

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
Priváczkiné 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 lehetőségek	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 energiatakarékossággal 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 alapkövégig” 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

Salamon Endre

Víziközmű-adatbázisok lehetséges felhasználása rendkívüli helyzetben

Bevezetés

Az egészséges, kockázatmentesen fogyasztható ivóvíz biztosítása az emberi jólét egyik alapvető előfeltétele, az ezt biztosító vízellátó rendszerek műszaki létesítményeinek biztonságos üzeme pedig kiemelt feladat minden emberlakta település közössége számára. Az elektronikus adatgyűjtés és a gyűjtött adatok számítógépes elemzése jól használható eszköz lehet arra, hogy az értékes és az ellátás szempontjából kiemelten fontos vízellátó hálózatokon bekövetkező rendkívüli eseményekre előre tervezzünk, nemcsak egy-egy település szintjén, hanem nagyobb léptékben is. A tanulmány célja, hogy néhány egyszerű, a mérnöki gyakorlatban mindennaposan használt számítógépes alkalmazás segítségével illusztrálja néhány lehetőségét annak, hogy hogyan használhatók fel ezek olyan esetek következményeinek mérséklésére, mint például a csőhálózat beszenyeződése, a fő létesítmények fizikai megsemmisülése vagy az üzemeltető személyzet hirtelen elvesztése.

A hasonló nagymértékű vészhelyzetekre történő felkészülésnek idehaza jelenleg még csak elméleti jelentősége van. Azonban a globális tendenciákat vizsgálva megállapítható, hogy a vízhiány a világ egészének egyre nagyobb részét sújtja, aminek nemcsak a vízkészletekben bekövetkező változások az okai, hanem magának a vízellátásnak a leépülése is akár természeti katasztrófák, akár társadalmi feszültségek vagy katonai és nem katonai konfliktusok miatt. Mindezeket figyelembe véve indokolt, hogy idehaza is keressük az ivóvízellátásban lehetséges katasztrófákra adható válaszokat, kisebb településeken és nagyvárosokban egyaránt. Ez a tanulmány körvonalaz néhány olyan lehetséges stratégiát, amelyben a vízellátó hálózatok vizsgálatához használt mérnöki számítások és a feljavított információcsere hozzájárulhat az érintett szervezetek hatékonyabb reagálásához, és általánosságban is javíthatja a lakosság hozzáállását az esetleges ivóvízzel kapcsolatos problémák megoldásához. A cél természetesen minden esetben az, hogy a vízellátó rendszer működését bizonyos fokig fenntartsuk vagy helyreállítsuk még a rendkívüli helyzetek idején is. A szimuláció nemcsak ennek a tervezéséhez lehet hasznos eszköz egy fejlett országban, hanem bárhol és bármilyen helyzetben, ahol valami miatt a vízellátó hálózat funkcionalitása kritikus a stabilitás és a biztonság fenntartásához.

Egy korábban elkészült, egy adott település hidraulikai számítását tartalmazó esettanulmány segítségével mutatja be a tanulmány az ehhez szükséges adatgyűjtés korlátait, az eredmények megbízhatatlanságának mértékét és az adatgyűjtés jelentette munkaráfordítást. A hálózat szennyezésének esetét a hidraulikai viszonyok és az egyes anyagok terjedésének gépesített számítása segítségével vizsgáltam, nyílt forráskódú programok felhasználásával. A különböző rendkívüli események során fellépő hidraulikai és víz-

minőségi változások térbeli és időbeli kiterjedése és lefutása ilyen módon egyszerűen, jól áttekinthetően megjeleníthetővé válik, és jól alkalmazható lehet a különböző vész-helyzetekre történő tervezés és a beavatkozás begyakorlása során.

Jelenlegi helyzet

A hazai vízellátó hálózatok védettsége és műszaki állapota

A vízellátó hálózatok és csatlakozó létesítményeik a kritikus infrastruktúrák közé számítanak minden fejlett országban. Az energiaszállítás és elosztás közműveinek összeomlása, elsősorban a villamos energia és a kommunikáció esetében, azonnali és komoly károkkal jár, ezért ezen létesítmények általában jól hozzáférhetők az állandó ellenőrzés, karbantartás számára, és kiemelten védettek.¹ A kevésbé szem előtt lévő vízellátó hálózatok sebezhetőségét azonban a fenti hálózatokhoz képest hajlamosak lehetünk alábecsülni. A valóság ezzel szemben az, hogy egy fejlett ország településeinek utcái alatt sok 1000 vagy 100 000 kilométernyi csőhálózat fut, amelyet csupán a fagyhatár, illetve a talajviszonyoknak megfelelő 1–2 m-nyi földtakarás véd, amely ahhoz elegendő, hogy a hálózat hibáinak felderítését a többi infrastruktúrához képest megnehezítse, azonban a hétköznapiaknál komolyabb ártalmakkal szemben nem jelent védelmet. Magyarországon jelenleg mintegy 66 799 km ivóvízvezeték található,² és ennek kiszolgáló létesítményei az automatizálásnak és a távfelügyeletnek köszönhetően többnyire nincsenek olyan állandó őrizet alatt, amely hirtelen támadásokat meg tudna akadályozni.

Napjainkban Magyarországon jól kidolgozott vízbiztonsági és hibaelhárítási tervek állnak rendelkezésre a váratlan üzemzavarok kezelésére, mint amilyen például a tartályos járműből történő vízszolgáltatás vagy a palackozott ivóvíz kiosztása.³ Azonban kérdéses, hogy milyen terveket és intézkedéseket lehet készíteni, hogyan lehet felkészülni azokra az esetekre, amikor a vízellátás biztosítását olyan súlyos körülmények akadályozzák, amelyek meghaladják nemcsak a víziközmű-szolgáltatót, de magának az államnak a kapacitásait is. Mivel ilyen helyzetek a mindennapokban nem gyakorolhatók, ezért ezen a téren a számítógéppel végzett szimulációnak komoly szerep juthat a jövőben. Egy jól felépített hálózathidraulikai számítás segítségével az események olyan végtelen sorát lehet elemezni és értékelni, amely a komoly katasztrófákra történő felkészülés során nélkülözhetetlen eszköznek bizonyulhat a jövőben.

A hazai vízellátó hálózatok állapotáról a Századvég Gazdaságkutató Zrt. készített kiváló felmérést 2018-ban.⁴ Ennek egyik fő megállapítása volt, hogy a hálózat hosszát tekintve 45% meghaladta a tervezett életkorát, ami miatt a meghibásodások száma már

¹ Bognár Balázs – Révai Róbert – Ronyecz Lilla: A létfontosságú rendszerelemek közötti interdependencia kockázatainak elemzése, különös tekintettel az egészségügyi ágazat rendszerelemeire és létesítményeire. *Hadmérnök*, 13. (2018), 1. 133–142.

² *A felszín alóli víztermelés víztípusok szerint (1985–)*. Budapest, Központi Statisztikai Hivatal, 2018.

³ 58/2013. (II. 27.) Korm. rendelet a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.

⁴ *A hazai víziközmű-szolgáltatás aktuális helyzete*. Budapest, Századvég Gazdaságkutató Zrt., 2018.

41%-kal emelkedett. Ennek oka egyrészt, hogy a még a rendszerváltás előtt készült hálózatok rekonstrukciója az 1990-es éveket követően nem volt olyan ütemű, hogy az amortizációt követni tudja. A jelen tanulmány szempontjából ennek a körülménynek az a kiemelt jelentősége, hogy a hazai vízellátó hálózatot egy súlyosabb katasztrófa az eleve kevésbé jó állapot miatt még súlyosabban érintené. A feladat tehát nemcsak az, hogy a hálózat működést vizsgáljuk egy mérnöki számítás segítségével valamilyen meghatározott vészhelyzetben, hanem egy hibákkal terhelt hálózat viselkedése a kérdés. Emiatt már a meglévő hibák felmérése és matematikai leírása is komoly kihívást jelent, amely az adatgyűjtés, hitelesítés amúgy is munkaignyes fázisait jelentősen megnehezíti.

A személyi állomány biztonságának kérdése

Ismételten a már hivatkozott tanulmány megállapította, hogy a víziközmű-ágazatot a munkaerő hiánya fenyegeti, amely 2027-re azt vetíti elő, hogy 24,5% (körülbelül 5000 fő) a szükséges állományból hiányozni fog.⁵ Figyelembe véve a hálózat romló állapotát, még a nagy fokú automatizálás és online felügyelet sem lesz képes ezt a hatást ellensúlyozni. Amennyiben valóban a rendes napi üzemvitelt is csökkent létszámmal kell megoldania a szolgáltatóknak, úgy joggal merül fel a kérdés, hogy milyen lehetőségek állnak majd rendelkezésre olyan esetben, amikor a helyzet súlyossága meghaladja az állam erőinek kapacitását is. Ilyen eset ráadásul a tanulmány írásának idején egyáltalán nem elképzelhetetlen: elegendő a jelenlegi járványhelyzetre gondolni, amely az idősödő dolgozói állományt fokozottan veszélyezteti. Ráadásul nem is szükséges, hogy maga az üzemeltetői állomány váljon járvány áldozatává: elegendő az is, ha akár a tömegközlekedés, a közbiztonság (utcai megmozdulások, időjárás viszonyok) miatt nem képes a vízellátásért felelős a munkavégzés helyén megjelenni.

A kérdésre adható logikus válasz, hogy szükséges a biztonságos üzemhez személyi tartalékot képezni, akik bármikor megbízhatók azzal, hogy a vízellátást (akár csak csökkentett szinten, korlátozásokkal) fenntartsák. Az ivóvíz kitermelése szerencsére nem igényel olyan bonyolult szaktudást, mint más kritikus infrastruktúrák esetében. Egy jól képzett, középfokú ismeretekkel rendelkező technológus már megfelelő rutin és utasítások birtokában képes lehet a víztermelést és a hálózati szivattyúzást felügyelni, ha minden eszköz megfelelően működik. A szivattyúk és a vízkormányzás működtetése, a vízvezetékek szerelése jól betanult szakmunkával megoldható. Azonban mindez feltételezi, hogy létezik az adott vízellátó rendszerre vonatkozó olyan terv, amely alapján még súlyos helyzetben is pontosan és helyesen ki lehet osztani azokat az önmagukban könnyűnek látszó feladatokat, amelyek szükségesek az eredményes beavatkozáshoz súlyos katasztrófa esetén.

A vízellátó hálózat számítógépes szimulációja talán ezen a téren járulhat hozzá a leghatékonyabban a szolgáltatás helyreállításához: egy jól felépített, leírt és átlátható modell segítségével az is képes lehet a hálózat funkcionális részeinek megismerésére és adott

⁵ *A hazai víziközmű-szolgáltatás aktuális helyzete.* 2018.

esetben javítására, aki nem sokéves tapasztalatból ismeri annak működését. Tehát a szimuláció segít a helyzet gyors értékelésében és a beavatkozásban azoknak is, akiknek nem ez a feladata, de a szükséghelyzet miatt erre kényszerülnek.

A hálózat vizsgálatához szükséges adatok és munkaráfordítás

Amennyiben az ivóvízelosztó hálózatokat érő súlyos károkra való felkészüléshez a hálózat hidraulikai és vízminőségi szimulációját szeretnénk felhasználni, meg kell vizsgálni a számítógépes elemzés megvalósíthatóságát és az ehhez rendelkezésre álló adatokat és erőforrásokat, hiszen semmilyen mérnöki vagy hatósági terv nem hozhat megfelelő eredményt, ha a kiinduló számítás nem a mért, a valóságot tükröző adatokon alapul. A hidraulikai modell elkészítése során ez leegyszerűsítve két dolgot jelent: a hálózat térképét, amelynek modern formája egy geoinformatikai adatbázis, valamint a mért és becsült hidraulikai peremfeltételek: vízhozam, nyomás, vízszintek és tengerszint feletti magasságok (vízminőség számítása esetén laboratóriumban vagy helyszínen mért vízkémiai paraméterek értékei is).

Azonban ezek az adatok sajnos nem állnak mindig megfelelően rendelkezésre, aminek legfőbb oka az emberi munkaerő hiányában és szakképzettségében keresendő. Rendszerint sem a közműszolgáltatók, sem a hatóságok kapacitása nem elegendő ahhoz, hogy egyszerűbb vagy bonyolultabb hálózathidraulikai analíziseket végezzenek annak ellenére, hogy magukat a szükséges kiindulási adatokat birtokolják. A kutatás-fejlesztés és a kapcsolódó felsőoktatásban talán meglehetően lenne az itt vázolt vizsgálatokhoz szükséges humán erőforrás.

Az ilyen analízisek szükségességét nem csak az itt tárgyalt rendkívüli helyzetre történő felkészülés indokolja. Már az Ivóvízminőség Javító Program során is felmerült, és később be is igazolódott,⁶ hogy a hálózati vízminőség-változásokat nem lehet kihagyni a számításból, már akkor sem, amikor a víztisztítást tervezzük.⁷ Ugyanis hiába a legmodernebb módszerekkel történő víztisztítás, ha a hálózati vízminőség-változások miatt a fogyasztási ponton a vízminőség már nem lesz elfogadható, ahogy azt az arzén- és ammóniummentesítés során tapasztalni is lehetett, hogy a tisztább víz betáplálása önmagában nem elegendő.⁸

Ahhoz, hogy az ivóvízellátó hálózatról működő matematikai modellt készítsünk, amelynek segítségével a rendkívüli eseményeket vizsgáljuk, elméletben minden adat rendelkezésre áll. Magyarországon a majdnem teljes közműhálózat (ideértve az ivó- és a szennyvízvezetékeken kívül a villamos és a földgázhálózatot és a kommunikációt) rendelkezésre áll térinformatikai adatbázisban, amely bármely regisztrált állampolgár

⁶ Licskó István et alii: Az MTA vízgazdálkodás-tudományi bizottság vízellátási és csatornázási bizottságának ajánlása az ivóvízminőség-javító program tapasztalatai alapján. *Hírcsatorna*, (2018), 1. 72–73.

⁷ Mirna Habuda-Stanić – Marija Nujic: Arsenic removal by nanoparticles: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22. (2015). 8094–8123.

⁸ Syam S. Andra et alii: Evidence of arsenic release promoted by disinfection by-products within drinking-water distribution systems. *Science of the Total Environment*, 472. (2014), 1145–1151.

számára megtekinthető egy központi, állami tulajdonú adatbázisban (amellett, hogy maguk a vízművek is birtokolják a saját hálózataik térképét). Az első probléma, amelyet a jövőben orvosolni kell majd, ha komolyan gondoljuk a hálózataink gyors és hatékony hidraulikai számítását, hogy ez az adatbázis adminisztratív célokat szolgál és csak közvetve a mérnöki tervezést. Egyúttal a víziközmű-szolgáltatók is különböző térinformatikai adatstruktúrákat használnak a saját térképeikhez. Ez önmagában nem jelent megoldhatatlan problémát a hálózat matematikai modelljének megalkotásakor, azonban a jövőben a hatékonyabb munkavégzés érdekében érdemes elkezdni elgondolkodni egy egységes, funkcionális hidraulikai számítás szempontjából folytonos rétegen ehhez az adatbázishoz.

A számítás kalibrációja, majd hitelesítése sokkal nagyobb problémákat vet fel magánál a hálózat megszerkesztésénél és matematikai leírásánál, valamint ezek a hiányosságok már olyan mértékben járulhatnak hozzá az eredmények bizonytalanságához, ami alkalmatlanná teszi őket a gyakorlati felhasználásra.

A hálózatok első hidraulikai számítását 1936-ban írta le Hardy Cross.⁹ A legtöbb általánosan elfogadott modell még ma is egy élekből és az élek által összekötött csomópontokból álló gráf. A vonalelemek a csöveket jelképezik, amelyeken a vízhozamot és a nyomásesést ki kell számolni vagy peremfeltételként előírni, míg a csomópontokon víz vagy más anyag léphet ki és be a hálózatba. A hálózat más funkcionális elemei, például elzárók, nyomásszabályozók, szivattyúk szintén megadhatók vonalelemként, míg a tárolókat pontszerű objektumként lehet definiálni. Az egyes objektumok pontos megadása a megoldáshoz használt programtól függően változhat. A matematikai számításra számos módszert dolgoztak már ki, amelyeket publikáltak és kereskedelmi forgalomban kapható, vagy nyílt forráskódú programokban fel is használtak.¹⁰

A modellalkotásnak azonban rendszerint nem a geometria megalkotása a legfőbb akadálya, amelyet a térinformatikai adatokból könnyen lehet automatikusan generálni, hanem a azoknak a nyomás- és vízhozam-peremfeltételeknek a beszerzése, amelyek a kalibrációhoz és a hitelesítéshez peremfeltételként használhatók fel. Habár ma már majdnem minden vízellátó hálózat rendelkezik folyamatirányító rendszerrel (*Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA*), előfordulhat, hogy azok a pontok, ahová a vízhozam-, vízmennyiség- és nyomástávadókat telepítik, adminisztratív átadási pontok, amelyek olyan hálózatrészeket határolnak, amelyek más irányból nyitottak, és további mért adat híján nem lehet peremfeltételt megadni úgy, hogy a kalibráció egyértelmű legyen. Általában kisebb települések esetén, ahol néhány mérési pont segítségével az egész település vízmérlege felvehető, sokkal kedvezőbb a helyzet, mint több nyomászónás nagyvárosokban vagy regionális csővezeték-hálózatokon.

⁹ Hardy Cross: *Analysis of flow in networks of conduits or conductors*. Urbana, University of Illinois, 34. (1936), 22.

¹⁰ Kazimierz Duzinkiewicz – Arkadiusz Ciminski: Drinking water distribution system modelling – An approach to skeletonization. *IFAC Proceedings Volumes*, 39. (2006), 14. 244–249.; Enrico Creaco – Marco Franchini: Comparison of Newton-Raphson global and loop algorithms for water distribution network resolution. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140. (2014), 3. 313–321.

A 22. táblázat mutatja be annak a minimális adatbázisnak a mezőit, amely segítségével a csomópontok és élek alkotta hálózat egyértelműen leírható. Természetesen a hidraulikai számításához további adatok is szükségesek, amelyek minimálisan a következők:

Csomópontokon: a peremfeltételként megadott, a hálózatba be- vagy abból kilépő vízhozam, és ha a csomópont tárolót jelképez, akkor vagy a vízszint tengerfeletti magassága, vagy zárt tartály esetén az ott uralkodó nyomás.

Éleken (csővezetéseken): a vízhozam és a nyomásveszteség összefüggést megadó matematikai képlet (szivattyú esetén a Q-H jelleggörbe), illetve az ehhez szükséges szám adatok: csőátmérő, csőérdesség.

Ezt a minimális adattartalmat egészítik ki a számítógépes programok olyan további megadható jellemzőkkel is, amelyek a gyakorlat számára hasznosak, és megkönnyítik az absztrakt matematikai modell és a valóság közti kapcsolat áttekintését, így például a csövek anyaga, nyitott-zárt állapota vagy csomópontoknál a nyomásfüggő kifolyást leíró összefüggés.

22. táblázat: Csőhálózat geometriáját leíró adatok

	Csomópont tábla	Csővek tábla
Mezők:	<ul style="list-style-type: none"> – azonosító – magasság – X koordináta – Y koordináta 	<ul style="list-style-type: none"> – azonosító – kezdőpont – végpont

Forrás: a szerző szerkesztése

A hidraulikai peremfeltételek megadási nehézségeivel kapcsolatban meg kell jegyezni, ami a rendszer átláthatósága szempontjából is fontos lehet vész helyzetben, hogy a folyamatirányító rendszerek képernyőképeit elsősorban a mért adatok megjelenítésére és a távvezérlés megvalósítására tervezték, ezért csak ez alapján a rendszer működését nem lehet átlátni, még akkor sem, ha a mérési pontokhoz kiegészítő térkép is van. Az átláthatóság és a többletinformációk megjelenítésére számos ötletet dolgoztak ki a rendszerek fejlesztésére tett javaslatok során.¹¹

A legmodernebb megoldások már olyan alkalmazásokat is kínálnak, amelyek képesek integrálni a folyamatirányító rendszert a hidraulikai szimulációs környezettel,¹² ezzel kínálva közel folyamatos tájékoztatást a hálózat hidraulikai viszonyairól. Bár helyenként alkalmaznak ilyeneket, a kiépítés költségei nem feltétlenül állnak arányban az így nyert haszonnal a mindennapi üzemeltetés során. Hasonló megoldás a szimulációs környezetben azonban hasznos lehet a rendszer működésének és viselkedésének gyors megértéséhez.

¹¹ Juhász Artúr: *Fejlesztési lehetőségek a Nyírségvíz Zrt. folyamatirányító rendszerében*. Szakdolgozat. Baja, Eötvös József Főiskola, Műszaki és Közgazdaságtudományi Kar, 2013.

¹² Markus I. Sunela – Raido Puust: Real time water supply system hydraulic and quality modeling – A case study. *Procedia Engineering*, 119. (2015), 744–752.

Az időráfordítás, amely ahhoz szükséges, hogy a hálózatot betápláljuk valamilyen hidraulikai számításhoz alkalmazott programba, szélsőségesen változhat. Ha minden adat a megfelelő formátumban van, akkor néhány másodperc alatt megoldható a topológia felépítése, a hidraulikai beállítások pedig egy-két nap alatt megtehetőek, ha a mért adatok rendszerezése előzőleg megtörtént. Ha viszont a hálózat geometriáját kézzel kell javítani a helyes topológia megalkotásához (hiszen a geodéziai felmérésnek nem a későbbi folytonos gráf létrehozása a célja), és a hidraulikai peremfeltételekre vonatkozó mért adatokat a rendszer megismerésének bejárása közben kell beszerezni, akkor az időigény a rendszer méretétől függően 1 hónaptól 1 évig is tarthat. Ezért különösen fontos eleme lenne a váratlan, súlyos eseményekre való felkészülésnek, hogy a hidraulikai viszonyok számításához szükséges információk rendezettek és mindenkor hozzáférhetőek legyenek.

Kívülről érkező szennyezés terjedésének vizsgálata modellszámítással

Az egyik legbonyolultabb számítást igénylő és legnagyobb bizonytalansággal terhelt probléma a vízellátó hálózatba kívülről bejutó szennyezés kérdése. Általánosan ismert, hogy a fertőtlenítés hatékonysága és a fertőtlenítőszer koncentrációja az ivóvízellátó hálózaton belül nem egyenletes. Általánosságban elmondható, hogy a hálózat azon részei, ahová a víz hosszabb tartózkodási idővel (vízkorral) jut el, már kevesebb fertőtlenítőszer tartalmaznak a patogén mikroorganizmusok inaktiválásához. Rendes üzemben, mindaddig, amíg a víz a még több fertőtlenítőszer tartalmazó részekről érkezik és csak a fogyasztó felé, a csapolási hely felé folyik, nem jelentkezik komolyabb problémák.

Annak ellenére, hogy a vízelosztó hálózat szándékos elszennyezése viszonylag ritka jelenségnek számít, a kockázatok értékelésénél nem szabad elfeledkezni arról, hogy a rendszer nyitott minden egyes fogyasztónál és néhány bar többletnyomás már elegendő ahhoz, hogy bárki azt juttasson be a hálózatba, amit csak akar. Jelenleg az előírt szolgáltatási nyomás lakóingatlanoknál maximum 6 bar, így bármilyen kereskedelmi forgalomban kapható átlagos teljesítményű szivattyú vagy kompresszor képes lehet idegen anyagot juttatni a fogyasztó felől a hálózatba. Bár a szándékos szennyezés nem jellemző, a fogyasztói hanyagságból adódó esetek már figyelmeztetnek ennek a kérdésnek a jelentőségére. A leggyakoribb probléma általában, hogy a házi vízellátó rendszer (kútvíz, csapadékvíz) gondatlanul, az ingatlanon belül szabálytalanul összeköttetésbe kerül az ivóvízhálózattal.

Amennyiben külső szennyezés beáramlásának gyanúja merül fel valamilyen hálózatra kötött forrásból, a válaszlépések sorrendje rendszerint a következő: első lépésben a vízfogyasztás korlátozása és a lakosság figyelmeztetése, másodsorban a forrás behatárolása és megszüntetése, végül a hálózat helyreállítása, tisztítása. A második lépés elsősorban a hálózat különböző pontjairól vett minták vizsgálatával lehetséges, illetve a vizsgálatok eredményeinek térképen történő feltüntetésével. A hálózat hidraulikai és vízminőségi számítása elsősorban az utolsó lépés során lehet előnyös. A számított áramlási viszonyok alapján becslést lehet tenni a szennyezéssel érintett hálózatrész kiterjedésére, így a tisztítást gyorsan a leginkább érintett részre lehet korlátozni. Egyúttal ha sikerül a forrását

gyorsan felfedezni, akkor az áramlási viszonyok alapján a megfelelő részek gyorsan kizárhatók a rendszerből.

Jelenleg a hálózati víz külső forrásból történő szennyeződését elsősorban a mikrobiológiai vizsgálatok segítségével észlelik. Ennek a vizsgálatnak megvan az a hátránya, hogy a tenyésztés igénybe vesz néhány napot, amely alatt a szennyezés már messzire juthat a hálózatban. Habár rendelkezésre állnak gyorsabb eljárások is, mint például PCR¹³ és metagenomika,¹⁴ ezek költségei viszonylag magasak, és helyszíni vizsgálatokra sem minden esetben alkalmasak. Ráadásul még ha a patogének kvantitatívan meg is határozhatók lennének a vízben, ez a szennyezés forrásához nem feltétlenül vinne közelebb, ugyanis a csőfalon való megtelepedés és ismételt leválás további gócpontokat hozhat létre.

Ha a hidraulikai és vízminőségi szimulációt szennyező források kutatására szeretnénk felhasználni, akkor érdemes lehet egyszerűbben mérhető vízminőségi paramétereket felhasználni. Ezekre jellemző kell, hogy legyen az, hogy a helyszínen is gyorsan mérhető és alkalmasak a többlet szerves anyag kimutatására az ivóvízben. Ilyen paraméter lehet az UV-abszorbanca 254 nm-es hullámhosszon, illetve a nitrit és az ammónium.¹⁵ Még hasznosabb lehet azonban a fertőtlenítőszer koncentrációjának mérése, hiszen azt várhatjuk, hogy ha a szennyezés redukáló (szerves) anyaggal történt (márpedig várhatóan ez a leggyakoribb eset), akkor annak közelében a fertőtlenítőszer hiányát vagy koncentrációjának gyors csökkenését érzékeljük.

A fertőtlenítésre leggyakrabban használt szabad klór esetében többféle matematikai modell is rendelkezésre áll a klórfogyásra.¹⁶ Ezek lehetnek egyszerű elsőrendű, csak a fertőtlenítőszer fogyását leíró egyenletek,¹⁷ vagy több komponenset használó modellek, mint például az úgynevezett 2R modell, amely a gyorsan és a lassan redukáló szerves anyag klórfogyasztását is számítja a hálózatban.¹⁸ A számítás bizonytalanságainak előzetes vizsgálatához itt egy konzervatív szennyező anyaggal végzett szimulációt mutatunk be, amely csak a hidraulikai viszonyok miatt kialakuló térbeli bizonytalanságokat jeleníti meg.

¹³ João Simões – Tao Dong: Continuous and real-time detection of drinking-water pathogens with a low-cost fluorescent optofluidic sensor. *Sensors (Basel)*, 18. (2018), 7.

¹⁴ Kyle Bibby et alii: Metagenomics and the development of viral water quality tools. *npj Clean Water*, 2. (2019).

¹⁵ Sławomir Szerzyna et alii: *Absorbance based water quality indicators as parameters for treatment process control with respect to organic substance removal*. E3S Web of Conferences, April 23–25, 2017.

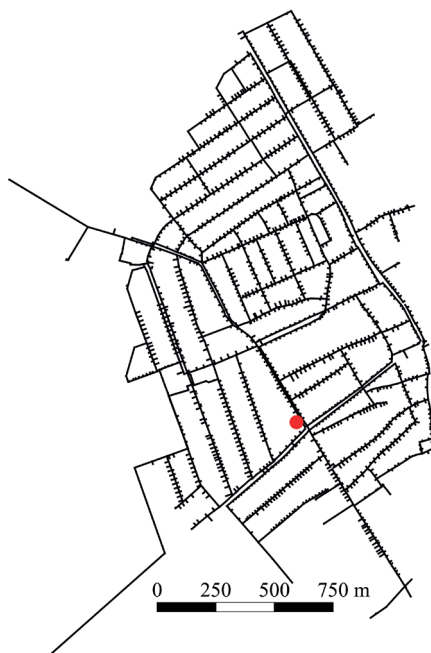
¹⁶ L. Monteiro et alii: Modeling of chlorine decay in drinking water supply systems using EPANET MSX. *Procedia Engineering*, 70. (2014), 1192–1200.

¹⁷ Lewis A. Rossman: *EPANET 2 – User’s Manual*. Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency, 2000.

¹⁸ Ian H. Fisher – George Kastl – Arumugam Sathasivan: Evaluation of suitable chlorine bulk-decay models for water distribution systems. *Water Research*, 45. (2011), 16. 4896–4908.; Priyanka Jamwal – M. N. Naveen – Yusuf Javeed: Estimating fast and slow reacting components in surface water and groundwater using a two-reactant model. *Drinking Water Engineering and Science*, 9. (2016), 1. 19–25.

A vizsgálatokhoz alkalmazott modell és eredményei

A vizsgálatokhoz egy már korábban a Nemzeti Községi Víztudományi Karának egy hallgatója által szakdolgozat keretében elkészített hidraulikai modellt használtuk fel.¹⁹ A modell tartalmazza a bekötési vízmérőket, a tűzcsapokat és közfolyókat, 4362 csomópontból és 4426 vonalelemből áll. Amint az az 1. ábrán látható, a település hálózata két vezetéken keresztül csatlakozik nyugat felé egy regionális vezetékre, ami miatt könnyen meg lehet adni a hidraulikai peremfeltételeket. A regionális vezeték egy egyszerű nyomás-peremfeltételt biztosít, ezért a településen belül megadott, a valós napi átlagon alapuló vízigények mellett közel valóságos áramlásviszonyok adódnak eredményül.



1. ábra: Ivóvízelosztó hálózat helyszínrajzi elrendezése a szennyezés terjedésének szemléltetésére használt hidraulikai számításban

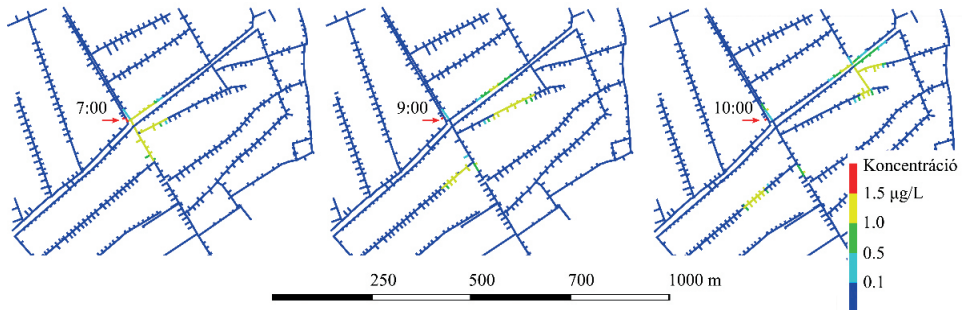
Megjegyzés: a szennyezés bejutásának helyét piros kör jelöli.

Forrás: a szerző szerkesztése

A településen beüli vízelosztó hálózat hidraulikai számítását az EPANET-programmal végeztük. Az 1. ábrán piros körrel jelölt részen, a modell 388-as számú csomópontján 100 µg/L koncentrációval egy szennyező forrást adtunk meg, amely reggel 6:00 és 7:00

¹⁹ Czákó Dávid: *Algyő vízellátó hálózatának hidraulikai vizsgálata*. Budapest, NKE, Víztudományi Kar, 2017.

között folyamatosan és egyenletesen 100 liter szennyezett vizet juttat be a hálózatba. A konzervatívnak (az áramló közeggel együtt mozognak, kémiai folyamatoktól nem befolyásoltnak) feltételezett szennyezőanyag-koncentrációit és kiterjedését a 2. ábra mutatja be különböző időpontokban.



2. ábra: A hálózatba egy ponton, szakaszosan bejutott szennyeződés számított helyzete különböző időpontokban

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. ábrán a piros nyíl jelöli a 6:00–7:00-ig tartó bebocsátás helyét. Az eredményekből látható, hogy még a diffúziót és a keveredést leegyszerűsítő modellben is a szennyezett szakasz a hálózatforrás távoli pontjaira is elér, három óra alatt körülbelül 500 m-es út megtételével. A szennyezés hígulása az itt vizsgált esetben több mint százszoros. Azonban figyelembe véve, hogy a szabad klór koncentrációja a hálózatban szokásosan 1–2 mg/L körüli érték körül ingadozik, az ennek százszorosával egyenértékű klórigényű szerves anyag mennyisége még mindig csak 100–200 mg/L, azaz már igen kevés bejutó szerves anyag is képes lehet a hálózatban lévő klórt elfogyasztani és ezáltal a biológiai vízminőséget nem megfelelővé tenni.

A szakaszos szennyezőanyag-bebocsátás másik fontos következménye, hogy a szennyezőforrás nem juttat be folyamatosan aktívklór-fogyasztó anyagot a hálózatba, és emiatt pontszerű mintavételekkel a bebocsátás helyét megtalálni majdnem lehetetlen. Sajnálatos módon az épületen belüli szennyezőforrások várhatóan éppen ilyen szakaszos ütemben juttatják a szennyezést a hálózatba. Ennek oka, hogy a házi vízkivételek és szűrkevíz-rendszerek rendszerint hidroforos megoldással, szakaszosan üzemelnek, tehát a hálózattal helytelenül összekötött rendszer csak naponta egyszer-kétszer kerül nagyobb nyomás alá, amikor a házi nyomásfokozók bekapcsolnak. Elméletben lehetséges, hogy ha a hálózat egy pontján egy adott időben vett mintából a szennyezés jeleit (aktív klór hiánya, magas szervesanyag-tartalom) kimutatjuk, akkor a számított áramlási viszonyok, az áramlási sebességek alapján megbecsüljük a szennyezés forrását. A gyakorlatban ennek az az akadálya, hogy a vízfogyasztás olyan részletes térbeli és időbeli eloszlása, amely ilyen pontosságú becsléshez szükséges lenne, nem ismert. Mindezen akadályok ellenére a fenti példa jól rámutat arra, hogy még ha a számítás eredménye egy bizonyos részletesség felett nem is megbízható, a jellemző áramlási irányok és tartózkodási idők

vizsgálata a többi eszközt (helyszíni mintavétel, térképi megjelenítés) kiegészítve segíthet a szennyezőforrások felderítésében.

További alkalmazási lehetőségek

A számítógéppel végzett hidraulikai számítások nemcsak egy esetleges szennyezés terjedésének becslésére használhatók fel, hanem más extrém szélsőségek vizsgálatára vagy a rendszer összeomlása esetén követendő alternatív működési lehetőségek vizsgálatára is. Ez a rész röviden vázolja, milyen lehetőségeket nyújt a hidraulikai modell alapján történő tervezés az olyan extrém helyzetekben, amikor a megszokott ivóvízellátás helyreállítása nem lehetséges, hanem szükségmegoldásokkal kell a helyzetet kezelni.

A hálózat egy részére korlátozott vízszolgáltatás

A gerincevezetékek töréseit leszámítva a vízellátás létesítményeinek fizikai megsemmisülése nem gyakori jelenség hazánkban. Az elmúlt évtizedekben csak elszigetelt esetben következett be víztoronyrobbanás (2010, Fehérgyarmat) vagy a fogyasztás korlátozását szükségessé tevő szennyeződés. Hasonló helyzet kisebb településeken következett be 2017 januárjában a vízmérők tömeges elfagyása során, amikor előfordult, hogy az elfolyó víz miatt a szolgáltatást bizonyos vezetékekre és közkifolyókra kellett korlátozni. Mindaddig, amíg csak egy elszigetelt település érintett rövid idő alatt kijavítható problémákkal, azok a szolgáltató részéről jól kezelhetők, szükség esetén ivóvíz a közelből vagy palackozva a helyszínre szállítható.

Komoly kérdést vet fel azonban az a helyzet, amikor egy adott település tartósan (heteken vagy hónapokon át) nem számíthat külső forrásokra a vízellátás problémáinak megoldására. Bár Magyarországon ez a helyzet nem jellemző, figyelembe kell venni, hogy a felhasznált ivóvíz majdnem fele védett felszín alatti vízbázisokból származik. A felszíni vagy ahhoz kapcsolódó, parti szűrésű vízbázisok sérülékenysége a Kárpát-medence földrajzi jellege miatt jóval jelentősebb, már csak ezért is érdemes a vízellátás ellehetetlenülésére felkészülni és előre tervezni.

Amennyiben a vízellátás olyan mértékű leállása következne be, amely már az állam erőforrásait is jelentősen meghaladná, abban az esetben egyedül az alternatív, helyben megtalálható vízkészletekből gazdálkodhat a település lakossága. Településeink többségén magánkutakból talajvíz vagy sekély rétegvíz, illetve felszíni víztestekből, egyes esetekben ciszternában gyűjtött csapadékvíz rendelkezésre áll, amelyet házi tisztítást (forralás, szűrés) követően fel lehet használni a lakóingatlanokban. Sokkal súlyosabb kérdéseket vet fel a településen található, nagyobb vízigényű, közösségi feladatot ellátó létesítmények (kórházak, konyhák, nagy tűzi víz igényű létesítmények stb.) kiszolgálása. Ennek megvalósítása a vízellátás eredeti formájának ellehetetlenülése esetén csak alternatív forrásokból valósítható meg.

A hálózathidraulikai számítások segítségével jól előre lehet tervezni az olyan helyzetre, amikor kényszerből csupán a hálózatnak egy lehatárolt szakaszát tudjuk vízzel

ellátni, így biztosítva a hozzá csatlakozó kiemelt intézmények működését és korlátozott számú közkúton a lakosság vízzel történő ellátását. Ugyanez a helyzet egy fejlett iparral rendelkező országban aligha fordul elő, ám figyelembe kell venni, hogy a világ más, természetes ivóvízkészletekkel kevésbé jól ellátott régióiban hasonló helyzet előállhat, és ezek kezelésére fel kell készülni. Azt is figyelembe kell venni, hogy a vezetékes ivóvízellátás más infrastruktúrák (főként a villamos hálózat) megsemmisülését kevés késleltetéssel követi, viszont a helyreállítás sorrendjében az utolsók között foglal helyet, hiszen működéséhez a többi infrastruktúra megléte előfeltétel. Ennek az az oka, hogy ha a hálózati betáplálás, illetve a hálózathoz csatlakozó tárolók helyrehozhatatlanul megsemmisülnek, akkor a hálózatról történő csapolás is lehetetlenné válik. Amennyiben csak a betápláló szivattyúk nem állnak váratlanul rendelkezésre többé, úgy a tárolók még biztosíthatnak a településnek vagy településrésznek 24–28 órán át egy bizonyos vízmennyiséget, azonban ez a rövid idő a feltételezett súlyos problémák elhárítására nem elegendő.

Ilyen esetekben a vízellátást kizárólag helyi forrásból lehetne biztosítani. Annak kidolgozására, hogy pontosan hogyan lehetséges a hálózat egy adott részét üzembe helyezni, a megfelelő adatok alapján beállított hálózathidraulikai modell kiválóan alkalmas. A hálózat térinformatikai adatbázisa és a hozzá tartozó hidraulikai adatok, amennyiben jól átláthatók és ismertek a felelősök számára, komoly segítséget jelenthetnek nemcsak a szélsőséges esetek kezelésére, hanem a megfelelő beavatkozás gyors előkészítésére is.

A tervezés során előre ki kell jelölni a hálózatnak azt a részét, amelyet a fő víztermelés elérhetetlenné válása esetén is üzemeltetni kívánunk. A hatékony kiválasztás feltétele a megfelelő geoinformatikai adatbázis megléte, amelynek segítségével úgy lehet megválasztani a csővezetékét, hogy az a fontosabb intézményeket érintse. A kiválasztott rész ezután igen szigorúan karban kell tartani és szivárgási veszteségeit minimálisra csökkenteni, hogy a szükséghelyzetben betáplált korlátozott mennyiségű vízből kevés vesszen el. A kiválasztott rész nem szabad, hogy magánfogyasztókhoz csatlakozzon, a bekötött kritikus intézményeken kívül csak tűzcsapokon és közkifolyókon legyen lehetséges a vízkivétel. A kiválasztott hálózatrésznek olyan csatlakozási ponttal vagy pontokkal kell rendelkeznie, ahová az alternatív forrásból (például mobil vízkezelő berendezéssel) megtisztított vizet be lehet majd táplálni. A megfelelő szivattyúzási kapacitás és az ehhez szükséges energiaigény kiválasztása szintén csak hálózathidraulikai számítások alapján lehetséges.

Egy ilyen szélsőséges helyzet esetére kidolgozott hidraulikai számítás komolyan hozzájárulhat ahhoz, hogy a rendszer áramlási viszonyai alapján egy jól megválasztott, szigorú rend szerinti üzemállapotot lehessen létrehozni. Ezzel lehetségessé válhat a csökkentett vízigenyek közkifolyón történő kiszolgálása a kritikus létesítmények vízigenyével egyidejűleg. A tűzcsapok és a közkifolyók üzemben tartásával pedig a rend és az ellenőrzés magasabb fokát lehet mutatni a fogyasztók felé.

Szimuláció a hálózat viselkedésének megismeréséhez

Az automatizálás elterjedésének köszönhetően vízellátó hálózataink jelentős része távfelügyelettel és távvezérléssel ellátott. Azonban a megfelelő üzemhez a távvezérléssel is csak olyan személyzet képes a megfelelő utasításokat kiadni, aki a rendszer minden egyéb tulajdonságával is tisztában van. A különösen szélsőséges helyzetekre és üzemlaptopokra történő felkészülés nyilvánvaló okokból nem valósítható meg egy működő rendszeren, amely napi 24 órában szolgálja ki a fogyasztókat. Emiatt a hidraulika szimulációja az üzemeltetők képzésében és a rendszer viselkedésének gyors megismerésében is komoly előnyt jelenthet. Ahogyan a hálózatra jellemző hidraulikai paramétereket is szimulálni lehet, úgy lehetséges a folyamatirányító rendszert is virtuálisan megvalósítani olyan módon, hogy képes legyen értékeket átadni a hálózathidraulikai szimulációnak. Ennek segítségével, ha maga a hidraulikai számítás megfelelően kalibrált, bárki, aki a folyamatirányító rendszerrel és a hálózathidraulikára gyakorolt hatással és a rendszer viselkedésével meg szeretne ismerkedni, az számítógépes szimulációban is megteheti, így készülve fel a súlyosabb üzemzavarok esetén szükséges lépésekre.

Következtetések

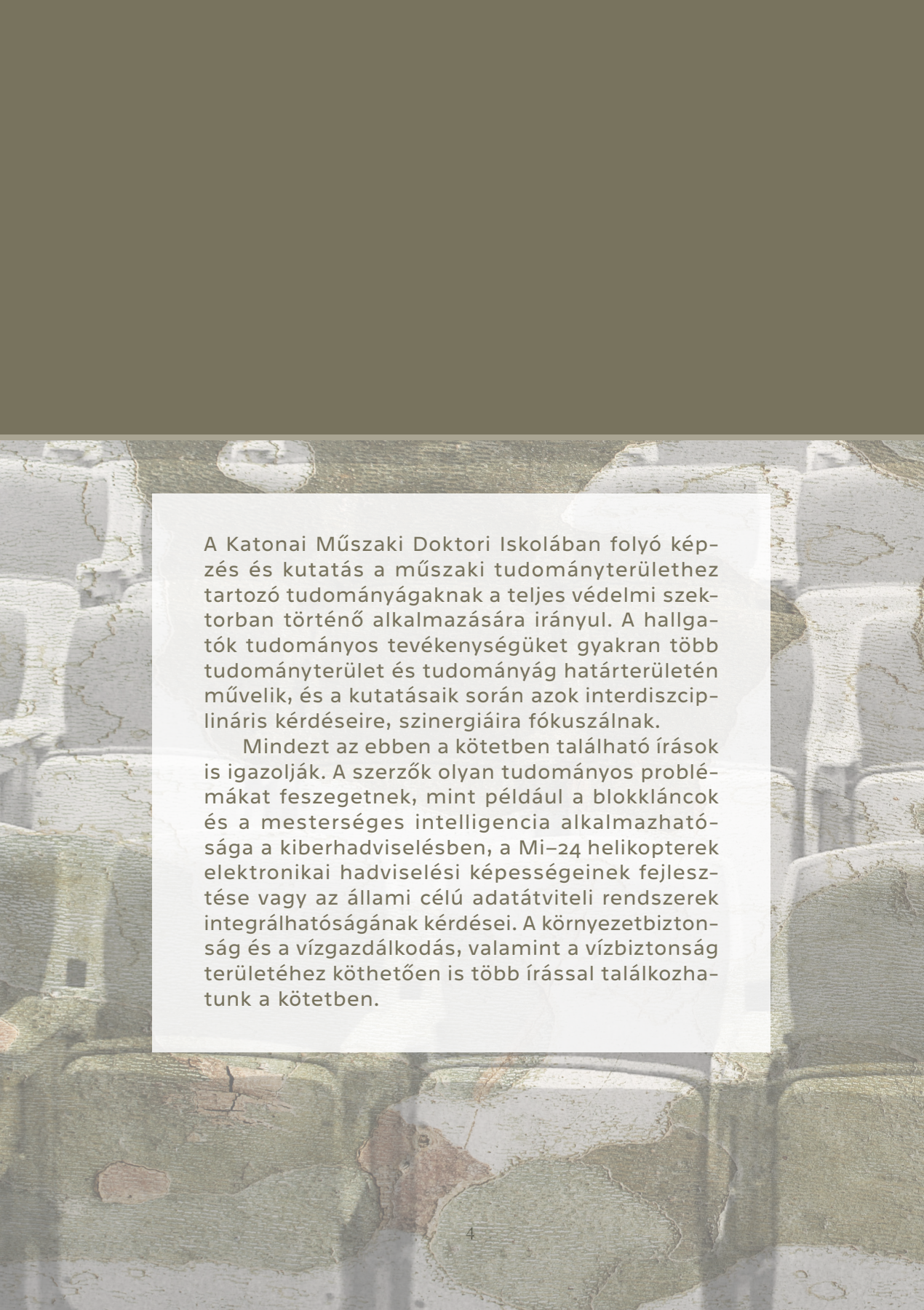
Az elvégzett vizsgálatok alapján egyrészt felmerül, hogy a számításhoz szükséges bemenő adatok (vízmenntiségek, nyomásértékek, vízminőség) egyes esetekben hiányosan állnak csak rendelkezésre. Másrészt maga az adatfeldolgozás és a számítógépes szimuláció képes lehet a valódi eseményeket visszaadni és a különböző beavatkozások hatásait előre jelezni. Megfelelő kiindulási adatok és a számítás gondos előkészítése esetén az eredmények bizonytalansága elfogadható mértékű a vészhelyzetekre történő tervezés szempontjából.

Annak ellenére, hogy összetett adatbázisok, adatgyűjtő rendszerek és sokféle számítási módszer áll rendelkezésre, a gyűjtött adatokban és a segítségükkel végzett dinamikus számításokban rejlő lehetőségeket nem használjuk ki olyan mértékben, amilyenben lehetne a rendkívüli eseményekre történő tervezés során. A hazai, hidraulikai számításokkal kapcsolatos esettanulmányok alapján kijelenthető, hogy ezen a téren minimális befektetett munka is komoly hozzáadott értéket jelenthet.

Felhasznált irodalom

- 58/2013. (II. 27.) Korm. rendelet a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300058.kor>
- A felszín alóli víztermelés víztípusok szerint (1985–). Budapest, Központi Statisztikai Hivatal, 2018. Online: www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_uw003.html
- A hazai víziközmű-szolgáltatás aktuális helyzete.* Budapest, Századvég Gazdaságkutató Zrt., 2018. Online: www.maviz.org/system/files/szazadveg_tanulmany_-_a_hazai_vizikozmu-szolgáltatás_aktuális_helyzete_2018_08_06.pdf
- Andra, Syam S. – Syam S. Andra – Konstantinos C. Makris – George Botsaris – Pantelis Charisiadis – Harris Kalyvas – Costas N. Costa: Evidence of arsenic release promoted by disinfection by-products within

- drinking-water distribution systems. *Science of the Total Environment*, 472. (2014), 1145–1151. Online: [10.1016/j.scitotenv.2013.11.045](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.045)
- Bibby, Kyle – Katherine Crank – Justin Greaves – Xiang Li – Zhenyu Wu – Ibrahim A. Hamza – Elyse Stachler: Metagenomics and the development of viral water quality tools. *npj Clean Water*, 2. (2019). Online: [10.1038/s41545-019-0032-3](https://doi.org/10.1038/s41545-019-0032-3)
- Bognár Balázs – Révai Róbert – Ronyecz Lilla: A létfontosságú rendszerelemek közötti interdependencia kockázatainak elemzése, különös tekintettel az egészségügyi ágazat rendszerelemeire és létesítményeire. *Hadmérnök*, 13. (2018), 1. 133–142. Online: http://hadmernok.hu/181_10_bognar.pdf
- Creaco, Enrico – Franchini, Marco: Comparison of Newton-Raphson global and loop algorithms for water distribution network resolution. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140. (2014), 3. 313–321. Online: [10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000825](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000825)
- Cross, Hardy: *Analysis of flow in networks of conduits or conductors*. Urbana, University of Illinois, 34. (1936), 22. Online: www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/4433/engineeringexperv00000i00286.pdf?seque..
- Czakó Dávid: *Algóvízellátó hálózatának hidraulikai vizsgálata*. Budapest, NKE, Víz tudományi Kar, 2017.
- Duzinkiewicz, Kazimierz – Ciminski, Arkadiusz: Drinking water distribution system modelling – An approach to skeletonization. *IFAC Proceedings Volumes*, 39. (2006), 14. 244–249. Online: [10.3182/20060830-2-sf-4903.00043](https://doi.org/10.3182/20060830-2-sf-4903.00043)
- Fisher, Ian H. – Kastl, George – Sathasivan, Arumugam: Evaluation of suitable chlorine bulk-decay models for water distribution systems. *Water Research*, 45. (2011), 16. 4896–4908. Online: [10.1016/j.watres.2011.06.032](https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.06.032)
- Habuda-Stanić, Mirna – Nujić, Marija: Arsenic removal by nanoparticles: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22. (2015). 8094–8123. Online: [10.1016/j.desal.2006.05.040](https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.05.040)
- Jamwal, Priyanka – Naveen, M. N. – Javeed, Yusuf: Estimating fast and slow reacting components in surface water and groundwater using a two-reactant model. *Drinking Water Engineering and Science*, 9. (2016), 1. 19–25. Online: [10.5194/dwes-9-19-2016](https://doi.org/10.5194/dwes-9-19-2016)
- Juhász Artúr: *Fejlesztési lehetőségek a Nyírségvíz Zrt. folyamatirányító rendszerében*. Szakdolgozat. Baja, Eötvös József Főiskola, Műszaki és Közgazdaságtudományi Kar, 2013.
- Licskó István et alii: Az MTA vízgazdálkodás-tudományi bizottság vízellátási és csatornázási bizottságának ajánlása az ivóvízminőség-javító program tapasztalatai alapján. *Hírcsatorna*, (2018), 1. 72–73.
- Monteiro, L. D. Figueiredo – S. Dias – R. Freitas – D. Covas – J. Menaia – S. T. Coelho: Modeling of chlorine decay in drinking water supply systems using EPANET MSX. *Procedia Engineering*, 70. (2014), 1192–1200. Online: [10.1016/j.proeng.2014.02.132](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.132)
- Rossman, Lewis A.: *EPANET 2 – User's Manual*. Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Online: [10.1177/0306312708089715](https://doi.org/10.1177/0306312708089715)
- Simões, João – Dong, Tao: Continuous and real-time detection of drinking-water pathogens with a low-cost fluorescent optofluidic sensor. *Sensors (Basel)*, 18. (2018), 7. Online: [10.3390/s18072210](https://doi.org/10.3390/s18072210)
- Sunela, Markus I. – Puust, Raido: Real time water supply system hydraulic and quality modeling – A case study. *Procedia Engineering*, 119. (2015), 744–752. Online: [10.1016/j.proeng.2015.08.928](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.928)
- Szerzyna, Sławomir – Marek Molczan – Małgorzata Wolska – Wojciech Adamski – Jacek Wiśniewski: *Absorbance based water quality indicators as parameters for treatment process control with respect to organic substance removal*. E3S Web of Conferences, April 23–25, 2017. Online: [10.1051/e3sconf/00091/20171700091](https://doi.org/10.1051/e3sconf/00091/20171700091)

The background of the page is a photograph of a stone wall with a rough, textured surface. The stones are in various shades of grey, brown, and green, with some areas showing signs of weathering and discoloration. A white rectangular text box is overlaid on the center of the image, containing two paragraphs of text.

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.