy azok államonként is eltérhetnek. A tanulói adatok védelme az európai gyakorlatnál sokkal régebbre nyúlik vissza: az USA Oktatási Minisztériuma a Family Educational Rights and Privacy Act-ben<sup>26</sup> (Családi oktatási jogok és adatvédelmi törvény, FERPA) szabályozza a tanulói adatkezeléssel kapcsolatos előírásokat. Ennek hatálya kiterjed minden olyan általános, középiskolai vagy felsőoktatási intézményre, valamint minden olyan állami vagy helyi oktatási intézményre, amely az Egyesült Államok oktatási minisztériumának valamely vonatkozó programja keretében pénzeszközöket kap. Azok az iskolák, amelyek nem tartják be a FERPA szabályait, a szövetségi finanszírozás elvesztését kockáztatják.

Magyarországon sincs kifejezetten felsőoktatásra szabott szektorspecifikus jogszabályi keret, így az informatikai működést pusztán az általános szabályzók mentén kell biztosítani. A személyes adatok védelméről szóló általános GDPR mellett a legfontosabbak a 2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról,<sup>27</sup> de a szektorra nézve fontosak a Btk. vonatkozó részei is. A felsőoktatás általánosságban, néhány kutatási terület kivételével nem tartozik a 2013. évi L. törvény és annak végrehajtási rendeletének hatálya alá, a kezelt adatok mennyisége alapján így nehezen indokolható kontraszt érzékelhető egy vidéki önkormányzat és egy egyetem működési keretei között.

A szabályzás megengedő jellege mellett a felsőoktatás IT-rendszereit olyan speciális környezetben kell működtetni, amelyet szinte egyetlen más intézménytípusban sem találhatunk meg.

#### 4.1. Egyetemi kultúra

Az egyetemi környezetet az oktatói és kutatói szabadság mellett a nyitottság jellemzi, amely esetenként konfliktust generál az informatikai üzemeltetést végző személyzet és az oktató-kutató munkatársak között. Dadkah a kutatókat érő kibertámadások vizsgálatával kapcsolatban tesz erről említést,<sup>28</sup> de a szerző személyes tapasztalatai is egybeesnek ezzel. A FireEye fehér könyve<sup>29</sup> a biztonsági eszközök korlátozó hatását emeli ki, amely akadályozza az információhoz való hozzáférést. Az oktatók és kutatók nyomást gyakorolnak az egyetemi vezetésre a biztonsági intézkedések fellazítása érdekében, ugyanakkor egy esetleges incidens esetén az üzemeltetést okolhatják. Ezt a jelenséget Adams már 2003-ban megfogalmazza, és a kultúrák összeütközésének (*clash of cultures*) nevezi.<sup>30</sup>

Az informatikai védelem gyengítését célzó törekvések számos ponton jelennek meg, amelyek hosszasan sorolhatók lennének. A jelszóképzési szabályok kritizálása, a körülményes *secure printing* kötelezettsége alóli kibújás olyan szervezeti egységeknél

<sup>26</sup> Lásd: <https://studentprivacy.ed.gov/node/548/>

<sup>27</sup> Lásd: <https://njt.hu/jogszabaly/2011-112-00-00.29>

<sup>28</sup> Anne Adams – Ann Blandford: Security and Online Learning: To Protect or Prohibit. In Claude Ghaoui (szerk.): *Usability Evaluation of Online Learning Programs*. London, Idea, 2003. 331–359.

<sup>29</sup> FireEye (2015): i. m.

<sup>30</sup> Adams–Blandford (2003): i. m.

is megjelenik, amelyek bizalmas dokumentumok tömegét kezelik. A távoli munka biztosítása érdekében bevezetett bonyolultabb VPN-kliensek alkalmazási kényszere is számos kritikát kap. Tipikus a kutatási feladatok ellátására pályázati forrásból beszerzett szerverek fizikai birtoklási vágya, amelyeket egyszerű irodákban, megfelelő fizikai védelem nélkül, helyi amatőr rendszergazdákkal üzemeltetnek, és a külső adatcserék érdekében az internet irányában elérhetővé tesznek. A saját tulajdonú eszközök alkalmazása a felsőoktatásban különösen jellemző, és ezek a legfeljebb részlegesen felügyelt, a családtagokkal közös használatú gépek különösen nagy kockázatot jelentenek.

Az informatikai üzemeltetés szervezeti felépítésben elfoglalt helye is meghatározó. Azok az egyetemek, amelyekben ezt a szervezeti egységet túl alacsony szintre helyezik, lehetővé teszik más egységek számára, hogy a hierarchia okán tekintse szigorúan kötelezőnek az informatikai szakemberek előírásait. Az egységes informatikai koncepció és üzemeltetés nehezen tartható fenn azokon az egyetemeken, amelyek lehetővé teszik a különböző szervezeti egységek számára önálló informatikus foglalkoztatását, mivel ők csak önkéntes alapon működnek együtt a többi üzemeltetővel. Amennyiben a szeparáció elengedhetetlen, inkább a hierarchikus modell kialakítására érdemes törekedni.

A nyilvánosság igénye nem csak az egyetemi kultúra következménye. A közintézmények esetében megkövetelt átláthatóság a nyílt forráskódú felderítés (*Open Source Intelligence*, OSINT) aranybányája, amely nagyban növeli egy célzott támadás megtervezését és sikerét. A nyílt adatok közt gyakran szerepelnek szabályzatok, szerződések, beszállítók és számos más olyan információ, amelyet egy potenciális támadó az intézmény belső működésének, eszközparkjának felderítésére használhat fel.<sup>31</sup> Amennyiben egy ilyen személy számára ismert a célintézmény eszközparkja, a már említett CVE-adatbázis alapján képes azonosítani azok sérülékenységeit, ami egy támadás sikerét sokkal valószínűbbé teszi.

## 4.2. Információbiztonsági tudatosság

Egy hagyományos szervezettel szemben a felsőoktatási intézmények hallgatósága évről évre változik. A végzett hallgatók elhagyják az intézményt, és helyüket egy új évfolyam váltja fel. Az új hallgatók számára szolgáltatások tömegét kell biztosítani úgy, hogy azok nyilvános hozzáférhetősége biztonsági kockázatot jelent. Al-Janabi és Al Shourbaji kutatásában<sup>32</sup> a közel-keleti oktatási intézmények hallgatói körében meglevő információbiztonsági hiányosságokra mutat rá. Ennek fő okai közt a biztonsági követelmények betartásának elmulasztását, az általános ismeretek hiányát, a felhasználók kockázatos viselkedését és meggyőződéseit és a technológia nem megfelelő használatát jelölték meg.

<sup>31</sup> Egy példa az intézmény által vásárolt eszközök nyilvánosságára: <https://ekr.gov.hu/portal/kozbeszerzes/eljarasok/EKR000934752018/reszletek>

<sup>32</sup> Samaher Al-Janabi – Ibrahim Al-Shourbaji: A Study of Cyber Security Awareness in Educational Environment in the Middle East. *Journal of Information & Knowledge Management*, 15. (2016), 1. 1650007.

A social engineering támadások az egyetemi környezetben is sikeresnek bizonyultak.<sup>33</sup> Wangen és szerzőtársai egy egyetemi felmérésben naponta regisztráltak sikeres social engineering biztonsági incidenst. A felmérésben részt vevők 48%-a tapasztalt már személyre szabott támadást, és 22%-uk jelezte, hogy tudomása van olyan esetről, amikor valaki ilyen támadás áldozatává vált. Eltérő metodikával magyar egyetemi környezetben is történt hasonló felmérés. Az Eszterházy Károly Egyetemen végzett tesztben az 1750 egyetemi dolgozó számára küldött megtévesztő levél csatolmányát két óra alatt 969-en töltötték le (55,3%), egy csaló jelszóellenőrző weboldalon 304-en (17,3%) adták meg a jelszavukat.<sup>34</sup> Az alacsony információbiztonság-tudatossági szint oka az informatikai eszközökhöz való viszonyulás, következményei pedig a folyamatosan visszatérő jelszósértések és alapvető adatbiztonsági tevékenységek elmulasztása voltak.

### 4.3. Erőforrások és vezetői támogatás

A FireEye fehér könyvében<sup>35</sup> rávilágít arra, hogy az egyetemi rendszergazdák számára komoly kihívást jelent egy több kampuszra kiterjedő nagy méretű hálózat fenntartása és védelme. A legnagyobb problémát talán a rendelkezésre álló erőforrások hiánya jelenti. Az informatikai rendszerek védelmét nem lehet megfelelő eszközök és szoftverek nélkül megoldani. A szűkös saját költségvetéssel rendelkező, többségében pályázati forrásokból építkező egyetemeknek nincs lehetőségük modern kiszolgáló eszközpark és védelmi megoldások beszerzésére. Bár egyes pályázatok költségvetése lehetővé teszi bizonyos rendszerelemek bővítését, de egyetemi szintű, koncepcionális fejlesztés megvalósítására csak ritkán nyílik lehetőség. Ez annak ellenére van így, hogy a kutatások pályázati támogatása is az informatikai rendszerek működőképességén, a pályázati adatok védelme az informatikai rendszerek biztonságán alapul.

Az informatikai eszközpark mellett az üzemeltetést végző személyzet rendelkezésre állása és szaktudása is komoly problémát jelent az egyetemek számára. A gazdasági szféra elszívó ereje, az alacsony bérek, a távolléti munkavégzés lehetősége nem teszi vonzóvá az akadémiai szférát. Általános a másodállások létesítése, saját vállalkozások indítása a hiányzó bevételek pótlására. Megfigyelhető, hogy egyre kevesebben tartják vonzó munkahelynek az akadémiai szféra intézményeit, nagyban csökken az ott munkát keresők száma, ami hosszú távon a szakértelem eltűnéséhez vezet.

Az anyagi erőforrások hiányának egy másik következménye a saját kényszermegoldások kifejlesztése. Ezek a rendszerint webalapú szoftverek erősítik az egymással nem kommunikáló, szigetszerű rendszerek elburjánzását, így több veszélyt is magukban hordoznak. Mivel egy részüket az adott terület valamelyik munkatársa díjazás nélkül, szabadidejében fejleszti, távozásával a támogatás is megszűnik. Esetenként ezek a munkatársak amatőr programozók, akik nem feltétlenül ismerik a védelmi

<sup>33</sup> Gaute Wangen et al.: *Unrecorded Security Incidents at NTNU 2018 (Mørketallsundersøkelsen ved NTNU 2018)*. Bachelor's Thesis. Trondheim, Sweden, NTNU Open Gjøvik, 2019.

<sup>34</sup> Koczka Ferenc: Információbiztonsági teszt az Eszterházy Károly Egyetemen. In *Networkshop 2018 konferenciakiadvány*. Budapest, Hungarnet Egyesület, 2018. 4–14.

<sup>35</sup> FireEye (2015): i. m.

megoldásokat, így alapvető biztonsági követelményeket hagynak figyelmen kívül. Ennek következtében a távoli hozzáférést is biztosító rendszereik kockázatot jelentenek, miközben a hierarchiában esetleg alattuk elhelyezkedő informatikai üzemeltetés nem tudja megakadályozni a működésüket. Hasonló helyzeteket teremthet a hallgatói munka keretében fejlesztett szoftverek bevezetése is.

Az informatikai biztonság megvalósításában meghatározó szerepe van a vezetői akaratnak. Az informatikai incidensek felelősségét az intézmények vezetői viselik, így a védelem támogatása elemi érdekük. Több magyar egyetem számára az ehhez szükséges anyagi erőforrások biztosítása lehetetlen feladat, de az informatikai biztonság humán oldalának megvalósításában nyújtott támogatásuk kulcsfontosságú. Az akadémiai szféra intézményeiben ez a támogatás jelenleg különböző mértékben jelenik meg.

## 5. Összefoglalás

A felsőoktatási informatikai rendszerek informatikai kérdéseivel kapcsolatban kevés tudományos igényű szakirodalom áll rendelkezésre. Az egyetemek speciális informatikai környezetét főleg amerikai, norvég, maláj és kínai források tárgyalják, így megalapozott megállapítások főleg erre a régióra vonatkoztatva tehetők. Tudományos igényű magyar forrást a témában a szerző eddig nem lelt fel.

A tág értelemben vett informatikai védelem terén az egyetemek nemzetközi és magyar viszonylatban több hasonlóságot mutatnak, így a nemzetközi tendenciák változását valószínűleg a hazaiak is követik majd. Ugyanakkor több ponton is eltérések érzékelhetők, amelyekre vonatkozó megállapításaimat magyar szakirodalmi források hiányában személyes tapasztalataimra alapozva tettem meg. A magyar egyetemek esetében nem látszik jelentős különbség a kezelt adatok széles körében, a jogszabályi háttér viszonylagos megengedő jellegében és az egyetemekre szabott jogszabályok hiányában. Komolyabb különbség merül fel a károkozásra közvetlenül alkalmas adatelemek terén, SSN-típusú és bankkártyaadatok a hazai rendszerekben sokkal kisebb mennyiségben fordulnak elő. Nemzetközi viszonylatban a legnagyobb értékű és a legnagyobb kockázati tényezőzt is a hallgatói és dolgozói adatok jelentik. Az alkalmazandó rendszerek terén a hazai előírások több megkötést tartalmaznak, a kormányzat meghatározza a gazdasági és a tanulmányi rendszert.

Az oktatói és kutatói terület által generált védelmi problémák viszont közel azonosnak tűnnek, amelyekre a szakirodalom is hivatkozik.

A kiberfenyegetések azonosítására nem állt rendelkezésre olyan mennyiségű magyar adat, amely lehetővé tenné a nemzetközi összehasonlítást. Főként amerikai adatok elemzésével kimutattam, hogy az oktatási szektor az informatikai incidensek területén a harmadik legveszélyeztetettebb terület, és megállapításokat tettem az egyes incidenstípusok jelenlétének gyakoriságára is.

A fejlett országokban a szféra fő problémái az egyetem nyitott kultúrája, az informatikai veszélyhelyzetek felismerésének hiánya, a vezetői támogatás problémái, a saját használatú eszközök és a finanszírozási kérdések köré csoportosulnak. A fejlődő országok egyetemei esetében ezek a problémák fokozottan jelentkeznek.



Összességében megállapítható, hogy a szféra kutatása magyar viszonylatban jórészt feldolgozatlan terület, amelyben számos kérdés merül fel, amelyekre nem született tudományos igényű válasz.

## Felhasznált irodalom

- Adams, Anne – Ann Blandford: Security and Online Learning: To Protect or Prohibit. In Claude Ghaoui (szerk.): *Usability Evaluation of Online Learning Programs*. London, Idea, 2003. 331–359. Online: <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-105-6.ch018>
- Al-Janabi, Samaher – Ibrahim Al-Shourbaji: A Study of Cyber Security Awareness in Educational Environment in the Middle East. *Journal of Information & Knowledge Management*, 15. (2016), 1. 1650007. Online: <https://doi.org/10.1142/S0219649216500076>
- Australian Government Department of Home Affairs: *Security Legislation Amendment (Critical Infrastructure) Bill 2020. Explanatory Document*. 2020. november. Online: <https://doi.org/10.31915/NWS.2018.1>
- Ballard, Paul J.: *Measuring Performance Excellence: Key Performance Indicators for Institutions Accepted into the Academic Quality Improvement Program (AQIP)*. PhD-értekezés. Kalamazoo, MI, Western Michigan University, 2013.
- FireEye Inc.: *Why Cyber Attackers are Targeting Higher Education, and What Universities Can Do about It*. White Paper. 2015.
- Giszczak, James J. – Dominic A. Paluzzi: *Pass or Fail? Data Privacy and Cybersecurity Risks in Higher Education*, McDonald Hopkins, 2016. augusztus 23. Online: <https://mcdonaldhopkins.com/Insights/August-2016/Pass-or-fail-Data-privacy-and-cybersecurity-risks>
- Koczka Ferenc: Információbiztonsági teszt az Eszterházy Károly Egyetemen. In *Networkshop 2018 konferenciakiadvány*. Hungarnet Egyesület, Budapest, 2018. 4–14. Online: <https://doi.org/10.31915/NWS.2018.1>
- Kwaa-Aidoo, Ephrem K. – Mathias Agbeko: An Analysis of Information System Security of a Ghanaian University. *International Journal of Information Security Science*, 7. (2018), 2. 90–99.
- Loo, Ling Wee: *Student Hacking into University's Learning Management System to Save His Grades: A Cautionary Tale*. Singapore Management University, 2016. Online: [https://ink.library.smu.edu.sg/cases\\_coll\\_all/172/](https://ink.library.smu.edu.sg/cases_coll_all/172/)
- NAIH-6298-2/2021: *Állásfoglalás a koronavírus elleni védetség tényének felsőoktatási intézmény általi megismerhetőségéről, nyilvántarthatóságáról kollégiumi elhelyezés és egyetemi rendezvények kapcsán*. Online: <https://naih.hu/adatvedelmi-allasfoglalasok/file/417-allasfoglalas-a-koronavirus-elleni-vedettseg-tenyenek-felsooktatasi-intezmeny-altali-megismerhetosegerol-nyilvantarthatosagarol-kollegiumi-elhelyezes-es-egyetemi-rendezvenyek-kapcsan>
- NAIH/2020/54: *Rendszeres szociális ösztöndíjakkal kapcsolatos adatkezelés a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen*. Online: <https://naih.hu/hatarozatok-vegzesek/file/325-1-rendszerez-szocialis-osztondijakkal-kapcsolatos-adat>

kezeles-a-budapesti-muszaki-es-gazdasagtudomanyi-egyetemen-modositasok-kal-egyseges-szerkezetben

- Rahim, Nazahah – Zaleha Othman – Fathilatul Zakimi Hamid: Cyber Security and the Higher Education Literature: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12. (2020), 12. Online: [www.ijcc.net/images/vol12/iss12/121282\\_Rahim\\_2020\\_E\\_R.pdf](http://www.ijcc.net/images/vol12/iss12/121282_Rahim_2020_E_R.pdf)
- Ulven, Joachim B. – Gaute Wangen: A Systematic Review of Cybersecurity Risks in Higher Education. *Future Internet*, 13. (2021), 39. 1–40. Online: <https://doi.org/10.3390/fi13020039>
- Unit-Department for ICT and Joint Services in Higher Education and Research. Technical Report, 2019. Online: [www.jstor.org/stable/pdf/26441233.pdf?ab\\_segment-s=0%2Fbasic\\_search\\_gsv2%2Fcontrol&refreqid=fastly-default%3A5966892c9e805357cc27fd4374cc012d](http://www.jstor.org/stable/pdf/26441233.pdf?ab_segment-s=0%2Fbasic_search_gsv2%2Fcontrol&refreqid=fastly-default%3A5966892c9e805357cc27fd4374cc012d)
- Vámosi Gergő: Ezerhét száz hallgató adatait vesztette el a veszprémi egyetem. *Origo*, 2008. december 10. Online: [www.origo.hu/techbazis/20081210-1717-hallgato-adatait-vesztette-el-a-veszpremi-egyetem.html](http://www.origo.hu/techbazis/20081210-1717-hallgato-adatait-vesztette-el-a-veszpremi-egyetem.html)
- Wangen, Gaute – Even Ø. Brodin – Bent H. Skari – Christopher Berglind: Unrecorded Security Incidents at NTNU 2018 (*Mørketallsundersøkelsen ved NTNU 2018*). Bachelor's Thesis. Trondheim, Sweden, NTNU Open Gjøvik, 2019.
- Zsarolóvírus-támadás érte a Pázmányt, leállt a Neptun. *HVG.hu*, 2020. április 24. Online: [https://hvg.hu/tudomany/20200424\\_pazmany\\_peter\\_katolikus\\_egyetem\\_zsarolovirus\\_neptun\\_tanulmanyi\\_rendszer\\_szakdolgozat\\_leadasi\\_hatarido](https://hvg.hu/tudomany/20200424_pazmany_peter_katolikus_egyetem_zsarolovirus_neptun_tanulmanyi_rendszer_szakdolgozat_leadasi_hatarido)

### Jogi források

2011. évi CCIV. törvény a nemzeti felsőoktatásról
2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról
- 41/2015. (VII. 15.) BM rendelet az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról szóló 2013. évi L. törvényben meghatározott technológiai biztonsági, valamint a biztonságos információs eszközökre, termékekre, továbbá a biztonsági osztályba és biztonsági szintbe sorolásra vonatkozó követelményekről
- 2009/2015. (XII. 29.) Korm. határozat a nemzetbiztonsági védelem alá eső szervek és létesítmények köréről



Grégory Lucas,<sup>1</sup> Gergely László,<sup>2</sup> Csaba Lénárt,<sup>3</sup>  
József Solymosi<sup>4</sup>

## Review of Remote Sensing Technologies for the Acquisition of Very High Vertical Accuracy Elevation Data (DEM) in the Framework of the Precise Remediation of Industrial Disasters – Part 1

In the last 10 years, the technological developments have changed the paradigm in remote sensing science. Nowadays, very diverse technologies can be employed to capture and/or extract very accurate terrain elevation data and prepare digital elevation models. This article aims at reviewing the existing remote sensing technologies which could support disaster remediation (by excavation of the soil) with very accurate elevation data acquisition. Ground based technologies (like terrestrial laser scanning, InSAR and SfM) and airborne technologies (airborne laser scanning [ALS], UAV photogrammetric approach, UAV with LiDAR) are reviewed. Their capacities are examined according to the following technical criteria: spatial efficiency, point density, accuracy and applicability in disaster situation.

**Keywords:** remote sensing, DEM, industrial disaster, remediation, LiDAR, photogrammetry, UAV, accuracy

<sup>1</sup> PhD candidate, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering; Envirosense Hungary Ltd., e-mail: [gregory.luc4s@gmail.com](mailto:gregory.luc4s@gmail.com)

<sup>2</sup> PhD candidate, Institute of Geoinformatics, Alba Regia Technical Faculty, Óbuda University, e-mail: [laszlo.gergely@amk.uni-obuda.hu](mailto:laszlo.gergely@amk.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> PhD, Professor, University of Debrecen, Remote Sensing Service Centre, e-mail: [lenart.csaba@unideb.hu](mailto:lenart.csaba@unideb.hu)

<sup>4</sup> PhD, Professor, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering, e-mail: [Solymosi.Jozsef@uni-nke.hu](mailto:Solymosi.Jozsef@uni-nke.hu)

## 1. Introduction

Eleven years ago, on 6 October 2010, Hungary was facing one of the most terrible industrial disasters of its history with the Kolontár red sludge event. Since then, technology has evolved and researches were done on how to handle the remediation work more efficiently. Advantage could have been taken from the existence of geographic information prepared with remote sensing techniques; the preparation of a detailed digital remediation plan and its implementation in the field with navigation technologies and machine control technologies.

This article is the first one of a series of two articles. It provides a general description of the remote sensing technologies and details their capacities. The second article is more specific to the remediation approach by excavation and will really focus on technical problem raised by the foreseen approach.

Varied approaches, based on different kinds of technologies used on diverse carrying platforms are nowadays available, allowing generating DEMs at different scales with different levels of accuracy.<sup>5</sup> The acquisition can be done from the air from different kinds of platforms: with a UAV holding LiDAR, with UAV holding camera or also with airborne laser scanner (ALS) on-board aircrafts. The acquisition can also be ground based with terrestrial laser scanning (TLS) and interferometric synthetic aperture radar (InSAR).<sup>6</sup> What will matter in our case are the advantages of a technology in the context of disaster response and the accuracy of the final DEM product.

First, we give comprehensive information about the qualitative attributes of DEMs. Then, each chapter presents one technology. Literature details six different methods that are routinely used for DTM production. We examine their efficiency and accuracy. Last we conclude about the advantages and disadvantages it offers in the specific scopes of our study.

## 2. Important concepts related to the technologies and the framework

### 2.1. Quality criterion for characterising elevation data

The quality of elevation data can be approached using several criteria.

Vertical accuracy is the principal criterion in specifying the quality of elevation data.<sup>7</sup> Horizontal accuracy is another important characteristic for elevation data; however, it

<sup>5</sup> Oluibukun G Ajayi, Akporode A Salubi, Alu F Angbas and Mukwede G Odigure, 'Generation of accurate digital elevation models from UAV acquired low percentage overlapping images', *International Journal of Remote Sensing* 38, no 8–10 (2017), 2029–2036; Ivan Lizarazo, Víctor Angulo and Jorge Rodríguez, 'Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery', *International Journal of Remote Sensing* 38, no 8 (2017), 2603–2622; Zhilin Li, Qing Zhu and Christopher Gold, *Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology* (Boca Raton: CRC Press, 2005).

<sup>6</sup> Michel Jaboyedoff et al, 'Use of LiDAR in landslide investigations: a review', *Natural Hazards* 61 (2012), 5–28.

<sup>7</sup> ASPRS Guidelines, *Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data*, 2004; Xiaoye Liu, Zhenyu Zhang, Jim Peterson and Shobhit Chandra, 'The effect of LiDAR data density on DEM accuracy', *MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability*, 10–13 December 2007.

is largely controlled by the vertical accuracy requirement.<sup>8</sup> If a very high vertical accuracy is required then it will be essential for the data producer to maintain a very high horizontal accuracy.<sup>9</sup> This is because horizontal errors in elevation data normally, but not always, contribute significantly to the error detected in vertical accuracy tests.<sup>10</sup>

Other main criteria like density and distribution of source data are mentioned.<sup>11</sup> Generally speaking, the more accurate and the denser the sampled terrain data are, the more accurate the produced DEM will be.<sup>12</sup> On the opposite, with a reduction in data a more manageable and operationally sized terrain dataset is possible.<sup>13</sup> This last point has to be considered for the terrain model embedded on-board the grading control system for its flowless functioning.

Liu also mentions the importance of the interpolation algorithm for the DEM generation.<sup>14</sup> Even if we are not willing to produce a DEM but instead a TIN, the situation has some similarities and we have to be sure the TIN conversion process is keeping the proper distribution of point density and accuracy; consequently, hereafter we examine and develop a little this issue. TINs are typically used for high-precision modelling of smaller areas, such as in engineering applications, where they are useful because they allow calculations of planimetric area, surface area and volume.<sup>15</sup> The input features used to create a TIN remain in the same position as the nodes or edges in the TIN. This allows a TIN to preserve all the precision of the input data while simultaneously modelling the values between known points.<sup>16</sup> Because nodes can be placed irregularly over a surface, TINs can have a higher resolution in areas where a surface is highly variable or where more detail is desired and a lower resolution in areas that are less variable.<sup>17</sup> In summary TIN models gather and offer all the requested advantages in our case as the mass points and edges will not be touched and accuracy remains unchanged. Also, the point density can be adapted in order to have sufficient point density in irregular areas and sufficient data reduction in flat areas; conciliating best accuracy and density for terrain description and efficiency for the on-board system processing.

## 2.2. Applicability of the technology in the field condition

If the qualitative aspects evocated above are important, the applicability is also a very important criterion to assess. Disasters often provoke the release of hazardous

<sup>8</sup> ASPRS Guidelines, 'Vertical'.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> Liu, 'The effect of LiDAR'.

<sup>12</sup> Ibid.

<sup>13</sup> Xiaoye Liu, 'Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues', *Progress in Physical Geography* 32, no 1 (2008), 31–49; Vaclav Petras, Anna Petrasova, Justyna Jeziorska and Helena Mitasova, 'Processing UAV and LiDAR point clouds in GRASS GIS', *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLI-B7 (2016), 945–952.

<sup>14</sup> Liu, 'The effect of LiDAR'.

<sup>15</sup> ESRI, 'What is a TIN surface?', s. a.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Ibid.

substance(s), or disturb the environment making it potentially dangerous. The applicability of the measurements approach should be evaluated in this respect.

### 3. Review of remote sensing technologies

#### 3.1. Airborne laser scanning (ALS)

Airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) also called Airborne Laser Scanning (ALS) is a method employing a laser beam emitted from the sensor to the ground (active remote sensing technique). The times of travel between the emission and the several returns of the laser beam are recorded by the system controller. Point cloud data is derived and used for the interpolation and generation of terrain model (TIN, DEM, etc.). Today airborne laser scanning is one of the most effective and reliable means of terrain data collection.<sup>18</sup> ALS surveys are typically designed to have a dense and evenly distributed LiDAR point density over large areas.<sup>19</sup> Large surfaces can be confidently scanned with high efficiency, high accuracy, high density (up to an average of 30–35 point/m<sup>2</sup>) and high reliability.<sup>20</sup>

The accuracy of the laser ranging has actually only a limited effect compared to the accuracy of the whole system.<sup>21</sup> The processing of the points also contributes significantly to the achieved accuracy. The coordinate system transformations, the distance of the GNSS base station(s) to the LiDAR system during acquisition, the system calibration, the data alignment after flight to minimise IMU errors, the accuracy of the surveyed control points, how the point cloud is processed using those control points, all of these factors (and others) in total contribute to the actual measurable error in the final deliverable.<sup>22</sup> Axelsson demonstrated that DEMs with very high density (> 1 pt/m<sup>2</sup>) and accuracy (mean error of less than 0.05 m) are possible to reach on well-defined surfaces, with appropriated calibration and a flying height of 350 m.<sup>23</sup> Tully mentions a 5 cm absolute accuracy reached with a system with 2.5 cm accuracy flown at an unusual low altitude (150 meters above ground with helicopter).<sup>24</sup> From the references gathered and geodetic equipment limitation (with 2 cm vertical accuracy with RTK L1 & L2), a 5–6 cm absolute vertical accuracy seems a realistic limit.

<sup>18</sup> Murat Uysal and Nizar Polat, 'Investigating Performance of Airborne Lidar Data Filtering with Triangular Irregular Network (TIN) Algorithm', *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-7* (2014), 199–202; Xiaoye Liu and Zhenyu Zhang, 'Lidar data reduction for efficient and high quality DEM generation', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII*, Part B3b (2008).

<sup>19</sup> Christopher W Bater and Nicholas C Coops, 'Evaluating error associated with LiDAR-derived DEM interpolation', *Computers & Geosciences* 35, no 2 (2009), 289–300.

<sup>20</sup> Liu, 'Lidar data reduction'.

<sup>21</sup> Mike Tully, 'Just How Accurate is LiDAR?', 2012.

<sup>22</sup> Ibid.

<sup>23</sup> Peter Axelsson, 'DEM generation from laser scanner data using adaptive tin models', *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXXIII*, Part B3 (2000), 85–92.

<sup>24</sup> Tully, 'Just how accurate'.



### 3.2. UAV imagery and photogrammetry

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have seen an exponential progress in the last decades, thanks to their ability to perform complex tasks on terrain difficult to approach.<sup>25</sup> The technique can provide point cloud data comparable in density and accuracy to those generated by terrestrial and airborne laser scanning at a fraction of the cost.<sup>26</sup>

This technique achieves the best accuracy by using an UAV equipped with GPS/INS device and a camera. Using the external orientations collected by the couple GPS/INS, aerial triangulation software and the images collected, it is possible to calculate the precise external orientation of the images. From the correctly positioned images a dense point cloud can be extracted by dense point matching technique. Finally, the cloud point can be converted in a triangular irregular network (TIN).

The common processing pipeline for the DEM generation depends on several factors such as overlapping, flight altitude, camera resolution, etc. Variations in these parameters affect the final accuracy of the model obtained and many works<sup>27</sup> have analysed the effects of each of them. As a general rule, the horizontal relative accuracy is considered to be two times the GSD and the vertical relative accuracy is three times the GSD. As a rule of thumb, the absolute vertical accuracy of a map will be around three times worse than its absolute horizontal accuracy.<sup>28</sup> Pix4D source mentions 3 times the GSD.

In a white paper we found that in average 2/3 of the test points lie within 2 GSD and 3/4 of the test points are within 3 GSD, reaching the same level as best possible results theoretically achievable with any photogrammetry method, even when using lower quality UAV imagery (Pix4D white paper). Ajayi tested the accuracy of DEM produced from low percentage overlapping images and a flight at 50 m AAG. The horizontal and vertical accuracy are respectively of 4.67 cm and 11.51 cm.<sup>29</sup>

So in practice the vertical absolute accuracy can be lowered by flying low. Nevertheless, for the benefit of the accuracy, this approach is lowering the acquisition efficiency. And secondly, absolute accuracy still remains limited by the accuracy of the GCPs used in the triangulation process (few centimetres). As a consequence, the UAV imagery and photogrammetry approach can reach few centimetres accuracy but it is rather convenient for a site size of one to several hectares.

<sup>25</sup> Juan J Ruiz, Luis Diaz-Mas, Francisco Perez and Antidio Viguria, 'Evaluating the Accuracy of DEM Generation Algorithms from UAV Imagery', *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-1/W2 (2013), 333–337.

<sup>26</sup> Jonathan L Carrivick, Mark W Smith and Duncan J Quincey, *Structure from Motion in the Geosciences* (Wiley-Blackwell, 2016).

<sup>27</sup> Brance Hudzietz and Srikanth Saripalli, 'An experimental evaluation of 3D terrain mapping with an autonomous helicopter', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XXXVIII-1/C22 (2011), 137–142; Olivier Küng, Christoph Strecha, Pascal Fua, Daniel Gurdan, Michael Achtelek, Klaus-Michael Doth and Jan Stumpf, 'Simplified building models extraction from ultra-light UAV imagery', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XXXVIII-1/C22 (2011), 217–222; Masahiko Nagai, Ryosuke Shibasaki, Dinesh Manandhar and Huijing Zhao, 'Development of Digital Surface and Feature Extraction by Integrating Laser Scanner and CCD Sensor with IMU', *Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo* (2004), 655–659.

<sup>28</sup> Franck Schroth, 'Accuracy in Drone Mapping: What You Need to Know', *Drone Life*, 07 February 2017.

<sup>29</sup> Ajayi et al., 'Generation'.

### 3.3. SfM approach

The SfM method solves the camera pose and scene geometry simultaneously and automatically, using a highly redundant bundle adjustment based on matching features in multiple overlapping offset images.<sup>30</sup> It differs fundamentally from conventional photogrammetry, in that the geometry of the scene, camera positions and orientation is solved automatically without the need to specify a priori, a network of targets which have known 3-D positions. The author mentions SfM as an inexpensive, effective and flexible approach to capturing complex topography.<sup>31</sup>

Unlike traditional photogrammetry, the camera positions derived from SfM lack the scale and orientation provided by ground-control coordinates.<sup>32</sup> Consequently, the 3-D point clouds are generated in a relative 'image-space' coordinate system, which must be aligned to a real-world, 'object-space' co-ordinate system. In most cases, the transformation of SfM image-space coordinates to an absolute coordinate system can be achieved using a 3-D similarity transform based on a small number of known ground-control points (GCPs) with known object-space coordinates.<sup>33</sup> To conclude, compared to the photogrammetric approach, SfM needs longer calculation time, cumulate the measurement errors from the SfM approach, errors inherent to transformation, and like the other methods the GCP measurements errors. Similar thoughts are provided by Lucieer with SfM approach and transformation to real world coordinate system.<sup>34</sup>

### 3.4. UAS equipped with LiDAR sensor

The LiDAR technology employed here is very similar to the one employed with ALS. Sensor and associated equipment (GPS, IMU) is miniaturised to be hold by a UAV or UAS platform. As an active remote sensing technique, UAS LIDAR has the advantage to penetrate the vegetation and find bare earth (whereas UAS equipped with cameras meet some limitations on this aspect). LiDAR sensors are increasingly getting attention in UAS mapping.<sup>35</sup>

The found references agree on the fact that LiDAR UAS is still an emerging technology<sup>36</sup> and that one issue related to using LiDAR sensors on UAS is the limited performance of the navigation sensors used on UAS platforms.<sup>37</sup> Consequently, the accuracy of the UAS LiDAR point cloud is lower than the one of a dense point cloud

<sup>30</sup> Matthew J Westoby, James Brasington, Neil F Glasser, Michael J Hambrey and John M Reynolds, 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications', *Geomorphology* 179 (2012), 300–314.

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Ibid.

<sup>33</sup> Ibid.

<sup>34</sup> Ruiz et al., 'Evaluating the Accuracy of DEM'.

<sup>35</sup> Arko Lucieer, Sharon Robinson, Darren Turner, Steve Harwin and Josh Kelcey, 'Using a micro-UAV for ultra-high resolution multi-sensor observations of Antarctic moss beds', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIX-B1* (2012), 429–433.

<sup>36</sup> Ibid.

<sup>37</sup> Ibid.

extracted from images flown at similar AGL. To tackle this issue, the advanced UAS LIDAR applications are using a LIDAR sensor in conjunction with a camera system to benefit from the higher accuracy brought by photogrammetry techniques.<sup>38</sup> At best, one can expect to obtain a point cloud accuracy of 5 to 10 cm.<sup>39</sup>

The remediation method we are developing is only applicable in open space area because it is only in this case feasible to predict, plan and implement the moves of the grading equipment. So it makes no sense to take advantage of the penetration capacities of a LIDAR sensor in this situation. At similar coverage efficiency level, UAV imagery offer better accuracy, lower costs and simpler processing workflow.

### 3.5. Terrestrial laser scanning (TLS)

Terrestrial laser scanning (TLS) is a ground-based, active imaging method that rapidly acquires accurate, dense 3D point clouds of object surfaces by laser ranging.<sup>40</sup> The static systems are operated from atop a surveying tripod and commonly employed for the as-built documentation of industrial plants, the recording of cultural heritage sites, the measurement of natural processes, structural deformation measurements,<sup>41</sup> natural deformation measurements, planning applications.<sup>42</sup>

Two main types of applications should be distinguished: 1. hard surface topographic surveys with data collected at engineering level accuracy (industrial survey); and 2. topographic surveys with data collected at lower level accuracy.<sup>43</sup> In industrial surveying, a terrestrial laser scanner measures the distance to an object surface with a precision in the order of millimetres<sup>44</sup> at a relatively close range (50–200 meters). Topographic surveying is performed with longer range scanners,<sup>45</sup> the ranging accuracy of the equipment is then higher (15 mm at 6000 m range for a RIEGL VZ-6000, for example).<sup>46</sup> In 2010, Cuartero reports the fact that standards for error evaluation have not been established yet for the TLS instruments. Consequently, the accuracy specifications given by laser scanner producers in their publications were hardly

<sup>38</sup> Grzegorz Józków, Charles Toth and Dorota Grejner-Brzezinska, 'UAS Topographic mapping with velodyne LIDAR sensor', *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* III-1 (2016), 201–208.

<sup>39</sup> Markus Hillemann and Boris Jutzi, 'UCalMiCeL – Unified intrinsic and extrinsic calibration of a multi-camera-system and a laserscanner', *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* IV-2/W3 (2017), 17–24; GIM-International, *UAS-based Lidar: A Market Update*.

<sup>40</sup> GIM-International, *The Current State of the Art in UAS-based Laser Scanning*.

<sup>41</sup> Ibid.

<sup>42</sup> Derek Lichti, 'Terrestrial Laser Scanning', Special issue. *Remote Sensing* (2011).

<sup>43</sup> Reha M Alkan and Gökçen Karsıdag, 'Analysis of the Accuracy of Terrestrial Laser Scanning Measurements', *FIG Working Week*, 2012.

<sup>44</sup> Caltrans, *Surveys manual*, 'Terrestrial laser scanning specifications', June 2018.

<sup>45</sup> Sylvie Soudarissanane, Roderik Lindenbergh, Massimo Menenti and Peter Teunissen, 'Scanning geometry: Influencing factor on the quality of terrestrial laser scanning points', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66, no 4 (2011), 389–399.

<sup>46</sup> Andreas Kellerer-Pirkbauer, Arnold Bauer, Herwig Proske, 'Terrestrial laser scanning for glacier monitoring: Glaciation changes of the Gößnitzkees glacier (Schober group, Austria) between 2000 and 2004'. 3<sup>rd</sup> Symposium of the Hohe Tauern National Park. *Conference Volume for Research in Protected Areas*, 97–106.

comparable<sup>47</sup> and experience showed they should be considered cautiously. Nowadays, TLS are capable of superior point positioning accuracies compared to ALS.<sup>48</sup> The most recent review work done on TLS mentions that the accuracy of the instruments is in the range of that obtained by a total station.<sup>49</sup> The final absolute accuracy of the end product will finally depend on the accuracy of the GPS ground control points (around 2 cm at the best) plus the several millimetres or centimetre (varying with the range, angle and equipment) inaccuracy of TLS equipment.

Because of the low oblique angle of transmitted signals TLS could show some limitations with certain field situations. Incidence angle has an effect on data quality.<sup>50</sup> The laser footprint increases significantly as the incidence angle increases so normal incidence is recommended.<sup>51</sup> In the literature, many applications were done in canyons, quarries, glaciers, river beds where the laser beam could find vertical surfaces and/or be positioned from above helping with the incidence angle. Applications in flat plain terrain presenting small irregularities (micro topology) are less mentioned.<sup>52</sup> In contrast to ALS which acquires the data at near nadir view angles and thereby yield a relatively homogenous point distribution, TLS generates an irregular distribution of points.<sup>53</sup> The TLS points concentrate around the scanner and density decreases inversely proportional to the square of the distance to the scanner location.<sup>54</sup> So one can assume that a more consequent number of scans have to be done in flat terrain in order to ensure a correct accuracy and point density repartition. LIDAR impulses can also be reflected back to the scanner by obstacles and therefore shadows occur in the 3D point cloud.<sup>55</sup> This is an issue in areas with more rugged topography.<sup>56</sup> To mitigate these effects and to generate a 3D point cloud with a larger spatial extent, multiple TLS scans with different viewsheds can be combined in a single dataset.<sup>57</sup> Due to the irregular point distribution and the shadowing effect of obstacles, the separation of ground and non-ground points obtained by TLS is more complex than

<sup>47</sup> Riegl, 'Data Sheet RIEGL VZ-6000', 01 September 2017.

<sup>48</sup> Aurora Cuartero, Julia Armesto, Pablo Rodríguez and Pedro Arias, 'Error Analysis of Terrestrial Laser Scanning Data by Means of Spherical Statistics and 3D Graphs', *Sensors* 10, no 11 (2010), 10128–10145.

<sup>49</sup> Ananda Fowler and Vladimir Kadatskiy, 'Accuracy and error assessment of terrestrial, mobile and airborne LIDAR', *ASPRS 2011 Annual Conference Milwaukee, Wisconsin*, 1–5 May 2011.

<sup>50</sup> Ibid; Andri Baltensweiler, Lorenz Walthert, Christian Ginzler, Flurin Sutter, Ross S Purves and Marc Hanewinkel, 'Terrestrial laser scanning improves digital elevation models and topsoil pH modelling in regions with complex topography and dense vegetation', *Environmental Modelling & Software* 95 (2017), 13–21.

<sup>51</sup> Ibid.

<sup>52</sup> Most probably because LIDAR ultra-high accuracy measurements find limited interest in regular terrain; Sanna Kaasalainen, Anttoni Jaakkola, Mikko Kaasalainen, Anssi Krooks and Antero Kukko, 'Analysis of Incidence Angle and Distance Effects on Terrestrial Laser Scanner Intensity: Search for Correction Methods', *Remote Sensing* 3, no 10 (2011), 2207–2221.

<sup>53</sup> Fowler, 'Accuracy'.

<sup>54</sup> Weiming Xie, Qing He, Keqi Zhang, Leicheng Guo, Xianye Wang, Jian Shen and Zheng Cui, 'Application of terrestrial laser scanner on tidal flat morphology at a typhoon event timescale', *Geomorphology* 292 (2017), 47–58.

<sup>55</sup> Fowler, 'Accuracy'; Baltensweiler, 'Terrestrial'; Thomas Hilker, Martin van Leeuwen, Nicholas C Coops, Michael A Wulder, Glenn J Newnham, David L B Jupp and Darius S Culvenor, 'Comparing canopy metrics derived from terrestrial and airborne laser scanning in a Douglas-fir dominated forest stand', *Trees* 24 (2010), 819–832.

<sup>56</sup> Mike Pinkerton, 'Terrestrial Laser Scanning for Mainstream Land Surveying', *International Federation of Surveyors, FIG Congress 2010*, Sydney, Australia, 11–16 April 2010.

<sup>57</sup> Fowler, 'Accuracy'.

for ALS data.<sup>58</sup> Finally, TLS is a very viable option in large open areas which require efficiency of data collection at a level of accuracy not obtainable by LiDAR (or a scale where the cost of LiDAR cannot be justified).<sup>59</sup> In a study, 7 ha were surveyed in 5 hours by 2 surveyors.<sup>60</sup>

Regarding the applicability of TLS to our goals, there are several limitations we could mention. The first one is the necessity to be in the field to perform the measurements which can be a concern if the polluted material is hazardous for health. The second concern is the fact that the campaign should be carefully planned in order to avoid any shadow area; in particular as the shadow would appear in some place where the terrain is irregular and where accuracy elevation model is expected. So a prerequisite would be to do terrain reconnaissance to plan the measurement campaign. Usually, it is not the most efficient approach. The last constraint is to really carefully consider the oblique angle effect and again carefully plan the scanning geometry.

### 3.6. Interferometric synthetic aperture radar (InSAR)

Compared to the other techniques, the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is relatively new.<sup>61</sup> The ground based SAR is a radar-based terrestrial remote sensing imaging system<sup>62</sup> making use of the phase information contained in the Synthetic Aperture Radar (SAR) images. It consists of a radar sensor that emits and receives a burst of microwaves, repeating this operation while the sensor is moving along a rail track.<sup>63</sup> The imaging capability is achieved by exploiting the Synthetic Aperture Radar (SAR) technique.<sup>64</sup> By exploiting the interferometric capability of centimetre-wavelength microwaves, this technique has high sensitivity in the region of submillimetres to millimetres.<sup>65</sup> It is a long-range measurement device, which can work up to some kilometres.<sup>66</sup> SAR measures in two dimensions. The development of InSAR allowed to measure in 3 dimensions (stereo-radargrammetry). Instead of cameras being used as in photogrammetry, radargrammetry is achieved from active

<sup>58</sup> Pinkerton, 'Terrestrial'; Helmut Panholzer and Alexander Prokop, 'Wedge-filtering of geomorphologic terrestrial laser scan data', *Sensors* 13, no 2 (2013), 2579–2594.

<sup>59</sup> Hilker, 'Comparing canopy metrics'.

<sup>60</sup> Ibid.

<sup>61</sup> Emilio Rodríguez-Caballero, Ashraf Afana, Sonia Chamizo, Albert Solé-Benet and Yolanda Canton, 'A new adaptive method to filter terrestrial laser scanner point clouds using morphological filters and spectral information to conserve surface micro-topography', *SPRS Journal of Photogrammetry Remote Sensing* 117 (2016), 141–148; O Monserrat Hernández, *Deformation measurement and monitoring with Ground-Based SAR* (PhD dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya, 2012).

<sup>62</sup> Zou Weibao, Li Yan, Li Zhilin and Ding Xiaoli, 'Improvement of the Accuracy of InSAR Image Co-Registration Based On Tie Points – A Review', *Sensors* 9, no 2 (2009), 1259–1281.

<sup>63</sup> Dario Tarchi, Haraksim Rudolf, Guido Luzi, Leandro Chiarantini, Peter Coppo and Alois J Sieber, 'SAR interferometry for structural changes detection: a demonstration test on a dam', *IGARSS*, Hamburg, Germany, 1999, 1522–1524; Giulia Bernardini, Pier P Ricci and Francesco Coppi, 'A ground based microwave interferometer with imaging capabilities for remote measurements of displacements'. *Proceedings of the Galahad Workshop within the 7th Geomatic Week and the 3rd International Geotelematics Fair (GlobalGeo)*, Barcelona, Spain, 20–23 February 2007.

<sup>64</sup> Ramon F Hanssen, *Radar Interferometry* (Dordrecht: Springer, 2001).

<sup>65</sup> Rodríguez-Caballero, 'A new adaptive'.

<sup>66</sup> Ibid.

radio detection and ranging (RADAR).<sup>67</sup> The technique is mainly used to monitor a wide range of deformation phenomena, ranging from a few millimetres per year up to metres per day. If deformation is not in the focus of this study, the generation of digital surface models (a prerequisite to deformation monitoring) is.

By exploiting the phase of the coherent radar signal, interferometry has transformed radar remote sensing from a largely interpretive science to a quantitative tool, with applications in cartography, geodesy, land cover characterisation and natural hazards.<sup>68</sup> InSAR has been recognised as a potential technique for generating digital elevation models (DEMs) by using the phase component of the complex radar signal<sup>69</sup> and the measurement of ground surface deformations.

Montserrat brings very interesting elements of information and concrete figures regarding the influence of the reflectors on the performance of a DSM.<sup>70</sup> He first mentions that the performances of a DSM are rather a function of the average reflector available in a scene; then he mentions strong reflectors are very rare in a natural scene. As a consequence, the majority of the pixels of an interferogramme will not have the researched performance and DSM will not have a uniform coverage. For a typical surface covered with grass (with a high phase noise standard deviation equal to  $\pi/5$  rad) the standard deviation of the error in elevation ( $\sigma_z$ ) is in the order of meters. For instance, at a distance of 1200 m the  $\sigma_z$  is equal to 5.2 m. This accuracy is clearly insufficient compared to the goal of our study. Secondly, Montserrat mentioned that disambiguation is achieved with the help of a DSM.

InSAR data processing consists in image co-registration, interferogram generation, phase unwrapping and geocoding.<sup>71</sup> The resolution of equation and post-processing is a complex task which make infererogramme generation a not straightforward process.

#### 4. Analysis and discussion

The table below recapitulates the advantages and disadvantages of the technologies.

Table 1: Comparison of technologies

Source: Compiled by the authors.

Technology	Advantage	Disadvantage
TLS	Higher accuracy	Point density Accuracy decreases when range increase; occlusion effects = lot of shooting points necessary, not appropriate for extended areas Not appropriate for dangerously contaminated areas

<sup>67</sup> Ajayi et al., 'Generation'.

<sup>68</sup> Paul A Rosen, Scott Hensley, Ian R Joughin, Fuk K Li, Søren N Madsen, Ernesto Rodríguez and Richard M Goldstein, 'Synthetic Aperture Radar Interferometry', *Proceedings of the IEEE* 88, no 3 (2000), 333–382.

<sup>69</sup> Monserrat, 'Deformation'.

<sup>70</sup> Rodríguez-Caballero, 'A new adaptive'.

<sup>71</sup> Monserrat, 'Deformation'.

Technology	Advantage	Disadvantage
ALS	Efficiency over extended areas Point density	Vertical accuracy limit near 5 cm
InSAR		Point density as natural terrain has insufficient number of good reflectors Requires DSM for post-processing and interferograms' generation
UAV photogrammetry	Low cost – good solution for several hectare areas Point density Accuracy improves when flight altitude is lowered	Spatial efficiency decreases when flight altitude is lowered
UAV LiDAR	Point density	Vertical accuracy not competitive with ALS or photogrammetry Efficiency

As described in the part addressing quality attributes of DEMs, point density and its regular distribution are key quality factors for an elevation model. To this end, aerial remote sensing approaches should be favoured as they ensure the best distribution of the point density in the point cloud; which is not the case with the ground base approaches. Additionally, ground base approaches could not be reliable in case of an environment made hazardous or dangerous by technological disaster. Taking the remediation specificities and challenges, two technologies are of interest: the UAV photogrammetry and ALS. ALS is favoured for extended areas, the UAV approach is favoured for small to medium scale areas.

Table 2: Technical specifications and recommended technologies

Source: Compiled by the authors.

Technical specifications	Recommended technology
Few Ha, mm or cm vertical accuracy	UAV photogrammetry at low altitude
Few Ha, cm accuracy	UAV photogrammetry
Few km <sup>2</sup> , cm accuracy	UAV photogrammetry (reaching the limit of efficiency)
>10 km <sup>2</sup> , 1 cm accuracy	No technical solution
>10 km <sup>2</sup> , 5 cm accuracy	ALS

## 5. Conclusions

This study demonstrated the advantages offered by aerial remote sensing technologies (ALS and UAV photogrammetry) over terrestrial survey methods because they allow the production of sufficiently dense point clouds with homogeneous distribution. Moreover, terrestrial approaches have high chances to be not practicable in case dangerous substances spill or the environment is too much hazardous to operate with the measurements.

UAV photogrammetry is efficient for covering small to medium sized AOIs. When the surface of the AOI increases over several km<sup>2</sup> only ALS technology offers



sufficient efficiency. For the sake of absolute vertical accuracy, ALS can nowadays achieve at best 5 cm. Vertical absolute accuracy with UAV and photogrammetry varies with the pixel size; commonly 2–3 GSD can be achieved. The efficiency of UAV and photogrammetry approach decreases when AAG decreases and the technique is not appropriated for extended AOI (superior to 10 km<sup>2</sup>).

Additionally, TIN size issues should be considered to find the compromise between light data allowing fast processing but qualitative data for sufficient accuracy.

## References

- Ajayi, Oluibukun G, Akporode A Salubi, Alu F Angbas and Mukwedeh G Odigure, 'Generation of accurate digital elevation models from UAV acquired low percentage overlapping images'. *International Journal of Remote Sensing* 38, no 8–10 (2017), 2029–2036. Online: <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1285085>
- Alkan, Reha M and Gökçen Karsidag, 'Analysis of the Accuracy of Terrestrial Laser Scanning Measurements'. *FIG Working Week*, 2012.
- ASPRS Guidelines, *Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data*, 2004. Online: [www.asprs.org/a/society/committees/lidar/Downloads/Vertical\\_Accuracy\\_Reporting\\_for\\_Lidar\\_Data.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/lidar/Downloads/Vertical_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf)
- Axelsson, Peter, 'DEM generation from laser scanner data using adaptive tin models'. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXXIII*, Part B3 (2000), 85–92. Online: [www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part4/111\\_XXXI-II-part4.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part4/111_XXXI-II-part4.pdf)
- Baltensweiler, Andri, Lorenz Walthert, Christian Ginzler, Flurin Sutter, Ross S Purves and Marc Hanewinkel, 'Terrestrial laser scanning improves digital elevation models and topsoil pH modelling in regions with complex topography and dense vegetation'. *Environmental Modelling & Software* 95 (2017), 13–21. Online: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.05.009>
- Bater, Christopher W and Nicholas Coops C, 'Evaluating error associated with LiDAR-derived DEM interpolation'. *Computers & Geosciences* 35, no 2 (2009), 289–300. Online: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.09.001>
- Bernardini, Giulia, Pier P Ricci and Francesco Coppi, 'A ground based microwave interferometer with imaging capabilities for remote measurements of displacements'. *Proceedings of the Galahad Workshop within the 7th Geomatic Week and the 3rd International Geotelematics Fair (GlobalGeo)*, Barcelona, Spain, 20–23 February 2007.
- Caltrans, *Surveys manual, 'Terrestrial laser scanning specifications'*, June 2018. Online: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/right-of-way/documents/ls-manual/15-surveys-a11y.pdf>
- Carrivick, Jonathan L, Mark W Smith and Duncan J Quincey, *Structure from Motion in the Geosciences*. Wiley-Blackwell, 2016. Online: <https://doi.org/10.1002/9781118895818>
- Cuartero, Aurora, Julia Armesto, Pablo Rodríguez and Pedro Arias, 'Error Analysis of Terrestrial Laser Scanning Data by Means of Spherical Statistics and 3D

- Graphs'. *Sensors* 10, no 11 (2010), 10128–10145. Online: <https://doi.org/10.3390/s101110128>
- ESRI, 'What is a TIN surface?', s. a. Online: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm>
- Fowler, Ananda and Vladimir Kadatskiy, 'Accuracy and error assessment of terrestrial, mobile and airborne LiDAR'. *ASPRS 2011 Annual Conference Milwaukee, Wisconsin*, 1–5 May 2011. Online: [www.rieglusa.com/pdf/accuracy-and-error-assessment-of-terrestrial-mobile-and-airborne-lidar.pdf](http://www.rieglusa.com/pdf/accuracy-and-error-assessment-of-terrestrial-mobile-and-airborne-lidar.pdf)
- GIM-International, *The Current State of the Art in UAS-based Laser Scanning*. Online: [www.gim-international.com/content/article/the-current-state-of-the-art-in-uas-based-laser-scanning22.06.2016](http://www.gim-international.com/content/article/the-current-state-of-the-art-in-uas-based-laser-scanning22.06.2016)
- GIM-International, *UAS-based Lidar: A Market Update*. Online: [www.gim-international.com/content/news/uas-based-lidar-a-market-update](http://www.gim-international.com/content/news/uas-based-lidar-a-market-update)
- Hanssen, Ramon F, *Radar Interferometry*. Dordrecht: Springer, 2001. Online: <https://doi.org/10.1007/0-306-47633-9>
- Hernández, Monserrat O, *Deformation measurement and monitoring with Ground-Based SAR*. PhD dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya, 2012. Online: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94594/TOMH1de1.pdf>
- Hilker, Thomas, Martin van Leeuwen, Nicholas C Coops, Michael A Wulder, Glenn J Newnham, David L B Jupp and Darius S Culvenor, 'Comparing canopy metrics derived from terrestrial and airborne laser scanning in a Douglas-fir dominated forest stand'. *Trees* 24 (2010), 819–832. Online: <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0452-7>
- Hillemana, Marcus and Boris Jutzia, 'UCalMiCeL – Unified intrinsic and extrinsic calibration of a multi-camera-system and a laserscanner'. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-2/W3* (2017), 17–24. Online: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W3-17-2017>
- Hudzietz, Brance and Srikanth Saripalli, 'An experimental evaluation of 3D terrain mapping with an autonomous helicopter'. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII-1/C22* (2011), 137–142. Online: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-137-2011>
- Jaboyedoff, Michel, Thierry Oppikofer, Antonio Abellán, Marc-Henri Derron, Alex Loye, Richard Metzger and Andrea Pedrazzini, 'Use of LIDAR in landslide investigations: a review'. *Natural Hazards* 61 (2012), 5–28. Online: <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9634-2>
- Józków, Grzegorz, Charles Toth and Dorota Grejner-Brzezinska, 'UAS Topographic mapping with velodyne LiDAR sensor'. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences III-1* (2016), 201–208. Online: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-1-201-2016>
- Kaasalainen, Sanna, Anttoni Jaakkola, Mikko Kaasalainen, Anssi Krooks and Antero Kukko, 'Analysis of Incidence Angle and Distance Effects on Terrestrial Laser Scanner Intensity: Search for Correction Methods'. *Remote Sensing* 3, no 10 (2011), 2207–2221. Online: <https://doi.org/10.3390/rs3102207>

- Kellerer-Pirklbauer, Andreas, Arnold Bauer and Herwig Proske, 'Terrestrial laser scanning for glacier monitoring: Glaciation changes of the Gößnitzkees glacier (Schober group, Austria) between 2000 and 2004'. 3<sup>rd</sup> Symposium of the Hohe Tauern National Park. *Conference Volume for Research in Protected Areas*, 97–106. Online: [www.zobodat.at/pdf/NP-Hohe-Tauern-Conference\\_3\\_0097-0106.pdf](http://www.zobodat.at/pdf/NP-Hohe-Tauern-Conference_3_0097-0106.pdf)
- Küng, Oliver, Christoph Strecha, Pascal Fua, Daniel Gurdan, Michael Ahtelik, Klaus-Michael Doth and Jan Stumpf, 'Simplified building models extraction from ultra-light UAV imagery'. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII-1/C22* (2011), 217–222. Online: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-217-2011>
- Li, Zhilin, Qing Zhu and Christopher Gold, *Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology*. Boca Raton: CRC Press, 2005. Online: [https://nguyenduyliemgis.files.wordpress.com/2014/11/digital-terrain-modeling-principles-and-methodology\\_2005.pdf](https://nguyenduyliemgis.files.wordpress.com/2014/11/digital-terrain-modeling-principles-and-methodology_2005.pdf)
- Lichti, Derek, 'Terrestrial Laser Scanning', Special issue. *Remote Sensing* (2011). Online: [www.mdpi.com/journal/remotesensing/special\\_issues/terrestrial-laser-scanning](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/terrestrial-laser-scanning)
- Liu, Xiaoye, 'Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues'. *Progress in Physical Geography* 32, no 1 (2008), 31–49. Online: <https://doi.org/10.1177/0309133308089496>
- Liu, Xiaoye and Zhenyu Zhang, 'Lidar data reduction for efficient and high quality DEM generation'. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII, Part B3b* (2008). Online: [https://eprints.usq.edu.au/4569/1/Liu\\_Zhang\\_ISPRS2008\\_PV.pdf](https://eprints.usq.edu.au/4569/1/Liu_Zhang_ISPRS2008_PV.pdf)
- Liu, Xiaoye, Zhenyu Zhang, Jim Peterson and Shobhit Chandra, 'The Effect of LiDAR Data Density on DEM Accuracy'. *MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability*, 10–13 December 2007, Christchurch, New Zealand. Online: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.458.4833&rep=rep1&type=pdf>
- Lizarazo, Ivan, Víctor Angulo and Jorge Rodríguez, 'Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery'. *International Journal of Remote Sensing* 38, no 8 (2017), 2603–2622. Online: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1278313>
- Lucieer, Arko, Sharon Robinson, Darren Turner, Steve Harwin and Josh Kelcey, 'Using a micro-UAV for ultra-high resolution multi-sensor observations of Antarctic moss beds'. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIX-B1* (2012), 429–433. Online: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-429-2012>
- Nagai, Masahiko, Ryosuke Shibasaki, Dinesh Manandhar and Huijing Zhao, 'Development of Digital Surface and Feature Extraction by Integrating Laser Scanner and CCD Sensor with IMU'. *Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo* (2004), 655–659. Online: [www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm5/papers/655.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm5/papers/655.pdf)

- Panholzer, Helmut and Alexander Prokop, 'Wedge-filtering of geomorphologic terrestrial laser scan data'. *Sensors* 13, no 2 (2013), 2579–2594. Online: <https://doi.org/10.3390/s130202579>
- Petras, Vaclav, Anna Petrasova, Justyna Jeziorska and Helena Mitasova, 'Processing UAV and LIDAR point clouds in GRASS GIS'. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLI-B7 (2016), 945–952. Online: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B7-945-2016>
- Pinkerton, Mike, 'Terrestrial Laser Scanning for Mainstream Land Surveying'. *International Federation of Surveyors, FIG Congress 2010*, Sydney, Australia, 11–16 April 2010. Online: [https://fig.net/resources/monthly\\_articles/2010/august\\_2010/august\\_2010\\_pinkerton.pdf](https://fig.net/resources/monthly_articles/2010/august_2010/august_2010_pinkerton.pdf)
- Riegl, 'Data Sheet RIEGL VZ-6000', 01 September 2017. Online: [www.riegl.com/uploads/tx\\_pxriegl/downloads/RIEGL\\_VZ-6000\\_Datasheet\\_2017-09-01.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxriegl/downloads/RIEGL_VZ-6000_Datasheet_2017-09-01.pdf)
- Rodríguez-Caballero, Emilio, Ashraf Afana, Sonia Chamizo, Albert Solé-Benet and Yolanda Canton, 'A new adaptive method to filter terrestrial laser scanner point clouds using morphological filters and spectral information to conserve surface micro-topography'. *SPRS Journal of Photogrammetry Remote Sensing* 117 (2016), 141–148. Online: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.04.004>
- Rosen, Paul A, Scott Hensley, Ian R Joughin, Fuk K Li, Søren N Madsen, Ernesto Rodríguez and Richard M Goldstein, 'Synthetic Aperture Radar Interferometry'. *Proceedings of the IEEE* 88, no 3 (2000), 333–382. Online: <https://doi.org/10.1109/5.838084>
- Ruiz, Juan J, Luis Diaz-Mas, Francisco Perez and Antidio Viguria, 'Evaluating the Accuracy of DEM Generation Algorithms from UAV Imagery'. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-1/W2 (2013), 333–337. Online: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W2-333-2013>
- Schroth, Franck, 'Accuracy in Drone Mapping: What You Need to Know'. *Drone Life*, 07 February 2017. Online: <https://dronelife.com/2017/02/06/accuracy-drone-mapping-need-know/>
- Soudarissanane, Sylvie, Roderik Lindenbergh, Massimo Menenti and Peter Teunissen, 'Scanning geometry: Influencing factor on the quality of terrestrial laser scanning points'. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66, no 4 (2011), 389–399. Online: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.01.005>
- Tarchi, Dario, Haraksim Rudolf, Guido Luzi, Leandro Chiarantini, Peter Coppo and Alois J Sieber, 'SAR interferometry for structural changes detection: a demonstration test on a dam'. *IGARSS*, Hamburg, Germany, 1999, 1522–1524.
- Tully, Mike, 'Just How Accurate Is LiDAR?', 2012. Online: <https://aerialservicesinc.com/2012/12/just-how-accurate-is-lidar/>
- Uysal, Murat and Nizar Polat, 'Investigating Performance of Airborne Lidar Data Filtering with Triangular Irregular Network (TIN) Algorithm'. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-7 (2014), 199–202. Online: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-199-2014>
- Weibao, Zuo, Li Yan, Li Zhilin and Ding Xiaoli, 'Improvement of the Accuracy of InSAR Image Co-Registration Based On Tie Points – A Review'. *Sensors* 9, no 2 (2009), 1259–1281. Online: <https://doi.org/10.3390/s90201259> ; DOI: <https://doi.org/10.3390/s90201259>

- Westoby, Matthew J, James Brasington, Neil F Glasser, Michael J Hambrey and John M Reynolds, 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications'. *Geomorphology* 179 (2012), 300–314. Online: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- Xie, Weiming, Qing He, Keqi Zhang, Leicheng Guo, Xianye Wang, Jian Shen and Zheng Cui, 'Application of terrestrial laser scanner on tidal flat morphology at a typhoon event timescale', *Geomorphology* 292 (2017), 47–58. Online: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.04.034>

Sándor Munk<sup>1</sup>

## Are Traditional IT System Interoperability Solutions Sufficient and Efficient? Thoughts on Novel Solutions

In our globalised world the interoperability of organisational IT systems has become an indispensable condition for the cooperation of organisations, so IT interoperability is now a priority demand of all application. In practice, we can essentially only find solutions based on standardised intermediary representations, but these have a number of limitations, the analysis of which is not covered in the literature. Novel interoperability solutions have also emerged in connection with the development of information technology, but little is said about the general requirements for innovative solutions. This publication seeks to contribute to these tasks.

**Keywords:** IT interoperability, limitations of traditional solutions, interoperability infrastructure, interoperability services

### 1. Introduction

The role and significance of IT interoperability nowadays do not require any special justification in any field of application. For actors in a specific field of application – e.g. in the case of military application, the forces performing the operations, in the case of administrative application, the bodies performing administrative tasks – their effective cooperation is almost impossible without the seamless cooperation and interoperability of their IT systems and services.

The related visions and requirements are defined by each application area in interoperability policies and frameworks at the national, allied or EU level, and for

<sup>1</sup> Professor emeritus, University of Public Service, Faculty of Military Science and Officer Training, e-mail: [munk.sandor@uni-nke.hu](mailto:munk.sandor@uni-nke.hu)

the implementation of which they operate interoperability programs.<sup>2</sup> The interoperability solutions that ensure the implementation of the requirements are fundamentally similar from the beginning. In addition to these solutions, which can be called traditional, novel approaches and solutions have also emerged, which, however, are not yet widespread.

The scientific and professional literature basically deals with the presentation of the individual solutions, the possibilities of their implementation, and analyses of their limitations and the reasons for the emergence of novel solutions to a lesser extent. Many people believe that today's interoperability solutions are appropriate, interoperability is not really a problem as there is massive availability of standard formats, application programming interfaces (APIs), widespread cloud-based solutions, and these can solve the interoperability of systems. In reality, however, interoperability is not primarily a technical concept, but a concept related to cooperation between organisations and organisational processes, and its quality must also be measured at this level.<sup>3</sup>

However, experiences on the subject, including my personal experience, suggests that traditional interoperability solutions have limitations that cannot be overcome, so that, under given circumstances, effective interoperability requires novel solutions. Knowledge of the limitations can provide an opportunity to define the requirements for innovative solutions and to examine the compliance of each innovative solution with these requirements.

Based on the above, the aim of the present publication is to explore the limitations of traditional IT interoperability solutions, to define the requirements for novel solutions, and to analyse their key features. To do this, in the following:

- I briefly summarise the basic concepts of IT interoperability and present the content and main features of traditional solutions
- I explore the most important limitations of traditional solutions and, based on them, determine the requirements for novel solutions
- finally, I analyse the characteristics of two novel solutions, the situation of their practical implementation and their limitations

## 2. Interoperability of IT systems, traditional solutions

Analysing today's IT interoperability solutions, I must first state what I mean by interoperability, interoperability between IT systems and their traditional solutions in the present publication, as we can find many different interpretations in the literature and in different application areas, although these are similar in their essential

<sup>2</sup> C-M(2005)0016 NATO Policy for Interoperability (North Atlantic Council, 2005); COM(2010) 744, *Towards interoperability for European public services* (Brussels: European Commission, 2010); COM(2017) 134, *European Interoperability Framework – Implementation Strategy* (Brussels: European Parliament, Council, Economic and Social Committee, Committee of Regions, 2017); e-Government Interoperability Framework Version 6.1 (Cabinet Office UK, 2005).

<sup>3</sup> Leo Liu et al., 'A framework to evaluate the interoperability of information systems – Measuring the maturity of the business process alignment', *International Journal of Information Management* 54 (2020).



components. The interpretations presented below are based on my own previous research,<sup>4</sup> which is essentially in line with generally accepted ones.

## 2.1. Basics of IT systems interoperability

The first term related to interoperability was interoperable, meaning “capable of being used or operated reciprocally”,<sup>5</sup> which appeared in the form of “interoperable weapon systems” between 1965–1970. Nowadays, interoperability has become a prominent concept in the field of information technology, many of the partly different definitions of which can be found in both military and civilian applications.<sup>6</sup>

In the definitions there are two common elements. The first is that it can be interpreted between two or more objects, and the second is that it is connected with collaboration. Accordingly, in the present publication, I mean interoperability: a relation between/among objects, a mutual capability necessary to ensure successful and efficient interoperation, supporting cooperation.

This general definition is only a starting point for the different types of interoperability, which can be identified by different adjectives. These cover different concepts, of which I would highlight the operational and technical interoperability. The subjects of the former are consciously acting, organised groups of people, and the latter are purposeful, purpose-built technical systems. Of the two, the former has priority, the latter plays a subordinate role compared to this, supporting its implementation.

The basis of effective and efficient cooperation is the continuous coordination of goals and situational awareness, the coordinated planning and coordinated implementation of joint activities, which requires regular exchange of information (communication). Thus, the concept of information interoperability, which is the mutual ability of different actors necessary to ensure exchange and common understanding of information needed for their successful cooperation, plays a key role.

There are three distinct levels of information exchange based on a common understanding, and on each level the interoperability should be implemented. These are:

- technical [level information] interoperability is a mutual ability to exchange material representations of information needed for cooperation (with possible transformations)
- syntactic [level information] interoperability is a mutual ability to exchange information representations needed for cooperation (with possible transformations) independent of their meaning

<sup>4</sup> Sándor Munk, 'An Analysis of Basic Interoperability Related Terms, System of Interoperability Types', *AARMS* 1, no 1 (2002), 117–132; Sándor Munk, *Katonai informatikai rendszerek interoperabilitásának aktuális hadtudományi kérdései*, MTA doktori értekezés (Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 2007); Sándor Munk, 'Interoperability Services Supporting Information Exchange Between Cybersecurity Organisations', *AARMS* 17, no 3 (2018), 131–148.

<sup>5</sup> *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language*.

<sup>6</sup> *AAP-06, NATO Glossary of Terms and Definitions* (Brussels: NATO Standardization Office, 2020); *COM(2017) 134, European Interoperability Framework*, 4–5; *ISO/IEC 2382, Information Technology – Vocabulary* (ISO/IEC, 2015).

- semantic [level information] interoperability is a mutual ability to exchange information representations (with possible transformations) in a meaning-preserving way

Nowadays, the exchange of information without human intervention, based on the direct exchange of data between the IT systems of the cooperating actors, is an increasingly important part of the exchange of information. This necessitated the introduction of the concept of IT [devices, systems] interoperability, which is the mutual ability to exchange data managed by IT devices and systems preserving their intended meaning and interpretation (through possible transformations).

In the definition, I would like to draw attention to the requirement to preserve the “intended” meaning. In the absence of this, the exchange of data between IT systems does not ensure the conditions for information interoperability. As the meaning and the interpretation of the data are subjective, the meaning assigned to the managed data is determined by the agreed intentions, needs and interpretation of the primary group of users.

The issue of interoperability always arises only in situations that are characterised by differences and heterogeneity in some way. This is true for all three levels of information interoperability. There is no need to talk about semantic interoperability among professionals of a given specialisation who use the same terms, the same conceptual framework; to mention syntactic interoperability for those using the same message formats, or to examine the interoperability of IT systems between systems of the same type.

Today, in information technology the heterogeneity at the technical and syntactic level has decreased and is expected to decline further. In the field of physical transmission methods and message formats, some standard solutions become prevalent, individual, manufacturer- or task-specific solutions have been marginalised due to two reasons. One of the reasons is the constantly growing integration of the information environment into a globally interconnected system. This can be done effectively and reliably by adapting to the most commonly used solutions. The second reason is the increase in capabilities provided by the rapidly evolving information technology, which in many cases makes certain previously important aspects redundant (e.g. the character or bit-oriented nature, length, or structural complexity of messages). As a result, interoperability between the cooperating parties at the lower two levels is now relatively easy to achieve.<sup>7</sup>

However, it is a much bigger task to ensure the same interpretation of the data transmitted by the messages or stored and accessible in databases, as well as the functions provided by the systems, i.e. semantic interoperability. As the range of participants in the cooperation expands and the possibilities of information exchange extend, it may become more and more common that the conditions for a common level of common interpretation have not been established in advance, there is a semantic heterogeneity when “there is disagreement regarding the interpretation and intended

<sup>7</sup> For example, using standard OSI physical layer solutions, TCP/IP protocol, or XML or JSON message formats.

use of related information, or when the same phenomenon in a Universe of Discourse (UoD) is modeled different ways in two systems".<sup>8</sup>

Today, interoperability solutions designed to eliminate interoperability problems can be divided into two major groups of different importance. The essence of the first solution is the elimination of the existing differences, heterogeneity, the application of the same tools and procedures selected or developed in an agreed manner, i.e. the commonality, or the transition to it. In practice, this is only a very limited possibility, even in the case of central management, as different application areas usually have different requirements, and it is very rare to be able to introduce a new version at the same time everywhere. In reality, the state-of-the-art systems usually coexist, often for long periods of time, with the systems of earlier periods. However, it is possible to reduce the differences, especially at the technical and syntactic level, as they are mostly not application area-specific; therefore, they can be interchanged without affecting the services of the systems.

The second interoperability solution type, which is the most commonly used today, is the use of common mediation representations created by prior consultation. These include the various message format standards and information [exchange] data models, which are based on the acceptance of the autonomy of the cooperating actors, and of the heterogeneity of their IT systems in the scope, content and format of the information they manage. Accordingly, the essence of the solution is to define a common intermediary language, representation used in the exchange of information, and transfer the responsibility for carrying out the necessary transformations between the inner representations and the intermediary representation to the actors involved.

In addition to the interoperability solutions mentioned above, novel solutions have emerged that would take the task of resolving differences off the shoulders of cooperating IT systems. These solutions would allow the affected systems to exchange data with their cooperating partners using their own existing information exchange capabilities (protocols, data formats) and the possible heterogeneities are eliminated through interoperability solutions outside them, implementing the transformations necessary to the meaning-preserving exchange of data. This requires that each system provide adequate descriptions of the protocols, data formats and meanings associated with the data. The new solutions are referred to in the literature under different names: interoperability infrastructure, mediators, interoperability services, interoperability as a service. I will address these in more detail later in this publication.

## *2.2. Traditional solutions of IT systems interoperability*

Nowadays, the interoperability solutions of IT systems, the exchange of data managed by these systems, preserving their meaning defined by the primary group of users, are almost exclusively based on the application of shared, agreed, standardised

<sup>8</sup> Paul Johannesson and M Hasan Jamil, 'Semantic Interoperability Context, Issues, and Research Directions', *Proceedings of the Second International Conference on Cooperative Information Systems* (Toronto, 1994), 180–191.

intermediary representations. The essence of this solution is that “everyone use a common language”. In the following, from the perspective of my research goal, I briefly summarise the basic issues, and main tasks of development and application of interoperability solutions based on intermediary representations.

*Intermediary representation* is an information representation used in the exchange of data between IT systems to satisfy user information exchange needs, which is a set of different level representations built on each other. These include the physical representations used on the data carrier, or data transmission medium during the data exchange, as well as the data and message formats used. The meaning preserving exchange of data between cooperating systems is only possible if they use pre-agreed representation(s). It is the ‘common language’ that cooperating IT systems ‘know’, ‘use’ and ‘interpret’ in the same way.

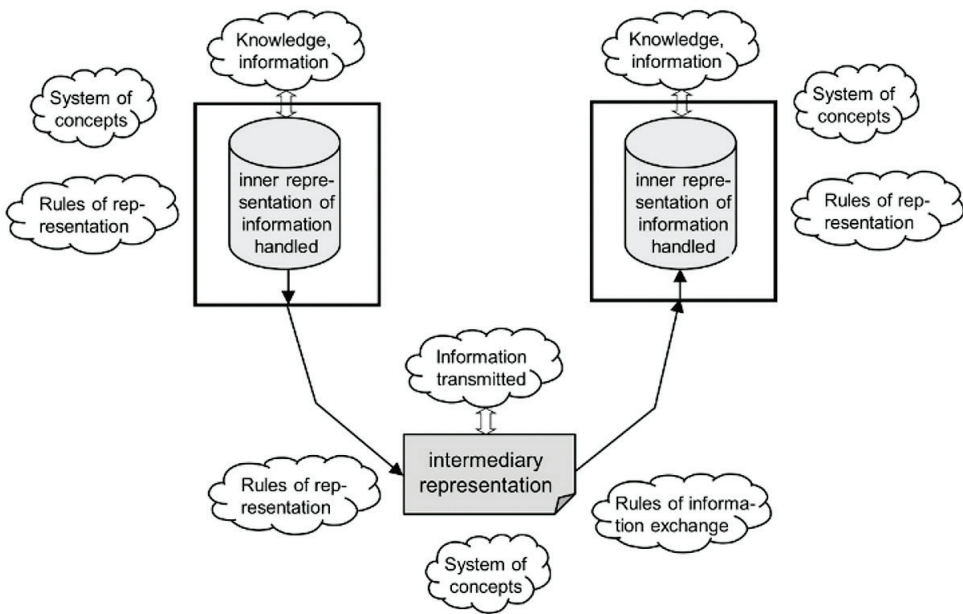


Figure 1: Traditional interoperability solution based on intermediary representation

Source: Compiled by the author.

Intermediary representation is always linked to a group of cooperating actors (communities of interest) and their IT systems. It is designed and applied because the stakeholders are interested in the cooperation, in the information exchange necessary for the cooperation, and consequently in the creation of the conditions for the interoperability of their IT systems and the meaning preserving exchange of their data.

Cooperating communities have shared goals and activities that can change over time. These communities can be narrower and wider, separated and overlapping, and may be built on each other. The existence and members of cooperating communities

can also change over time, and an actor may be a member of one or more cooperating communities at the same time.

To *create an intermediary representation* means to select or create of the representations that make it up. This is based on the information exchange requirements of the cooperating community: the established representation must ensure the representation of the information and messages to be exchanged, including all elementary information, complex information and sets of information. The intermediary representation can be created without precedents, or it can be a modification of an existing intermediary representation. The reason for the modification may be a change in information exchange requirements or changes in the IT environment and available solutions, options. Existing representations or some of their components can also be used during creation.

The intermediary representation should be developed from the top down. First, at the semantic (conceptual) level, the things, properties and relationships described by the information involved in the information exchange must be defined, and a uniformly interpreted system of concepts accepted by all actors must be created. In doing so, it is necessary to harmonise the concepts used by the cooperating parties and their interpretation, existing concepts can be used, and the aim is to develop a universally accepted interpretation that is in line with the objectives of cooperation. This task is not related to IT systems, it is equally necessary for the exchange of information only by traditional methods.

The definition of the agreed conceptual system is followed at the syntactic level by the definition of the data model representing the conceptual system, the type, format and relationships of the elementary data and data structures carrying information about things, their properties and relationships. The same properties (e.g. geographical position) can be represented by different types of data, with different accuracies, interpreted in different contexts, and the same relationships (e.g. subordination) with different data structures. At the syntactic level, there can be several superimposed representations, the lowest level of which is the bit sequence, or bit stream representation, on which a string representation can be built, and an XML format representation can be built on the latter. Finally, at the physical level, the data transmission method and data transmission format used must be specified.

The *role, and importance of the different level components of the intermediary representation* and the possibilities of defining them are not the same. Of these, the semantic (conceptual) level representation plays a key role. Physical representations, as well as intermediate and lower-level syntactic representations, do not affect the content of the information of the information exchange requirements, their possible modification or replacement with a different variant does not affect the content of the information exchange.

The implementation of data exchange between IT systems at the physical level is the task of telecommunications and data transmission. Their technological solutions and applied formats are available to the syntactic level as an infrastructure service. In this field IP-based data exchange plays a key role, with the exception of some special application areas it has become predominant. One of the goals of the Future Internet research started in the early 2010s, "Everything on IP, IP on Everything", seems

to be coming true. Consequently, interoperability solutions based on intermediary representation practically do not deal with the physical level representations, for transmitting bit sequence messages they consider an available IP infrastructure, and a TCP or UDP capability built on it.<sup>9</sup>

Similar unification tendencies can be observed at the syntactic level. In contrast to individual bit-oriented message formats that meet special application needs, character-oriented message formats are dominated by the general-purpose XML format, which can be extended to meet specific information exchange requirements, the SOAP message format, and its transport protocol message formats (e.g. HTTP or RPC). Consequently, interoperability solutions based on intermediary representation at the syntactic level usually choose an existing solution (e.g. SOAP + XML), consider its messaging implementation an infrastructure service, and only define the format of the specific messages and message exchange procedures related to the solution to be implemented.

The definition of the semantic level representation is always application-specific, in the course of which only sub-elements, concepts related to general things, properties (e.g. geographical location, date, quantitative characteristics), relationships (e.g. higher unit – subordinate unit, supporting–supported, adjacent) can be used from other solutions. In these cases, however, it is advisable to use terms already used in other solutions instead of defining new ones in order to facilitate a wider exchange of information in the future.

The ability to use an intermediary representation means that the cooperating IT systems are able to convert the data involved in the data exchange from their own representation to the shared intermediary representation in a meaning preserving way, and to convert back from the intermediary representation to their own representation. The scale and difficulty of this task depends on the differences between the IT system's own representation and the shared intermediary representation. This difference may exist at all three levels of representation, but resolving it is a major challenge primarily at the semantic level.

The development of an interoperability capability based on an intermediary representation is a different task in case of the development of a new IT system, and development of an existing system. In the case of the development of a new system, when creating one's own internal representation used in the software and database it is possible to take into account the content of the intermediary representation as much as possible. If the user requirements allow, the intermediary representation can be used in its entirety, which makes the transformation unnecessary, but its minor modification, 'customisation' also means a simpler transformation task. In case of the development of an existing system, this advantage is no longer present.

In an IT system, two types of own representations of a given set of information can be distinguished. The first is the own 'internal' representation used in the software and database: the own data model, and the conceptual framework behind it. In case of a distributed system, the second is the own 'external' representation used to exchange data between system components. In case of such an 'external' representation, the

<sup>9</sup> Internet Protocol (IP), Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP).

ability to use an intermediary representation can be realised without modifying the components of the system by creating a gateway subsystem for the purpose to do necessary meaning preserving transformations between the own messages and the intermediary representation.

### 3. Limitations of traditional interoperability solutions, requirements for novel solution

One of the aims of my publication is to prove the hypothesis that traditional solutions are neither sufficient nor the most effective for solving interoperability problems; to this end, novel solutions are needed. Therefore, in the following, I identify the most important limitations of traditional solutions and the circumstances in which these limitations play a significant role, and then formulate and systematise the requirements for new solutions, which can be deduced from user needs and interests.

#### 3.1. *Limitations of traditional solutions*

I examine the limitations of traditional interoperability solutions, which I consider to be the most important, divided into three groups. In addition to these, there would obviously be additional groups and other limitations within the groups. In the following, I first define the difficulties, problems and limitations associated with the information exchange requirements, then to the formation of the intermediary representation, and finally those related to the implementation of the ability to use this intermediary representation.

The first factor that limits the effectiveness of traditional solutions is the *dependence on the affected community*, the homogeneity of their information exchange requirements, and the characteristics of their cooperation. In case of close and permanent cooperation, and actors with substantially identical or similar functions, and consequently well-defined and similar information needs, it is relatively easy to determine an intermediary representation according to the needs and interests of all parties, as under these conditions, a common conceptual framework for the information exchanged and a common interpretation to the extent necessary for cooperation have already been established and consolidated.

If the cooperation is not close and permanent, there will be more differences between the information exchange requirements of the parties involved, in the content and interpretation of the information contained therein. This makes it difficult to establish a common intermediary representation suitable for all, and the level of compliance with the real needs of each party decreases as the differences between the parties increase. If an actor joins a cooperating community later, or if different communities with their own intermediary representation are involved in a higher level of cooperation, the different information exchange requirements cannot be realised without modifying the intermediary representation(s), without having to go through the conciliation process again.



The emergence of interoperability needs is clearly characterised by the ever-expanding range of actors involved. In general, and in case of military application after the narrower, functional area level cooperating communities, the need for interoperability at the service level and then between the services emerges. According to another dimension, interoperability needs extend from national military IT systems to alliance systems and then to the IT systems of other nation's armed forces units, governmental, or non-governmental organisations involved in joint operations. Traditional interoperability solutions are becoming less and less suitable to meet these interoperability needs.

The above is also supported by the case of interoperability of military map symbols. There is a fundamental need for cooperating military organisations to be able to share map-based situational awareness data managed in their IT systems in a meaningful manner. This also requires a meaningful exchange of map symbols describing the situation, which has been addressed by military symbol standards (NATO AAP-6 or U.S. military MIL-STD-2525 standards), the fourth version (D) of which is currently in place.<sup>10</sup>

The military map symbol standards clearly show the dependence on the user community, they include symbols that are important for some actors and not interesting for other actors (e.g. U.S. national security and law enforcement agencies). There is no complete, one-to-one correspondence between the symbols of the different versions of the standards, and there is a loss of information when switching between the standards.

Thus, it can be seen that the differences between the information needs and applied solutions of the cooperating actors cannot be eliminated even with elaborated standards, they must be resolved by the parties concerned.

The second limitation is the difficulty of and time required for prior consultation associated with the formation of an intermediary representation. In essence, this process is a standardisation process in which such an intermediary representation must be developed that differs as little as possible from the representations previously used by the cooperating parties. If the parties have previously exchanged information, but not through their IT systems, the intermediary representation is the optimal compromise based on the individual representations.

The more the information managed by the parties differ in their interpretation, content and format, the more difficult is to form an intermediary representation. As I have emphasised in several places earlier, the most difficult is to develop a solution that fits different interpretations and contents, especially in the case of cooperation consisting of a wide range and therefore more heterogeneous actors.

A standardisation process requires complex procedures, and organisational background, working groups, review and decision-making bodies, and a decision-making body, as well as a series of review–discussion–decision-making cycles. This process

<sup>10</sup> *APP-6 NATO Joint Military Symbolology. Edition D Version 1* (Brussels: NATO Standardization Office, 2017); *MIL-STD-2525D Department of Defense Interface Standard Joint Military Symbolology* (Defense Information Systems Agency, 2014).

requires a significant amount of time, typically on an annual scale, and additional development cycles that ensure adequate quality and continuous updating.

An example is the Multinational Interoperability Program, the successive baselines of which have been published at several-year intervals (2003, 2004, 2009), and the new version<sup>11</sup> has been under development since 2012. The evolution of the Friendly Force Tracking standard message formats shows a similar picture over time (2006, 2016). But similar data can be seen for the message formats used by LINK-16 and the Air Command and Control System (J-series messages, AWCIES), or the VMF K-series messages. All this proves that the development of a standard intermediary representation is a process of one or a few years.

A third major problem in case of traditional solutions is the difficulty of development required to use the intermediary representation and the low cost-effectiveness of these developments. The interoperability solution based on intermediary representation is essentially a meaning preserving transformation and re-transformation between the internal representation of the information exchanged in the given IT system and the intermediary representation.

In existing IT systems, the possibility of modifying the internal representation is limited, as this would affect the components of the system that handle (produces, or consumes) the given information, and would require their modification. Thus, in most cases, the actual option is to supplement the system with transformation components that form an interface between the system and the outside world. This needs a new development that can be most effectively met by the original developer of the system, if it still exists, and if it undertakes the development task. In many cases, however, this condition is not met, the system in question is a so-called legacy system, that has survived from an earlier period, is often obsolete, or is becoming obsolete for various reasons, and cannot be further developed.

In addition to the difficulties or even impossibility of development, a significant economic issue is that during the fitting of different systems to the same intermediary representation, the same transformation functions become necessary, and thus are implemented several times. The reason for this is that in several systems there may be overlaps between internal representations, which thus require the same transformation. Multiple implementations are obviously an unnecessary expense, but can even lead to discrepancies that pose interoperability problems.

### *3.2. Requirements for novel solutions*

A number of requirements can help to exceed the limits mentioned in the previous point. These are based on more general approaches, and even without their specific formulation they played a role in the appearance of various novel interoperability directions and solutions. In the following, I would like to highlight three requirements related to transformations between cooperating IT systems. These are the following:

- implementation of transformations as a separate functional unit

<sup>11</sup> MIP4 Information Exchange Specification.

- implementation of transformations as a service
- feasibility of conversions without prior consultation

The first requirement is to decouple the transformations between internal and intermediary representations from the systems involved, which aims to overcome the limitations of development difficulties and economic disadvantages. Its implementation is justified by the fact that there are many widely used transformation functions in traditional interoperability solutions that do not become 'public benefit', because they are 'buried' in a system and cannot be reused.

These problems can be solved by component-based software development, which allows the organisation of the transformation functions into a system-independent but tightly connected functional unit or into an interoperability infrastructure that meets the needs of multiple systems. The decoupling of the transformation functions appears in several conventional solutions in the form of separate gateways, however, this is only software separation, they remain part of the system, and their implemented functions are not available to other systems.

In addition to the lack of reusability, adapting to new or changing information exchange needs, further development the interoperable transformation functions implemented in each system is also uneconomical, because it requires further development of the given system without actually affecting the basic system functions.

The decoupling and reusability of interoperability solutions was also one of the objectives of the European Union's ISA<sup>2</sup> interoperability program, as exploration, creation and operation of interoperability solutions to support the implementation of EU policies and activities, facilitating the re-use of such solutions by European administrations.<sup>12</sup> However, according to the 2019 report,<sup>13</sup> evaluating the implementation of the program, the objective of reusability was only achieved to a certain extent.

The business interests of software companies make it rather difficult to meet the requirement for reusability of interoperability solutions. It is more profitable for companies to sell their interoperability solutions embedded in comprehensive products than to facilitate the activities of other software vendors by publishing or selling it.

The decoupling of interoperable transformations from the affected systems makes it possible to *decouple the implementation and operation of the transformations from the development and operation of the systems* using them, which can also be considered a response to the development difficulties and economical disadvantages. Instead of developing own development and interoperability infrastructure, it is possible to use the required capabilities as an interoperability service.

The separation of reusable functions and their implementation by external service providers makes it possible to centralise the expertise required for their development;

<sup>12</sup> Decision (EU) 2015/2240 of the European Parliament and of the Council, 1. (d).

<sup>13</sup> Evaluation Study supporting the interim evaluation of the programme on interoperability solutions for European public administrations, businesses and citizens (ISA<sup>2</sup>). Final Report (European Commission, Directorate General for Informatics, 2019).

to increase the quality of software development, to improve its productivity; and more economical use of resources allocated to interoperability services.

Because interoperability is inherently a mutual capability between cooperating IT systems interconnected by a network (whether it is the open Internet or a restricted access network of an application area), interoperability services can emerge as value-added services on that network.

In contrast to the sharing of interoperability solutions, there may already be an economic interest in the provision of interoperability services, which has been reinforced by the emergence and rapid spread of cloud-based solutions. I will deal with interoperability services in more detail in the next section.

The third, most demanding requirement – the *possibility of implementing transformations without prior consultation* – aims to reduce the time required to implement interoperability solutions, and it is already foreseeable that to meet this requirement may encounter the greatest difficulties. In contrast to the previous two requirements, this is not related to traditional solutions based on a common intermediary representation, its aim is not only a more efficient and economical implementation, but to dynamically implement transformations between representations used by different systems or intermediary representations used by different user groups even in different ways per connection.

A key condition of such an implementation is the formal description of the representations used by the individual systems, or user groups. With the help of these descriptions the transformations can be realised in a shorter time, possibly using previously implemented transformations. These descriptions are relatively easy to produce in the lower two (technical and syntactic) of the three levels of interoperability mentioned in the introduction. However, this is not true for the semantic level that carries the meaning of information representations, where currently even standardised intermediary representations contain only a textual description of the meaning and references to certain source documents.

A 'dynamic' interoperability solution that differs from link to link, based on a formal description of the representations, would be particularly useful for systems with similar representations, but for lack of a better one using general intermediary representations of a wide community of users.

Ontologies, as formal descriptions of knowledge as a set of concepts, are an essential tool for semantic-level interoperable transformations without prior consultation. These have been at the forefront of IT research for a few decades, but their practical applications have appeared in only a few areas. A 2020 literature review<sup>14</sup> examines their potential applications in the field of product lifecycle management. The authors state that 93% of the publications are theoretical proposals, more than 50% describe a model or framework.

<sup>14</sup> Alvaro Luis Fraga et al., 'Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: A systematic literature review', *Journal of Industrial Information Integration* 20 (2020).

## 4. Thoughts on novel solutions

Among the novel, non-traditional interoperability solutions in the literature, the interoperability infrastructure and the closely related interoperability as a service occupy a prominent place. These have appeared partly in response to the limitations of traditional solutions and partly in connection with popular directions of information technology development, but they have not yet gained significant application in practice. In the following, I will formulate some thoughts on these two issues without claiming completeness.

### 4.1. Interoperability infrastructures

According to Google NGram Viewer, the term 'interoperability infrastructure', appeared in the literature after 1990, however, there is still no uniformly accepted definition of its content. The term is most commonly found in the areas of public administration and healthcare, which are characterised at national and EU level by actors who need to work closely together, but operate heterogeneous IT systems.

In the following, I first summarise the basic features of two related research projects. The EU-funded 2004–2006 *ARTEMIS project*<sup>15</sup> aimed to improve the data exchange capabilities of medical IT systems. The objective of the project was to enhance the data exchange capabilities of medical information systems. The rationale was that most of the information systems that are in use in health care institutions are not able to communicate among each other, "they are proprietary and often only serve one specific department within a healthcare institute. A number of standardization efforts are progressing to address this interoperability problem such as EHRcom<sup>16</sup>, openEHR<sup>17</sup> and HL7 Version 3<sup>18</sup>. Yet, it is not realistic to expect all the healthcare institutes to conform to a single standard. Furthermore, different versions of the same standard [...] and even the different implementations of the same standard, [...] do not interoperate".<sup>19</sup>

The objective of ARTEMIS was to develop "a semantic web service based P2P interoperability infrastructure for healthcare information systems".<sup>20</sup> The proposed solution was "to provide the exchange of meaningful clinical information among healthcare institutes through semantic mediation".<sup>21</sup> The heterogeneities among the standards was handled at the semantic level using ontologies, ontology mapping and semantic mediation. The two basic parts of the Artemis Message Exchange Framework was the message schema mapping, and the message instance transformation.

<sup>15</sup> A Semantic Web Service-based P2P Infrastructure for the Interoperability of Medical Information Systems.

<sup>16</sup> *ISO 13606 Health informatics – Electronic health record communication* (ISO, 2019).

<sup>17</sup> A technology for e-health consisting of open platform specifications, clinical models and software.

<sup>18</sup> Health Level Seven Version 3 (V3) Normative Edition.

<sup>19</sup> Veli Bicer et al., 'Artemis Message Exchange Framework: Semantic Interoperability of Exchanged Messages in the Healthcare Domain', *ACM SIGMOD Record* 34, no 3 (2005), 71.

<sup>20</sup> Mike Boniface and Paul Wilken, 'ARTEMIS: Towards a Secure Interoperability Infrastructure for Healthcare Information Systems', *Studies in Health Technology and Informatics* 112 (2005), 181–189.

<sup>21</sup> Bicer et al., 'Artemis Message', 71.

Message schemas were translated to OWL ontologies, and then mapped pairwise to each other, creating a mapping definition. The messages were transformed to OWL instances, then these instances transformed to the target format using the mapping definition, and finally converted back to message formats.

The also EU-funded 2006–2008 *SEEMP project*<sup>22</sup> aimed to allow existing national/local job market places and data warehouses to be interoperable at pan-European level. The essential phases of the job market process are: describing the requirements of the job position, publishing the job posting, receiving of applications and final decision-making. The starting point was that the public employment services, who are information intermediaries between job seekers and employers, differ substantially in the way they describe positioning regarding to geographical areas, specific industries or occupation groups, and the format and content of CVs of the applicants are diverse, too.<sup>23</sup> The objective of the project was to develop a federated architecture and interoperability middleware as well as applicative plug-in services.

The proposed solution of the project is – like ARTEMIS – web service based. It is composed of a reference part, which reflects the 'minimal shared commitment', and the connectors toward the various local actors. The reference part is made up of a central abstract machine, and a set of common services supporting the execution. The abstract machine does not perform directly any operation, but offers abstract services that are made concrete by delegation. When the abstract service is invoked, its execution is delegated to the appropriate employment service to invoke the correspondent concrete services. A core component of the solution is a reference ontology, that is built on commonly used standards. This contains those interpretations which are shared by cooperating parties on high-level aspects, allowing for collaboration among them, while disagreeing on minor details that differentiate one party from the others.<sup>24</sup>

The professional-scientific results of the two research projects are common in that:

- do not include a definition of interoperability infrastructure
- they assume that the cooperating systems exchange data in the form of XML or EDI format messages
- their proposed solutions are based on web services and the use of ontologies
- there is no literature information on their practical results for more than ten years since the closure of the projects

As the *definition of interoperability infrastructure* is not included in the literature, in the following I will formulate a proposed interpretation, which can be based on the general content of the concept of infrastructure and its purpose in support of interoperability. Since the essence of IT interoperability is the exchange of data between IT systems, which preserves the intended meaning, the basic foundation for this is the existence of a network infrastructure enabling the data exchange. However,

<sup>22</sup> Single European Employment Market-Place.

<sup>23</sup> *The SEEMP project. Single European Employment Market-Place. An e-government case study (OASIS).*

<sup>24</sup> Emanuele Della Valle et al., 'SEEMP: An Interoperability Infrastructure for e-Government Services in the Employment Sector', in *The Semantic Web: Research and Applications, 4th European Semantic Web Conference, ESWC 2007*, ed. by Enrico Franconi, Michael Kifer and Wolfgang May (Berlin–Heidelberg: Springer, 2007), 220–234.

communication networks do not provide interoperability transformations, so the interoperability infrastructure can be implemented as a value-adding layer based on these networks.

Based on the above, the interoperability infrastructure is a set of tools, methods, procedures and operating personnel, the purpose of which is to implement and support the conditions of interoperable data exchange for a specific group of IT systems. In addition to the ability to exchange raw data, the interoperability infrastructure performs widely used meaning-preserving transformations, taking over this task from the systems concerned. Based on the levels of interoperability, the interoperability infrastructure can also be divided into levels, or layers, the lower layer of which provides syntactic transformations, while the upper layer contains functions implementing semantic transformations.

The *results of the research programs* of the early 2000s did not appear in practice. In the literature we cannot find the presentation of an existing IT interoperability infrastructure, nor has a major research program been launched in the last ten years to establish it. Although the use of web services, which is the basis of these solutions, is constantly expanding, ontology-based solutions for semantic interoperability have encountered significant limitations. The reasons for this were partly the difficulty of creating formal domain ontological descriptions (in fact, due to the shortcomings in the clarity of field concepts) and partly the difficulty of transformations between different conceptual systems.

Another reason for the lack of interoperability infrastructures is practical. The implementation and maintenance of a global, regional, national or organisational infrastructure requires significant expenses and resources, which at present, in my opinion, the actors involved are unable or unwilling to provide. The costs of implementation and, consequently, usage of a market-based infrastructure service are high.

A recent review article emphasises that the interoperability frameworks (the bases of interoperability infrastructures) "are mainly concerned with the structuring of the interoperability concepts, and not on the actual implementation of software prototypes to support these specifications".<sup>25</sup>

## 4.2. Interoperability services

The concept of 'interoperability services' is strongly connected to the concept of interoperability infrastructure discussed in the previous point, as all infrastructures, whether organisational, national, regional or global, provide services to their customers. We must look for the place and role of the examined concept among these infrastructural services. As in the case of interoperability infrastructure, in the literature the term interoperability as a service is used in various forms, mostly without a precise definition.

<sup>25</sup> Claudia-Melania Chituc, 'Interoperability Frameworks for Networked Information Systems: A Comparative Analysis and Discussion', *International Journal of Cooperative Information Systems* 28, no 1 (2019).



In the following I highlight two literature occurrences of the interoperability service. The *Interoperability Service Utility* is one of the basic concepts of a 2008–2011 EU project (Collaboration & Interoperability for Networked Enterprises, COIN). The term has already been used in the roadmap of enterprise interoperability research project. The starting point of the project was to meet their business objectives, enterprises need to collaborate with other enterprises. The report states, that “questions remain about the impact and significance of [...] vendor-based solutions. Specifically, a single, monolithic solution for Enterprise Interoperability rested on proprietary protocols and captive markets is untenable in a climate of change, unworkable in real businesses, and strategically undesirable for promoting innovation and growth”.<sup>26</sup> The conclusion is, that “interoperability as a utility-like capability needs to be supported by an enabling system of services for delivering basic interoperability to enterprises, independent of particular IT deployment. We use the term Interoperability Service Utility (ISU) to denote this overall system. [...] Value-added functionalities, for which customers would be willing to pay a premium, would flow above the ISU. Conceptually, the ISU constitutes the next “layer” of open cyberspace, sitting atop the Internet and the Web. The implicit proposition is that interoperability as a technical functionality is a public good – the ISU is available for all to use, exploit and build upon”.<sup>27</sup>

In a later document the economic and implementation questions were analysed. How can enterprise interoperability be sold as a utility, rather than as an adjunct to a commercial offering? Who would (should) own and/or operate the ISU? The hypothesis is that “interoperability [...] realised as a commoditised technical functionality, delivered as services, and independent of particular IT deployment – is key to the infrastructure of a new generation of software-based services and applications”.<sup>28</sup>

The report defines the ISU as a utility infrastructure which comprises utility services. A service is a software component which provides functionality that can be activated and called on demand remotely from another software system. The term refers to:

- the functionality provided by the utility and exposed using service interfaces (utility service)
- any third party service available over the utility (value added service)<sup>29</sup>

The interoperability services term also appears in the title of the *Content Management Interoperability Services* standard of OASIS<sup>30</sup> published in 2010 and modified in 2015. The purpose of the standard is to support information sharing between content management repositories/systems made available by different service providers, by specifying web services and interfaces.<sup>31</sup> The standard “defines a domain model and Web Services, [...] bindings that can be used by applications to work with one

<sup>26</sup> Man-Sze Li et al. (eds), *Enterprise Interoperability. Research Roadmap. Final Version (Version 4.0)* (Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2006), 1.

<sup>27</sup> Ibid. 2.

<sup>28</sup> Man-Sze Li, *D6.2.1a – Integrated EI Value Proposition – M24 issue* (COIN Consortium, 2010), 6.

<sup>29</sup> Ibid. 14–15.

<sup>30</sup> Organization for the Advancement of Structured Information Standards.

<sup>31</sup> Florian Müller and Ken Baclawski (eds), *Content Management Interoperability Services (CMIS) Version 1.1 Plus Errata 01* (OASIS, 2015).

or more Content Management repositories/systems. The CMIS interface is designed to be layered on top of existing Content Management systems and their existing programmatic interfaces". In fact, the standard – despite its name – is nothing more than traditional interoperability solutions: a standard intermediary representation and the interface that handles it.

The *concept of interoperability service* in relation to IT interoperability can be defined as a service by which the service provider supports interoperability (meaning preserving data exchange) between service consumers' (users') IT systems, devices and applications. The service can provide the conditions of interoperability in whole or in part, its basic task is to support and implement transformations between different information representations. The technical implementation of interoperability services can be middleware, web service and cloud-based (which partially overlap one another).

Among the interoperability services 'interoperability as a service' plays a key role, and its interpretation fits into the conceptual framework of cloud-based solutions. The essence of this is "enabling network access to a scalable and elastic pool of shareable physical or virtual resources with self-service provisioning and administration on-demand".<sup>32</sup>

The range of cloud-based services is expanding nowadays, with new 'as a service' type concepts emerging one after the other, of which a research material already collected 68 in 2015.<sup>33</sup> The concept of 'Everything/Anything-as-a-Service' (XaaS) has also appeared in the literature to summarise them.<sup>34</sup> Definition of interoperability as a service is not included, but it is relatively easy to interpret it in this context: a cloud-based software service that performs on-demand transformation of, and mediation between data exchange mechanisms, protocols or data to support interoperability.

The situation of the *practical application of interoperability services* is similar to that of the interoperability infrastructure closely related to it. The user demand for these services is significant in many application areas, of which health informatics and the Internet of Things stand out in the literature. The reasons for the current lack of implementation are also similar to those stated in the case of interoperability infrastructure: the difficulties of services at the semantic level and the economic aspects of the market emergence of interoperability service providers.

Despite the above situation, syntactic transformations between character sets, number representations, or different message formats (XML, JSON), or semantic transformations between classifications, units of measure, coordinate, or calendar systems could be widely used.

The concept of interoperability services is strongly connected to clouds, but – as an article<sup>35</sup> shows – "the cloud providers and clients have opposite motivations for cloud interoperability. The providers prefer vendor lock-in situations to keep the clients and ensure higher profits enabling more and more cloud features. On contrary,

<sup>32</sup> ISO/IEC 17788 *Information technology – Cloud computing – Overview and vocabulary* (ISO/IEC, 2014), 3.25.

<sup>33</sup> Sugam Sharma, 'Evolution of as-a-Service Era in Cloud', *ArXiv*, abs/1507.00939 (2015).

<sup>34</sup> Yucong Duan et al., 'Everything as a Service(XaaS) on the Cloud:Origins, Current and Future Trends', *2015 IEEE 8th International Conference on Cloud Computing*, 2015, 621–628.

<sup>35</sup> Magdalena Kostoska et al., 'An Overview of Cloud Interoperability'. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems 8* (2016), 873.

the clients would like freedom, and the ability to choose the provider that offers the highest quality of services they want. Therefore, the need for cloud interoperability is more initiated by the clients than the providers". As a conclusion, the author states that "cloud interoperability on IaaS and PaaS levels has been addressed and several partial solutions exist, while the cloud interoperability on the SaaS level is still in an infant development".<sup>36</sup>

## 5. Summary, conclusion

The starting point of my publication is the traditional solution of IT interoperability, the essence of which is to use a standard intermediary representation. The development of this 'common language' is based on the information exchange needs of a cooperating community and is created as a result of a prior consultation process and then modified as necessary as information exchange needs change. The meaning preserving transformation between the representation used in the IT systems of the individual actors and the intermediary representation is the responsibility and task of the given actors.

Practice clearly shows that traditional interoperability solutions are in many cases not sufficient, nor the most effective, to solve interoperability problems. The first contribution of the publication is to explore and systematise the limitations of traditional solutions. These include dependence on the community concerned, the homogeneity of their information exchange needs and the closeness of their cooperation. This self-evident dependence implies the difficulty of achieving interoperability between actors who do not cooperate closely and on a lasting basis. The second limitation is the time required for prior consultation, which makes it difficult to establish the IT interoperability required for cooperation in a timely manner in case of new cooperation environments, such as new coalition operations. Finally, the third limitation is the difficulty of adaptation to the intermediary representation for existing systems and the low cost-effectiveness of development due to the multiple implementation of the same transformation functions.

The second contribution of the publication is the definition of general requirements for novel solutions, which can be deduced from the limitations of conventional solutions. These are: decoupling the transformation between internal and intermediary representations from the systems involved, decouple the implementation and operation of the transformations from the development and operation of the systems using them and the possibility of implementing transformations without prior consultation.

Finally the most characteristic research results of two novel solutions – interoperability infrastructures and interoperability services – and the state of their practical implementation are presented. The third contribution of the publication is the exploration that these novel solutions are still in the research phase, there are no examples of their practical application, and the reasons for this lie primarily in

<sup>36</sup> Ibid. 876.

the difficulties of semantic interoperability and the economic conditions of IT interoperability infrastructure operation and service provision.

## References

- AAP-06, *NATO Glossary of Terms and Definitions*. Brussels: NATO Standardization Office, 2020.
- APP-6 *NATO Joint Military Symbolology. Edition D Version 1*. Brussels: NATO Standardization Office, 2017.
- Bicer, Veli, Gokse B Laleci, Asuman Dogac and Yildiray Kabak, 'Artemis Message Exchange Framework: Semantic Interoperability of Exchanged Messages in the Healthcare Domain'. *ACM SIGMOD Record* 34, no 3 (2005), 71–76. Online: <https://doi.org/10.1145/1084805.1084819>
- Boniface, Mike and Paul Wilken, 'ARTEMIS: Towards a Secure Interoperability Infrastructure for Healthcare Information Systems'. *Studies in Health Technology and Informatics* 112 (2005), 181–189.
- Chituc, Claudia-Melania, 'Interoperability Frameworks for Networked Information Systems: A Comparative Analysis and Discussion'. *International Journal of Cooperative Information Systems* 28, no 1 (2019). Online: <https://doi.org/10.1142/S0218843019500023>
- C-M(2005)0016 *NATO Policy for Interoperability*. North Atlantic Council, 2005.
- COM(2010) 744, *Towards interoperability for European public services*. Brussels: European Commission, 2010.
- COM(2017) 134, *European Interoperability Framework – Implementation Strategy*. Brussels: European Parliament, Council, Economic and Social Committee, Committee of Regions, 2017.
- Decision (EU) 2015/2240 of the European Parliament and of the Council*.
- Della Valle, Emanuele, Dario Cerizza, Irene Celino, Jacky Estublier, Germán Vega, Mick Kerrigan, Jaime Ramirez, Boris M Villazon, Pascal Guarrera, Gang Zhao and Gabriella Monteleone, 'SEEMP: An Interoperability Infrastructure for e-Government Services in the Employment Sector', in *The Semantic Web: Research and Applications, 4th European Semantic Web Conference, ESWC 2007*, ed. by Enrico Franconi, Michael Kifer and Wolfgang May. Berlin–Heidelberg: Springer, 2007, 220–234. Online: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72667-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72667-8_17)
- Duan, Yucong, Guohua Fu, Nianjun Zhou, Xiaobing Sun, Nanjagund C Narendra and Bo Hu, 'Everything as a Service (XaaS) on the Cloud: Origins, Current and Future Trends'. *2015 IEEE 8th International Conference on Cloud Computing*, 2015, 621–628. Online: <https://doi.org/10.1109/CLOUD.2015.88>
- e-Government Interoperability Framework Version 6.1*. Cabinet Office UK, 2005.
- European Interoperability Framework – Implementation Strategy*. Brussels: European Commission, 2017, 4–5.
- Evaluation Study supporting the interim evaluation of the programme on interoperability solutions for European public administrations, businesses and citizens (ISA<sup>2</sup>). Final Report*. European Commission, Directorate General for Informatics, 2019.

- Fraga, Alvaro Luis, Marcella Vegetti and Horacio Pascual Leone, 'Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: A systematic literature review'. *Journal of Industrial Information Integration* 20 (2020). Online: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100176>
- ISO 13606 *Health informatics – Electronic health record communication*. ISO, 2019.
- ISO/IEC 2382, *Information Technology – Vocabulary*. ISO/IEC, 2015.
- ISO/IEC 17788 *Information technology – Cloud computing – Overview and vocabulary*. ISO/IEC, 2014.
- Johannesson, Paul and M Hasan Jamil, 'Semantic Interoperability Context, Issues, and Research Directions'. *Proceedings of the Second International Conference on Cooperative Information Systems*, Toronto, 1994, 180–191.
- Kostoska, Magdalena, Marjan Gusev and Sasko Ristov, 'An Overview of Cloud Interoperability'. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems* 8 (2016), 873–876. Online: <https://doi.org/10.15439/2016F463>
- Li, Man-Sze, *D6.2.1a – Integrated EI Value Proposition – M24 issue*. COIN Consortium, 2010.
- Li, Man-Sze, Ricardo Cabral, Guy Doumeingts and Keith Popplewell (eds), *Enterprise Interoperability. Research Roadmap. Final Version (Version 4.0)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2006.
- Liu, Leo, Weizi Li, Naif R Aljohani, Miltiadis D Lytras, Saeed-Ul Hassan and Raheel Nawaz, 'A framework to evaluate the interoperability of information systems – Measuring the maturity of the business process alignment'. *International Journal of Information Management* 54 (2020). Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102153>
- MIL-STD-2525D *Department of Defense Interface Standard Joint Military Symbology*. Defense Information Systems Agency, 2014.
- Munk, Sándor, 'An Analysis of Basic Interoperability Related Terms, System of Interoperability Types'. *AARMS* 1, no 1 (2002), 117–132.
- Munk, Sándor, *Katonai informatikai rendszerek interoperabilitásának aktuális hadtudományi kérdései*, MTA doktori értekezés. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 2007.
- Munk, Sándor, 'Interoperability Services Supporting Information Exchange Between Cybersecurity Organisations'. *AARMS* 17, no 3 (2018), 131–148. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2018.3.9>
- Müller, Florian and Ken Baclawski (eds), *Content Management Interoperability Services (CMIS) Version 1.1 Plus Errata 01*. OASIS, 2015.
- Sharma, Sugam, 'Evolution of as-a-Service Era in Cloud'. *ArXiv*, abs/1507.00939 (2015). *The SEEMP project. Single European Employment Market-Place. An e-government case study*. OASIS.
- Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language*.



János Gyula Kocsi<sup>1</sup>

# The Significance of the Establishment of the United States Indo-Pacific Command for U.S.–China Relations

An essential element of U.S. foreign policy strategy is an active presence in Asia. China's economic strengthening and the American–Chinese trade war have also given America a greater emphasis on projecting military forces into the region. One key element of this is the establishment of the United States Indo-Pacific Command (USINDOPACOM). In this article, I detail the reasons for setting up the headquarters, its task and its area of responsibility. I describe the military factors that affect U.S.–China foreign policy relations.

**Keywords:** U.S.–China relations, USINDOPACOM, U.S.–China trade war, U.S. force projection

## 1. Introduction

The U.S. military presence in Asia is an essential factor in U.S. defence and foreign policy. After World War II, there has always been a reason for the U.S. to intervene militarily in a Middle or Far East country. Nevertheless, the ability of the U.S. to deploy forces is greatly aided by close economic and military cooperation with Japan and South Korea. China's economic strengthening and the U.S.–China trade war have also prompted America to place greater emphasis on the deployment of military forces in the region, as exemplified by the stationing of large numbers of military forces in the region and the establishment of the United States Indo-Pacific Command (USINDOPACOM). In the following, I present the factors that played a role in setting up the new headquarters and their impact on China.

<sup>1</sup> Assistant Professor, University of Public Service, e-mail: [kocsi.janos.gyula@uni-nke.hu](mailto:kocsi.janos.gyula@uni-nke.hu)



## 2. United States Indo-Pacific Command (USINDOPACOM)

USINDOPACOM is one of six U.S. Joint Operations Commands for the U.S. Armed Forces. The Commander of the Indo-Pacific Command (CDRUSINDOPACOM) is the senior U.S. military representative within the area of responsibility of the Indo-Pacific Command. CDRUSINDOPACOM, through the Secretary of Defense, is accountable to the President of the United States. It has two joint headquarters, U.S. forces stationed in Japan and Korea, and 5-component headquarters: the U.S. Pacific Fleet, the U.S. Pacific Air Force, the U.S. Pacific Land Forces and the U.S. United States Marine Corps and the United States Special Operations Command in the Pacific. These commands are based in Hawaii, and their forces and assets are present and deployed across the region.<sup>2</sup>



Figure 1: Badge of the USINDOPACOM

Source: USINDOPACOM, 'Headquarters', s. a.

Approximately 375,000 U.S. soldiers and civilians perform their duties in the area of responsibility of the USINDOPACOM. The U.S. Pacific fleet includes about 200 ships (five aircraft carrier strike groups), nearly 1,100 aircraft and 130,000 sailors and civilians. The Pacific Marine Corps consists of two naval expeditionary forces and approximately 86,000 personnel, and 640 aircraft. The U.S. Pacific Air Force comprises 46,000 soldiers and civilians, or more than 420 aircraft. Nearly 106,000 troops from the U.S. Pacific Land Forces consist of a corps and two divisions, with more than 300 aircraft and five vehicles operating in the area of responsibility, from Japan and Korea to Alaska

<sup>2</sup> USINDOPACOM, 'Organization Chart', s. a.

and Hawaii. It should be noted that the number of Army headquarters includes more than 1,200 special operations soldiers. The civilian staff of the Department of Defense is approximately 38,000 in the area of responsibility of the Indo-Pacific Command.

USINDOPACOM defends U.S. territory, people and interests with U.S. government organisations. With its allies and partners, USINDOPACOM is committed to strengthening stability in the Asia-Pacific region, which must be fought to victory by promoting security cooperation, fostering peaceful development, effectively responding to unforeseen events, deterring aggression and the need for it. This commitment is based on partnership, presence and military readiness.<sup>3</sup>



Figure 2: Area of responsibility of the USINDOPACOM  
Source: USINDOPACOM, 'Area of Responsibility', s. a.

### 3. INDOPACOM's area of responsibility: Geopolitical and military significance

The area of responsibility of the United States Indo-Pacific Command (USINDOPACOM) covers half of the Earth's surface, stretching from the west coast of the United States to the western border of India and Antarctica to the Arctic. The 36 countries in the Asia-Pacific region make up more than 50% of the world's population. Two of the world's three largest economies and 10 of the other 14 are located in the Asia-Pacific region. The shift in the focus of the world economy to the Asia-Pacific

<sup>3</sup> USINDOPACOM, 'Headquarters', s. a.

region is expected to continue in the coming years, with the development of South Korea and Southeast Asian states in addition to China and India.

There are seven of the world's ten most significant forces, five nuclear powers and five nations allied with the United States through mutual defence treaties. "The increasing arms competition and China's growing power ambitions in the region have made former latent contradictions more dangerous. Washington, too, is watching the frequent incident-laden conflicts and China's aspirations with greater concern. Monitoring these conflicts and security challenges, the main strategic objectives in the region of the United States are the following:

- securing allies and partner countries;
- apprehending potential opponents (China, North Korea);
- supporting the development of military capabilities in threatened states;
- in the spirit of building trust, encouraging cooperation and promoting joint action with China on the challenges."<sup>4</sup>

The United States India-Pacific policy is defined in three essential documents. According to the 2017 National Security Strategy,<sup>5</sup> China is a revisionist power, and it is crucial to serve the United States out of the region, expand the economic model of state governance and rearrange the region according to its interests. The *Indo-Pacific Strategy Report: Preparedness, Partnerships and Promoting a Networked Region*<sup>6</sup> published by the Department of Defense in 2019 includes the following: The old Indo-Pacific is the primary battlefield of the Department of Defense, which is why China has reshaped the region to its own advantage by forcing and restraining other countries through military modernisation, influence operations, and a predatory economy. The document's key is to meet this challenge by working more closely with allies and partners. India also has a pivotal role in this cooperation, as it renamed the Pacific Command in 2018 to the Indo-Pacific Command.

The third document, *A Free and Open Indo-Pacific: Advancing a Shared Vision*, prepared by the U.S. Department of State in 2019, emphasises the need for infrastructure development for many countries in the region. China is holding hands with the "One Belt, One Road" initiative, but the document mentions alternative programs for partners.<sup>7</sup>

The main challenges in the region:

- North Korea poses the greatest threat until the nuclear situation on the Korean Peninsula is resolved.
- China represents a major long-term strategic threat to security, but this applies not only to the region but to the world as a whole.
- Russia's growing influence in the region and the deepening of relations between Moscow and Beijing gives reason for serious concern.

<sup>4</sup> Gergely Varga, 'Az Egyesült Államok katonai jelenléte a csendes-óceáni térségben', 2014.

<sup>5</sup> The White House, 'National Security Strategy of the United States of America', 2017.

<sup>6</sup> The Department of Defense, 'Indo-Pacific Strategy Report: Preparedness, Partnerships and Promoting a Networked Region', 2019.

<sup>7</sup> Cleo Paskal, 'Indo-Pacific strategies, perceptions and partnerships', *Chatham House Research Paper*, 23 March 2021.

- The spread of terrorism and radical views by non-state actors.
- The region is currently the most vulnerable place prone to disasters and many countries lack sufficient capability and capacity to manage natural and man-made disasters.<sup>8</sup>

The U.S. Pacific defence strategy is China-centric. It aims to maintain its military superiority over China in the East Asian region and prevent it to gradually expand its influence in the western Pacific basin.<sup>9</sup>

“China’s growing power is being watched with concern in the surrounding Asian countries and the United States is viewed as a formative power that protects the power status quo, provides stability and counteracts China. China’s growing economic power, along with the emerging and, at the same time, increasingly dominant economic selection has forced Asian states to strike a careful balance. In the interest of their economic development, they do not intend to jeopardise these relations, so there may be a possibility that these countries in question in East Asia and Southeast Asia, or some of them, instead of counterbalancing would line up with China, which would significantly weaken the position of the United States. With this in mind, America must strive to ensure that its Asian allies not only enjoy American security guarantees as “free riders” but also play their part in ensuring their own protection and that the region remains strong enough to act as a deterrent and a credible military dominance.”<sup>10</sup>

China’s Pacific Strategy uses all elements of the national resource, diplomacy, information, military force and economy in parallel and combined use, thereby creating unique challenges involving the United States and its alliance.<sup>11</sup>

In the American interpretation, the creation of China’s “One Belt, One Road” is not only of an economic nature but also supports the strategic interest achieved through this program and ensures the overseas applicability of its military power.<sup>12</sup>

#### 4. Indicative name change?

On 30 May 2018, the United States Pacific Command (USPACOM) underwent a name change and a change of commander. This is how the Pacific Command became Indo-Pacific Command. The name change was announced by U.S. Secretary of Defense James N Mattis at the Joint Forces base in Pearl Harbor, citing the growing interconnection between India and the Pacific and the U.S. focus on the west.

The move reflects the growing importance of the Indo Ocean in U.S. strategic thinking and recognises India’s growing role in ensuring regional security. The move

<sup>8</sup> Phil Davidson, ‘China’s Challenge to a Free and Open Indo-Pacific’, U.S. Indo-Pacific Command, 1 October 2019.

<sup>9</sup> Varga, ‘Az Egyesült Államok katonai jelenléte’.

<sup>10</sup> Varga, ‘Az Egyesült Államok katonai jelenléte’.

<sup>11</sup> Davidson, ‘China’s Challenge’.

<sup>12</sup> Ibid.

references the U.S. 2018 defence strategy, which recognises the challenges and signals found in the Pacific that America is permanently committed to the Indo-Pacific.<sup>13</sup>

In 2017, former President of the United States Donald Trump declared that the "Free and Open Indo-Pacific" (FOIP) area freely translates as "Free and Open India-Pacific". Donald Trump interpreted this concept as a kind of end-state about the region, which has become widespread, and many states in the region are applying the concept.<sup>14</sup>

Originally based on the idea of Japanese Prime Minister Abe Shinzo, Japan's FOIP strategy was launched in 2016, with the explicit goal of freedom, the rule of law, a market economy, freedom from coercion and violence, and making the region prosperous and successful. The U.S. has adopted the concept since 2017 and has been applying it ever since. In the United States and Japan's strategic thinking, together with Australia and India, the concept can be seen as a normative framework, with ASEAN actors as a perspective. Since the concept is freely interpretable, each state translates taking into account its own circumstances. This is precisely why several smaller, risk-averse states view the concept with a sort of reluctance, as the theory of thought, the varied forms of interpretation of the U.S. identifies China differently.<sup>15</sup>

However, in the interpretation of USINDOPACOM, the word "free" is not limited to the traditional security interpretation of the word itself. Respect for free societies respects individual freedoms such as free religion, good governance that promotes a free society, and insists on the value of the UN and the universality of Human Rights Declaration, and free nations do not have to choose a trading partner out of coercion or fear. Of greater importance to the open Indo-Pacific space is the need for all nations to have open access to the sea and air routes upon which economies and prosperity depend. Otherwise, it also refers to the region as an area of open investment, transparency among nations, protection of intellectual property, and justice and mutual trade.<sup>16</sup>

## 5. The Chinese benefit

For the past 70 years, the region has been mostly peaceful, and China has been the biggest beneficiary of the conditions and values just mentioned, making it the world's second-largest economic power.

Most of all, however, China wants to rewrite the basic rules, i.e. with hidden coercive procedures that can be applied in the economy prosperity can be gained. It provides loans, develops infrastructure and the economy. Nevertheless, if a country takes out more credit than it can afford, the lender can quickly increase its influence over that country's sovereignty.<sup>17</sup>

<sup>13</sup> DoD News, 'Pacific Command Change Highlights Growing Importance of Indian Ocean Area', 31 May 2018.

<sup>14</sup> Department of State, 'A Free and Open Indo-Pacific: Advancing a Shared Vision', 4 November 2019.

<sup>15</sup> Jeffrey Reeves and Joanne Wallis, 'A Free and Open Indo-Pacific: Strengths, Weaknesses, and Opportunities for Engagement (Introduction)', *Asia Policy* 15, no 4 (2020).

<sup>16</sup> Davidson, 'China's Challenge'.

<sup>17</sup> Department of State, 'A Free and Open Indo-Pacific'.

The permanent military presence and demonstration of strength in the East and South China Seas are intended to intimidate other countries. Furthermore, in these areas, the means of coercion and intimidation are the excessive territorial demands that are sought to be underpinned by the strict construction of crafts and their militarisation. China calls this activity of a defence nature, which is pursued by Chinese sovereignty, but hinders the freedom of other countries to fly and navigate, which is also condemned by the Permanent Court of Arbitration in The Hague.<sup>18</sup>

When we mention the security of freedom of navigation, we do not mean the dangers and manoeuvres and actions of ships, but the right and security of all nations' trade, communications and the communication of financial communications and financial information on the seabed. Some examples to illustrate the freedom of navigation in the South China Sea:

- Nearly a third of the annual global trade, approximately \$3.5 billion comes from the region.
- One-third of the world's crude oil and liquefied natural gas traffic passes through the South China Sea.
- Trillions of dollars in trade travel annually on the South China Sea communication routes.<sup>19</sup>

China exerts tremendous pressure on ASEAN countries to vote for all ASEAN members to veto which non-ASEAN countries can sail, fly, practice and operate in the South China Sea. Thus, China is practically a substitute for U.S. naval exercises in the region, ideal for exercises with Australia or Japan in international waters. For the time being, ASEAN member states oppose this suggestion.<sup>20</sup>

## 6. China Task Force

Nothing proves the U.S.'s relationship with China better than the fact that Joe Biden, the President of the United States recently announced a new sub-unit of the U.S. Department of Defense called the China Battle Group. The 'battle group' task force provides portfolio-level provisions, measures, programs and processes related to the Chinese challenge and develops recommendations for defence leaders. The group's task is to examine essential areas such as strategy, operational concepts, technology and force structure, deployment and command of forces and intelligence.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> Phil Davidson, 'China Power: Up for Debate', *U.S. Indo-Pacific Command*, 30 November 2018.

<sup>19</sup> Ibid.

<sup>20</sup> Viet Hoang, 'The Code of Conduct for the South China Sea: A Long and Bumpy Road', *The Diplomat*, 28 September 2020.

<sup>21</sup> Jim Garamone, 'Biden Announces DOD China Task Force', *DoD News*, 10 February 2021.

## 7. Conclusion

Chinese leaders have previously openly expressed their dissatisfaction with the current world order, which they believe is based on Western values and is solely in the interests of the United States, so China aims to turn that world order into a system where national power is more important than international law. The United States does not have to give up its dominant power, and the creation of USINDOPACOM and the China Task Force demonstrates the importance of retaining the Asian region and stationing its resources close to China.

## References

- Davidson, Phil, 'China Power: Up for Debate'. U.S. Indo-Pacific Command, 30 November 2018. Online: [www.pacom.mil/Media/Speeches-Testimony/Article/1702301/china-power-up-for-debate](http://www.pacom.mil/Media/Speeches-Testimony/Article/1702301/china-power-up-for-debate)
- Davidson, Phil, 'China's Challenge to a Free and Open Indo-Pacific'. U.S. Indo-Pacific Command, 1 October 2019. Online: [www.pacom.mil/Media/Speeches-Testimony/Article/1976518/chinas-challenge-to-a-free-and-open-indo-pacific/](http://www.pacom.mil/Media/Speeches-Testimony/Article/1976518/chinas-challenge-to-a-free-and-open-indo-pacific/)
- Department of State, 'A Free and Open Indo-Pacific: Advancing a Shared Vision', 4 November 2019. Online: [www.state.gov/wp-content/uploads/2019/11/Free-and-Open-Indo-Pacific-4Nov2019.pdf](http://www.state.gov/wp-content/uploads/2019/11/Free-and-Open-Indo-Pacific-4Nov2019.pdf)
- DoD News, 'Pacific Command Change Highlights Growing Importance of Indian Ocean Area', 31 May 2018. Online: [www.pacom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/1537107/pacific-command-change-highlights-growing-importance-of-Indo-ocean-area/](http://www.pacom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/1537107/pacific-command-change-highlights-growing-importance-of-Indo-ocean-area/)
- Garamone, Jim, 'Biden Announces DOD China Task Force'. *DoD News*, 10 February 2021. Online: [www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2500271/biden-announces-dod-china-task-force/](http://www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2500271/biden-announces-dod-china-task-force/)
- Hoang, Viet, 'The Code of Conduct for the South China Sea: A Long and Bumpy Road'. *The Diplomat*, 28 September 2020. Online: <https://thediplomat.com/2020/09/the-code-of-conduct-for-the-south-china-sea-a-long-and-bumpy-road>
- Paskal, Cleo, 'Indo-Pacific strategies, perceptions and partnerships'. *Chatham House Research Paper*, 23 March 2021. Online: [www.chathamhouse.org/2021/03/indo-pacific-strategies-perceptions-and-partnerships/02-us-and-indo-pacific](http://www.chathamhouse.org/2021/03/indo-pacific-strategies-perceptions-and-partnerships/02-us-and-indo-pacific)
- Reeves, Jeffrey and Joanne Wallis, 'A Free and Open Indo-Pacific: Strengths, Weaknesses, and Opportunities for Engagement (Introduction)'. *Asia Policy* 15, no 4 (2020). Online: [www.nbr.org/publication/a-free-and-open-indo-pacific-strengths-weaknesses-and-opportunities-for-engagement-introduction/#\\_ftn5](http://www.nbr.org/publication/a-free-and-open-indo-pacific-strengths-weaknesses-and-opportunities-for-engagement-introduction/#_ftn5)
- The Department of Defense, 'Indo-Pacific Strategy Report: Preparedness, Partnerships and Promoting a Networked Region', 2019. Online: <https://media.defense.gov/2019/Jul/01/2002152311/-1/-1/1/DEPARTMENT-OF-DEFENSE-INDO-PACIFIC-STRATEGY-REPORT-2019.PDF>



- The White House, 'National Security Strategy of the United States of America', 2017. Online: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf>
- Varga, Gergely, 'Az Egyesült Államok katonai jelenléte a csendes-óceáni térségben', 2014. Online: <https://svkk.uni-nke.hu/document/svkk-uni-nke-hu-1506332684763/svkk-elemzesek-2014-10-az-egyedul-allamok-katonai-jelenlete-a-csendes-occe-ani-tersegben-varga-g.original.pdf>
- USINDOPACOM, 'Area of Responsibility', s. a. Online: [www.pacom.mil/About-USINDOPACOM/USPACOM-Area-of-Responsibility/](http://www.pacom.mil/About-USINDOPACOM/USPACOM-Area-of-Responsibility/)
- USINDOPACOM, 'Headquarters, United States Indo-Pacific Command', s. a. Online: [www.pacom.mil/About-USINDOPACOM/](http://www.pacom.mil/About-USINDOPACOM/)
- USINDOPACOM, 'Organization Chart', s. a. Online: [www.pacom.mil/Organization/Organization-Chart/](http://www.pacom.mil/Organization/Organization-Chart/)



István Mészáros<sup>1</sup>

# Hospital Disaster Management – Evacuation of Perinatal Intensive Care Units Based on Emergency Management Plan

The purpose of this study is to illustrate the special cases of a fire in a hospital especially in a perinatal intensive department, that may be encountered by the firefighters. Due to these special circumstances, the evacuation time of the facility can be significantly increased. There are unusual evacuation and rescue methods, which require special devices and more intense human resources. The evacuation requirement of a hospital is more than a usual evacuation plan, the goal is to maintain the health care services during and after the evacuation, so it is necessary to apply the Evacuation Plan of the Hospital Disaster Plan during a fire evacuation. This requires much more accurate and complex training from both the firefighters and the medical staff. Also, its effectiveness depends to a large extent on the architectural and fire protection design of the building, its modernity, the available medical and rescue equipment and the number of medical staff. The study examines the approximation and joint applicability of the plans above, based on the experience of a hospital evacuation exercise.

**Keywords:** Hospital Disaster Plan, fire alarm, evacuation, Perinatal Intensive Care Unit, Neonatal Intensive Care Unit, Intensive Care Unit, shelter-in-place, fire compartment

## 1. Introduction

The main purpose of this study is to examine how it is possible to bring the Evacuation Plan of the Hospital Disaster Plan to the Fire Evacuation Plan and which circumstances are necessary to the joint application of these plans. All these are important to secure the healthcare activity during a prompt incident.

<sup>1</sup> PhD student, University of Public Service, Doctoral School of Military Sciences and Military Engineering, e-mail: [meszaros.istvan.mail@gmail.com](mailto:meszaros.istvan.mail@gmail.com)

The author of this article identified the following main research objectives:

- to introduce the practical application of the Hospital Disaster Plan
- to see in peacetime the opportunities of application of the disaster medicine, what contains the principles of caring for a large number of injured or sick people with limited care capacity
- to elaborate the crisis management strategies and due to the parallel intervention of the firefighters the recognition of each other's abilities and possibilities as well as the practice of parallel task implementation

For the examination of these questions above, in one of the hospitals of the capital in 2017 during a hospital disaster exercise an imitation of fire was implemented. This incident justified the evacuation of the patients and the staff as well, i.e. the practice of the Evacuation Plan of the Hospital Disaster Plan was carried out.

The primary hypothesis of the exercise: On the 4<sup>th</sup> floor of the building – which has been supplied with a fire alarm system – an electrical fire occurs in the kitchen in the Intensive Care Unit (ICU)/Perinatal Intensive Care Unit (PICU) and later it spreads to the adjacent corridor of the Obstetrics Department/PICU, although it is separated by walls. The smoke/fire threatens the patients in both areas. The fire alarm starts operating as well as the Smoke and Heat Exhaust Ventilation (SHEV) system. The staff starts evacuation and then in a secured space the patients' placement and transport to other hospitals have begun.

## **2. Literature review of the theoretical foundation of hospital emergency planning activities**

The Hungarian legal system determines some relevant tasks around the emergency planning in the healthcare. There are two types of the evacuation plan which have not been coordinated or separated from each other yet.

### *2.1. Evacuation planning based on the hospital disaster planning*

In Hungary the preparation of Hospital Disaster Plan (HDP) for hospitals is regulated by Act CLIV of 1997 on Health and the provisions of the EMMI Decree 43/2014 (VIII.19.) on the content requirements of health contingency plans of hospitals and amendment of certain ministerial provisions on health care. Basically the HDP is a complex plan system consisting of a master plan and fourteen sub-plans. One of these sub-plans is the Evacuation Plan.

The aim of the "Evacuation Plan of the Hospital Disaster Plan": The secure and rapid withdrawal of the patients, staff and all the documents connected to the care of the patients as well as the most essential medical supplies from unexpected hazards. All these take place with assignment of tasks and responsibilities in the absence of

other prepared rescue procedures.<sup>2</sup> The plan does not focus on maintaining operations through relocation, but on safely leaving the facility, which may be caused by more rapid, more intense emergencies, such as a large-scale fire. The Evacuation Plan of the HDP can thus be understood as an extended Fire Evacuation Plan of a hospital, with the difference that the purpose of the HDP is to ensure the maintenance of health care in crisis situations. So the evacuation process does not end at the Fire Assembly Point. During the process, it is necessary to take care of the patients and at the end of the process to continue the care on its own infrastructure or by transporting them to another institution, possibly by ambulance.

## 2.2. Evacuation planning based on the Fire Evacuation Plan

Facilities must be designed in such a way that:

- persons in the facility can be alerted quickly and in an awareness raising manner in the event of a fire
- persons who are unable to escape on their own must also be able to reach a shelter-in-place within the prescribed normal time
- the rescue of persons with reduced mobility or disabilities should be ensured in such facilities
- the design of the facility must allow the use of evacuation routes without delay<sup>3</sup>

The preparation of a Fire Safety Policy for individuals engaged in economic activities and for legal persons is compulsory as required by law. Those obliged to do so must prepare a Fire Evacuation Plan as an annex to the fire protection regulations for the building they operate.<sup>4</sup>

A part of the Fire Evacuation Plan is how to leave the building and the responsibilities of workers during evacuation. One of the most important tasks of the workers is to escape and to leave the facility endangered by fire. Based on these, the purpose of a fire exercise is to practice how workers leave the facility.<sup>5</sup>

In the current domestic regulations, the evacuation regulations presuppose that persons escape on their own and the conditions of this must be ensured. More precisely, the execution of evacuation as such can only be implemented under the above mentioned assumption. In contrast, there are no specific regulations for evacuating hospitals, so currently, the evaluation of exercises and – costly – computer simulation procedures can provide planning assistance.<sup>6</sup>

<sup>2</sup> 43/2014 (VIII.19.) EMMI Decree on the content requirements of health contingency plans of hospitals and amendment of certain ministerial provisions on health care.

<sup>3</sup> György Veres, 'Tömegtartózkodású épület kiürítésének vizsgálata I', *Hadmérnök* 4, no 1 (2009), 34–45.

<sup>4</sup> 30/1996 (XII.6.) Ministry of the Interior's Decree on the preparation of fire protection regulations.

<sup>5</sup> Gergely Herczeg, 'Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása', *Védelem Tudomány* 4, no 3 (2019), 40–61.

<sup>6</sup> Judit Veresné Rauscher and Tibor Kovács, 'Kórház kiürítés vizsgálata számítógépes kiürítés szimulációval', *Védelem Tudomány* 4, no 2 (2019), 23–44.

### *2.3. Separation of the evacuation plan and the fire evacuation plan*

According to the law, the application of the HDP in Hungary takes place when, as a result of an extraordinary event, a disproportion develops between the health care needs and the capacity available locally.<sup>7</sup>

An essential element of the HDP is that, especially when additional sub-plans come into effect (alarm, equipment, transport, communication), the ultimate goal is not to evacuate the hospital, but to maintain health care during and after the emergency, as well as during the evacuation.

In addition, unlike a Fire Evacuation Plan, the tasks performed during an HDP evacuation plan can be protracted, such as in the event of a short-term predicted natural disaster or a civilisation disaster. So, with the exception of a fire, evacuation here does not take place according to the standard times specified in fire protection legislation.

In my opinion, in a hospital it is necessary to manage the two plan systems together, since in a fire the goal is not just to evacuate the facility, the goal is to evacuate the facility safely and maintain patient care activities or to carry out final placement of the patients in other hospitals.

### *2.4. Examination of the types and sequence of evacuation*

During the preparation of the plan, special attention should be paid to the technical characteristics of the building, fire compartments, shelter-in-place areas, fire safe elevators and, in parallel, the professions and specifics found in the facility, such as equipment and documentation to be saved with the patient. These together, significantly influence the order, how they build on each other, and partition of the rescue. Depending on the design of the facility, evacuation can be horizontal, vertical and/or complete.<sup>8</sup>

The order of the evacuation is primarily determined by the condition of the patients. To determine the condition of patients, the principles of the so-called "triage" approach are applied by health professionals who carry out and coordinate evacuation. The "triage" approach means classifying patients based on their condition.

Erdal Tekin et al. proposed the following order of priority for the "triage" approach to hospital evacuation:

Priority 1: Children, newborns, patients who are not connected to a medical device and can walk or be carried in hands and have an able person to carry.

Priority 2: Patients who are in a wheelchair or can only move with the help of a walking aid.

Priority 3: Patients who need a stretcher to be moved.

Priority 4: People in need of intensive care.

Priority 5: Patients with the lowest chance of survival.

<sup>7</sup> Act CLIV of 1997 on Health, Section 228 (2).

<sup>8</sup> FEMA, 'Hospital Evacuation: Principles and Practices', AWR-214-W, 2010, 23.

## 2.5. *The interpretation of the evacuation to shelter-in-place*

In its recommendation, the United States Federal Emergency Management Agency (FEMA) highlights that the goal is to maintain patient care during a hospital fire, in which escape to shelter-in-place is a good solution. This will ensure the continuation of patient care within the institution.

In this case, it is necessary to restrict the movement of patients and staff for the protection of property and life. The recommendation also emphasises that the establishment of a shelter-in-place requires prior technical interventions,<sup>9</sup> like an adequate number of medical gas connectors, which is important to be equivalent to the original area, electrical network and other medical devices.

Decision factors of evacuation or shelter-in-place<sup>10</sup> are:

- the nature of the incident (expected time of arrival, magnitude, area of impact, time to run)
- expected impacts of the incident on the facility and its environment

"The most common population protection measures included in external protection plans are onsite and offsite sheltering and evacuation, which are mostly affected by the available time frame. [...] The choice between population protection measures (evacuation and sheltering in place) used in cases of chemical accidents involving toxic substance release is a vital decision-making action that mainly depends on the time available for decision making and implementation of protection activities."<sup>11</sup>

The key elements of shelter-in-place:

- To strengthen and prepare critical infrastructural elements:
  - fire safety structures
  - energy supply
  - medical gas supply
  - medical equipment
  - air supply, etc.
- If the necessary time is available:
  - to decrease the patient census before the event
  - to perform the ongoing threat assessment<sup>12</sup>
  - if it is necessary based on the above mentioned, to change the rescue strategy

## 2.6. *Special cases of evacuation in a hospital*

At first glance, it may seem absurd, but in case of the infrastructure of a 100-year-old hospital building, in a facility without fire compartments, the medical staff may also be forced to use disaster medicine when evacuating ICU/PICU.

<sup>9</sup> Ibid. 22.

<sup>10</sup> Ibid. 24.

<sup>11</sup> Zsolt Cimer, Gyula Vass, Attila Zsitnyányi and Lajos Kátai-Urbán, 'Application of Chemical Monitoring and Public Alarm Systems to Reduce Public Vulnerability to Major Accidents Involving Dangerous Substances', *Symmetry* 13, no 8 (2021), 2.

<sup>12</sup> Emergency Preparedness and Response Exercise Program, 'Emergency Shelter-In-Place Guidance', *MDPH Hospital Evacuation Toolkit, III* (Harvard, School of Public Health, 2014), 51.



Based on the order of rescue set up according to the “triage” at the start of the evacuation, the most critical patients, who only can be evacuated in the most difficult, time- and staff-intensive way, may no longer be able to be evacuated by health professionals due to the escalation of the emergency.

The number and the status of the persons in the disaster area is a very important information for the intervening forces. As is established in another study, the basis of the disaster planning is not the capacity of the building or the number of all employees, rather the number of the persons present in general. The importance of this number during the disaster planning is to get to know the number of the persons of this group that can take a part in the onsite intervening team and who have to be evacuated.<sup>13</sup>

In this case, it is essential that the intervening firefighters are properly informed so that the rescue can be carried out with the least possible damage to health despite the given situation.

Disaster medicine, therefore, in this case means that the medical staff coordinating and initiating the eviction, based on a quasi-risk assessment, starts the evacuation of patients with the best chances of survival, assuming the risk that the evacuation of patients with lower chances of survival will not be successful or their condition will deteriorate significantly during the rescue operation.

Minimising these risks is one of the tasks of business continuity planning in case of critical infrastructures, as required by law. Thus, at this stage of planning, when planning the safety of operation, special attention should be paid to reducing risks, in our case to prevent the occurrence of fires, throughout:

- the professional, trained usage of standard equipment, and planned preventive maintenance
- to ensure the availability of the early warning throughout the constant maintenance of the fire alarm system
- to ensure to extinguish fires in every case in its early stage throughout:
  - the maintenance of the fire sprinkler system
  - the fire extinguishers are matched with the class of the fire and are available in a sufficient number
  - to apply fire blankets
- the adequate capacity planning concerning both technical and human resources
- to ensure and maintain the conditions of the chosen evacuation methodology

### *2.7. The importance of the organisation of evacuation exercises*

In order to be able to leave a facility in a real emergency as quickly as possible – by preparing participants – evacuation exercises can make a major contribution. Accordingly, evacuation exercises are effective means of preparation.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Irina Kátai-Urbán, 'Veszélyes anyaggal foglalkozó telephelyek riasztási és terület kiürítési hatékonyságának vizsgálata', *Műszaki Katonai Közlöny* 28, no 1 (2018), 90.

<sup>14</sup> Herczeg, 'Kiürítési gyakorlatok'.

The feasibility of these disaster management tasks and the availability of all of the forces, equipment and safety infrastructure must be taken into account. The forces must be available in the necessary quantity, level of preparation and applicability. The equipment must be available in the necessary assortment, technical status and operative applicability. It is important to have the infrastructure needed for the management. The necessity of the forces and equipment must be determined on the basis of credible force-equipment assessment. The appropriateness of the forces' volume is acceptable only this way, if the training and the exercising of them was documented and the forces have the adequate equipment.<sup>15</sup>

Furthermore, the organisational tasks of an exercise help to assess the basic abilities of the organisation (see Table 1 below).

Table 1: The SWOT analysis of the exercise

Source: Compiled by the author.

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>engaged healthcare professionals</li> <li>the coercion of action arising from the social weight of premature birth care</li> <li>the designed ideal circumstances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>the circumstances are worse in real life</li> <li>the number of the healthcare workers in real life is less</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>elaboration of new rescuing techniques and tactics</li> <li>the healthcare workers can try their abilities in a realistic situation</li> <li>the firefighters can get to know the difficulties of the intensive care units' evacuation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>the conclusions of the exercise go beyond budgetary possibilities</li> <li>successful exercise reduces managerial commitment to improving real-world conditions</li> </ul>

### 3. Conducting the examined exercise

The preparation of the exercise took about half a year. During the available half-year, we updated the hospital's Disaster Plan and aligned it with the facility's Fire Evacuation Plan, prepared the implementation together with the professional staff, provided training to refresh existing knowledge, and developed ways to record and evaluate the practice.

From the point of view of the exercise, the modernity of the building is manifested in the fact that it has 2–4 fire compartments per level, fully covered with fire sprinkler system, fire safe elevator for firefighters, mechanical SHEV system. The operation of the Urgent Care Center (UCC) is important from a medical point of view. These conditions do not apply to any of the units involved in the exercise in most hundred-year-old facilities.

During the exercise, the conditions were further idealised and a number of health professionals meeting the minimum professional requirements were commanded, and the evacuation sub-plan was completely redesigned from squad level.

<sup>15</sup> Lajos Kátai-Urbán (ed), *Iparbiztonságtan I* (Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013), 146.

There were two basic evacuation strategies modelled:

- leaving the facility
- escape to a shelter-in-place

### 3.1. Leaving the facility

The most important task was to set priorities, as well as to categorise and allocate the babies who need to be rescued. Infants who were not under ventilation began to be rescued by professional staff or by the parents present. In case of infants under ventilation, it caused difficulties that the transport of incubators<sup>16</sup> is not really available in sufficient numbers or cannot be assembled due to lack of space or due to congestion and their assembly is time-consuming or also not possible due to lack of space.

Therefore, the rescue of infants in need of ventilation can only be manual, implemented by the so-called bag valve mask ventilation. The weight of an incubator is approximately 100 kg, for moving and ventilating 3 people are required in principle (1-push, 1-direct, 1-breathe).

Considering this theoretical possibility, the number of babies that can be saved is very small. During the exercise, a new technique was tested, in which two infants were placed in a transport incubator, and two nurses/doctors were ventilating them by simultaneously ventilating with one hand and pushing/directing the incubator with the other hand. The simulation was implemented with the help of so-called medical mannequin dolls, whose intubation reacted to movement and possible jolting in a similar way to reality.



Picture 1: Practicing the "new" rescue technique

Source: Picture taken by Attila Kovács, Semmelweis University.

<sup>16</sup> Mobile incubators with their own medical gas and power supply.

The evacuation took place via elevators in the independent fire compartments and, after the arrival of the firefighters, through the fire safe elevator for firefighters. On the ground floor, the evacuated babies were taken over by the UCC and accommodated after the triage, handed over to the ambulance service or the Peter Cerny Foundation's ambulance for transport to another institution.

### 3.2. *Escape to a shelter-in-place*

Precisely due to the difficulties of the escape described above, it is faster to ensure safe conditions for staying, and to provide practice opportunities for staff to assess and recognise this.

This is conceivable in two cases:

1. There is no fire in the given fire compartment, so staying there for 90 minutes can be ensured if the appropriate redundant networks are in operation.
2. The rescue operation shall last until the nearest fire compartment, where, with the operation of appropriate redundancies, connectors shall be available where the incubators are provided with medical gas and electricity, so it is safe to stay there for 90 minutes and to prepare for further escape if necessary.

During the exercise, a third situation was also modelled when a doctor and a mother could not escape with her baby from the section affected by the fire because the fire blocked the escape route. In this case, the goal was to signal the entrapment and implement rescuing through the window with turntable ladders.

### 3.3. *Main findings of the exercise*

The exercise was successful under idealised conditions, although the complete evacuation took 24 minutes, and the fire compartmentation of the building as well as the operating SHEV system made it safe.

In reality, out of the three patient care units involved in the exercise, one PICU department has a fire compartment, but at present neither the redundancy of the medical gas nor the electrical system is ensured, so although the lockdown is architecturally possible, intensive health care is not.

Transportation of evacuated babies with premature infant ambulance service (Peter Cerny Foundation) takes much more time in reality, as the number of special ambulances is limited and the removal of a newer baby can only take place after the previous infant has been transferred to and from the host institution. This extends the placement of babies in a safe place by up to 10–15 minutes, significantly reducing the chances of babies' surviving.

In reality, concerning one of the PICUs, although it has an exit to the street facade, there are stairs where an incubator cannot be removed. If there is a fire in the ward and the lift cannot be used (because it is not a fire safe elevator), infants in distress can only be rescued by hands by providing ongoing support to life functions.

In reality, the building where the other intensive care units are originally located has one single fire compartment so escaping to the other unit within the building does not provide guaranteed protection.

Currently, redundant medical gas pipelines are not established in these areas, spare cylinders are not available in sufficient numbers, or there is no storage space in the area to store them. If the medical gas is shut off at the Clinic (e.g. due to a fire), infants can only be ventilated manually, which cannot be solved with the current number of professional staff.

### *3.4. Recommended measures required for safe operation*

Qualified fire blankets shall be placed in the territory of all organisational units providing intensive (or similar) care, which is suitable for the immediate extinguishing of small fires and for the protection of vulnerable persons for a short period of time.

The necessary conditions of shelter-in-place and safe evacuation of the facility must be established in all clinics and hospitals, with a special focus on the fire compartments, automatic fire alarm system, appropriate redundant networks per fire compartments, installation of safety elevators, ramps, stairways, necessary technical and transport equipment, but in particular, a number of health professionals must be provided in accordance with the minimum professional requirements laid down by law.

## **4. Summary**

Based on the analysis of the relevant literature, it can be concluded that the exercise of fire evacuation plans is not only a legal obligation but is essential for personnel to be able to implement it effectively even in the event of a real fire.

The relevant legislation and directives provide only guidance and general requirements for facilities where persons unable to escape on their own might be taken care of, so general evacuation time calculation cannot be fully applied in such cases.

Considering that the ultimate goal of evacuating a hospital is not only to evacuate the facility, but to maintain or continue the treatment of the treated persons (within the institution or by transfer to another health care facility), tasks of the staff are much more comprehensive (the application of disaster medicine, preparation for shipment, transmission of medical information, etc.) than required by law for the preparation of a general fire safety policy and fire evacuation plan. This is why it is necessary to coordinate, comprehensively apply and continuously practice the output sub-plans of fire evacuation and Hospital Disaster Plans.

It is necessary to assess the architectural and fire protection characteristics of PICU/ICU areas in hospitals, the available technical and human resources and, with adequate funding, to develop a comprehensive strategy based on practical experience (too) in order to develop a uniform level of safety with approaching the existing and current regulations.

The most important consequence of the exercise and the most valuable result of it is that the staff members providing health care and thus in crisis care actively participated – after the initial aversion and distancing (thinking about this kind of activity for the first time) – professional dialogue and discussions have been formed among them in the planning phase, and after the exercise, they shared their experiences with their colleagues in an organised way.

Utilising the experience of this exercise as well, and after further planning and exercises, the staff that had been involved in the previous complex exercise effectively applied the “shelter-in-place” evacuation method during the 2019 fire of an oxygen cylinder ventilator at the PICU. The staff applied the experiences of the former exercise and managed to prevent the further damage of medical equipment using fire blankets in the initial stage of fire.

## References

- Cimer, Zsolt, Gyula Vass, Attila Zsitnyányi and Lajos Kátai-Urbán, 'Application of Chemical Monitoring and Public Alarm Systems to Reduce Public Vulnerability to Major Accidents Involving Dangerous Substances'. *Symmetry* 13, no 8 (2021). Online: <https://doi.org/10.3390/sym13081528>
- Emergency Preparedness and Response Exercise Program, 'Emergency Shelter-In-Place Guidance', in *MDPH Hospital Evacuation Toolkit, III*. Harvard, School of Public Health, 2014, 45–57.
- FEMA, 'Hospital Evacuation: Principles and Practices', AWR-214-W, 2010.
- Femino, Meg, Susan Young and Vincent C Smith, 'Hospital-Based Emergency Preparedness Evacuation of the Neonatal Intensive Care Unit – the Smallest and Most Vulnerable Population'. *Pediatric Emergency Care* 29, no 1 (2013), 107–113. Online: <https://doi.org/10.1097/PEC.0b013e31827b8bc5>
- Fire Protection Technical Guideline – Evacuation (TvMI 2.3:2020.01.22.).
- Herczeg, Gergely, 'Kiürítési gyakorlatok szervezése, lebonyolítása'. *Védelem Tudomány* 4, no 3 (2019), 40–61.
- Kátai-Urbán, Irina, 'Veszélyes anyaggal foglalkozó telephelyek riasztási és terület kiürítési hatékonyságának vizsgálata'. *Műszaki Katonai Közlöny* 28, no 1 (2018), 76–102.
- Kátai-Urbán, Lajos (ed.), *Iparbiztonságtan I*. Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2013.
- Salmon, Liane, 'Fire in the OR – Prevention and preparedness'. *AORN Journal* 80, no 1 (2004), 42–60. Online: [https://doi.org/10.1016/S0001-2092\(06\)60842-9](https://doi.org/10.1016/S0001-2092(06)60842-9)
- Sankaran, Koravangattu, Allan Roles and Gordon Kasian, 'Fire in an intensive care unit: causes and strategies for prevention'. *Canadian Medical Association Journal* 145, no 4 (1991), 313–315.
- Tekin, Erdal, Atif Bayramoglu, Mustafa Uzkeser and Zeynep Cakir, 'Evacuation of Hospitals during Disaster, Establishment of a Field Hospital, and Communication'. *The Eurasian Journal of Medicine* 49, no 2 (2017). Online: <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2017.16102>

Veres, György, 'Tömegetartózkodású épület kiürítésének vizsgálata I'. *Hadmérnök* 4, no 1 (2009), 34–45.

Veresné Rauscher, Judit and Tibor Kovács, 'Kórház kiürítés vizsgálata számítógépes kiürítés szimulációval'. *Védelem Tudomány* 4, no 2 (2019), 23–44.

## Legal sources

30/1996 (XII.6.) Ministry of the Interior's Decree on the preparation of fire protection regulations.

43/2014 (VIII.19.) EMMI Decree on the content requirements of health contingency plans of hospitals and amendment of certain ministerial provisions on health care.

54/2014 (XII.5.) Ministry of the Interior's Decree on the National Fire Protection Regulations.

Act XXXI of 1996 on the protection against fire, technical rescue and the Fire Department.

Act CLIV of 1997 on Health.



# Tartalom

## BIZTONSÁGTECHNIKA

<i>VERESNÉ RAUSCHER JUDIT, BEREK LAJOS: Kórházak biztonsága és védelme 2. – személy- és vagyonvédelmi eszközök lehetőségei</i>	5
--	---

## KÖRNYEZETBIZTONSÁG

<i>JACKOVICS PÉTER, MUHORAY ÁRPÁD, PÉK LÁSZLÓ: Magyar katasztrófaorvosi mentőcsapat műveleti tevékenysége Haitin</i>	21
--	----

<i>BANA JÁNOS, KOVACSÓCZY LÁSZLÓ: Sugárárnyékolt jármű lehetséges alkalmazása a baleseti sugárhelyzet felmérésében</i>	43
--	----

<i>MAXIM KÁTAI-URBÁN: Examination of the Firewater Pollution Prevention Regulation in Hungary</i>	57
---	----

<i>FARKAS CSABA BENCE: A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai</i>	67
--	----

<i>KATONA GÁBOR: A védett természeti területek helyzete a vízgazdálkodási nagylétesítmények fenntartásában</i>	83
--	----

<i>GÁBOR DELI: Mechanism of Action and Use of Radiomimetic Compounds</i>	101
--	-----

## VÉDELEM INFORMATIKA

<i>GÓZON FANNI ZSUZSANNA, VÁCZI DÁNIEL, LAUFER EDIT: Hierarchikus fuzzy alapú kiberbiztonsági kockázatértékelő modell</i>	117
---	-----

<i>KOCZKA FERENC: A felsőoktatási intézmények informatikai védelmének szektorspecifikus kérdései</i>	139
--	-----

<i>GRÉGORY LUCAS, GERGELY LÁSZLÓ, CSABA LÉNÁRT, JÓZSEF SOLYMOSI: Review of Remote Sensing Technologies for the Acquisition of Very High Vertical Accuracy Elevation Data (DEM) in the Framework of the Precise Remediation of Industrial Disasters – Part 1</i>	155
---	-----

<i>SÁNDOR MUNK: Are Traditional IT System Interoperability Solutions Sufficient and Efficient? Thoughts on Novel Solutions</i>	171
--	-----

## FÓRUM

<i>JÁNOS GYULA KOCSI: The Significance of the Establishment of the United States Indo-Pacific Command for U.S.–China Relations</i>	193
--	-----

<i>ISTVÁN MÉSZÁROS: Hospital Disaster Management – Evacuation of Perinatal Intensive Care Units Based on Emergency Management Plan</i>	203
--	-----