

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Hausner Gábor



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Hausner Gábor



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2021

Szerzők

Ambrus Éva
Bodnár László
Csanádi Győző
Deák Veronika
Dévai Dóra
Domán László
Goda Zoltán
Huszár Péter
Huszár Viktor
Katona Gábor
Kralovánszky Kristóf

Kretz András
Kutassy Emese
Lakatos Bence Roland
Matusz Márk Péter
Olajosné Lakatos Boglárka
Priváczkíné Hajdu Zsuzsanna
Salamon Endre
Takács Krisztina
Terék Tamás
Tímár Attila

Szakmai lektorok

Bíró Tibor
Haig Zsolt
Padányi József

Palik Máttyás
Pohl Árpád
Restás Ágoston

Ludovika Egyetemi Kiadó
Székhely: 1089 Budapest, Orczy út 1.
Kapcsolat: info@ludovika.hu
A kiadásért felel: Koltay András rektor
Felelős szerkesztő: Karácsony Fanni
Olvasószerkesztő: Oláh Andrea
Korrektor: Bíró Csilla, Bujdosó Hajnalka
Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla

ISBN 978-963-531-441-6 (PDF) | ISBN 978-963-531-442-3 (ePub)

© A szerkesztők, 2021
© A szerzők, 2021
© Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021

Minden jog védve.

Tartalom

Előszó	9
<i>Ambrus Éva: A kiberképességekhez szükséges szervezeti háttér</i>	11
Bevezetés	11
Kiberképességek megvalósulása a szervezeti struktúrában	11
Képzés és állomány	20
Következtetések	22
Felhasznált irodalom	23
<i>Bodnár László: Az erdőtüzek oltóvízszállítási hatékonyságának növelése mesterséges víznyerőhelyek segítségével</i>	27
Bevezetés	27
Mesterséges víznyerőhelyek kiépítésének tapasztalatai nemzetközi szinten	28
Mesterséges víznyerőhelyek vizsgálata Magyarországon	30
Összegzés	42
Felhasznált irodalom	43
<i>Csanádi Győző: Az információmenedzsment megvalósulása a Magyar Honvédségben</i>	45
Bevezetés	45
A kutatás hatóköre, céljai és módszerei	46
A kutatás végrehajtásának és eredményeinek részletes leírása	47
Összefoglalás	59
Felhasznált irodalom	60
<i>Deák Veronika: A közszolgálati kiberbiztonsági képzés tervezése tudományos alapokon</i>	63
Bevezetés	63
Irodalmi áttekintés	64
Közszolgálati kiberbiztonsági képzés tervezése	67
Kutatási módszertanok	68
Felsőoktatási képzések tervezésének lépései	69
Következtetések	79
Összefoglalás és jövőbeni tervek	80
Felhasznált irodalom	81
<i>Dévai Dóra: A kiberképességek fejlesztése és integrációja az Amerikai Egyesült Államok haderejében</i>	83
Bevezetés	83
A kiberparancsnokság fejlődési íve	85
A Kiberparancsnokság és a haderőnemek kapcsolatrendszere	88
A katonai kiberképességek létrehozása és integrációja hadműveleti és harcászati szinten – A szárazföldi haderő	92
Következtetések	93
Felhasznált irodalom	95
<i>Domán László: A Mi-24 elektronikai hadviselési képességei és fejlesztési lehetőségei</i>	99
Bevezetés	99
Elektronikai hadviselés	99
A Mi-24P és V típusú harci helikopter elektronikai hadviselésrendszere	102
Fejlesztési lehetőségek	107
Következtetések	112
Felhasznált irodalom	114

<i>Goda Zoltán:</i> Szerves mikroszennyezők kockázatelemzése a vízi környezetben és az ivóvízellátásban	117
Bevezetés	117
A szerves mikroszennyezők csoportosítása	117
Szerves mikroszennyezők felszíni és felszín alatti vizekben	119
A környezeti kockázatelemzés alapjai	120
A kockázatelemzés lehetséges módszerei szerves mikroszennyezők esetében	122
Szerves mikroszennyezők kockázata az ivóvízellátásban	129
Összefoglalás	133
Felhasznált irodalom	134
<i>Huszár Péter:</i> Az ötödik generációs mobilhálózatokban rejlő lehetőségek a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek számára	135
Bevezetés	135
Mobilkommunikációs hálózatok fejlődése	137
Drónfelhasználás támogatása mobilhálózatokkal	138
Első tapasztalatok egy 5G képes drónnal	141
A drónfelhasználás főbb problémái és megoldási lehetőségeik	142
Következtetések	144
Felhasznált irodalom	145
<i>Huszár Viktor:</i> A blokklánc, a számítógépes látás és a mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a kiberhadviselésben	147
Bevezetés	147
A blokklánc-technológia meghatározása	148
A katonai hírszerzési rendszerek biztonsági réseinek azonosítása	152
Összegzés	158
Felhasznált irodalom	160
<i>Katona Gábor:</i> Tiszai vízszennyezések hatása a vízbiztonságra	163
Bevezetés	163
A biztonság fogalma, a környezet- és vízbiztonság helye a biztonság fogalomrendszerében	164
A vízszennyezések hatása a folyóra mint vízbázisra	166
A Tisza-tavat ért hatások és a védekezés lehetőségei	168
A Szolnoki Felszíni Vízkivételi művet ért hatások és a védekezés lehetőségei	172
A tartalék vízbázis védelmének lehetőségei	173
Következtetések	176
Felhasznált irodalom	176
<i>Kralovánszky Kristóf:</i> Állami célú adatátviteli rendszerek, hálózatok részleges integrálhatóságának egyes kérdései	179
Bevezetés	179
Hálózatok csoportosítása	180
Minősített adatok átviteli biztonsága	184
A rendszer irányítása	187
Nemzetközi interoperabilitás	188
Speciális igények	189
Valós redundancia	191
Különleges üzem, reziliencia	191
Kiberbiztonság	192
Összefoglalás, következtetések	193
Felhasznált irodalom	194

<i>Kretz András: A megújuló energia alkalmazásának előnyei és veszélyei, alkalmazási lehetőségei a védelmi szférában a létesítés és az objektumműködtetés során</i>	197
Bevezetés	197
A térségünk energiapolitikájának fejlődésvonala	197
A hagyományos energiák és forrásaik	199
Alternatív energiaforrások	201
Magyarországi célkitűzések az energiatakarékosággal kapcsolatosan	202
A geotermikus energia előnyei SWOT-elemzés alapján	205
Energiatudatos megoldások a védelmi objektumok létesítése, működtetése és korszerűsítése során	207
Összegzés	207
Felhasznált irodalom	208
<i>Kutassy Emese: A gemenci hullámtéren lévő vadmentő dombok magassági viszonyainak vizsgálata az árvizek lefolyásának függvényében az elmúlt húsz év viszonylatában</i>	211
Bevezetés	211
Gemenc térképei, felmérései	212
Hullámtér a Duna gemenci szakaszán	214
Vadvédelem	219
Következtetések	224
Összegzés	225
Felhasznált irodalom	225
<i>Lakatos Bence Roland: A lakosság önvédelmi képességét javító tűzvédelmi applikáció vizsgálata</i>	227
Bevezetés	227
A lakosság önvédelmi képességének a szerepe a tűzoltói beavatkozások során	228
Az ipar 4.0 és az IoT hatása a lakosságvédelemre	232
Az önvédelmi képességet javító okosalkalmazások bemutatása	235
Következtetések	241
Felhasznált irodalom	242
<i>Matusz Márk: A katona egészségügyi ellátásának fejlesztési lehetőségei a telemedicina tükrében</i>	245
Bevezetés	245
Tervezett telemedicinális eszközök	247
A csapategészségügyi ellátást támogató egészségügyi applikációban rejlő lehetőségek	251
A személyi igazolójegy („dögcédula”) fejlesztési lehetőségei a telemedicina vonatkozásában	256
Összefoglalás	258
Felhasznált irodalom	260
<i>Olajosné Lakatos Boglárka: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás vízügyi irányai</i>	261
Bevezetés	261
Vízügyi szakterületek mátrixa	262
Éghajlati adaptációra vonatkozó európai uniós irányelvek és stratégiák hazai megjelenései	264
Víz mérleg	266
Víz megtartás mint éghajlati adaptáció	267
Az éghajlati adaptációs célú vízmegtartás döntéshozói	271
Következtetések, javaslatok, célok	272
Felhasznált irodalom	273
<i>Priváczi-Juhászné Hajdu Zsuzsanna: A belvízi biztonság</i>	277
Bevezetés	277
A biztonság, veszély és kockázat fogalma	277
Magyarország belvív-veszélyeztetettsége	279
A belvízi biztonság megteremtésének eszközürendszere	281

A belvízi biztonság műszaki komponensei	287
A differenciált belvízi biztonság	290
A belvízi biztonság javítása	290
Összefoglalás	291
Felhasznált irodalom	292
<i>Salamon Endre: Víziközmű-adatbázisok lehetséges felhasználása rendkívüli helyzetben</i>	295
Bevezetés	295
Jelenlegi helyzet	296
Kívülről érkező szennyezés terjedésének vizsgálata modellszámítással	301
További alkalmazási lehetőségek	305
Következtetések	307
Felhasznált irodalom	307
<i>Takács Krisztina: Az ivóvízellátás biztosításának lehetőségei rendkívüli esemény bekövetkezésekor</i>	309
Bevezetés	309
Polgári ivóvízellátás biztosítása	309
A vízbiztonság katonai vonatkozásai	311
Mobil víztisztító berendezések alkalmazása	312
A palackozott ásványvizek mikrobiológiai vizsgálata	316
Összegzés	318
Felhasznált irodalom	318
<i>Terék Tamás: A Központi Logisztikai Bázis helye és szerepe az ellátási láncban</i>	321
Bevezetés	321
A Központi Logisztikai Bázis „gondolati alapkövéig” vezető út	322
A Központi Logisztikai Bázis szervezete, feladatai – jelenlegi helyzet	328
A Központi Logisztikai Bázis mint hadműveleti logisztikai rendszerelem	329
Összegzés	330
Felhasznált irodalom	331
<i>Tímár Attila: A Kettős-Körös árvízvédelmi töltésének geofizikai vizsgálata</i>	333
Bevezetés	333
A Kettős-Körös szabályozási munkálatai	333
A hosszúfoki töltésszakadás	334
Töltéskorrekció	337
Geofizikai mérés	338
Összegzés	346
Felhasznált irodalom	347

Goda Zoltán

Szerves mikroszennyezők kockázatelemzése a vízi környezetben és az ivóvízellátásban

Bevezetés

A kockázatértékelés és a kockázatkezelés a nukleáris és hadiiparban, a katonai és polgári légiközlekedésben, valamint az űrtechnológia területén jelent meg először, hiszen ezek olyan területek, ahol viszonylag magas baleseti kockázat áll fenn, a következmények pedig igen súlyosak és kiterjedtek lehetnek. Később a katasztrófavédelemben, a veszélyes üzemek azonosításában és kezelésében alkalmazták. Ezeken a területeken nagy szükség volt a kockázatok pontos és alapos felmérésére és rangsorolására, hiszen ezzel áttekinthetővé váltak az adott tevékenységben rejlő veszélyek és célzott lépéseket lehetett tenni azok mérséklésére, valamint beavatkozási eseménysort tervezni az esetlegesen kialakuló problémák kezelésére. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a kockázatértékelés és -kezelés jelentősen csökkenti az egyes, negatív kimenetelű események, balesetek valószínűségét, és hatékonyan mérsékli a már kialakult események hatásának mértékét és kiterjedtségét. Mindebből adódóan az elmúlt évtizedekben a kockázatértékelő stratégiák gyors terjedése, más tudományterületeken való megjelenése és alkalmazása volt tapasztalható. Az egyes tudományterületekre jellemző a módszerek specializációja, illetve egyedi gyakorlatok kidolgozása. Hasonló specializáció tapasztalható az egyes szennyező anyagok környezeti, valamint az ivóvízellátásban alkalmazott kockázatelemzésének területén is. Ebben a munkában a szerves mikroszennyezők környezetre, valamint az ivóvízbázisokra gyakorolt kockázatainak elemzési módszereit, lehetőségeit mutatom be.

A szerves mikroszennyezők csoportosítása

Szerves mikroszennyezőknek azokat a vegyületeket nevezzük, amelyek literenként akár mikrogrammnyi koncentrációban is negatívan befolyásolják a víz felhasználhatóságát, fogyaszthatóságát, ökológiai paramétereit.¹ Sokukra jellemző, hogy perzisztens, azaz biológiailag nem, vagy csak nehezen bontható vegyületek, a szennyezőforrástól nagy távolságra képesek eljutni gyakorlatilag változatlan formában, koncentrációjuk hígulás folyamán csökkenhet, illetve kiülepedés során bizonyos zónákban növekedhet. A mikroszennyezők alapvetően két csoportba, szervetlen és szerves mikroszennyezők csoportjába sorolhatók. A szervetlen mikroszennyezők közé soroljuk többek között a vas-

¹ Knisz Judit et alii: Szerves mikroszennyezők a vizekben. In Knisz Judit (szerk.): *Szerves mikroszennyezők a vizekben*. Budapest, NKE, 2020.

és mangánvegyületeket, nehézfémeket, az arzén szervesetlen módosulatait, amelyek főleg felszín alatti vizek anaerob környezetében fordulnak elő.

A szerves mikroszennyezők köre igen jelentős számú és eltérő tulajdonságú vegyületet foglal magában, amely megnehezíti vizsgálatukat, kutatásukat, eltávolítási lehetőségüket. E szennyező anyagok jellemzően az alábbi csoportokba sorolhatók:

- PPCP-k² (gyógyszerek és testápolási termékek);
- peszticidek;
- felületaktív anyagok;
- égésgátlók;
- égési termékek és melléktermékek;
- üzemanyag-adalékanyagok;
- perfluorozott anyagok (PFC);³
- élelmiszer-adalékanyagok;
- poliklórozott bifenilek;
- biszfenolok;
- algatoxinok stb.⁴

A fejlődő analitikai módszereknek és technológiáknak köszönhetően egyre nagyobb számú vegyület kimutatására adódik lehetőség egyre alacsonyabb (akár néhány ng/L) koncentráció mellett. E jellemzően kis koncentrációban előforduló szerves szennyező anyagokra a nemzetközi tudományos szaknyelv az *emerging pollutants* (EP), illetve a *contaminants of emerging concern* (CEC) kifejezéseket használja, amelyeket „új szennyezők” és „növekvő aggodalomra okot adó szennyezők” kifejezésekkel emelhetünk át a magyar szakkifejezések közé. E meghatározások találóan utalnak e szerves szennyező anyagokra, hiszen ezek újszerű megjelenésükből vagy pedig korábbi mérhetőségi hiányukból adódóan nem esnek nemzetközi szabályozások alá, nem részei a rutin monitoringprogramok által vizsgált vegyületcsoportoknak, és vonatkozásukban ez idáig sem környezetminőségi, sem pedig ivóvízminőségi határértékeket nem állapítottak meg. Mindezek ellenére e vegyületek mind a környezet minőségére, mind pedig az emberi egészségre gyakorolt feltételezhető hatásuk miatt valóban aggodalomra adhatnak okot.

Az új szennyezők tehát nem feltétlenül az utóbbi években jelentek meg a környezetünkben, de a kémiai analitika eddig nem volt képes a kicsi vagy nagyon kicsi koncentrációban jelen lévő vegyületeket kimutatni, mennyiségüket meghatározni. Az utóbbi évtizedekben a tudományos közösség fókuszja azonban egyre inkább elmozdult az új szennyezők felé.

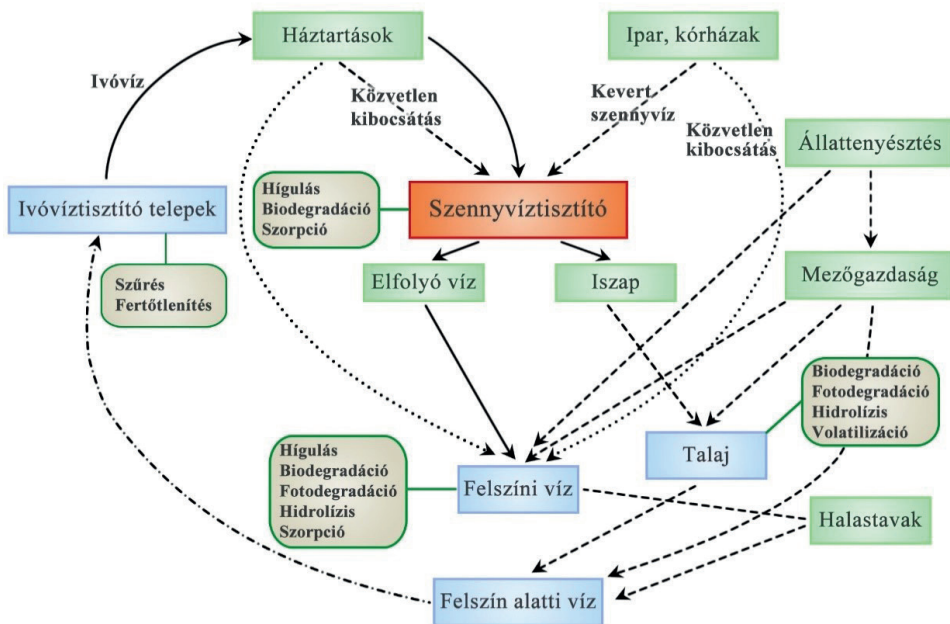
² PPCPs: *pharmaceuticals and personal care products*.

³ PFC: *perfluorocarbons*.

⁴ Knisz et alii (2020) i. m.

Szerves mikroszennyezők felszíni és felszín alatti vizekben

A szerves mikroszennyezők közös jellemzője, hogy az esetek jelentős többségében antropogén eredetűek, azaz előfordulásuk jelenlegi vagy múltbéli emberi tevékenységhez köthető. Értelemszerűen ismerünk természetes eredetű szerves mikroszennyező anyagokat is, amelyek szerves anyagok bomlásából vagy éppen vulkanikus folyamatok eredményeképpen kerülnek a környezetbe, de e tanulmány célját követve az antropogén eredetű vegyületekre fókuszálunk. Ezek leggyakoribb forrásait és jellemző útjait a következő ábra mutatja be.



1. ábra: A szerves mikroszennyezők forrásai és sorsuk a környezetben

Forrás: Knisz Judit – Vadkerti Edit⁵

Tekintve, hogy az ivóvíztermelésünk felszíni vagy felszín alatti vízáradókon alapul, mindenképpen érdemes vizsgálni a szerves mikroszennyezők jelenlétét vízbázisainkban. A felszín alatti vizek jellemző diffúz szennyezőforrása a mezőgazdaság, amely főleg peszticidek és műtrágyákból származó vegyületek kibocsátását jelenti. Szintén fontos szennyezőforrás lehet az ipar, amelyre jellemző, hogy akár évtizedekkel ezelőtt megszüntetett ipari létesítmények a mai napig aktív szennyezőforrásként vannak jelen. Felszíni vizeink szennyezőforrásai többek között a kommunális és ipari szennyvízbevezetések,

⁵ Knisz Judit – Vadkerti Edit: A szerves mikroszennyezők előfordulása, sorsa és hatása a környezetben. In Knisz Judit (szerk.): *Szerves mikroszennyezők a vizekben*. Budapest, NKE, 2020.

a hulladéklerakókról és mezőgazdasági területekről eredő bemosódások és a havária-események. Szennyvízkezelésünk sokat fejlődött az elmúlt évtizedek során, a korábban kezeletlen, vagy csak egy lépcsőben kezelt szennyvizek ma bár biológiai tisztítási fokozatot követően kerülnek a befogadóba. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy egyes szerves mikroszennyezők, így például a gyógyszermaradványok esetében, a biológiai szennyvíztisztítás sem elégséges, csak bizonyos technológiák, mint a mozgóágyas biofilmreaktor (MBBR)⁶ vagy összetett, membránszűréssel kombinált harmadik tisztítási fokozat üzemeltetésével lehetne elérni e vegyületek elfogadható mértékű visszatartását.⁷ A hazai felszíni vizekben előforduló mikroszennyezőkről viszonylag kevés adat áll rendelkezésünkre, de az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a Dunában – más európai folyókhoz hasonlóan – e vegyületek változó koncentrációban, de jelen vannak és kimutathatók, mennyiségük meghatározható.⁸ Figyelembe véve, hogy hazánk legnagyobb folyója mentén számos üzemelő és távlati parti szűrésű vízbázis található, amelyek folyamatos kapcsolatban vannak a felszíni víztesttel, a szerves mikroszennyezők vízbázisainkra gyakorolt kockázata nem elhanyagolható. Ebből adódóan érdemes, sőt szükséges kockázatelemzést készíteni a szerves mikroszennyezők környezeti kockázatainak meghatározására. Erre többféle módszer áll rendelkezésünkre, amelyeket az elmúlt évtizedekben több kutatásban fejlesztettek és alkalmaztak. Ezek részletes bemutatása előtt azonban célszerű a kockázatelemzés alapjait sorra venni.

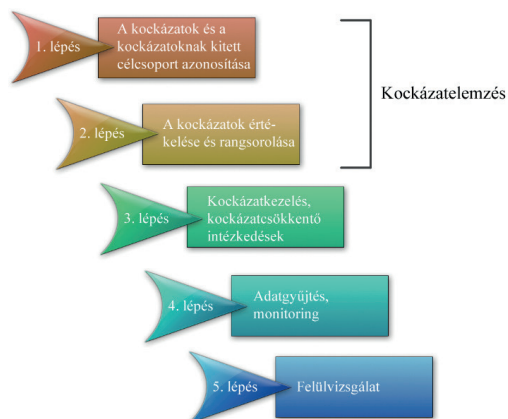
A környezeti kockázatelemzés alapjai

Mindenekelőtt fontos különbséget tenni a kockázatelemzés és a kockázatkezelés folyamata között. Az előbbi tulajdonképpen a kockázatokat és a kockázatoknak kitett célcsoportot azonosítja, valamint az összegyűjtött adatok és információk alapján a kockázatokat értékeli és rangsorolja. A kockázatkezelés további lépésekben intézkedéseket határoz meg és hajt végre, monitorozza az intézkedések hatását, majd utolsó lépésként felülvizsgálja a teljes folyamatot (2. ábra).

⁶ MBBR: *moving bed biofilm reactor*.

⁷ Ben Weiwei et alii: Occurrence, removal and risk of organic micropollutants in wastewater treatment plants across China: Comparison of wastewater treatment processes. *Water Research*, 130. (2018), 38–46.

⁸ Nagy-Kovács Zsuzsanna et alii: Behavior of organic micropollutants during river bank filtration in Budapest, Hungary. *Water Research*, 10. (2018), 12. 1–13.

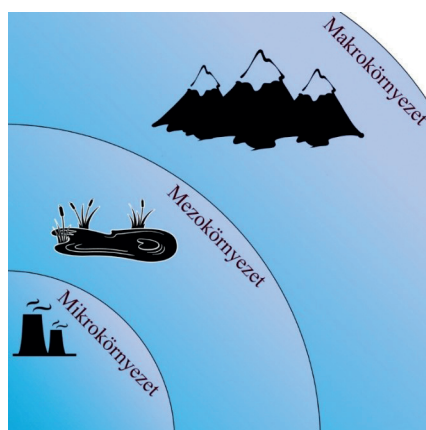


2. ábra: A kockázatkezelés öt lépése

Forrás: a szerző szerkesztése

A kockázatértékelés térbeli szintjei és időbeli irányai

A kockázatértékelés térbeli határait vizsgálva meghatározhatunk mikro-, mezo-, valamint makrokörnyezetet (3. ábra). A mikrokörnyezet főleg egy adott tevékenység vagy szennyezőanyag-emisszió közvetlen környezetét jelenti, ahol a kockázatelemzés jellemzően a szennyezőforrás vagy a tevékenység közvetlen hatásának vizsgálatára irányul, esetleg egy vagy kevés számú stresszort⁹ vizsgál. A mezo- és makrokörnyezet lényegesen nagyobb területet (például egy települést, vízi ökoszisztémát) vizsgál, ahol mind a kockázat forrása, mind a stresszorok száma több lehet.



3. ábra: A kockázatok térbeli szintjei

Forrás: a szerző szerkesztése

⁹ Stresszor: a rendszer egyensúlyát, biztonságát veszélyeztető belső vagy külső tényező.

A kockázatbecslés lehetséges időbeli irányait tekintve két módszer ismert.

A prediktív vagy megelőző kockázatbecslés egy stresszor (egy feltételezhetően toxikus folyamat) egy adott környezeti elemre vagy rendszerre gyakorolt jövőbeni hatását írja le. A prediktív kockázatbecslés egy potenciálisan toxikus anyag vagy keverék egy vagy több környezeti elemre gyakorolt hatását jelzi előre. A káros hatású anyag lehet egykomponensű, de lehet olyan keverék is, amely tartalmazhat több toxikus elemet is. Prediktív kockázatbecslést ma már rutinszerűen végeznek bizonyos vegyszerek, növényvédő szerek forgalomba hozatalát megelőzően. Napjainkban nemcsak különböző vegyületek, hanem egyéb potenciálisan kockázatos stresszorok, például genetikailag módosított organizmusok forgalomba hozatalát is prediktív kockázatbecslés előzi meg.¹⁰

A retrospektív kockázatelemzés a már szennyezett környezet vizsgálatából és méréseiből indul ki. A retrospektív kockázatelemzés jelentősége manapság egyre fontosabb, ennek oka az, hogy a prediktív kockázatbecslés nem alkalmas egy, már régebben fennálló károsodás, negatív hatás felmérésére. A retrospektív kockázatelemzés általában a forrás jellemzőit, a hatást vagy expozíciót veszi alapul.

A kockázatelemzés lehetséges módszerei szerves mikroszennyezők esetében

Kockázatelemzés készítésekor az első és legfontosabb feladat az információszerzés. A kockázatbecslés akkor lesz teljes, illetve a kockázatok csökkentésére irányuló lépések akkor lesznek hatékonyak, ha megelőzőleg az információszerzés alapos és részletes volt. Mindenekelőtt a kockázatbecslés célját és hatókörét szükséges meghatározni. Szerves mikroszennyezők hatását, kockázatát vizsgálhatjuk többek között

- a teljes környezetre;
- a vízi ökoszisztémákra;
- a talajra;
- a légkörre;
- az emberi egészségre;
- az ivóvízbiztonságra;
- egy konkrét, jól körülhatárolható területre.

A mikroszennyezők hatásának vizsgálata a teljes környezetre vagy ökoszisztémára túl általános, hiszen az összes szerves mikroszennyező hatását kellene megvizsgáljunk a teljes globális környezetre, amely átláthatatlanul nagy információmennyiséget jelentene. Az ivóvízbiztonság és az emberi egészség területe pedig nem választható el egymástól. Bármely módszert is választjuk, a jó kockázatbecslés alapja az átgondolt, alapos és minden részletre kiterjedő információgyűjtés.

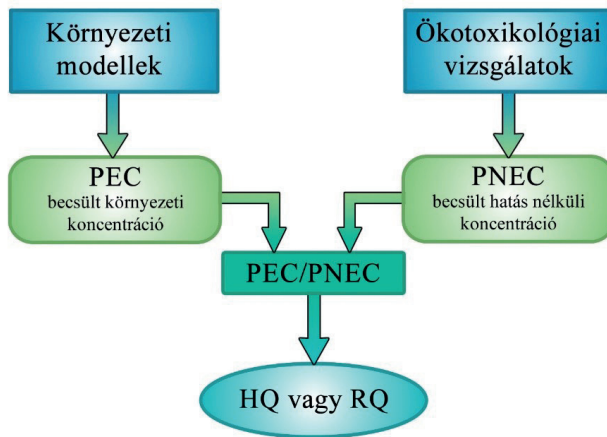
¹⁰ Kováts Nóra – Paulovits Gábor: Ökológiai kockázatelemzés és becslés, mint vizes élőhelyek kezelését megalapozó metodológia. In Kerekes Sándor – Kiss Károly (szerk.): *A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai*. Budapest, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, 2001.

Kockázati tényező meghatározása

Szerves mikroszennyezők esetében (más szennyező anyagokhoz hasonlóan) a kockázat mértékét a kockázati tényezővel (RQ/HQ)¹¹ jellemezhetjük. Ezzel egy olyan dimenzió nélküli számot kapunk, amely magában foglalja egy szennyező anyag mért környezeti koncentrációját és azt a becsült, számított értéket, amely negatív hatást még nem fejt ki. Környezetre, illetve egy ökoszisztémára ez az alábbiak szerint alakul:

$$RQ = \frac{PEC}{PNEC}$$

A kockázati tényező tehát a becsült környezeti szennyezőanyag-koncentráció (PEC)¹² és az ökoszisztémára még nem ható becsült koncentráció (PNEC)¹³ hányadosa. Egyes esetekben a PEC helyettesíthető a MEC,¹⁴ azaz a mért környezeti koncentráció értékével, amennyiben ezek az adatok rendelkezésre állnak. Minél nagyobb az RQ értéke, annál nagyobb a kockázat, amit a környezetbe került szerves mikroszennyező jelent. Ha az RQ értéke kisebb, mint 1, akkor nincs szükség beavatkozásra, hiszen a koncentráció kisebb a káros hatást kifejtő mennyiségnél, ám ha ez az érték nagyobb, mint 1, akkor további lépések, kockázatcsökkentő intézkedések szükségesek.¹⁵ Az RQ meghatározásának folyamata a 4. ábrán látható.



4. ábra: A PEC/PNEC és a HQ/RQ összefüggései

Forrás: Chai Ching Hsia (2018) i. m.

¹¹ RQ: risk quotient, HQ: hazard quotient.

¹² PEC: predicted environmental concentration.

¹³ PNEC: predicted no effect concentration.

¹⁴ MEC: measured environmental concentration.

¹⁵ Ivy Chai Ching Hsia et alii: *Using CHARM modelling to decide the use and discharge of surfactant at an offshore EOR Project*. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 2018.

Kockázati tényező számítása a gyakorlatban

A különböző gyógyszermaradványok egyik legismertebb emissziója a kommunális szennyvizek kibocsátása. A gyógyszerkészítmények elfogyasztásukat követően elsősorban vizelettel és széklettel ürülnek változatlanul vagy metabolitok formájában, illetve glükuronsav és kénsav konjugátumai formájában. E szennyező anyagok környezetben történő megjelenése általában a hiányos vagy nem megfelelő hatásfokú szennyvíztisztítás következménye. A kórházak és egyéb egészségügyi intézmények szennyvizében e vegyületek koncentrációja különösen magas, és jellemzően ezeket a szennyvizeket előkezelés nélkül a kommunális szennyvízhálózatba vezetik be.¹⁶

A jelenlegi egyesült államokbeli és európai szabályozás előírja, hogy az új gyógyszerekre a szokásos akut toxicitási teszteket kell elvégezni (algákra, ágascsapú rákokra és halakra), ha a hatóanyag becsült vagy mért környezeti koncentrációja (PEC vagy MEC) meghaladja az 1 µg/L értéket az Egyesült Államokban, vagy a 10 ng/L értéket az Európai Gyógyszerügynökség (EMA) által meghatározott biztonsági küszöbértéknek megfelelően. Azoknál a vegyületeknél, amelyek esetében a PEC meghaladja ezeket az értékeket, kockázatelemzést szükséges lefolytatni a kockázati tényező számításával. Ha a kockázati tényező értéke kisebb, mint 1, további intézkedésre nincs szükség, amennyiben ezt az értéket meghaladja, további értékelés, részletesebb vizsgálatok szükségesek.¹⁷

Egy kutatásban Spanyolország északkeleti részén 7 szennyvíztisztító telep nyers és tisztított szennyvizében, valamint a befogadó Ebro folyó vizében különböző, összesen 78-féle gyógyszermaradvány jelenlétét vizsgálták.¹⁸ A folyó vizében kimutatható gyógyszermaradványok széles spektruma egyértelműen jelezte, hogy e szerves mikroszennyezők fő forrásai a szennyvíztisztító telepek. A kutatók azt tapasztalták, hogy a kommunális szennyvizek tisztítására kialakított technológiákkal – nem kielégítő hatásfokkal ugyan – de a mikroszennyezők egy kisebb hányadát sikerült eltávolítani az elfolyó szennyvízből. Meglehetősen nehéz annak becslése, hogy az egyes szennyező anyagok a különböző célszervezetekben milyen hatást váltanak ki. A kockázati tényező (RQ) számítása hasznos lehet, amely felhasználható a stresszor, ebben az esetben a szerves mikroszennyezők potenciális ökológiai kockázatának jellemzésére.

A befogadó vízfolyásokban az átlagos és alacsony eltávolítási hatásfokú vegyületek gyakrabban fordulnak elő. Annak ellenére, hogy a fájdalomcsillapítók és egyes gyulladáscsökkentők eltávolítási hatásfoka jónak mondható, e vegyületek szintén mindenütt, egyes esetekben jelentős koncentrációban mérhetők a folyóvizekben. Ennek oka lehet az a tény, hogy bár a tisztítás során mennyiségük hatékonyan csökkenthető, a nyers

¹⁶ Mira Petrović et alii: Liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the analysis of pharmaceutical residues in environmental samples: a review. *Journal of Chromatography A*, 1067. (2005), 1–2. 1–14.

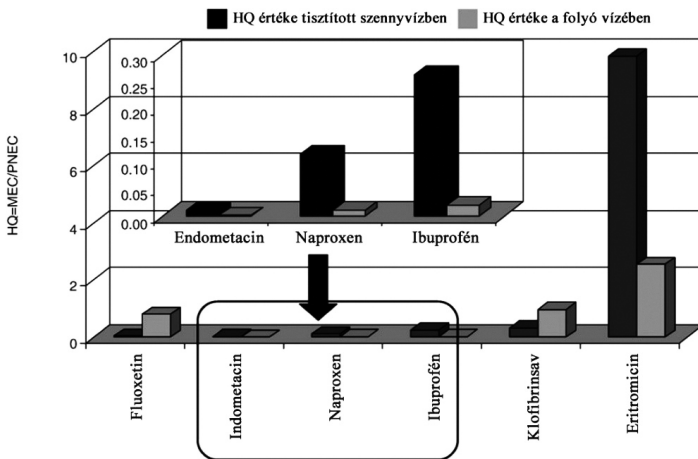
¹⁷ Emily R. Cooper – Thomas C. Siewicki – Karl Phillips: Preliminary risk assessment database and risk ranking of pharmaceuticals in the environment. *Science of The Total Environment*, 398. (2008), 1–3. 26–33.

¹⁸ Meritxell Gros et alii: Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes. *Environment International*. 36. (2010), 1. 15–26.

szennyvízben olyan magas a koncentrációjuk, hogy a tisztított szennyvízben maradó szint továbbra is jelentős marad. A vizsgált felszíni víztestben, azaz az Ebro folyóban az egyes gyógyszermaradványok koncentrációi jellemzően 10 és 100 ng/L között alakultak, míg a szennyvízben általában egy nagyságrenddel nagyobbak voltak, egyes esetekben elérve a $\mu\text{g/L}$ értékeket is.

Fenti kutatásban mind az elfolyó szennyvízben, mind pedig az Ebro folyó vizében mért koncentrációértékek alapján számolták ki a kockázati tényezőt (HQ) halakra, *Daphnia magna*ra és algára.

A közölt eredmények alapján kijelenthető, hogy a különböző élő szervezetek érzékenységét tekintve az alga > daphnia > halak a sorrend, habár néhány vegyületre a daphnia érzékenyebbnek bizonyult, mint az alga. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált felszíni víztestben a gyógyszermaradványok jelenléte nem okoz jelentős kockázatot, mert az esetek többségében a kockázati tényező értéke nem érte el a kritikus 1-es értéket. Ebben a kutatásban egynél magasabb HQ-értékek a daphnia esetében eritromicinhez, a klofibrinsavhoz és a fluoxetinhez tartoztak, algák esetében pedig a szulfametoxazol jelentett toxicitási kockázatot. A tisztított szennyvízre számolt HQ-érték magasabb volt, mint a folyó vizében.



5. ábra: Ágascsapú rákokra (*Daphnia magna*) vonatkozó kockázati tényezők egyes gyógyszermaradványok esetében

Forrás: Gros et alii (2010) i. m.

Mindezek alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a befogadó hígító hatása hatékonyan csökkenti a gyógyszermaradványok lehetséges környezeti kockázatát. A szakirodalomban azonban főleg akut toxicitásra vonatkozó adatokat találunk, a krónikus hatás kapcsán nem rendelkezünk megfelelő adatbázissal, ezt mindenképpen érdemes figyelembe venni.

Pontozás- és rangsorolás-alapú kockázatelemzés

A szerves mikroszennyezők kockázatértékelésére az alábbiakban bemutatott módszert célzottan a felszíni vizek és az ivóvíz minőségének paramétereit figyelembe véve fejlesztették ki, a környezettel és az emberi egészséggel összefüggésben.¹⁹ A módszer bemutatásához kapcsolódó kutatásban 58 szerves mikroszennyezőt választottak ki, figyelembe véve azok jellemző előfordulását a felszíni vizekben, a Duna folyóban és a kezelt szennyvízben, valamint a termelt és felhasznált mennyiségüket. A vizsgált szerves mikroszennyezők között gyógyszerek, ipari vegyületek, rovarirtók, nanoanyagok, égésgátlók, felületaktív anyagok, testápolási termékek (PPCPs), valamint koffein és nikotin szerepeltek. A vizsgált vegyi anyagokra vonatkozó adatokat a gyártó által kibocsátott biztonsági adatlapokból, valamint környezeti mérések eredményeiből gyűjtötték.

A vizsgált szerves mikroszennyezők rangsorolásához egy prioritási rendszert dolgoztak ki, amely olyan paramétereket vett figyelembe, mint az adott vegyület éves termelt és felhasznált mennyisége, oktanol–víz megoszlási hányadosa, biológiai bonthatósága, valamint a környezeti és az emberi egészségre gyakorolt hatásai (14. táblázat).

14. táblázat: A rangsorolás-alapú kockázatbecslés vizsgálati szempontjai

Paraméterek	Kategóriák	Pontérték
Előállítás (felhasználás)	< 1 kg/év	0
	1–100 kg/év	1
	100–1000 kg/év	3
	1–10 t/év	5
	>10 t	10
K _{ow} (oktanol–víz együttható)	100.000–1.000.000	0
	10.000–100.000	1
	1000–10.000	2
	100–1000	3
	10–100	5
	<10	10
Abiotikus degradálhatóság	könnyű: t _{1/2} : 0–2 nap	0
	mérsékelt: t _{1/2} : 2–7 nap	1
	t _{1/2} : 1 hét – 1 hónap	2
	t _{1/2} : 1 hónap – 1 év	3
	perzisztens: t _{1/2} > 1 év	5
Biodegradálhatóság	könnyű: t _{1/2} : 0–2 nap	0
	mérsékelt: t _{1/2} : 2–7 nap	1
	t _{1/2} : 1 hét – 1 hónap	2
	t _{1/2} : 1 hónap – 1 év	3
	perzisztens: t _{1/2} > 1 év	5
Endokrin rendszert károsító hatás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5

¹⁹ Molnár Mónika et alii: *Tiered approach for environmental risk assessment of emerging pollutants in aquatic systems*. AquaConSoil 2013 Conference, 2014.

Paraméterek	Kategóriák	Pontérték
Immunrendszert károsító hatás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5
Szövet- (bőr-) károsító hatás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5
Mutagenitás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5
Karcinogenitás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5
Reprodukción befolyásoló hatás	nincs	0
	lehetséges	3
	van	5
Legalacsonyabb akut toxicitás (EC ₅₀ , LC ₅₀) ²⁰	>100 mg/L	0
	10–100 mg/L	2
	1–10 mg/L	3
	<1 mg/L	5
Legalacsonyabb krónikus (öko)toxicitás NOEC/LOEC ²¹	>100 mg/L	0
	10–100 mg/L	2
	1–10 mg/L	3
	<1 mg/L	5

Forrás: Molnár (2014) i. m.

Az egyes szerves mikroszennyezőket kategóriánként értékelték, majd az összegzett eredmény alapján készülhetett el a prioritási lista (15. táblázat). Ezek alapján a lista első 3 helyére a nikotin, a biszfenol-A és a szulfametoxazol került. Ezek a szennyező anyagok gyakran fordulnak elő az édesvízi környezetben, és mind a környezetre, mind pedig az emberi egészségre kockázatot jelenthetnek. Összességében elmondható, hogy az így elkészült prioritási lista hasonló más kutatási eredmények és más kockázatbecslő módszerek eredményeihez. A kockázati összesített pontérték alapján felállított rangsor első 20 elemét a 15. táblázat tartalmazza.

²⁰ EC50: az a koncentrációérték, amely hatást vált ki a tesztorganizmusok 50%-án. LC50: az a koncentrációérték, amely halálos a tesztorganizmusok 50%-ára.

²¹ NOEC: az a koncentrációérték, amelynél hatás nem figyelhető meg. LOEC: a legalacsonyabb koncentrációérték, amelynél hatás figyelhető meg.

15. táblázat: Egyes szerves mikroszennyezők összesített kockázati tényezőn alapuló rangsorolása

Kockázati sorrend	Vegyület neve	Vegyület CAS-száma	Kockázati összesített pontérték
1	Nikotin	1954.11.05	57
2	Biszfenol-A	1980.05.07	57
3	Szulfametoxazol	723-46-6	55
4	Metamizol (nátriumsó)	68-89-3	53
5	Diuron	330-54-1	52
6	Nonilfenol	25152-54-3	51
7	Uretán/etil-karbamát	51-79-6	51
8	Karbamazepin	298-46-4	51
9	Doxorubicin	23214-92-8	50
10	Bisz(tributilón)oxid	56-35-9	50
11	Paracetamol	103-90-2	50
12	Aminofenazon	1958.11.01	49
13	Verapamil	52-53-9	46
14	Karboplatin	41575-94-4	46
15	Ciproteron	2098-66-0	46
16	Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	46
17	Benzotiazol	95-16-9	46
18	Gemfibozil	25812-30-0	46
19	Epoxikonazol	135319-73-2	45
20	Simazin	122-34-9	45

Forrás: Molnár (2014) i. m.

SAR/QSAR-modellek

A szerkezetaktivitási összefüggés (*Structure-Activity Relationship* – SAR) és a mennyiségi szerkezetaktivitási összefüggés (*Quantitative Structure-Activity Relationship* – QSAR) modellek olyan matematikai modellek, amelyeket a vegyületek fizikokémiai, biológiai, ökotoxikológiai és környezeti hatására, sorsára vonatkozó becslésére használnak azok kémiai szerkezetének és tulajdonságainak ismeretében.²²

Az SAR egy olyan minőségi összefüggés, amely egy rendszert egy adott tulajdonság vagy hatás meglétével vagy éppen hiányával kapcsol össze. A QSAR pedig egy matematikai modell, amely a kémiai szerkezetből levezetett egy vagy több mennyiségi paramétert kapcsol össze egy tulajdonság vagy hatás mennyiségi mérőszámával.

A QSAR lényegében matematikai kapcsolatot ír le a molekulák szerkezeti jellemzői és valamilyen aktivitásadatok között, mint a gyógyhatás vagy éppen a toxicitás. A mennyiségi függvénykapcsolat segítségével könnyebben meghatározható, hogy milyen tulajdonságok felelősek egy aktivitás léteért vagy hiányáért. A modell segítségével költséges kísérletek nélkül lehetséges új vegyületek különféle aktivitásértékeinek szám-
szerű előrejelzése. A modell segítségével a molekulák csoportosíthatók, osztályozhatók,

²² Farkas Orsolya: *Mennyiségi szerkezet-hatás összefüggések retenciós indexek és biológiai aktivitás előrejelzésére*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.

megállapítható humán egészségügyi vagy ökotoxikológiai hatásuk.²³ A QSAR-modell segítségével tehát szervesanyag-keverékek mikroorganizmusokra kifejtett toxikus hatását lehet modellezni.

Az ECOSAR-modell

Az ökológiai szerkezetaktivitási összefüggés (ECOSAR) egy gyakran használt QSAR-eszköz, amelyet a US EPA (*United States Environmental Protection Agency* – Amerikai Környezetvédelmi Hivatal) fejlesztett ki egy vegyi anyag akut, azaz rövid távú és krónikus, azaz hosszú távú toxicitásának előrejelzésére. Az ECOSAR elsősorban a vízi szervezetekre, például halakra, gerinctelen vízi állatokra és vízínövényekre alkalmazható. A digitális felületen futó program főbb jellemzői a következők:

- A szerkezetileg hasonló szerves vegyi anyagok csoportosítása a rendelkezésre álló, kísérletileg igazolt hatásdózisértékek felhasználásával.
- Az új vagy még nem tesztelt vegyi anyagok toxicitásának előrejelzése az adatbázisban szereplő vegyi anyagok fizikai-kémiai tulajdonságai alapján.
- Az új vagy még nem vizsgált vegyi anyagok legrepresentatívabb osztályának meghatározása.
- Az adatbázis folyamatos frissítése az elérhető forrásokból összegyűjtött adatsorok vagy benyújtott kutatások, tanulmányok alapján.

Az ECOSAR-szoftver ingyenesen elérhető és használható bárki számára.²⁴

Szerves mikroszennyezők kockázata az ivóvízellátásban

Ahogy a korábbi fejezetekben részleteztük, a szerves mikroszennyezők környezeti kockázatelemzése két alapvető tényezőt vesz figyelembe: a mért vagy becsült környezeti koncentráció értékét (PEC, MEC), illetve a biológiai vizsgálatokból számított hatás nélküli koncentráció (PNEC) tényezőjét. Mindebből arra következtethetünk, hogy a természetes ökoszisztémákban ezek a szennyezők okoznak-e, illetve amennyiben igen, úgy mekkora mértékű elváltozást. E vegyületek a környezetből az ivóvízbázisokon keresztül bejuthatnak az ivóvízkezelő és -elosztó rendszerekbe, így az ivóvízzel eljuthatnak a fogyasztókhoz is. Éppen ezért kiemelten fontos a szerves mikroszennyezők és az ivóvízellátás lehetséges kapcsolatainak és kockázatainak vizsgálata. Ebből a szempontból a különböző típusú vízbázisok eltérő kockázatot jelentenek.

²³ Öllős Géza: *Természetes és antropogén szerves anyagok*. Budapest, Közlekedési Dokumentációs Kft., 2007.

²⁴ Raffaella Meffe – Irene de Bustamante: Emerging organic contaminants in surface water and groundwater: A first overview of the situation in Italy. *Science of The Total Environment*, 481. (2014), 1. 280–295.

Felszíni vízbázisok esetén az ivóvízkezelő technológiára kerülő nyersvízben mérhető szennyezőanyag-koncentráció megegyezik a felszíni víztestben mérhetővel, hiszen itt nem játszanak szerepet a koncentráció csökkenésére irányuló természetes folyamatok. Ellenben a parti szűrésű vízszedés esetében a mederfalon, mint természetes szűrőközegen, keresztül szivárog a víz, amelynek során mechanikai, fizikai-kémiai és biológiai folyamatok zajlanak, amelyek következtében többek között a felszíni víz lebegő- és szervesanyag-tartalma csökken jelentős mértékben, valamint mikrobiológiai paraméterei akár több nagyságrenddel is javulhatnak. Parti szűrés esetében hasonló, bár változó mértékű redukció a szerves mikroszennyezők esetében is kimutatható, de fontos leszögezni, hogy e koncentrációcsökkenés nagyban függ a szivárgási úttól és időtől, illetve egyes szerves mikroszennyezők, gyógyszermaradványok jelentősebb koncentrációváltozás nélkül érhetik el a termelőket.²⁵

Jóllehet számos tanulmány létezik a gyógyszermaradványok ivóvízben való jelenlétével kapcsolatban, az ivóvízellátó rendszerek szisztematikus monitorozási programját ez idáig nem hajtották végre. Ezenkívül viszonylag kevés tudományos kockázatértékelési tanulmány készült az ivóvízben alacsony koncentrációban észlelt gyógyszerek expozíciójáról. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) *Gyógyszerkészítmények az ivóvízben* című jelentésében az ivóvízben lévő gyógyszermaradványok emberi egészségre gyakorolt kockázatainak áttekintésére összpontosított. Az Egyesült Királyságban, Ausztráliában és az Amerikai Egyesült Államokban három, az emberi egészségre vonatkozó kockázatelemzést végeztek, és az eredmények alapján a WHO arra a következtetésre jutott, hogy az ivóvízben alacsony koncentrációban található gyógyszerek emberi egészségre gyakorolt negatív hatása nem jelentős, illetve bármilyen káros hatás valószínűsége nagyon alacsony.²⁶

Egy portugál kutatásban 31-féle, különböző terápiás osztályba tartozó gyógyszert analizáltak, a vizsgált vegyületek kiválasztása a fogyasztási adatok, a környezeti előfordulás, a toxicitás, valamint a perzisztencia alapján történt.²⁷ A kockázatelemzés során itt is a kockázati tényező (RQ) számítása történt, az egyenlet azonban a környezeti kockázatelemzésnél használt változattól eltérően épült fel.

$$RQ = \frac{C_s}{DWEL}$$

A C_s értéke a mintákban mért koncentrációval egyezik meg, a nevező DWEL²⁸ értéke pedig az úgynevezett ivóvíz-egyenérték, amelynek számításához többek között a napi bevitt, a felszívódás mértékét, a testtömeget, az életkort, valamint a feltételezett egész-

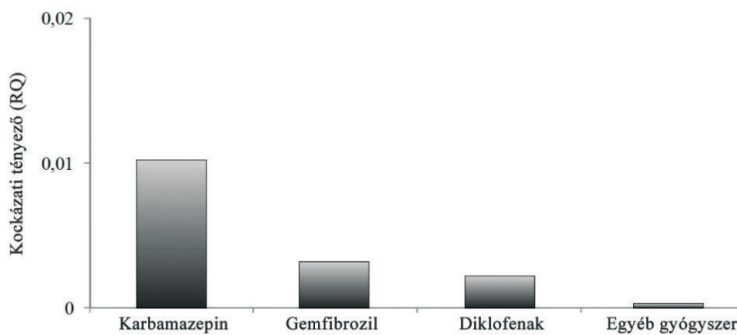
²⁵ Nagy-Kovács et alii (2018) i. m.; Krzysztof Dragon et alii: Removal of natural organic matter and organic micropollutants during riverbank filtration in Krajkowo, Poland. *Water*, 10. (2018), 10.

²⁶ *Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2011.

²⁷ Vanessa de Jesus Gaffney et alii: Occurrence of pharmaceuticals in a water supply system and related human health risk assessment. *Water Research*, 72. (2015), 199–208.

²⁸ DWEL: *drinking water equivalent level*.

ségügyi hatást vették figyelembe. A kutatásban vizsgált két felszíni vízben (Tagus és Zêzere folyók), valamint a felszín alatti vízrétegekben a gyógyszermaradványok koncentrációja 0,03 ng/L és 46 ng/L között változott. Legmagasabb koncentrációban a koffein volt kimutatható, de hasonló értékeket az indometacin nevű nem szteroid gyulladáscsökkentő, az eritromicin, a makrolid antibiotikum, valamint az acetaminofen, más néven paracetamol gyógyszerek esetében mértek. Az ivóvízből származó mintákban a 31-féle gyógyszerből csupán 7 volt jelen, többek között a koffein, karbamazepin (antidepresszáns), gemfibrozil (koleszterincsökkentő) vagy a diklofenak (gyulladáscsökkentő) gyógyszerek. A fenti egyenletet alkalmazva megállapítható volt, hogy az RQ értéke az egyes detektált gyógyszerek esetében 0,0001 és 0,01 között változott, azaz nagyságrendekkel a kritikus 1,0 érték alatt maradt (6. ábra).



6. ábra: Kockázati tényezők egyes gyógyszerek esetében

Forrás: Jesus Gaffney et alii (2015) i. m.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a vizsgált gyógyszermaradványok közül bár több is detektálható és mérhető volt az ivóvízben, ezek emberi egészségre gyakorolt kockázata nagyon alacsony. Fontos azonban rámutatni, hogy e vegyületek bomlástermékeiről, illetve szinergikus hatásairól még mindig meglehetősen hiányos a tudásunk, és kevés tudományos eredmény áll rendelkezésünkre.

Kritikus koncentrációértékek

A fenti kutatást továbbgondolva a gyógyszermaradványok ivóvízellátásra és emberi egészségre gyakorolt kockázata akkor lenne számottevő, ha 2-3 nagyságrenddel nagyobb koncentráció lenne mérhető a nyersvízből származó mintákban. Az európai folyókban ezek a vegyületek jellemzően néhány száz, esetleg 100 ng/L koncentrációban fordulnak elő, az 1,0 értékű kritikus kockázati tényező a µg/L koncentrációértéknél lépne fel. Tapasztalatok azt mutatják, hogy egyes, jelentős szennyvízterhelésnek kitett ázsiai folyók esetében előfordulhat ekkora koncentráció. Fontos azt is kihangsúlyozni, hogy a szerves

mikroszennyezőkre fókuszáló kutatások jellemzően néhány, legfeljebb százféle, gyakran előforduló szennyező anyag koncentrációját vizsgálják, de természetesen ezek mellett még sokféle szerves szennyező anyag fordulhat elő, amelyekre a kutatások nem térnek ki. Víztisztítási szempontból tehát szerencsés, ha a vizsgált vegyületcsoportok koncentrációja jelentősen alatta marad a kockázatot jelentő értékeknek. Ivóvízbiztonság szempontjából a kockázat tovább csökkenthető, ha a vízszerezés és vízkezelés alkalmazott technológiai lépések a szerves mikroszennyezők legalább részleges visszatartására.

Vízszűrő és vízkezelő technológiák

A jelenleg is üzemelő hazai (és általában az európai) vízbázisok, vízszűrő létesítmények és ivóvízkezelő technológiák tervezésénél és kialakításánál a szerves mikroszennyezők visszatartása nem volt fontos szempont. Éppen ezért ezek önmagukban többnyire nem alkalmasak az ilyen jellegű szennyező anyagok kezelésére. Ennek ellenére ezek egy része kisebb-nagyobb átalakítással vagy kombinációval hatékony lehet a szerves mikroszennyezők koncentrációjának csökkentésére.

A vízbázisok közül a legmagasabb kockázat a felszíni vízbázisokra jellemző, hiszen itt a felszíni víztestből változás nélkül kerül a víz a technológiára, így az egyes szennyező anyagok koncentrációjának csökkenése csak a technológia hatékonyságának függvénye. Ezzel szemben egy vízzáró rétegekkel elzárt, pozitív nyomású, felszín alatti rétegvíz esetében a kockázat jellemzően alacsony. Egy esetlegesen kialakuló szennyezés esetén azonban a rétegvízbázis végleg használhatatlanná válhat. A parti szűrésű vízbázisok esetében a mederfalon átszivárgó víz szerves szennyezőanyag-koncentrációja természetes folyamatok hatására kimutatható, egyes vegyületek esetében jelentős mértékben csökken.²⁹ Tulajdonképpen ez az egyetlen vízbázistípus, ahol a nyersvíz előkezelését természetes folyamatokra bízjuk, így a kockázatcsökkentő hatás mellett jelentős üzemelési költségcsökkentés érhető el.

Az ivóvízkezelő technológiák közül a membrántechnológiák (ultraszűrés, nanoszűrés és fordított ozmózis) azok, amelyek kifejezetten alkalmasak a szerves mikroszennyezők visszatartására, ezek azonban mind kialakítás, mind pedig üzemeltetés szempontjából költségesnek mondhatók. A membránszűrőkre vezetett víz pedig többlépcsős előkezelést igényel. Több tanulmány vizsgálta a szerves mikroszennyezők adszorpcióval történő eltávolításának hatékonyságát laboratóriumi és félüzemi méretű kísérletekben. A por alakú és a granulált aktív szén a kezdeti koncentrációtól függetlenül csökkentette egyes szerves mikroszennyezők koncentrációját.³⁰ Por alakú aktív szén alkalmazásával kimutatható volt, hogy egyes mikroszennyezők, mint a koffein és a butilparabén koncentrációja jelentős mértékben (~94%) alacsonyabb volt a szűrt vízben 5 perc kontaktidő eltelté

²⁹ Nagy-Kovács et alii (2018) i. m.

³⁰ Kim Moon-Kyung – Zoh Kyung-Duk: Occurrence and removals of micropollutants in water environment. *Environmental Engineering Research*, 21. (2016), 4. 319–332.

után.³¹ Végül pedig érdemes megemlíteni a napfény által keltett fotolízis jelenségét, amely jelentős hatású lehet egyes szerves molekulák bomlásának esetében. Ez a jelenség – más oxidációs és biodegradációs folyamatok mellett – jelentős szerepet játszik természetes felszíni vizeink öntisztuló folyamataiban.

Összefoglalás

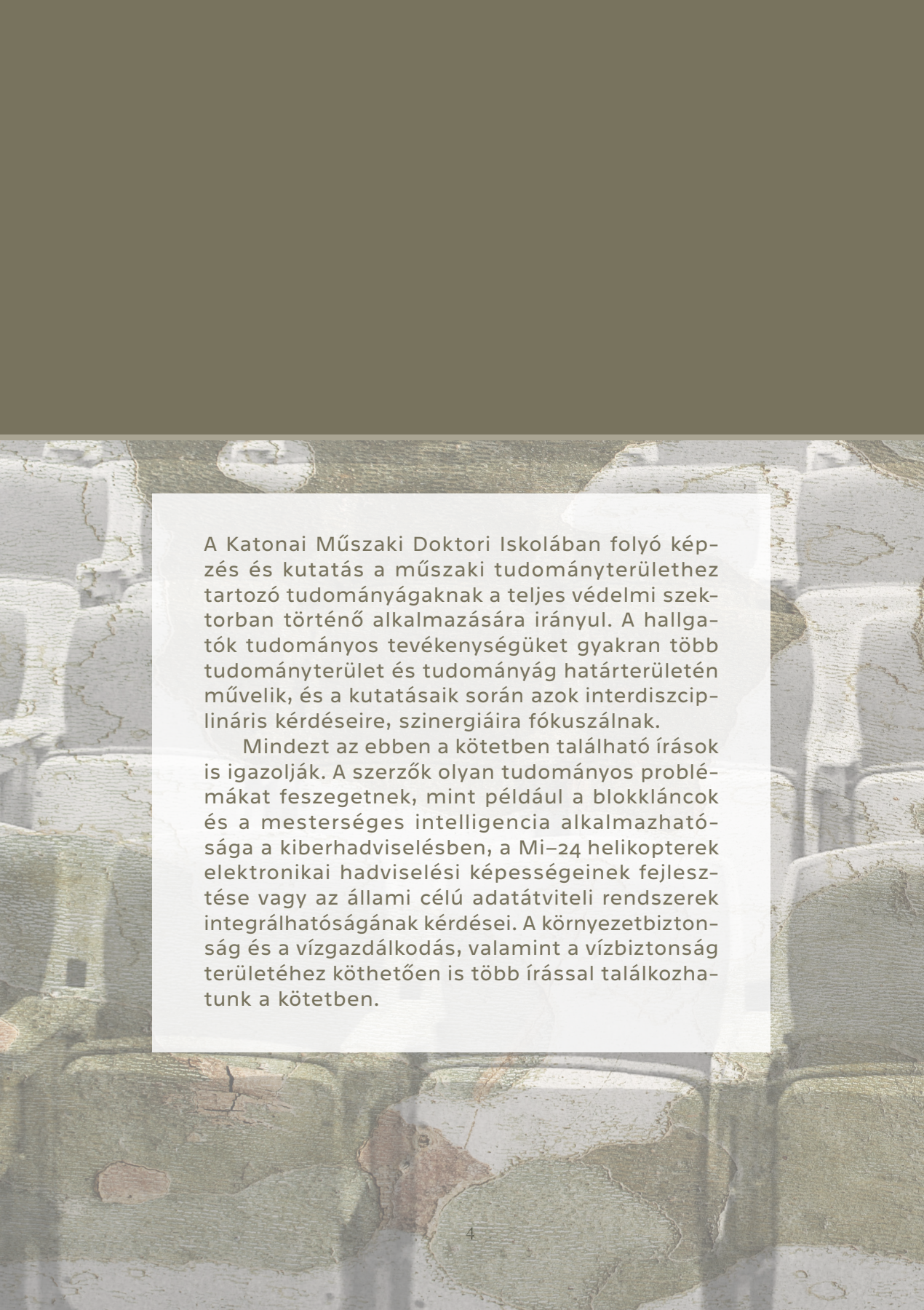
A szerves mikroszennyezők kockázatbecslése meglehetősen szerteágazó terület. Számos módszer létezik, amely alapul szolgálhat egy-egy ökológiai, környezeti vagy éppen vízellátásra vonatkozó kockázatbecslés elkészítéséhez, de jellemző, hogy a kutatások ezekre az alapokra építkezve saját módszertant dolgoznak ki. Az RQ vagy HQ rövidítéssel jelölt kockázati tényező számításával számos kutatásban, publikációban találkozhatunk és amelyet egy vegyület vagy keverék becsült vagy mért környezeti koncentrációja és a becsült hatás nélküli koncentráció hányadosaként számolhatunk. A szerkezetaktivitási összefüggés (SAR), a mennyiségi szerkezetaktivitási összefüggés (QSAR) modellek olyan matematikai összefüggések, amelyeket a vegyületek fizikokémiai, biológiai, ökotoxikológiai és környezeti hatására, sorsára vonatkozó becslésére használnak. A pontozás- és rangsorolás-alapú kockázatbecslésnél több szempont alapján értékeljük a vizsgált vegyületeket és az így kapott számérték alapján, kockázatuk szerint rangsorolhatók.

Összességében megállapítható, hogy a hazai és európai folyókban mérhető szerves mikroszennyezők koncentrációértékei jelenlegi tudásunk szerint nem jelentenek jelentős kockázatot az ivóvízbiztonságra és az emberi egészségre. Fontos azonban látni, hogy a rendelkezésünkre álló információk gyakran hiányosak, egyes összefüggéseket, mint a szinergikus hatás, a perzisztencia kérdése, valamint az egyes szennyező anyagok lehetséges bomlási reakcióit még nem kellő alaposággal tárta fel a tudományos kutatómunka. Így a kockázatbecslési módszerek gyakori hiányossága, hogy nem minden esetben rendelkezik megfelelő mennyiségű és elegendően részletes kiindulási információval. Általában előre kiválasztott 20-, 30-, esetleg 100-féle vegyületre fókuszálva végzik a vizsgálatokat, így teljesen átfogó információ a vizsgált területről nem kapható. Ellenben a vizsgált csoporton belül pontos prioritizálás végezhető, így megállapítható, mely vegyületek, vegyületcsoportok igényelnek nagyobb odafigyelést, figyelmet, illetve – lehetőség szerint – kockázatsökkentő intézkedéseket. A környezeti vagy ökológiai kockázatelemzések esetében, amelyek a szerves mikroszennyezők algákra, ágascsapú rákokra, illetve halakra jelentett toxicitását vizsgálják, a kutatási eredmények jellemzően nagyobb vagy nagyságrenddel nagyobb kockázatot állapítanak meg, mint az ivóvízellátás esetében. Fentiekből adódóan a szerves mikroszennyezők további vizsgálata, illetve előfordulásuk hosszú távú monitorozása alapvető feladat kell legyen.

³¹ Lucia Hernández-Leal et alii: Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon. *Water Research*, 45. (2011), 9. 2887–2896.

Felhasznált irodalom

- Chai Ching Hsia, Ivy et alii: *Using CHARM modelling to decide the use and discharge of surfactant at an offshore EOR Project*. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 2018. Online: [10.2118/192715-MS](https://doi.org/10.2118/192715-MS)
- Cooper, Emily R. – Siewicki, Thomas C. – Phillips, Karl: Preliminary risk assessment database and risk ranking of pharmaceuticals in the environment. *Science of The Total Environment*, 398. (2008), 1–3. 26–33. Online: [10.1016/j.scitotenv.2008.02.061](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.02.061)
- Dragon, Krzysztof et alii: Removal of natural organic matter and organic micropollutants during riverbank filtration in Krajkowo, Poland. *Water*, 10. (2018), 10. Online: <https://doi.org/10.3390/w10101457>
- Farkas Orsolya: *Mennyiségi szerkezet-hatás összefüggések retenciós indexek és biológiai aktivitás előrejelzésére*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.
- Gros, Meritxell – Petrović, Mira – Ginebreda, Antonio – Barcelo, Damia: Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes. *Environment International*. 36. (2010), 1. 15–26. Online: [10.1016/j.envint.2009.09.002](https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.09.002)
- Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2011.
- Hernández-Leal, Lucia et alii: Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon. *Water Research*, 45. (2011), 9. 2887–2896. Online: [10.1016/j.watres.2011.03.009](https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.009)
- Jesus Gaffney, Vanessa de et alii: Occurrence of pharmaceuticals in a water supply system and related human health risk assessment. *Water Research*, 72. (2015), 199–208. Online: [10.1016/j.watres.2014.10.027](https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.10.027)
- Knisz Judit et alii: Szerves mikroszennyezők a vizekben. In Knisz, Judit (szerk.): *Szerves mikroszennyezők a vizekben*. Budapest, NKE, 2020.
- Knisz Judit – Vadkerti Edit: A szerves mikroszennyezők előfordulása, sorsa és hatása a környezetben. In Knisz Judit (szerk.): *Szerves mikroszennyezők a vizekben*. Budapest, NKE, 2020.
- Kováts Nóra – Paulovits Gábor: Ökológiai kockázatelemzés és becslés, mint vizes élőhelyek kezelését megalapozó metodológia. In Kerekes Sándor – Kiss Károly (szerk.): *A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai*. Budapest, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, 2001.
- Meffe, Raffaella – Bustamante, Irene de: Emerging organic contaminants in surface water and groundwater: A first overview of the situation in Italy. *Science of The Total Environment*, 481. (2014), 1. 280–295. Online: [10.1016/j.scitotenv.2014.02.053](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.053)
- Molnár Mónika et alii: *Tiered approach for environmental risk assessment of emerging pollutants in aquatic systems*. AquaConSoil 2013 Conference, 2014.
- Moon-Kyung, Kim – Kyung-Duk, Zoh: Occurrence and removals of micropollutants in water environment. *Environmental Engineering Research*, 21. (2016), 4. 319–332. Online: <https://doi.org/10.4491/ceer.2016.115>
- Nagy-Kovács Zsuzsanna et alii: Behavior of organic micropollutants during river bank filtration in Budapest, Hungary. *Water Research*, 10. (2018), 12. 1–13. Online: [10.3390/w10121861](https://doi.org/10.3390/w10121861)
- Öllös Géza: *Természetes és antropogén szerves anyagok*. Budapest, Közlekedési Dokumentációs Kft., 2007.
- Petrović, Mira – Hernando, Maria Dolores – Cruz-Díaz, Silvia – Barcelo, Damia: Liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the analysis of pharmaceutical residues in environmental samples: a review. *Journal of Chromatography A*, 1067. (2005), 1–2. 1–14. Online: [10.1016/j.chroma.2004.10.110](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.10.110)
- Weiwei, Ben et alii: Occurrence, removal and risk of organic micropollutants in wastewater treatment plants across China: Comparison of wastewater treatment processes. *Water Research*, 130. (2018), 38–46. Online: [10.1016/j.watres.2017.11.057](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.057)

The background of the page is a photograph of a stone wall with a white text box overlaid. The wall is made of large, irregular stones in shades of grey, green, and brown, with some mortar visible. The text box is a simple white rectangle with a thin black border, containing two paragraphs of text in a black serif font.

A Katonai Műszaki Doktori Iskolában folyó képzés és kutatás a műszaki tudományterülethez tartozó tudományágaknak a teljes védelmi szektorban történő alkalmazására irányul. A hallgatók tudományos tevékenységüket gyakran több tudományterület és tudományág határterületén művelik, és a kutatásaik során azok interdiszciplináris kérdéseire, szinergiáira fókuszálnak.

Mindezt az ebben a kötetben található írások is igazolják. A szerzők olyan tudományos problémákat feszegetnek, mint például a blokkláncok és a mesterséges intelligencia alkalmazhatósága a kiberhadviselésben, a Mi-24 helikopterek elektronikai hadviselési képességeinek fejlesztése vagy az állami célú adatátviteli rendszerek integrálhatóságának kérdései. A környezetbiztonság és a vízgazdálkodás, valamint a vízbiztonság területéhez köthetően is több írással találkozhatunk a kötetben.