

CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE

Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia

Tanulmányok



Szerkesztette:
BÍRÓ TIBOR

Dialóg Campus

ORSZÁGOS TELEPÜLÉSI CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁSI
KONFERENCIA
Tanulmányok

Vákát oldal

ORSZÁGOS TELEPÜLÉSI
CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁSI
KONFERENCIA
TANULMÁNYOK

Szerkesztette
Bíró Tibor

A kiadvány a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001
„A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés”
című projekt keretében jelent meg.

A szerkesztőbizottság elnöke

Bíró Tibor

A szerkesztőbizottság tagjai

Cimer Zsolt

Gajer József

Mrekva László

Reich Gyula

Szlávik Lajos

Szöllősi-Nagy András

Váradi József

Szerzők

Ámon Gergely	Hábermayer Tamás	Kozák Péter	Riczu Péter
Balatonyi László	Hajtó Ödön	Kuti Rajmund	Ronczyk Levente
Bardóczyné Székely Émőke	Hancz Gabriella	Lakatos Mónika	Salamon Endre
Békési István	Hoffmann Imre	Lénárt László	Sólyom Péter
Cimer Zsolt	Hoffmann Lilla	Lengyel Róbert	Szűcs Péter
Czigány Szabolcs	Horányiné Csiszár Gabriella	Makay Gábor	Takács Krisztina
Domján Anita	Ilyés Csaba	Mátrai Ildikó	Tamás János
Dulovics Dezsőné	Istók Balázs	Mrekva László	Tóth László
Fehér János	Jackovics Péter	Nagy Attila	Török László
Gerőfi-Gerhardt András	Karches Tamás	Nagy Gábor	Turai Endre
Goda Zoltán	Király Lajos	Orgoványi Péter	Üszögh Lajos
	Komárominé Kucsák Mónika	Puskás Tibor	Vadkerti Edit
		Rác Tibor	

© Szerzők, 2019

© Dialóg Campus Kiadó, 2019

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

Tartalom

A szerkesztő előszava	7
I. rész: A települési vízgazdálkodás hidrológiai folyamatai témakörében elhangzott előadások publikációi	9
Hoffmann Lilla – Lakatos Mónika: Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában	11
Ilyés Csaba – Szűcs Péter – Turai Endre: Csapadékösszegek és talajvízszint-idősorok spektrális elemzése	21
Czigány Szabolcs – Domján Anita – Nagy Gábor – Ronczyk Levente: Reakcióidő-számítás hidrológiai mérőhálózat alapján Pécssett	29
Horányiné Csiszár Gabriella – Ilyés Csaba – Lénárt László – Szűcs Péter – Üszögh Lajos: Miskolci villámárvizek elemzése a bükkí források és a városi szennyvízelvezető rendszer hozamadatai alapján	39
Bardóczyné Székely Emőke: A biológiai aktivitásérték (BAÉ) fogalma és kapcsolata a települési hidrológiával	45
Orgoványi Péter – Salamon Endre – Török László: Egy mérnök számára szükséges adatok és módszerek a települési csapadékvíz-elvezetés és csapadékvíz-gazdálkodás tervezése során	55
II. rész: A települési infrastruktúra és települési vízgazdálkodás témakörében elhangzott előadások publikációi	65
Fehér János – Nagy Attila – Riczu Péter – Tamás János: A nagy felbontású 3D városmodell felépítése és szerepe a települési vízgazdálkodásban	67
Komárominé Kucsák Mónika: A villámárvízi elöntések enyhítése érdekében magnövelt városi zöldfelületek hatásvizsgálata egy konkrét példán keresztül	77
Karches Tamás – Mátrai Ildikó – Orgoványi Péter – Vadkerti Edit: Csapadékesemény hatása a mozgóágyas biofilmreaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára	91
Puskás Tibor: Szélsőséges időjárási események hatása a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra konkrét esetek alapján	99
Ámon Gergely: A települési vízrendszerek modellezéssel történő tervezése	109
Kozák Péter: A települési csapadékvíz-kezelés és a külterületi vízvezető rendszerek diszharmoniajának bemutatása dél-alföldi esettanulmányokon keresztül	117
Mrekva László: A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásszabályozásában	127
Goda Zoltán: A villámárvizek meteorológiai háttere	149

III. rész: A csatornahálózatokra gyakorolt hatások és a fenntartható csapadécsatornázás témakörében elhangzott előadások publikációi	159
Dulovics Dezsőné: A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai	161
Istók Balázs – Lengyel Róbert: A lézerszkennelt 3D felszínmodell alkalmazása a csatornakiöntések pontosítására	173
Salamon Endre: Csatornahálózat hidraulikai modellezése az oktatásban	183
Rácz Tibor: A 2017. május 23-i és az azt megelőző 2015. évi három budapesti felhőszakadás jellemzői	193
Gerőfi-Gerhardt András: Egyesített rendszerű csapadékvíz-elvezető művek bővítésének lehetőségei nagyvárosi környezetben	215
Hajtó Ödön: A vízügyi szabályozás és a csőstatika példája	227
Hancz Gabriella: A fenntartható csapadécsatornázás várható eredményei Debrecen példáján	235
IV. rész: A csapadékvíz-gazdálkodás katasztrófavédelmi aspektusai témakörében elhangzott előadások publikációi	243
Békési István – Sólyom Péter: Közép-Tisza-vidéki települések belvíz-veszélyeztetettségének értékelése	245
Jackovics Péter: Kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési és helyreállítási feladatok a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterülete elmúlt öt éves tevékenységének tükrében	251
Hábermayer Tamás: Katasztrófavédelmi önkéntesek szervezése a települések ár- és belvíz elleni védekezéséhez	261
Takács Krisztina – Kuti Rajmund: Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben	273
Balatonyi László – Makay Gábor – Tóth László: A közelmúlt globális klímaváltozásainak, helyi vízkáreseményeinek hatása és költségvetési következményei a dél-dunántúli kis vízfolyások esetében	279
Hoffmann Imre – Cimer Zsolt – Király Lajos: A csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusai	293
A tanulmánykötet szerzői	305

A szerkesztő előszava

Kedves Olvasó!

A hazai települési vízgazdálkodás meghatározó, ám kevésbé gondozott és átgondolt területe a csapadékvíz-gazdálkodás. Igaz ugyan, hogy a szennyvízelvezetési program változást hozott a csapadékvizek kezelésének ügyében is, viszont a velük való észszerű gazdálkodásról még aligha beszélhetünk.

A globális klímában, valamint a települések szerkezetében, lefolyási viszonyaiban bekövetkezett változások komoly kihívások elé állítják az önkormányzatokat, a víziközműszolgáltatókat és a vízkárelhárításban szerepet vállaló szakembereket egyaránt.

A nagy intenzitású csapadékok soha nem látott elöntéseket és helyi vízkárokat okozhatnak településeinken. Teljes biztonságot nyújtó megakadályozásuk a jelenlegi infrastrukturális adottságok tükrében nem képzelhető el.

A települések ma még alig tekintenek úgy a csapadéokra, mint vízkészletre, holott a csapadékvizek tudatos visszatartása nemcsak a települések vízháztartására fejtené ki jótékony hatást, de értékes készleteket is jelenthetnek számukra.

A csapadékvíz visszatartása és hasznosítása, azon túl, hogy vízbázisainkat táplálja és kíméli, elősegíti az önkormányzatok és a lakosok által végzendő preventív települési vízgazdálkodás, valamint az élhetőbb és üdőbb környezet megteremtését.

A szélsőségektől egyáltalán nem mentes települési csapadékvíz-gazdálkodás a területi vízgazdálkodásunkat is erősen megterheli. A megnövekedett települési lefolyások olyan fokozott fejlesztési és üzemelési igényeket támasztanak a területi vízgazdálkodásban, amelyeknek felelősségi kérdését már ma is sokan felvetik.

A csapadékvíz-gazdálkodás szükségszerűen került a szakma homlokterébe, sürgetve egy széles körű összefogás megvalósítását. A 2017 novemberében Baján, a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víz tudományi Karán megrendezett konferencia szervezői között valamennyi szakmai szervezet felsorakozott, amit az igazgatás és a tudományos élet képviselői tettek teljessé.

A plenáris és szekcióülések keretében közel hetven előadás hangzott el, amiből a tisztelt olvasó most 27 válogatott publikációt tarthat a kezében. Hasznos olvasást kívánok!

Bíró Tibor
dékán
Nemzeti Közzolgálati Egyetem
Víz tudományi Kar

Vákát oldal

I. rész

**A települési vízgazdálkodás hidrológiai folyamatai
témakörében elhangzott előadások publikációi**

Vákát oldal

Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában

Bevezetés

Bizonyos, csapadékhullással kapcsolatos szélsőségek intenzitásában, gyakoriságában megmutatkozó tendenciák a változó éghajlat jelei. Noha a csapadékkal kapcsolatos jelenségek nagyobb bizonytalanságúak a hőmérséklet-változással összefüggő változásoknál, számos térségben megfigyelhető a nagy csapadékot adó időjárási események, így az árvizek gyakoriságának növekedése, ugyanakkor az aszályok is gyakoribbá és intenzívebbé váltak (FIELD et al. 2012). Az időjárási szélsőségek megjelenése és a klímaváltozás közötti ok-okozati viszony megállapítása komoly kutatást igényel, mivel a természetes éghajlati változékonyság következtében is fellépnek az átlagostól lényegesen eltérő meteorológiai helyzetek. Ugyanakkor a melegebb levegő több nedvességet képes hordozni, ami növeli az özönvízszerű esőzések, felhőszakadások kockázatát.

A csapadék térben és időben is változékonnyá éghajlati paraméter Közép-Európában, így térségünkben is. Az éghajlatváltozás hatására esetlegesen bekövetkező egyirányú tendenciák kevésbé egyértelműek, mint csupán a hőmérséklet-változás esetén. Az OMSZ egyik alapvető feladata az éghajlati monitoring, aminek során a szélsőségek nyomon követésére különböző szélsőségindexeket alkalmazunk. Számos szélsőségindexet származtathatunk a napi csapadékösszegekből mint alapvető éghajlati paraméterből. Több nemzetközi projektben is számos szélsőségindexet definiáltak (KLEIN TANK – KÖNNEN 2003; ALEXANDER et al. 2006; DONAT et al. 2013), ezek többségét megvalósítottuk és alkalmazzuk az éghajlati monitoring folyamán. Elsőként ezek közül mutatunk be néhányat, majd a napi skálánál rövidebb időtartamú, 10, 20, 60, 180 perces intenzív csapadékhullás elemzésére hozunk példát. Egy esettanulmány keretében elemezzük, hogy miként alakultak a mértékadó csapadékok a közelmúlt 10 perces automata mérései alapján Pécs környezetében, végül a csapadékintenzitás tartamgyakoriságára vonatkozó görbék meghatározásának módszerét szemléltetjük egy példán keresztül.

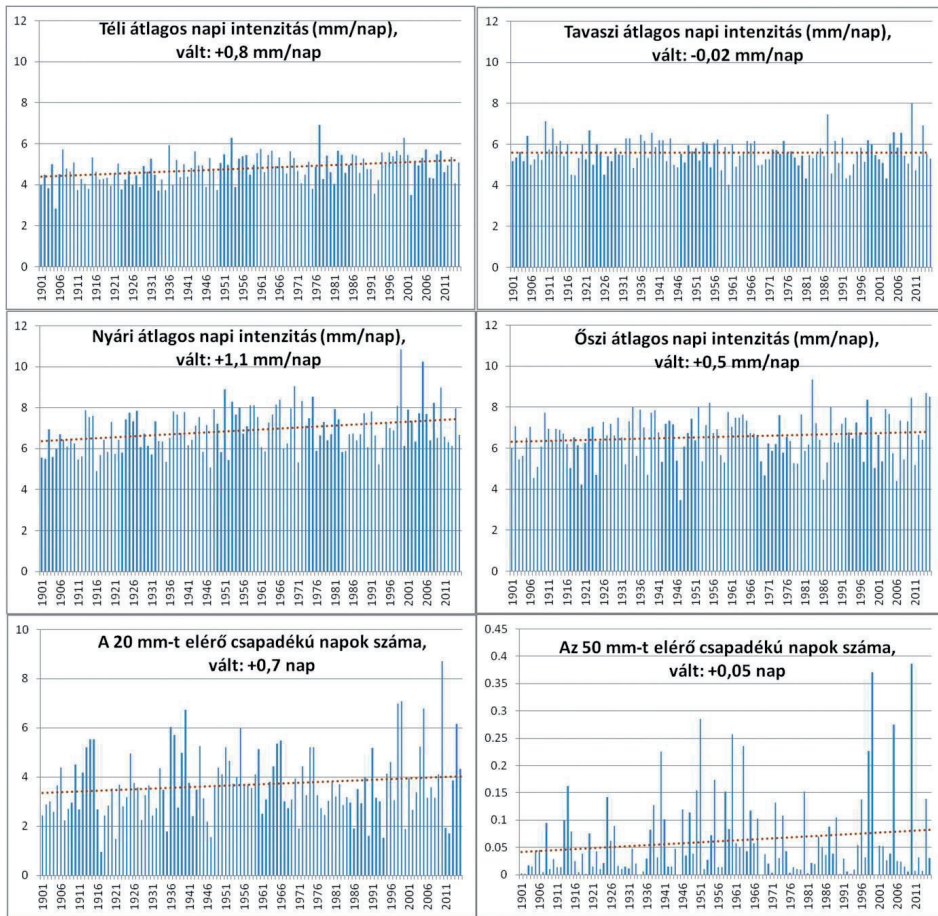
Felhasznált adatok és módszerek

Az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához reprezentatív éghajlati sorok szükségesek. Az OMSZ éghajlati adatbázisa képezi az elemzéseink alapját, amely a szisztematikus megfigyelések kezdetétől tartalmazza a meteorológiai méréseket. Ezek jellegükben és minőségükben is változtak az idők folyamán, főként az állomásáthelyezések és a mérési módszerek változása miatt. Egy, az OMSZ-ben fejlesztett homogenizálási eljárás (MASH, lásd: SZENTIMREY 2011) használatával az adatokat úgy kezelhetjük, mintha a mérések a jelenlegi körülmények között zajlottak volna. A MISH (SZENTIMREY–BIHARI 2007) eljárással pedig rácspontokba interpoláljuk az adatokat, így a mérőhálózat egyenetlen elhelyezkedéséből adódóan a mérésekkel kevésbé lefedett területek éghajlati jellemzői is érvényesülnek az országos átlagsorokban. A számításokhoz az 1901 és 2015 közötti időszak homogenizált, rácspontokba interpolált, napi csapadékadatait használtunk.

A változások nyomon követéséhez több, napi csapadékösszegezen alapuló klímaindexet kiszámoltunk éves és évszakos skálán is, majd ezek rácsponti átlagával képeztük az országos átlagokat. Az országos átlagos indexsorokat grafikonokon, míg a változás térbeli eloszlását térképen ábrázoljuk. A változásokat az idősorokhoz illesztett lineáris trend alapján számoltuk.

Csapadékszélsőségek alakulása extrém klímaindexek alapján

A csapadék éves összege a múlt század elejétől mindössze 6%-os csökkenést mutat, az utóbbi években a tendenciózus változás kevésbé, inkább a szélsőséges jelleg fokozódása emelhető ki. A szokásosnál szárazabb vagy csapadékosabb események, periódusok előfordulásának gyakoriságát, illetve változását néhány extrém csapadékindex idősorával jellemezzük. Leginkább nyáron és télen nőtt a napi intenzitás, vagy más néven átlagos csapadékosság (a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa), a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap, ősszel pedig 0,5 mm/nap országos átlagban a múlt század eleje óta. A tavaszi intenzitás csökkenő tendenciát mutat, aminek mértéke $-0,02$ mm/nap. A nyári változás éri el ezek közül a statisztikailag szignifikáns (90%-os megbízhatóság) mértéket. A nyári intenzitásnövekedés arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. A 20 és 50 mm-t meghaladó csapadékú napok esetében is növekedés mutatkozik, az előbbinél közel egy nap, az utóbbinál 0,05 nap az emelkedés mértéke országos átlagban. Az 50 mm-es napi összeget meghaladó csapadékkal járó események ritkán fordulnak elő, de annál több kárt okozhatnak, mert több esetben villámárvizet váltanak ki. A csapadékinintenzitás változásának tendenciái figyelhetők meg az 1. ábrán.



1. ábra

A téli, tavaszi, nyári és őszi átlagos napi csapadékösszeírás, valamint a 20 és 50 mm-t elérő csapadéku napok száma országos átlagban. Homogenizált, rácsponti átlagok, 1901–2015

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

Érdekes összevetni a fent említett csapadékösszeírás 30 éves átlagait, más néven az éghajlati normálértékeit (1. táblázat). Látható, hogy az összes csapadékösszeírás esetében a legnagyobb értékek az utolsó, 1981–2010-es átlagoknál jelennek meg. A legnagyobb érték (7,22 mm/nap) a nyári csapadékösszeírás esetében tapasztalható.

1. táblázat

Az egyes csapadékindexek normál értékei a legutóbbi három standard időszakra

Éghajlati normálok	1961–1990	1971–2000	1981–2010
Téli átlagos napi csapadékinintenzitás (mm/nap)	5,02	5,00	5,05
Tavaszi átlagos napi csapadékinintenzitás (mm/nap)	5,54	5,50	5,59
Nyári átlagos napi csapadékinintenzitás (mm/nap)	6,99	6,97	7,22
Őszi átlagos napi csapadékinintenzitás (mm/nap)	6,50	6,54	6,65
20 mm-t elérő csapadékú napok száma (nap)	3,42	3,52	3,84
50 mm-t elérő csapadékú napok száma (nap)	0,06	0,06	0,07

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

A 2. táblázatban a változásokat mutatjuk be az 1901 és 2015, valamint az 1981 és 2015 közötti időszakokra vonatkozóan. A legnagyobb mértékű változás a téli csapadékinintenzitás és a 20 mm-t elérő csapadékú napok számában adódott.

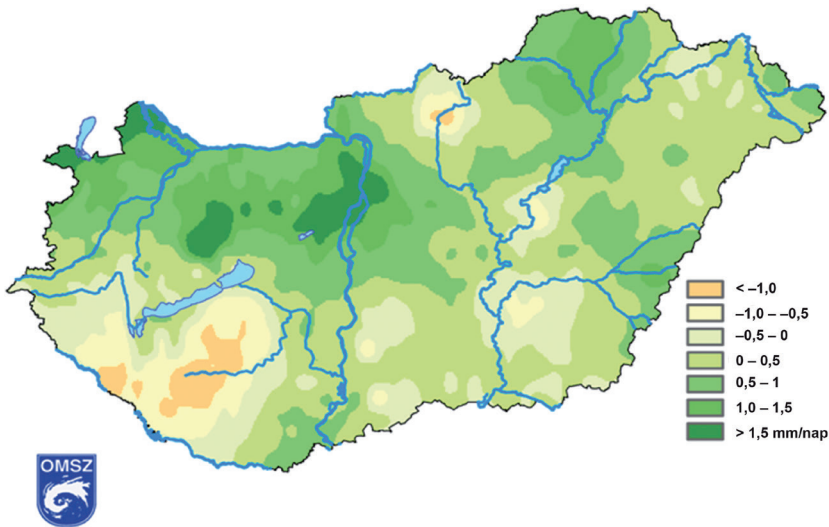
2. táblázat

Az egyes csapadékindexek változásai az 1901–2015 és az 1981–2015 közötti időszakok esetében

Változások	1901–2015	1981–2015
Téli átlagos napi csapadékinintenzitás	+0,8 mm/nap	+0,01 mm/nap
Tavaszi átlagos napi csapadékinintenzitás	–0,02 mm/nap	+0,6 mm/nap
Nyári átlagos napi csapadékinintenzitás	+1,1 mm/nap	+0,7 mm/nap
Őszi átlagos napi csapadékinintenzitás	+0,5 mm/nap	+0,4 mm/nap
20 mm-t elérő csapadékú napok száma	+0,7 nap	+1,6 nap
50 mm-t elérő csapadékú napok száma	+0,05 nap	+0,05 nap

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

A nyári intenzitásváltozás térbeli eloszlását tekintve megállapíthatjuk, hogy a legutóbbi fél évszázadban a változások az ország északi régióiban jellemzően növekvők: a legnagyobb növekedés 2 mm körüli, de a Dél-Dunántúlon és kisebb kiterjedésben az Északi-középhegységben megjelennek csökkenést mutató területek is (2. ábra). A változások csak kisebb területeken szignifikánsak; a tendenciák irányáról szolgálnak tájékoztató jellegű információval.



2. ábra

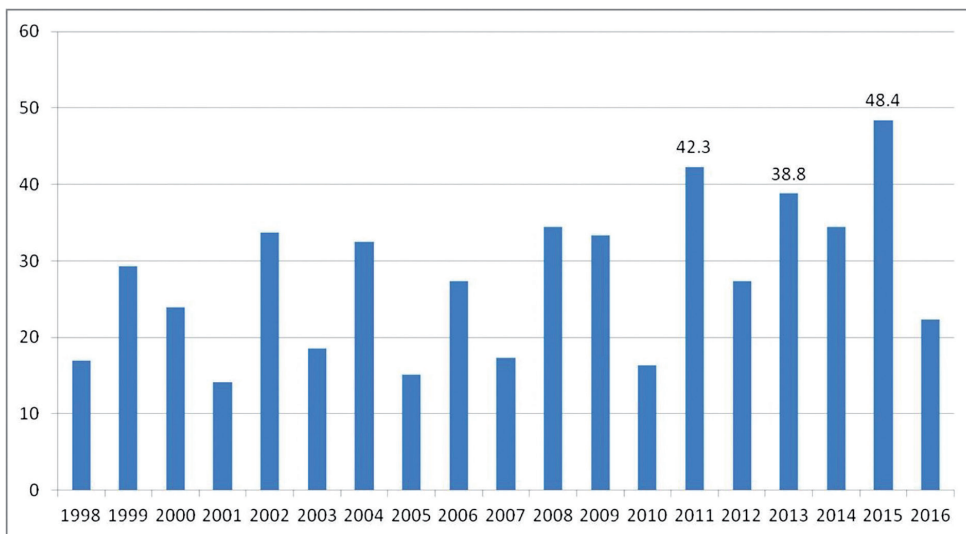
A nyári átlagos napi csapadékosság (mm/nap) változása az 1961–2015 közötti időszakban

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

A rövid idejű, mértékadó csapadékok alakulása

Magyarországon az 1990-es évek elején Váradi Ferenc és Nemes Csaba vizsgálták a rövid időtartamú csapadékösszegeket (VÁRADI–NEMES 1992). Az ő kutatásuk az 1967–1990 közötti időszakra terjedt ki. A tervezési (vagy méretezési) csapadék témakörében Gayer József és Ligetvári Ferenc *Települési vízgazdálkodás. Csapadékvíz-elhelyezés* című átfogó munkája további értékes információkkal szolgál (GAYER–LIGETVÁRI 2006) e témában. A bajai meteorológiai állomás 10 perces, küszöb fölötti csapadékadataihoz illesztett Pareto-eloszlást Lakatos és Matyasovszky vizsgálta (LAKATOS–MATYASOVSZKY 2004).

A legutóbbi évek heves eseményei szükségessé teszik a mérnöki gyakorlatban használatos szabványok felülvizsgálatát. A 3. ábra a Pécs–Pogány mérőállomáson lehullott maximális óras összegek idősorát mutatja éves bontásban, az automatizálás kezdetétől 2016-ig. Látható, hogy a legutóbbi években fordultak elő a legkiemelkedőbb értékek.



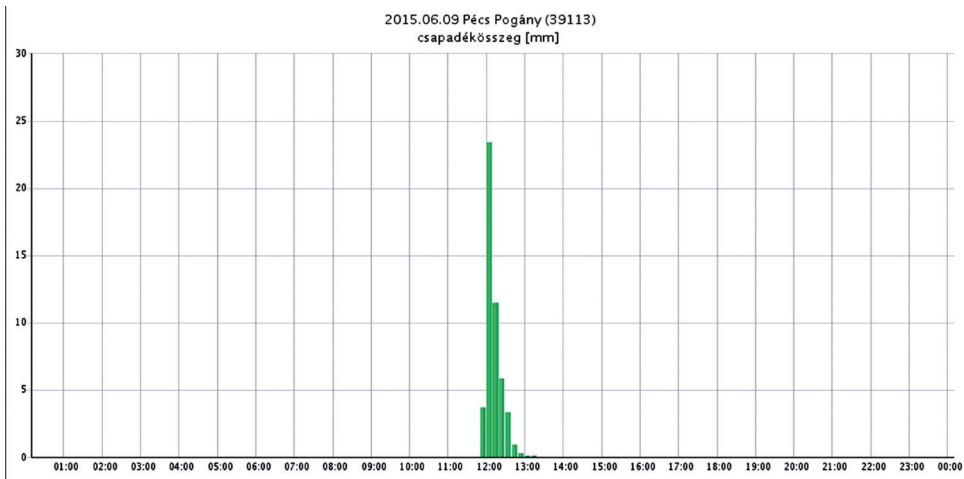
3. ábra

Az óras csapadékösszegek éves maximumai Pécs–Pogány mérőállomáson

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

Az éghajlatváltozás és a szélsőséges éghajlati események kapcsolatát jól szemlélteti, hogy a korábban emberöltőnként egyszer előforduló szélsőségek gyakoribbá váltak. Ezt bizonyítja az alábbi, Pécs környezetére vonatkozó elemzés is: 2015. június 9-én intenzív csapadékrendszer okozott özönvízszerű esőzést az ország számos pontján. Egy óra alatt mintegy 48,4 mm csapadék hullott Pécsre, ami a június havi összeg több mint felét teszi ki. Az automata mérések kezdete óta nem fordult elő ennél nagyobb érték.

A 4. ábrán szemléltetjük az esemény során lehullott 10 perces részösszegeket a Pécs–Pogány automata mérőállomás adatai alapján. Az esemény kezdetén, az első 20 percben ömlött az eső a legintenzívebben, az első 10 perces részösszeg (11.40 és 11.50 között) 3,7 mm-nek adódott, a második 10 perces részösszeg pedig kiugróan magas: 23,3 mm volt, ami rekordnak számít az automata mérések kezdete óta Pécs–Pogány állomáson. Az óras összeg 48,4 mm-nek adódott, ami a teljes június havi összeg több mint felét teszi ki. A csapadéktervékenység 13.00 után csillapodott, így az esemény során összesen 55,4 mm csapadék hullott.



4. ábra

10 perces csapadékösszegek (mm) Pécs–Pogány állomáson, 2015. június 9-én

Forrás: az OMSZ éghajlati adatbázisa

A 3. táblázat tartalmazza az órás összegek 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200 éves visszatérési periódushoz tartozó tervezési értékeit. Az első időszakra vonatkozó becslés a 2015-ös júniusi esemény nélkül, míg a második azzal együtt készült. Látható, hogy a korábban 20 évente átlagosan egyszer előforduló 40 mm körüli érték bekövetkezésére 10 évente kell számítani. Érdekes, hogy a korábban 200 évente előforduló több mint 44 mm körüli érték alig több mint 20 évente előfordul. Továbbá a 100 évente előforduló 43,5 mm helyett 51,5 mm-re kell tervezni ezen az időtávon a statisztikai becslés szerint.

3. táblázat

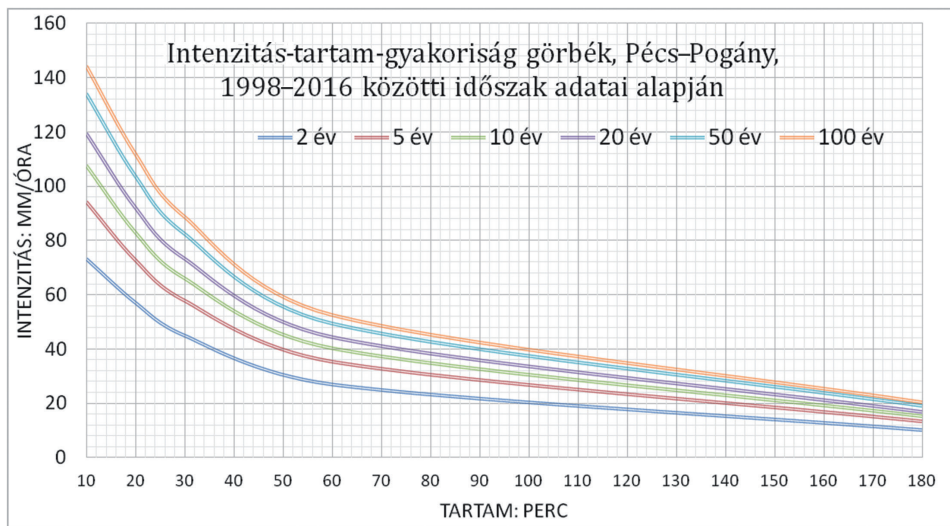
Pécs–Pogány állomás órás csapadékösszegeinek becsült visszatérési értékei (mm)

Visszatérési periódus (év)	2	4	5	10	20	50	100	200
1998–2014	27,23	33,04	34,39	37,67	40,04	42,28	43,51	44,44
1998–2015	27,43	34,28	36,04	40,73	44,61	48,84	51,52	53,84

Forrás: a GEV (General Extreme Value) szélsőértékeloszlás-függvény paramétereinek maximum likelihood közelítése alapján a szerzők saját szerkesztése

Az intenzitás-tartam-gyakoriság (*Intensity-Duration-Frequency*, IDF) görbék megadják, hogy mekkora a valószínűsége egy adott ideig tartó, adott intenzitású csapadékhullásnak. Az IDF-görbék szerkesztésének egy módja a különböző tartamú csapadékok szélsőértékeloszlás-függvényének becslésén alapul. Erre példa a Pécs–Pogány állomásra vonatkozó görbesorozat (5. ábra). Az itt bemutatott görbék számítása szintén GEV-eloszlás feltéte-

lezésével, maximum likelihood becsléssel történt. Az ábráról leolvasható például, hogy 10 évente átlagosan egyszer számítani kell 1 óra időtartamban előforduló 40,3 mm/óra intenzitású eseményre.



5. ábra

A Pécs–Pogány állomásra vonatkozó IDF-görbék az 1998–2016 időszak automata mérései alapján

Forrás: a szerzők szerkesztése

Összefoglalás

Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált adatokon végzett tendenciaelemzések szerint a múlt század eleje óta bizonyos csapadékkal kapcsolatos szélsőségek gyakoribbá váltak. Leginkább nyáron és télen nőtt a napi intenzitás, vagy más néven átlagos csapadékosság (a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa), a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap, ősszel pedig 0,5 mm/nap országos átlagban a múlt század eleje óta. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. A 20 és 50 mm-t meghaladó csapadékú napok esetében is növekedés mutatkozik, az előbbinél közel egy nap, az utóbbinál 0,05 nap az emelkedés mértéke országos átlagban.

Az éghajlatváltozás és a szélsőséges éghajlati események kapcsolatát jól jellemzi, hogy a korábban emberöltőnként egyszer előforduló szélsőségek gyakoribbá váltak. Ezt bizonyítja a 2015. június 9-én Pécs–Pogány állomáson lehullott csapadék elemzése is. A korábban 20 évente átlagosan egyszer előforduló 40 mm körüli érték bekövetkezésére 10 évente kell számítani Pécs környezetében. Megállapíthatjuk, hogy a mérnöki gyakorlatban használatos intenzitás-tartam-gyakoriság görbék felülvizsgálata indokolt a jelenleg zajló éghajlati változások miatt.

Irodalomjegyzék

- ALEXANDER, L. V. et al. (2006): Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, No. D5. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- DONAT, M. G. et al. (2013): Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The HadEX2 Dataset. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 118, No. 5. 2098–2118. DOI: <https://doi.org/10.1002/jgrd.50150>
- FIELD, C. B. et al. eds. (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139177245>
- GAYER J. – LIGETVÁRI F. (2006): *Települési vízgazdálkodás. Csapadékvíz-elhelyezés*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet.
- KLEIN TANK, A. M. G. – KÖNNEN, G. P. (2003): Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, Vol. 16, No. 22. 3665–3680. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2)
- LAKATOS M. – MATYASOVSKY I. (2004): Analysis of the Extremity of Precipitation Intensity Using the POT Method. *Időjárás – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, Vol. 108, No. 3. 163–172.
- SZENTIMREY T. (2011): *Manual of Homogenization Software MASHv3.03*. Budapest, Hungarian Meteorological Service.
- SZENTIMREY T. – BIHARI Z. (2007): *Mathematical Background of the Spatial Interpolation Methods and the Software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology*. Budapest, Hungary, 2004. COST Action 719, COST Office, 17–27. Elérhető: www.dmcsee.org/uploads/file/330_1_mishmanual.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- VÁRADI F. – NEMES Cs. (1992): Rövid időtartamú csapadékmaximumok gyakorisága Magyarországon. *Légkör*, 37. évf. 3. sz. 8–13.

Vákát oldal

Ilyés Csaba – Szűcs Péter – Turai Endre

Csapadékösszegek és talajvízszint-idősorok spektrális elemzése¹

Bevezetés

A szélsőséges időjárási viszonyok és csapadékeloszlások komoly szerepet játszanak egy város életében, ugyanis a rövid időn belül lehulló intenzív csapadékok villámárvizeket okozhatnak. Ezen árvizek és csapadékesemények több kutatás alapján is a változó hidrológiai ciklushoz köthetők. Az összefüggés megértésében fontos szerepet játszik maga a ciklus pontos ismerete. Az alkalmazott spektrális elemzéssel nyomon követhető a cikluson belüli jellembeli változás.

A városi csapadékvíz-gazdálkodásban fontos szerep juthat a csapadék időbeliségében rejlő tulajdonságok és állandóságok felkutatásának. A napjainkban egyre erősödő klímaváltozáshoz való alkalmazkodás feltétele, hogy ismerjük a változás mértékét. Matematikai módszerekkel a sztochasztikusnak tekinthető csapadékidősorokban determinisztikus komponensek kutathatók, amivel a változékonyság hatását tudjuk csökkenteni a vizsgált paraméter esetén.

Kutatásunkban diszkrét Fourier-transzformáción alapuló spektrális elemzéssel vizsgáltunk hosszú idejű csapadékidősorokat, illetve talajvízfigyelő kutak vízállásidősorait az azokban kimutatható ciklikus paraméterek felkutatása céljából.

Módszerek és adatok

A számításokhoz a diszkrét Fourier-transzformáción alapuló spektrális elemzés módszerét választottuk, így a mérési eredmények (regisztrátumok) spektrális képét (spektrumát) az alábbi formulákkal kaptuk meg (BÁTH 1974; BRACEWELL 1978; MESKÓ 1984):

¹ A kutatómunka a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar GINOP-2.3.2-15-2016-00031 jelű *Innovatív megoldások a felszín alatti vízkészletek fenntartható hasznosítása érdekében* című projektjének részeként – a Széchenyi 2020 program keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával valósult meg.

$$Y(T) = \int_{t=-\infty}^{\infty} y(t) e^{-j\frac{2\pi}{T}t} dt \quad (1)$$

ahol: t az idő, a regisztrátum független változója, $y(t)$ a regisztrátum (időtartománybeli jel), j a képzetes egység, T a periódusidő (a ciklus időbeli hossza), $Y(T)$ az időjel (regisztrátum) spektruma.

Az $Y(T)$ komplex spektrum a valós és képzetes rész segítségével felírható:

$$Y(T) = \text{Re}[Y(T)] + j \text{Im}[Y(T)] \quad (2)$$

$$Y(T) = A(T) e^{j\Phi(T)} \quad (3)$$

ahol: $\text{Re}[Y(T)]$ a valós spektrum, a komplex spektrum valós része, $\text{Im}[Y(T)]$ a képzetes spektrum, a komplex spektrum képzetes része, $A(T)$ az amplitúdóspektrum, a komplex spektrum amplitúdója, $\Phi(T)$ a fázisspektrum, a komplex spektrum fázisa.

Az elemzéshez nélkülözhetetlen amplitúdó- és fázisspektrumokat a valós és a képzetes spektrumok ismeretében határozhatjuk meg:

$$A(T) = \sqrt{\text{Re}[Y(T)]^2 + \text{Im}[Y(T)]^2} \quad (4) \quad (4)$$

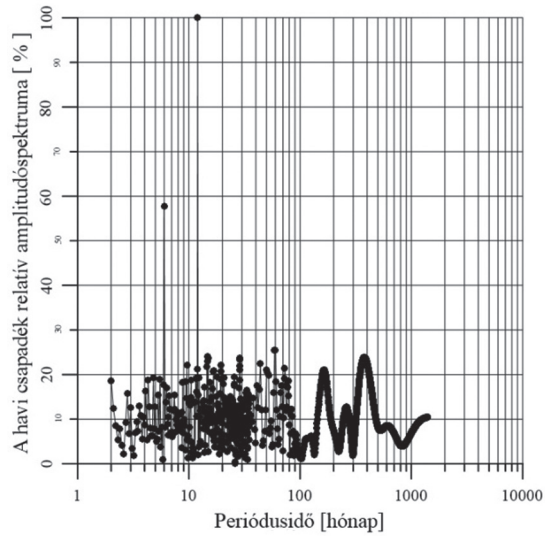
$$\Phi(T) = \arctg \frac{\text{Im}[Y(T)]}{\text{Re}[Y(T)]} \quad (5)$$

A vizsgálathoz használt adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat online adatbázisából és az illetékes Vízügyi Igazgatóságtól szereztük be. A csapadékatatok havi összegek, míg a talajvizes kutak vízszintadatai többféle intenzitású mérésből képzett havi átlagos vízállás értékek. Vizsgálatunkhoz három mintaterületről – Duna–Tisza köze, Nyírség és Hajdúhát – választottuk ki a három legnagyobb időtávot felölölő adatsort. Kutatásunkban az elemzés során nyert első információkat részletezzük.

Eredmények

A vizsgálatok elvégzése során a lehető legrövidebb 1 hónapos mintavételi időközt vettük alapul, így a Nyquist-periódusidő 2 hónap. A változó hosszúságú idősorokból az alábbi eredmények írhatók le.

Debrecen városának meteorológiai állomásáról 110 év hosszúságban álltak rendelkezésre csapadékidősorok, így 1320 hónapnyi minta állt rendelkezésre. Az eredmények az 1. ábrán láthatók.

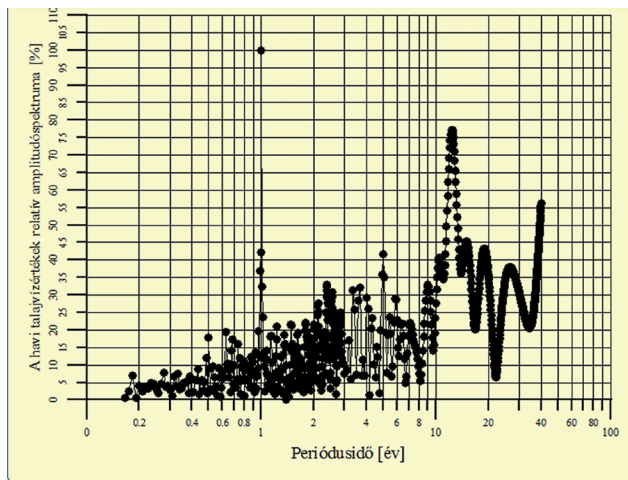


1. ábra

Debrecen havi csapadékaiból számolt amplitúdóspektrum

Forrás: a szerzők szerkesztése

A vizsgált 110 éves időszakban az 1, illetve a 0,5 éves ciklus mutatkozott a legdominánsabbnak, utána következtek az amplitúdó sorrendjében a 4,92 éves, az 1,23 éves, a 31,5 éves ciklusok. Dominánsok közé tartozott még a 13,61 éves és a 2,39 éves (ILYÉS–TÚRAI–SZÜCS 2016).



2. ábra

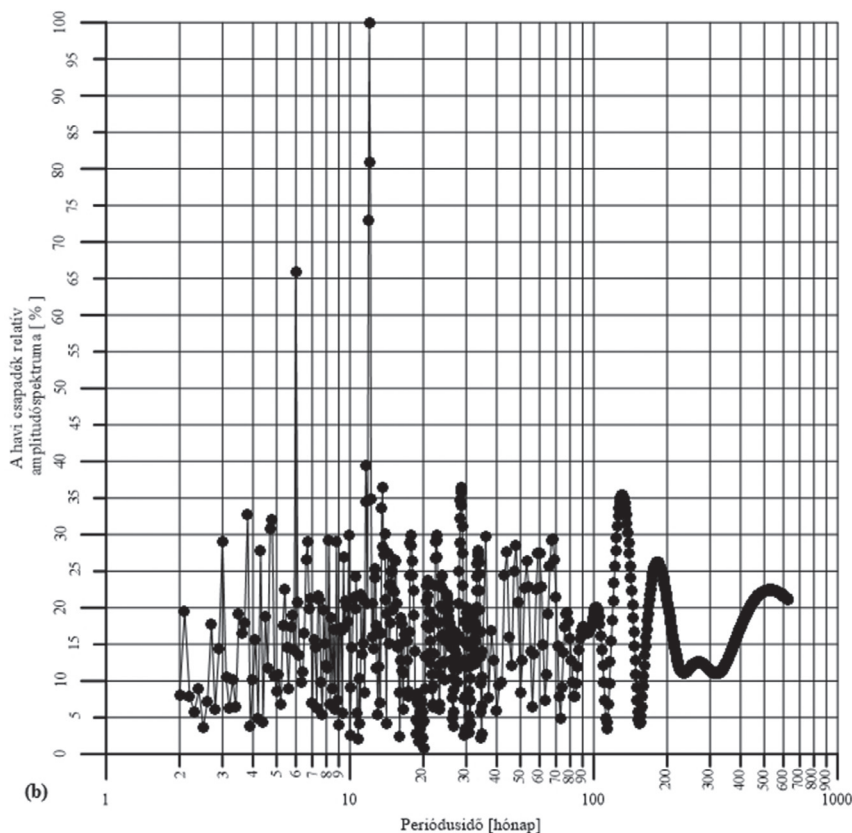
Debrecen talajvízes idősorának spektruma

Forrás: a szerzők szerkesztése

A vizsgált 002609-Debrecen jelű kút adatsorából képzett spektrumok 911 rekord alapján, a 2. ábrán láthatók. Ebben az adatsorban is feltűnő az 1 éves ciklus megléte, amelyet sorrendben a 12,3 év hosszúságú követ. Magas relatív amplitúddal rendelkező ciklusok a 15 éves, a 18,9, illetve sorrendben ötödik helyen az 5 éves ciklus.

A két mérőhely közötti kapcsolatot egyértelműen mutatja az 1 éves ciklus domináns jelenléte, amelyet követ a szintén hasonlóságot jelző 12–13 év körüli periódus. A csapadékokban tapasztalt 5 éves ciklus a talajvizes észlelésekben is megtalálható, azonban a relatív amplitúdója itt erősebb, amit az éves ciklus erősségének kisebb mértéke magyaráz. Míg a csapadékatatok között messze az egyéves periódus jelentkezett dominánsan, addig a talajvizes megfigyelésekben a 12 év körüli már 77%-os relatív amplitúddal mutatkozott.

A debrecenihez földrajzilag is közel álló nyírségi adatbázis esetében a Nyírbogát és Nagyecsed meteorológiai állomások átlagos idősorával hasonlítottuk össze a Nyírcsászári területén mért talajvízidősört 629 regisztrátumon végzett vizsgálat felhasználásával.

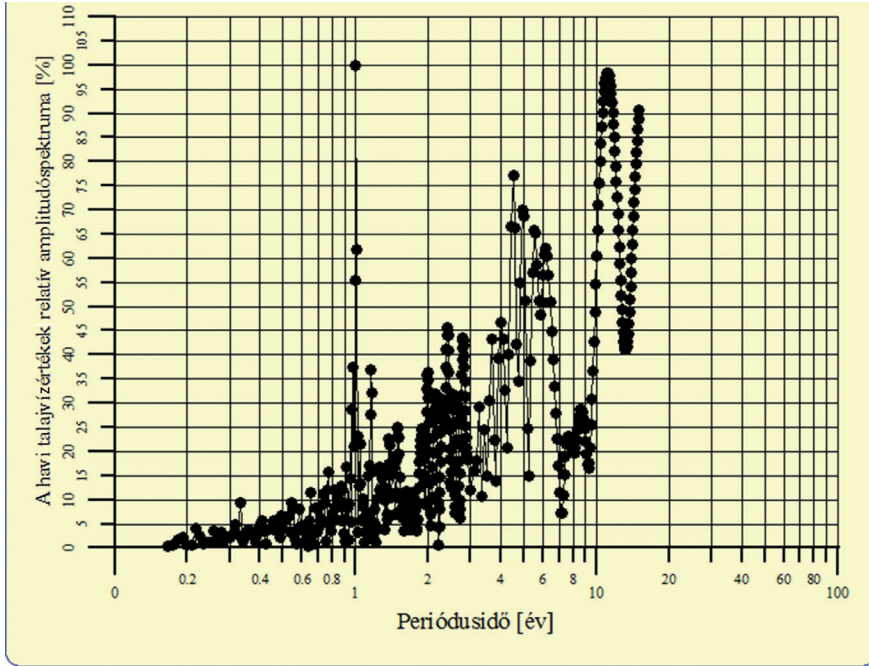


3. ábra

Nyírbogát és Nagyecsed csapadékidősorából képzett átlag spektruma

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 3. ábrán látható spektrumképből látszik, hogy itt is megtalálható a domináns 1, illetve 0,5 éves ciklus, amit sorrendben a 10,92 éves ciklus követ, majd az 1 évnél rövidebb hosszúságúak. Az 5 évhez közeli periódus itt nem mutatható ki egyértelműen, azonban jelentkezik egy 5,67 év hosszúságú ciklus. Az idősorban összesen 21 ciklust sikerült azonosítani (ILYÉS et al. 2015).



4. ábra

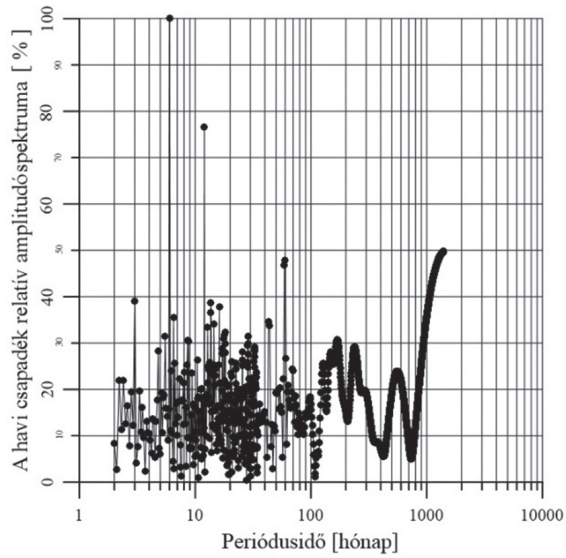
Nyírcsászári havi talajvízállás-adatainak spektruma

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 4. ábrán látható (001624-Nyírcsászári talajvízfigyelő kút), hogy 709 mérési adat alapján a spektrumkép a debreceni talajvízkút adataihoz hasonló, domináns 1 éves ciklust követ a 11,18 év hosszúságú, majd a 4,5 éves. Az 5 év közeli ciklus itt a relatív amplitúdó szerinti sorrendben a negyedik, 4,92 év hosszúsággal. Egyéb domináns ciklusok még az 5,5 és a 6,1 éves periódusok.

Az eredményeket összehasonlítva a terület átlagos csapadékösszegeiből számolt értékekkel, ebben az esetben is elmondható, hogy az éves ciklus dominanciája nem olyan mértékű, mint a csapadék esetében: a közel 12 éves periódus 98%-os relatív amplitúdóval rendelkezik, ami megtalálható a csapadékidősorokban is (10,9 év), hasonlóan az 5 év körüli ciklushoz.

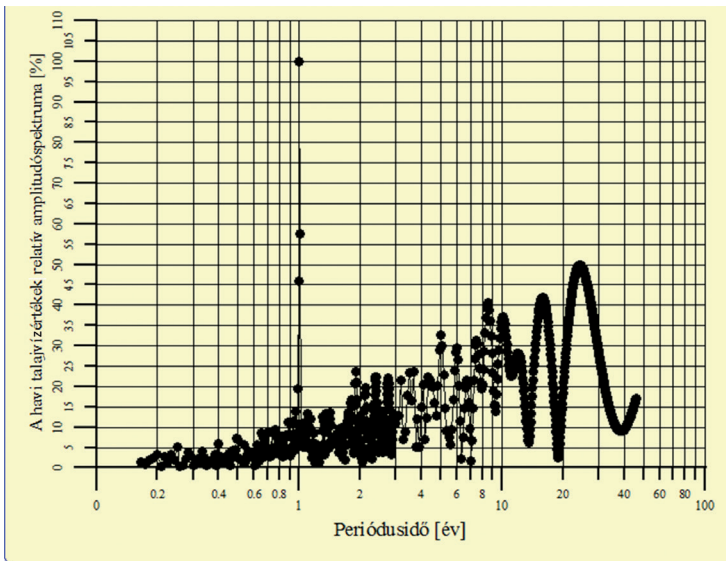
A harmadik mintaterület, a Duna–Tisza köze a kocséri (002186-Kocsér) figyelőkút adataival került az elemzésbe, 885 regisztrált minta alapján. Mivel a területről csapadékadatsor nem áll rendelkezésre, a mintákat a hozzá legközelebbi fellelhető budapesti mérőhely (5. ábra) adataival hasonlítottuk össze.



5. ábra

Budapest havi csapadékösszegeinek spektruma

Forrás: a szerzők szerkesztése



6. ábra

Kocsér talajvízadatsorának spektruma

Forrás: a szerzők saját szerkesztése

A csapadékösszegek vizsgálatakor látható, hogy Budapest esetében a 0,5 éves ciklus a legdominánsabb, amelyet az 1 éves, illetve az 5 éves periódus követ. A csapadék szempontjából a relatív amplitúdó alapján meghatározó ciklusok még az 1 év körüliek, amelyek nagy számban jelentkeznek, illetve a 10,58 éves ciklus, valamint a legnagyobb, 19 és 46 év körüliek.

A 6. ábrán látható, hogy Kocsér talajvizes időszora sok tekintetben különbözik a másik két vizsgált területtől, a hasonlóságot a domináns 1 éves ciklus mutatja, amelyet ez esetben egy sokkal kevésbé domináns 24,1 éves periódus követ. Ebben az adatsorban is kimutatható egy 5 év hosszúságú ciklus, valamint dominánsak még a 15,8 és 8,5, illetve a 10,08 évesek.

Míg a másik két vizsgált területen a talajvizes idősorokban 25, illetve 27 ciklust azonosítottunk, itt jóval kevesebbet, mindössze 18-at mutattunk ki, ami a terület sajátosságából fakad.

Összefoglalás

Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a csapadék-, illetve talajvízfigyelő kutak időszoraiban spektrális elemzést végezve milyen hasonlóságok mutathatók ki. Összességében elmondható, hogy a csapadéktevékenység időbeliségéhez nagyon hasonló periodikus komponensek mutathatók ki a megfigyelt kutak adataiban is, ami mindenképp egy matematikailag is kimutatható kapcsolatot jelent. E kapcsolat jobb megismeréséhez mindenképpen az elemzés folytatása, az eredmények pontosítása, a késleltetés hatásának pontos megadása szükséges.

Irodalomjegyzék

- BÁTH, M. (1974): *Spectral Analysis in Geophysics*. Amsterdam – Oxford – New York, Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/c2009-0-09571-3>
- BRACEWELL, R. N. (1978): *The Fourier Transform and its Applications*. Oxford, McGraw-Hill.
- ILYÉS Cs. – TURAI E. – SZŰCS P. (2015): A Nyírség havi csapadékviszonyainak komplex elemzése különös tekintettel a leíró statisztikai és ciklikus komponensek vizsgálatára. In FEKETE Zs. szerk.: *Proceedings of the 11th International Scientific Conference on Mineral Waters of the Carpathian Basin*. Miskolc, University of Miskolc. 2–10.
- ILYÉS Cs. – TURAI E. – SZŰCS P. (2016): 110 éves hosszúságú hidrometeorológiai adatsorok ciklikus paramétereinek vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*, 96. évf. 1. sz. 61–70.
- MESKÓ A. (1984): *Digital Filtering. Applications in Geophysical Exploration for Oil*. Budapest, Akadémiai.
- Országos Meteorológiai Szolgálat Online adatbázisa. Elérhető: www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok (A letöltés időpontja: 2015. 07. 30.)

Vákát oldal

Reakcióidő-számítás hidrológiai mérőhálózat alapján Pécssett

Bevezetés

A klímaváltozás hatásának nagyságát nehéz prognosztizálni a Kárpát-medence egész területére (KRISTÓF–PONGRÁCZ–BARTHOLY 2017), abban viszont egyetértenek a kutatók, hogy várhatóan megnövekszik az intenzív csapadékesemények száma (BARTHOLY–PONGRÁCZ 2007; CHEVAL–DUMITRESCU–BIRSAN 2016). Az extrém csapadékesemények visszatérési ideje 1,2–2-szeres szorzóval nő (PIECKA–PONGRÁCZ–BARTHOLY 2011; PONGRÁCZ–BARTHOLY–KIS 2014), míg a csapadék mennyisége az elmúlt 100 év átlagához képest csökken (NAGY et al. 2017).

A városi árvizek gyakorisága függ a beépítettségtől és a földhasználattól; a fedett felszínek növelésével nő az árhullám nagysága, változik a lefolyás időtartama (CHEN–XU–YIN 2009). A múltbeli időjárási események árhullámai szignifikáns különbséget mutatnak a jelen állapot alapján modellezettektől, ami a felszínhasználat változásával hozható összefüggésbe (ALI et al. 2010). A városi és impermeábilis felületek növekedésével a kisvízi árvizek száma nő: lineáris kapcsolat van a betonnal borított felszínek nagysága és a kisárvizek száma között (DU et al. 2012).

A csapadéktöbblet, ami nem tározódik, tulajdonképpen közvetlen felszíni vagy felszín alatti lefolyásra kerül, ami vagy a vízfolyásokon, vagy városi területek esetében a csatornahálózatban (csapadékcsatorna) távozik a vízgyűjtő területéről. A problémát fokozza, hogy a városi csapadékelvezető rendszerek számos esetben nem követik a természetes vízgyűjtőket (RONCZYK–CZIGÁNY 2014; RONCZYK et al. 2015). Az árhullámok levonulásának becslése megkívánja a hidrológiai ciklus részfolyamatainak, a terület vízmérlegének és hidraulikai folyamatainak ismeretét, illetve elsősorban azzal kapcsolatos tájékozottságot, hogy a lehulló csapadék milyen arányban fog eloszlani a tározás és a lefolyás között (KLUG–OANA 2015).

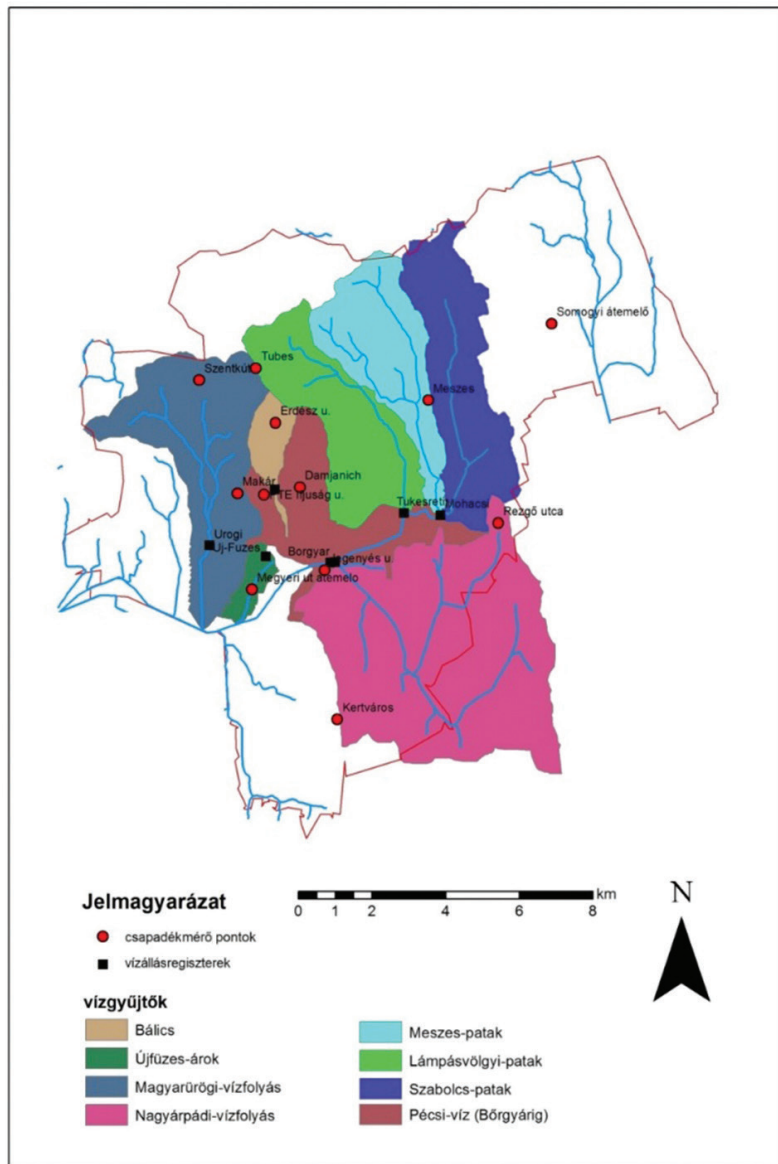
A vízgyűjtő csapadékesemény hatására adott válaszreakciójának nagyságát és időtartamát számtalan környezeti peremfeltétel szabályozza (MCCUEN 2009; GREEN–NELSON 2002). Ezek közül az egyik legfontosabb az összegyülekezési idő (t_c), ami a víznek az utazási idejét jelenti a vízgyűjtő hidraulikai értelemben legtávolabbi pontjától a vízgyűjtő kifolyási pontjáig (SZLÁVIK–SZIEBERT 2006). A praktikum felől megközelítve ez a védekezésre vagy riasztásra fordítható maximális időt jelenti.

Az összegyülekezési idő meghatározható közvetlenül az idő mérésével vagy mérnöki becsléssel; utóbbi empirikus egyenletek, illetve hidrológiai modellek alkalmazását jelentti (GRIMALDI et al. 2012). Almeida és munkatársai (2014) klaszteranalízissel vizsgálták az összegyülekezési idő számítási módjait, és azt tapasztalták, hogy az egyes becslési módok között akár 94,98% relatív eltérés is mutatkozhat. Az összegyülekezési idő tartama úgy becsülhető, hogy a lefolyási pályákat olyan részegységekre osztjuk, amelyek magukba foglalják a felszínen történő időszakos vagy állandó folyáspályákat (USACE 2001; ARONICA–CANDELA 2007). Az összegyülekezési idő vízgyűjtőspecifikus érték, így számos környezeti paramétertől függ. Ilyen paraméterek a vízgyűjtő formája, az átlagos lejtőszöge, a folyáspálya hossza, a csapadékkintenzitás (SZLÁVIK–SZIEBERT 2006), a kezdeti talajnedvesség értéke (CZIGÁNY et al. 2010; PIRKHOFFER et al. 2013; HEGEDÜS 2014), valamint a felszínborítottság, a borítás típusa és érdessége (RONCZYK et al. 2015). Városi vízgyűjtők esetében a természetes hatótényezőkön kívül a csapadék- és szennyvízelvezető hálózat struktúrája, vezetőképessége, valamint az impermeábilis felszínnek aránya lehet a legfontosabb tényező (RONCZYK–WILHELM 2006). Számos kutató feltételezett továbbá függvényszerű összefüggést a csapadékkintenzitás és az összegyülekezési idő között (SARANGI et al. 2007; HEGEDÜS et al. 2015).

Jelen kutatásunk célja a Pécs városában kiépített monitorhálózat adatai alapján számolható reakcióidők meghatározása a pécsi vízfolyásokra és öblözetekre a mért 2014. évi csapadék- és vízállásadatok alapján.

Eszközök és módszerek

A pécsi hidrometeorológiai monitoringhálózatot 2010-ben helyezték üzembe a BLOKOM Kft.-vel, a Tettey Forrásház Zrt.-vel és a DDVIZIG-gel együttműködésben, és jelenleg a város 19 pontján méri a csapadék-, talajnedvesség- és vízállás-paramétereket. A 10 km²/állomás térbeli lefedettségű monitoringrendszer segítségével nyomon követhető egy-egy csapadékesemény térbeli kiterjedése, az esemény hidrológiai hatásai, illetve a csapadék- és lefolyásadatok a vízgyűjtő szintű vízháztartás-modellezést is lehetővé teszik. A vízállás mérését Dataqua DA-S-LTRC 130 típusú digitális folyadékszint- és hőmérséklet-regisztráló műszerrel végeztük a város területén a 2014. évben. A Bálícsi-patakon, a Mohácsi úton (Meszes-patak) és a Páfrány utcánál (Ürögi-patak) kihelyezett mérőállomásokon 10 percenként regisztráltuk a vízállásadatokat. A Pécsi-víz, a Börgyár és a Tüskésrét mérőpontjain 15 percenkénti adatgyűjtés történt. A csapadékmérés Decagon (Decagon Devices Inc., Pullman, Washington állam, Egyesült Államok) ECRN-100 gyártmányú billenőedényes csapadékmérőkkel (0,2 mm felbontás), Boreas BES-6 gyártmányú (Boreas Kft., Érd), illetve egy ponton (Ifjúság utca) Lambrecht gyártmányú (Lambrecht GmbH., Göttingen, Németország) billenőedényes csapadékmérővel történt. A térfogati talajnedvességet Decagon 5TM (kombinált talajhőmérséklet és talajnedvesség) Time Domain Reflectometer rendszerű szenzorokkal mértük. Számításaink során a monitoringhálózat mérőállomásai által regisztrált adatokat használtuk 8 csapadékmérő és vízmérce párosítással (1. ábra).



1. ábra

A monitoringhálózat elhelyezkedése Pécsett (feketével a vízállásszenzorokat, pirossal a csapadékmérési helyszíneket jelöltük)

Forrás: a szerzők szerkesztése

Minden esetben a vízmércéhez tartozó, ugyanazon vízgyűjtő magasabb részén elhelyezkedő csapadékszenzor adatait vettük figyelembe. Jelen kutatáshoz a Rezgő utcai, a Meszesi, az Erdész utcai és a Szentkúti billenőedényes csapadékszenzorok 2014-es adatait használtuk fel. A reakcióidő értékét kétféleképpen határoztuk meg: (a) a csapadékesemény kezdete és az árhullám tetőzése között eltelt idő (t_{pi}), valamint (b) a csapadékintenzitás maximuma és az árhullám tetőzése között eltelt idő (t_{pm}). Három esetben egy vízállásmérő szenzorhoz több csapadékmérő adatait rendeltük a nagyobb térbeli lefedettség érdekében, valamint figyelembe vettük a vízgyűjtő domborzati adottságait is a 8 csapadékszenzor-vízmérce pár kiválasztásakor (1. táblázat és 1. ábra).

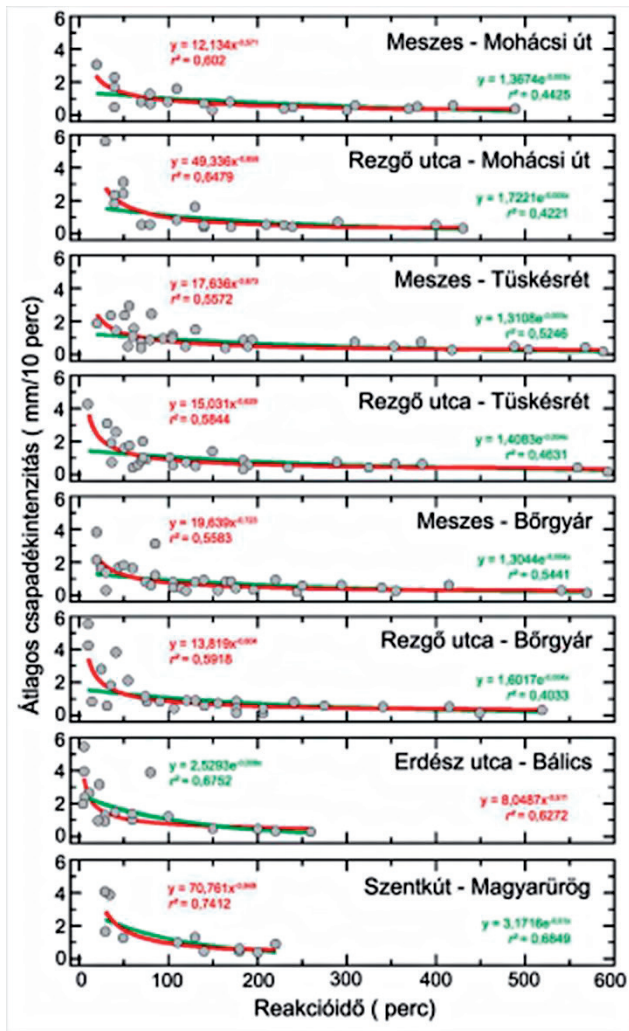
1. táblázat

A vizsgált csapadékszenzor-vízállásmérce párok és a vizsgált események száma

Csapadékszenzor	Típusa	Vízmérce helye	Vizsgált események száma (db)	Párosítás kódja
Meszes	Boreas	Mohácsi út	21	M1
Meszes	Boreas	Tüskésrét	29	T1
Meszes	Boreas	Bórgyár	34	B1
Rezgő utca	Boreas	Mohácsi út	19	M2
Rezgő utca	Boreas	Tüskésrét	28	T2
Rezgő utca	Boreas	Bórgyár	29	B2
Szentkút	Boreas	Ürögi (Páfrány u.)	11	Ü1
Erdész utca	Decagon	Bálics	18	Bál

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az események elemzése során vizsgáltuk az intenzitásértékekhez tartozó reakcióidőket. A maximális intenzitás és a h_{max} közötti összefüggés keresése során összesen hét vízmérce-csapadékszenzor párost elemeztünk. Az összehasonlíthatóság okán mind a t_{pm} , mind a t_{pi} meghatározását ugyanazon időszakokra figyelemmel végeztük.



2. ábra

Az átlagos intenzitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a nyolc vizsgált csapadékszenzor-vízmerce pár esetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

Eredmények

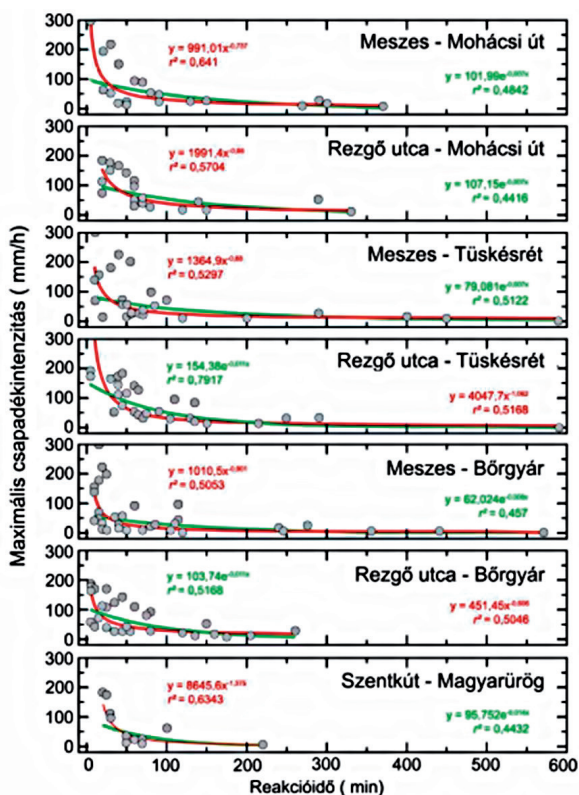
A csapadékesemény kezdetétől a vízállás tetőzéséig eltelt reakcióidők számítása (t_{pi}) a pécsi vízfolyásokon

A csapadékesemény kezdete és a vízállás tetőzése között eltelt idők (*t_{pi}*) vizsgálatok a Mohácsi út mentén elhelyezett vízmérce adatait a Rezgő utcai és a meszesi csapadékadatok alapján elemeztük (2. ábra). Erősebb korrelációt a Rezgő utcai szenzor által regisztrált adatokkal kapcsolatban tapasztaltunk (M2), ahol a korrelációs koefficiens értéke elérte a $r^2 = 0,6479$ -et, míg a meszesi állomás adataival való korrelációs együttható $r^2 = 0,602$ volt. Mindkét esetben az adatokra illesztett trendvonal egyenlete hatványösszefüggést mutatott. Az M2 jelű összehasonlítás során az összes esetek (19) mindössze 26,3%-a rendelkezett 60 percnél rövidebb reakcióidővel. Az összes kiválasztott esemény alapján elmondható, hogy az 1,6 mm/10 perc intenzitást meghaladó események maximum 130 percen belül megjelentek a vízállásban.

A tuskésréti vízmérce adatai szintén a Rezgő úti csapadékmérő adataival mutattak szorosabb korrelációt (T2), ebben a párosításban a korrelációs koefficiens értéke $r^2 = 0,5844$ volt. A meszesi állomás adataival történő összehasonlítás esetén (T1) is jónak nevezhető korrelációt tapasztaltunk, $r^2 = 0,5572$. Mindkét esetben az adatokra illesztett trendvonal egyenlete hatványösszefüggést mutatott. A T2 jelzésű párosítás esetén (28 esemény) az esetek 28,6%-ában a csapadék kezdetét követően maximum 60 percen belül megjelent az árhullám. Kivétel nélkül elmondható, hogy a 2 mm/10 perc intenzitást meghaladó események legfeljebb 70 percen belül a vízállás tetőzését jelentették. A Bórgyár melletti szenzor adatait is a meszesi (B1), illetve a Rezgő utcai (B2) csapadékmérő adataival hasonlítottuk össze: ismételtén a Rezgő utcai adatokkal figyeltünk meg szorosabb összefüggést. A B2 párosítás esetén a korreláció $r^2 = 0,5918$, míg a B1 párosításban $r^2 = 0,5583$ volt. A korábbiakkal megegyezően az adatokra illesztett trendvonal ismét hatványösszefüggést mutatott. A B2 párosításban 29 eseményt vizsgáltunk. Ezen esetek 27,6%-ában a csapadék kezdetét követően maximum 60 percen belül megjelent az árhullám. Kivétel nélkül minden esetben elmondható volt, hogy az 1,2 mm/10 perc intenzitást meghaladó események maximum 73 percen belül a vízállás tetőzését jelentették. 18 eseményt vizsgáltunk a Bálics-patakon elhelyezett vízmérce és az Erdész utcai csapadékszenzor viszonyában (Bá1). Az esetek 72,2%-ában a csapadék kezdetét követően 1 órán belül megjelent az árhullám. Egy kivétellel elmondható, hogy az 1,5 mm/10 percet meghaladó intenzitású események 40 percen belül megjelentek a vízállásban. A legnagyobb átlagos intenzitás értéke 5,5 mm/10 perc volt, amihez mindössze 5 perces reakcióidő társult. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között szoros összefüggés figyelhető meg, és ebben az esetben a korreláció erősnek mondható: $r^2 = 0,6752$. Az adatokra illesztett trendvonal egyenlete exponenciális összefüggést mutatott. Az Ürögi-patakon (az uránvárosi buszvégállomásnál) elhelyezett vízmérce adatait a szentkúti csapadékszenzor adataival összevetve (Ü1) 11 eseményt vizsgáltunk. A kiválasztott események 45,5%-ában a csapadék kezdetét követően 60 percen belül megjelent az árhullám. A legnagyobb átlagos intenzitású esemény 4,1 mm/10 perc intenzitással rendelkezett, ami mindössze 30 perccel a csapadékesemény kezdetét követően a vízállás tetőzését okozta. Az átlagos intenzitás és a reakcióidő között kifejezetten szoros hatványösszefüggést tapasztaltunk ($r^2 = 0,7412$).

A maximális intenzitástól a vízállás tetőzéséig eltelt reakcióidők számítása (t_{pm}) a pécsi vízfolyásokon

A Mohácsi úti vízmérce adatait a meszesi (M1) és Rezgő utcai (M2) csapadékmérő adataival összevetve a csapadékesemények maximális intenzitásától a vízállás tetőzéséig eltelt időket vizsgálva szorosabb kapcsolatot figyeltünk meg a meszesi adatokkal ($r^2 = 0,641$) (3. ábra). Az M2 összehasonlítás esetén a korrelációs együttható $r^2 = 0,5704$ volt. A t_{pi} -hez hasonlóan ebben az esetben is hatványösszefüggést figyeltünk meg az adatok között. Ebben a párosításban (M1) a vizsgált események 52,4%-ában a maximális intenzitást követően legfeljebb 1 órán belül megjelent az árhullám.



3. ábra

A maximális csapadékontenzitás és a reakcióidők közötti összefüggések függvényei a hét vizsgált csapadékszenzor-vízmérce pár esetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

A tűskésréti vízmérce esetében a t_{pm} idők a t_{pi} időekkel egyetemben a Rezgő utcai szenzorral (T2) mutattak kifejezetten szoros összefüggést ($r^2 = 0,7917$), igaz, ebben az esetben exponenciális összefüggést figyeltünk meg. A T1 gyengébb korrelációt ($r^2 = 0,5297$), valamint

hatványos összefüggést mutatott. A T2 alapján elmondható, hogy a vizsgált események 42,9%-ában a maximális intenzitást követően legfeljebb 60 percen belül megfigyelhető volt a vízállás tetőzése (ez az arány a *tpi* esetében 28,6% volt). Kivétel nélkül elmondható volt, hogy a 80 mm/h maximális intenzitást meghaladó események 135 percen belül a vízállás tetőzését okozták. A Börgyárnál található vízmérce adatainak elemzése során ismét a Rezgő utcai csapadékszenzor adataival találtunk szorosabb összefüggést ($r^2 = 0,5168$), ebben az esetben is exponenciális kapcsolatot figyeltünk meg. A B1 párosítás korrelációja nem mutatott szignifikáns eltérést ($r^2 = 0,5053$), illetve az adatok között hatványos összefüggés mutatkozott. A B2 párosítás esetén a vizsgált események 62,1%-ában a maximális intenzitást követően 60 percen belül megjelent az árhullám (ez az arány a *tpi* esetében 27,6% volt). Az Ürögi-patakon (az uránvárosi buszvégállomásnál) elhelyezett vízmérce és a Szentkút csapadékszenzor (Ü1) adatainak elemzése során megfigyeltük, hogy az események 63,6%-ában a csapadék maximális intenzitását követően legfeljebb 60 percen belül a lehullott csapadék a vízállás tetőzésében mutatkozott meg (ez az arány a *tpi* esetében 45,5% volt). Az illesztett trendvonal alapján az adatok közötti korreláció szoros, de gyengébb a *tpi* korrelációhoz képest: ez esetben $r^2 = 0,6343$ (*tpi* esetén $r^2 = 0,7412$). A *tpi*-hez hasonlóan ismét hatványösszefüggés volt megállapítható az adatok között.

Konklúzió és összegzés

Eredményeink alapján a csapadékintenzitás és a reakcióidő közötti fordított összefüggés a távolság növekedésével csökken. A legtöbb esetben 3 óránál rövidebb idő alatt megjelent az árhullám a vízmércénél a csapadék kezdetét követően, tehát a definíció szerint, kiöntés esetén, ezek az események villámárvizeknek minősülének. Mind a *tpm*, mind a *tpi* esetében, a korábbi eredményeknek megfelelően (HEGEDÜS 2014) a csapadékintenzitás és a reakcióidő között szignifikáns összefüggést, de fordított arányosságot figyeltünk meg. Azonban kiemelendő, hogy egy adott vízmércén átfolyó vízhozamhoz olyan részvízgyűjtők is dominánsan hozzájárulhatnak, amelyeken nincsenek mért csapadékadatok (például Tettye, belváros), így a megfigyelt árhullám tetőzése feltételezhetően nem csak egy csapadékszenzorhoz köthető. Véleményünk szerint a reakcióidők számítása során az egyazon vízgyűjtőhöz tartozó legközelebbi csapadékszenzor-vízmérce párosítást lehet figyelembe venni, illetve a csapadékeseményeket egyszerre több szenzoron, térben kell vizsgálni. Ebből fakadhat az, hogy például a B2 nemcsak a saját kapcsolatát méri, hanem valószínűleg a belvárosi és kertvárosi felszínek gyorsabban megjelenő lefolyását is. Ezt látszik alátámasztani az a tény is, hogy kutatásaink során a vízállásokban megjelenő árhullámok száma, illetve a vízállás növekedésének mértéke a város keleti felétől nyugat (avagy a belváros) felé haladva egyértelműen nőtt. Eredményeink alapján megállapítható, hogy hidrológiai és lefolyási szempontból minden csapadékszenzor-vízmérce páros (kvázi vízgyűjtő) egyedien viselkedik. Megjegyzendő azonban, hogy a csapadékmérők és a vízszintmérők a vízfolyások más-más szakaszán helyezkednek el, így a kalkulált reakcióidőket az egyes vízfolyásokon relatív módon kell értékelni. Nem döntően, de némely esetben befolyásolta a lefolyás/beszivárgás arányát a csapadékesemény kezdetekor, illetve az esemény folyamán a talajnedvesség-tartalom (például 2014. augusztus 3.). A feldolgozott események során az esetek túlnyomó részében a talajnedvesség nem játszott jelentős szerepet az árhullámok

megjelenésében, amely eredmény ellentmond például GAUME et al. (2009), HEGEDÜS et al. (2015) eredményeinek, akik jelentős hatást tulajdonítottak kutatásaik alapján a talajnedvességnek. Castillo és munkatársai (2003) például erős korrelációt figyeltek meg a kezdeti talajnedvesség és a beszivárgás aránya között durvább textúrájú talajok esetében. Minden vizsgált vízmérce-csapadékszenzor hozzárendelés esetén erős korreláció volt megfigyelhető. Az adatokra illesztett trendvonalak egyenleteinek alapján a reakcióidők jó közelítéssel becsülhetők, folyamatos adatgyűjtéssel real-time vízgyűjtő-specifikus egyenletek állíthatók fel. Így a fentiek tükrében a csapadék kezdő időpontját, illetve intenzitását online figyelve becsülhető az árhullám tetőzésének várható időpontja.

Irodalomjegyzék

- ALMEIDA, I. K. et al. (2014): Estimation on Time of Concentration of Overland Flow in Watersheds. A Review. *Geociências*, Vol. 33, No. 4. 661–667.
- ARONICA, G. T. – CANDELA, A. (2007): Derivation of Flood Frequency Curves in Poorly Gauged Mediterranean Catchments Using a Simple Stochastic Hydrological Rainfall-Runoff Model. *Journal of Hydrology*, Vol. 347. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.011>
- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, Vol. 57, Nos. 1–2. 83–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>
- CASTILLO, V. M. – GÓMEZ-PLAZA, A. A. – MARTÍNEZ-MENA, M. (2003). The Role of Antecedent Soil Water Content in the Runoff Response of Semiarid Catchments: a Simulation Approach. *Journal of Hydrology*, Vol. 284, No. 1. 114–130. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00264-6)
- CHEVAL, S. – DUMITRESCU, A. – BIRSAN, M-V. (2016): Variability of the Aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *Catena*, Vol. 151. 74–86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.029>
- CHEN, Y. – XU, Y. – YIN, Y. (2009): Impacts of Land Use Change Scenarios on Storm-Runoff Generation in Xitiao Basin, China. *Quaternary International*, Vol. 208, Nos. 1–2. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.014>
- CZIGÁNY SZ. et al. (2010): Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények*, 134. évf. 3. sz. 281–298.
- DU, J. et al. (2012): Assessing the Effects of Urbanization on Annual Runoff and Flood Events Using an Integrated Hydrological Modeling System for Qinhuai River Basin, China. *Journal of Hydrology*, Vols. 464–465. 127–139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.014>
- GAUME, E. et al. (2009): A Compilation of Data on European Flash Floods. *Journal of Hydrology*, Vol. 367, Nos. 1–2. 70–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>
- GREEN, J. I. – NELSON, E. J. (2002): Calculation of Time of Concentration for Hydrologic Design and Analysis Using Geographic Information System Vector Objects. *Journal of Hydroinformatics*, Vol. 4, No. 2. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2002.0009>
- GRIMALDI, S. et al. (2012): Time of Concentration: A Paradox in Modern Hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 57, No. 2. 217–228. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.644244>
- HEGEDÜS P. et al. (2013): Analysis of Soil Boundary Conditions of Flash Floods in a Small Basin in SW Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, Vol. 5, No. 1. 97–111. DOI: <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0119-6>

- HEGEDÜS, P. et al. (2015): Analysis of Spatial Variability of Near-Surface Soil Moisture to Increase Rainfall-Runoff Modelling Accuracy in SW Hungary. *Open Geosciences*, Vol. 7, No. 1. 126–139. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2015-0017>
- KLUG, H. – OANA, L. (2015): A Multi-Purpose Weather Forecast Model for the Mondsee Catchment. *Journal for Applied Geoinformatics*, Vol. 3, No. 1. 600–609. DOI: <https://doi.org/10.1553/gis-science2015s600>
- KRISTÓF E. – PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2017): Távkapcsolati rendszerek hatása a Kárpát-medence térségére. *HUNGEO 2017: „Bányászat és környezet – harmóniában”: Magyar földtudományi szakemberek XIII. világtalálkozója. Program- és előadáskivonatok*. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2017. 08. 16. – 2017. 08. 20. Budapest, Magyarhoni Földtani Társulat. 75–76.
- MCCUEN, R. H. (2009): Uncertainty Analyses of Watershed Time Parameters. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 14, No. 5. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000011](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000011)
- PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2011): Expected Trends of Regional Climate Change for the Carpathian Basin for the 21st Century. *International Journal of Environment and Pollution*, Vol. 46, Nos. 1–2. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEP.2011.042605>
- PIRKHOFFER E. et al. (2013): Lefolyási viszonyok talajszempontú analízise ultra-kisméretű vízgyűjtőkön. *Tájökológiai Lapok*, 11. évf. 1. sz. 105–123.
- PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. – KIS A. (2014): Estimation of Future Precipitation Conditions for Hungary with Special Focus on Dry Periods. *Időjárás*, Vol. 118, No. 4. 305–321.
- RONCZYK L. – WILHELM Z. (2006): Beneficial Use of the Stormwater in Pécs. *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*, Vol. 40. 135–144.
- RONCZYK L. – CZIGÁNY SZ. (2014): *Pécsi hidrológiai tájékoztató 2014*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézet.
- RONCZYK L. et al. (2015): Urban Stormwater Runoff and Pressure on the Sewerage System in Pécs, Southwest-Hungary. *CSE Journal – City, Safety, Energy*, 2015/1. 32–43. DOI: <https://doi.org/10.12896/cse20150010057>
- SARANGI, A. et al. (2007): Evaluation of Three Unit Hydrograph Models to Predict the Surface Runoff from a Canadian Watershed. *Water Resources Management*, Vol. 21, No. 7. 1127–1143. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9072-9>
- SZLÁVIK L. – SZIEBERT J. (2006): *Hidrológia és meteorológia*. Baja, Eötvös József Főiskola.
- USACE (US Army Corps of Engineers) (2001): *HEC-HMS Hydrologic Modeling System, User's Manual, Version 2.2.1*. Vicksburg, MS.

*Horányiné Csiszár Gabriella – Ilyés Csaba – Lénárt László
– Szűcs Péter – Üszögh Lajos*

Miskolci villámárvizek elemzése a bükki források és a városi szennyvízelvezető rendszer hozamadatai alapján

Bevezetés

Miskolc városa a Bükk keleti végében, nagy részben a Szinva patak völgyében fekszik. Főleg a hegységhez közelebbi területek vannak kitéve a Bükkben történő meteorológiai eseményeknek, így az ott megjelenő többletsapadék hatása a városra szinte azonnali. A város története során nagyszámú árvíz vonult már át a településen. A leghíresebb az 1878. augusztus 30–31-i, amikor a város nagy részében 4–6 méter magasan állt a víz. Emellett számos kisebb árvízzel is tanúskodnak történelmi források. A modern idők két meghatározó árvize a 2006-os, illetve a 2010-es volt, mindkettő szintén komoly problémákat okozott Miskolc nagy részében: több patak is kilépett medréből, és a város ivóvízellátását biztosító források is elfertőződtek a nagy csapadék hatására történő bemosódások által (HERNÁDI et al. 2014).

E tanulmányunkban matematikai leíró módszerek alkalmazásával vizsgáljuk azt, hogy a többletsapadékból származó vízmennyiség mekkora terhet jelentett a vízvezető és szennyvízkezelő rendszerre.

Módszerek és adatok

A vizsgálatunkhoz az adatokat a több mint 25 éve üzemelő Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer adatbázisából, illetve a Miskolci Vízmű Kft. munkatársaitól szereztük be.

A vizsgálatához leíró és korrelációs statisztikai számításokat végeztünk el a meglévő idősorokon, hogy a hatás mechanizmusát és mértékét jellemezni tudjuk.

Eredmények

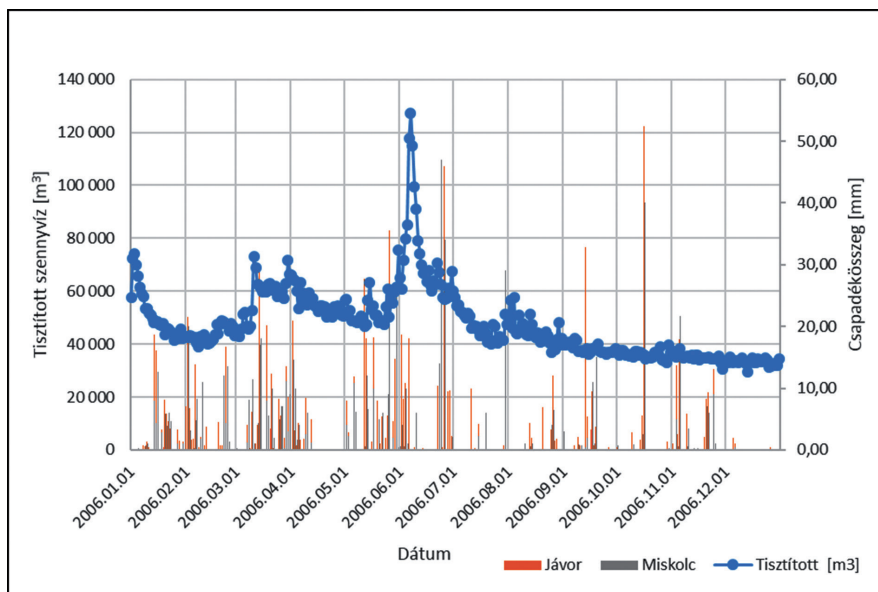
2006

A 2006-os évben korábban nem tapasztalt áradás volt Miskolcon, ami több problémára is felhívta a városvezetés figyelmét. A nagy mennyiségű tavaszi csapadékhullás és a tél végi

hóolvadás különösen megnövelte a karsztos kőzetekben tárolt víz mennyiségét, ami számos forrás esetében nagymértékű hozamnövekedést okozott.

Az így felszínre kerülő nagy mennyiségű víz, illetve a heves záporok hatására Miskolc városán árhullám vonult végig.

Az 1. ábrán látható, hogy a számításba vett két mérőponton (Miskolc, Jávorkút) lehulló nagy mennyiségű csapadék mennyivel növelte meg a miskolci szennyvíztisztítóra jutó kezeltetlen víz mennyiségét.



1. ábra

A 2006-os év csapadék- és tisztítottszennyvíz-adatai

Forrás: a szerzők szerkesztése

Ebben az évben a karsztvízszint két lokális maximumot is mutatott, április első hetében a tavaszi hóolvadás következtében növekedett meg a vízszint a hegység karsztrendszerében, de ez a szennyvíztisztító telepen még nem jelentkezett növekményként (DARABOS–LÉNÁRT 2012).

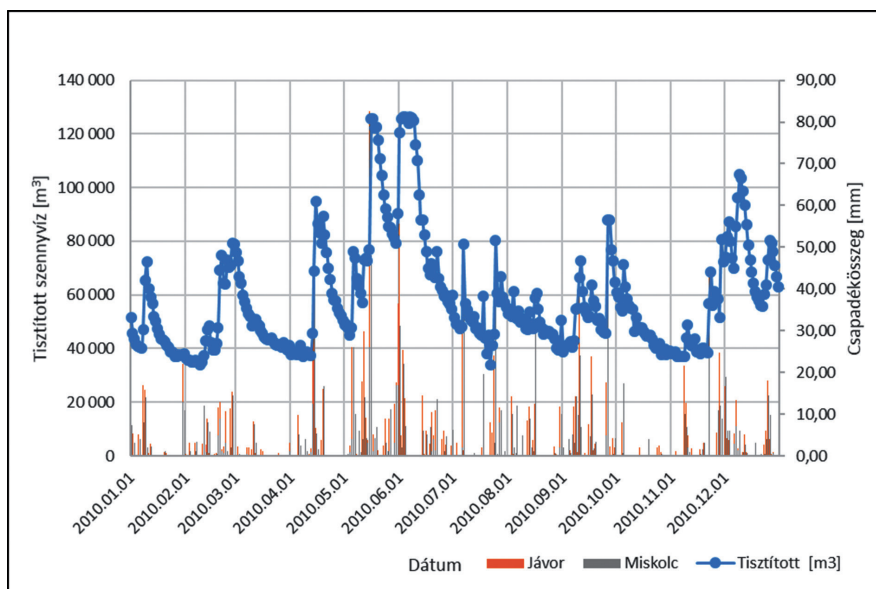
A nyár elején, május 20. és június 6. között Jávorkúton 141, Miskolcon 86,8 mm csapadék hullott le, ami az amúgy is magas karsztvízszintben árvízet okozott (LÉNÁRT et al. 2012). A vizsgált időszakban az átlagos 50 000 m³ tisztított szennyvíz hagyta el az üzem naponta, ami e csapadékosság hatására egy hét alatt elérte a 127 000 m³-es maximumot, június 6. és június 10. között tartósan 90 000 m³ feletti napi vízmennyiséget okozva. Az átlaghoz közeli 55 000 m³-es érték csupán 26-ára állt helyre egy lassú csökkenési tendencia után.

Habár a két adatsor között a korrelációs együttható értéke csupán 0,14 Jávorkút és 0,12 Miskolc esetében, az ábrán egyértelműen látható, hogy nyár közepén egy napon 120 000 m³-t meghaladó mennyiségű kezelt szennyvíz került ki a tisztítóból, miközben az év nagy részében ez az érték a 80 000 m³-es határ alatt maradt; átlagosan 47 479,2 (~47 500) m³ tisztított szennyvíz hagyta el az üzemet.

A nyár közepi csúcsot a szennyvíz hozamában külön vizsgálva megállapítható, hogy a május 25. és június 10. közötti 1 334 160 m³ szennyvizet az ez idő alatt Jávorkúton lehulló 138,5 mm, illetve Miskolcon lehulló 81,6 mm csapadék okozta, összességében az átlagos hozamnál 530 000 m³-rel több tisztított víztöbbletet hozva.

2010

2010-ben ismét egy nagycsapadékos időszak után haladt át a városon az árhullám. A lehullott csapadék mennyiségét és a tisztított szennyvíz hozamadatait a 2. ábra mutatja.



2. ábra

A 2010-es év csapadék- és tisztított szennyvíz-adatai

Forrás: a szerzők szerkesztése

Látható, hogy sok kis maximum mellett, nehezen kivehető az árhullám okozta hozamnövekedés, azonban május–június hónapokban 120 000 m³-t meghaladó szennyvíz jutott ki a fogadóba a tisztítóból. Ez az ez évi 58 403,1 (~58 400) m³ átlagos napi tisztított szennyvíz mennyiségéhez képest 110%-kal nagyobb érték. Az ábrán látható, hogy két maximum is kapcsolható a tavasz végi és nyári árvizekhez, amit két csapadékosabb időszak előz meg. Az adatsorok közti korreláció nagyobb, mint a 2006-os év esetében, de még így is csekély mértékű: 0,22-os a jávorkúti és 0,28-os a miskolci csapadékmérő adataival összevetve.

A 2006-osnál is nagyobb vízszinteket okozott a lehulló csapadék a 2010-es árvíz esetében. A május hónap 11–12-én, Jávorkúton mért 47 mm, illetve a Miskolcon mért 18 mm csapadék azonnal egy másfélszeres növekedéssel jelentkezik a tisztító hozamadataiban. A folyamatos csapadékhullás, illetve nagyobb részben a 15–16-án hullott 120,4 (Jávorkút), valamint 74 mm (Miskolc) csapadék egy új maximumot, több mint 120 000 m³ szennyvi-

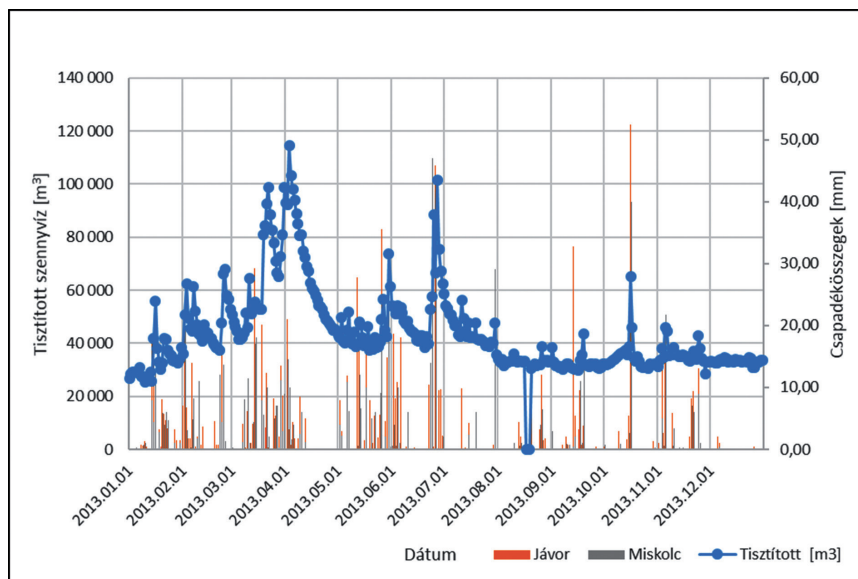
zet eredményezett már 16-án, amely érték a 90 000 m³-es határ felett maradt egészen 25-éig. Az ezt követő, nagyon lassú csökkenési folyamat során 30-án elérte a 80 000 m³-es határt, ekkor azonban további nagy csapadék hullás következett – május 29. és június 1. között 122 mm Jávorkúton –, ismét növekedni kezdett a hozam, míg elérte a 126 240 m³-es maximumot. Ez az állapot egészen 12-éig fennmaradt, amikor 100 000 m³ alá csökkent a szennyvíz hozama, míg egy nagyon lassú folyamatos csökkenés után június végére elérte az átlagosnak tekinthető 55 000 m³ körüli értéket.

Az év nagy része igen csapadékosnak tekinthető, így több kisebb maximum is található még az adatsor alakulásában.

A maximumot külön vizsgálva elmondható, hogy a május 12. és június 15. közötti időszakban Jávorkúton 378, Miskolcon 229,7 mm csapadék hullott, ami az összes szennyvíz átlagos értékéhez képest 1 571 850 m³-es többletterhelést okozott a rendszerben.

2013

Ebben az évben árvíz nem vonult át a városon, viszont a tavaszi olvadás, illetve az ebben az időszakban jellemző csapadékoság hatására több katasztrófavédelmi intézkedést is be kellett a városban vezetni, mivel a megnövekedett hozamú patakok, források a város szennyvízhálózatát is megterheltek.



3. ábra

A 2013-as év csapadék- és tisztítottszennyvíz-adatai

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 3. ábrán látható, hogy habár a másik két vizsgált évhez képest a 2013-as évi maximum csekély, a 114 480 m³ szennyvíz az évben átlagos 43 650 m³ több mint kétszerese. Érdemes megemlíteni, hogy az árvízközeli helyzet március–április hónapokban volt észlelhető, míg a másik maximum a szennyvíz mennyiségében a nyári hónapok közepére tehető.

Márciusban átlagosan 50 000 m³ szennyvíz hagyta el a befogadóba az üzem, ami 18. és 19. között az 52 000 m³-ről 80 000 m³ fölé emelkedett, majd egy rövid csökkenés után április 3. és 4. napján mindkét alkalommal 100 000 m³-nél nagyobb volt a hozam, nem mellesleg előtte és utána is napokig 80–90 000 m³ körül alakultak az értékek. A normális üzemmenet április 18-a után állt vissza, amikor a napi hozam 60 000 m³ alá csökkent.

Az adatsorok között fennálló korreláció itt is gyengének mondható, 0,22 a jávorkúti, 0,28 a miskolci mérőhely adataival (KOVÁCS–LÉNÁRT 2012).

A 2013-as tavasz és nyár folyamán két nagyobb csúcs is észrevehető a tisztított szennyvíz mennyiségében. A tavaszi március 18. és április 11. közötti időszakban Jávorkúton 128, Miskolcon 106,7 mm csapadék hullott, ami 1 244 000 m³ növekményt okozott az átlagos éves tisztított szennyvíz mértékéhez képest. Nyáron, június 25. és július 5. között 67,7 mm, illetve 36,2 mm csapadék okozott egy kisebb mértékű, átlaghoz képest 248 000 m³-es növekményt.

Érdemes ezeket az adatokat összevetni egy árvízmentes év adatával: 2012-ben átlagosan 30 950 m³ tisztított szennyvíz hagyta el a tisztítót egy nap, a maximum júniusban volt, ekkor egy nap 65 750 m³ szennyvizet tisztítottak meg.

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a lehulló csapadék mennyisége szinte azonnal, vagy maximum egy nap leforgása után jelentkezik növekményként a városi szennyvíztisztító mérőhelyén, ami nagyon gyors összegyülekezési időt feltételez.

Látható, hogy a városi szennyvízkezelőben nyugalmi időszakban átfutó vízmennyiség több mint kétszerese is előfordulhat egy árvizes időszak alatt, illetve után. Ahogy az idősorokból látható, a vízhozam egy-két hét alatt csendesedik csak az átlagos szint közelébe, csapadékmentes időszak alatt.

A város földrajzi elhelyezkedése miatt, a völgybe települt városi szennyvízelvezető rendszer a hegységben lehullott csapadékot gyorsan képes összegyűjteni és eljuttatni a szennyvízkezelő üzembe.

Irodalomjegyzék

- DARABOS E. – LÉNÁRT L. (2012): A 2006-os és a 2010-es karsztárviceket okozó karsztvízszint változások a Bükk Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) mérőhelyein. In NYÁRI D. szerk.: *VI. Magyar Földrajzi Konferencia tanulmányai*. Szeged, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 147–154.
- HERNÁDI B. et al. (2014): Karsztárvicek előrejelzési lehetőségei a Szinva-patak vízgyűjtőjén. In SZLÁVIK Gy. szerk.: *A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXXII. Országos Vándorgyűlés dolgozatai 7. Hidrogeológia és mérnökgeológia időszerű feladatai szekció*. Szeged, Magyar Hidrológiai Társaság. 1–13.

- KOVÁCS P. – LÉNÁRT L. (2012): A 2006-os és a 2010-es bükki karsztárvizet okozó csapadékok elemzése. In NYÁRI D. szerk.: *VI. Magyar Földrajzi Konferencia tanulmányai*. Szeged, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 1098–1108.
- LÉNÁRT L. et al. (2012): A 2006-os és 2010-es bükki karsztárvíz okainak, lezajlásának, hatásainak és a hasonló haváriák kiküszöbölésének általánosítható tapasztalatai. In NYÁRI D. szerk.: *VI. Magyar Földrajzi Konferencia tanulmányai*. Szeged, Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 538–548.

Bardóczyné Székely Emőke

A biológiai aktivitásérték (BAÉ) fogalma és kapcsolata a települési hidrológiával

Bevezetés

A települési csapadékvíz-gazdálkodás egy holisztikus szemlélettel kezelhető, komplex tevékenység, amelyben különböző szakemberek összehangolt együttműködésére van szükség, ami igaz a zöldfelület-gazdálkodásra is. A teljesség igénye nélkül, néhány a témához kapcsolható szakterület: városrendezés, városüzemeltetés (gazdák), építészet, épületgépészet, közművesítés, hidrológia (vízgazdálkodók), kertépítés és tájökológia. Ide kapcsolom még a zöldtetőépítéssel foglalkozó szakembereket, akik régóta elemzik a két fent említett gazdasági területet.

A biológiai aktivitásérték (BAÉ) fogalma

A települési hidrológiában igen jelentős szerepe van a zöldfelületeknek, természetesen minőségüktől függően. A településökológia szempontjából fontos, hogy ezek a zöldfelületek egymáshoz képest hogyan helyezkednek el, vannak-e közöttük ökológiai folyosók, vagy egymástól igen távol lévő, elszigetelt foltokként jelennek meg. A biológiai aktivitásérték (a továbbiakban: BAÉ), ha nagyon egyszerűsítve közelítünk a fogalomhoz, nem jelent mást, mint a zöldfelületek arányát egy településen belül. A növényzetnek, illetve a növényzettel fedett felületnek a fizikai-fiziológiai és biológiai folyamatokon keresztül a környezetre gyakorolt kondicionáló hatását biológiai aktivitásnak nevezzük. A biológiai aktivitás intenzitásának mértékét a biológiai aktivitásérték fejezi ki, tehát egy egzakt, számszerűsített mutató.

Példák a világból, a zöldfelület-konverzió fogalma és kapcsolata az erózió elleni védekezéssel

A BAÉ akkor kerül kiszámításra, ha egy zöldfelület helyén valamilyen infrastrukturális beruházás létesül. Ebben az esetben a törvény szerint közölni kell, mekkora a BAÉ változása számszerűleg, majd ezt a hatóság csupán tudomásul veszi, rögzíti, és/vagy – ahogy

legtöbb esetben történik – előírja a településhatáron belül kompenzációként például egy „csereerdő” telepítését.

A zöldfelület fontossága a világon mindenhol régóta egyértelmű. Törökországban, a Torosz- (Taurosz-) hegységben, amely sziklás, fedetlen karszt, gyér növényzettel, igen régen nagy probléma az erózió. Ha a családban egy fiú születik, azonnal ültetnek néhány hektár erdőt. Körülbelül 20 év múlva, amikor a fiú házasodik, az erdő vágásérett lesz. Kivágják, a fát eladják, és ebből fedezik a fiú esküvői költségeit. Viszont ezzel egy időben, a kivágott helyén azonnal elültetik az új erdőt. Ez ősi szokás volt, ma viszont már egy törvény írja elő a kötelező csereerdő létesítését. Az erdősávok jelenléte a Torosz-hegységben reprezentálja az eljárás sikerességét. Nem kívánok kitérni arra, hogy globális léptékben hová vezet az esőerdők kompenzáció nélküli irtása.

A fogalmat bevezető törvény és értelmezése

A biológiai aktivitásérték fogalmát az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 2006. május 1-jén hatályba lépett módosítása vezette be.

A számítás a település közigazgatási határát figyelembe véve készül. A BAÉ értékének számításakor, vagyis a zöldfelületkérdés elemzése során a szakértők nem a vízgyűjtő területet (települési hidrológia), az ökológiai foltokat vagy folyosókat veszik figyelembe (tájökológia). Ezt a tényt és a számítás módját az említett törvény szabályozza. A törvény 8. § (2) bekezdés b) pontja szerint: „az újonnan beépítésre szánt területek kijelölésével egyidejűleg a település közigazgatási területének – a külön jogszabály alapján számított – biológiai aktivitás értéke az átminősítés előtti aktivitás értékhez képest nem csökkenhet.”

(Beépítésre szánt terület: a település közigazgatási területének a beépített, illetve a további beépítés céljára szolgáló területrésze.)

(Beépítésre nem szánt terület: a település közigazgatási területének a zöldterületi, a közlekedési, a mezőgazdasági, az erdőművelési, illetőleg az egyéb célra szolgáló része.)

A biológiai aktivitásérték számításáról a 9/2007. (IV. 3.) ÖTM rendelet (a továbbiakban: ÖTM rendelet) tájékoztat.

A történelmi belvárosokban is nagyon fontos eszköz a növényzet az erózió megállítására.

A törvény kritikája a települési vízgazdálkodás szempontjából

1. A számítási sablonban nem kötelező közölni, hogy síkvidéken, hegy- és dombvidéken, esetleg annak egy speciális esetében: karsztvidéken van-e a beruházás, ezzel megkerülve a vízügyi kérdéseket.
2. A település közigazgatási területe egy felszíni és egy felszín alatti vízgyűjtő terület része, sőt néha nem is egy vízgyűjtő területé, tehát térképet kellene csatolni a dokumentumokhoz arról, hogy hol helyezkedik el a beruházás.
3. Célszerű lenne a BAÉ-hez kapcsoltnak létrehozni az alábbi mutatót is: a beruházás helyén beépített terület vízkörforgás-változási mutatója a természetes vízkörforgáshoz képest (lásd példa.)

4. Amennyiben csereterület kerül kijelölésre, nagyon fontos, hogy az hol helyezkedik el a vízgyűjtő területen belül. Ebben az esetben már szükségesek a vízgazdálkodást érintő elemzések. Például a BAÉ szempontjából értékesebb egy szőlő vagy gyümölcsös, mint egy szántó, csak hogy vízgazdálkodási szempontból nem biztos, hogy egy domboldalon lévő, régóta szintvonal mentén művelt szántónál kedvezőbb egy esésvonalal párhuzamosan telepített szőlő vagy gyümölcsös.
5. Ismert tény, hogy a BAÉ számítása egy hatástanulmány, esetleg környezeti felülvizsgálat része szokott lenni, amelyben a fent hiányolt információk megjelenhetnek (például felszíni vizek stb.) más kötelező fejezetekben, de az esetek nagy részében e számítással mégsem hozzák azokat kapcsolatba.

Példa a BAÉ számításának folyamatára

A modellterületet lásd JÁMBOR 2004.

- 20 ha rétre épül üdülőház.

1. táblázat

Az előírt számítás a tv. 1. sz. melléklete szerint (még csak területhasználat szerint számolva)

Fajlagos értékmutató	terület(ha) alapadat	Szorzat = BAÉ
4,00	20,00	80 q

Forrás: a szerző szerkesztése

Azonban a rét magában foglal fasort, magányos, tájat díszítő (szoliter) fákat és földutat is, vagyis hozzá tartoznak differenciált számítás szerinti elemek, amelyek helyszíni szemlével állapítandók meg. (2. táblázat)

A területek számítása:

Fasor:

- alapterület-számítás: $d \times h$, ahol d = faserszélesség, amely = koronaátmérő + koronamagasság / 2, h = fasorhosszúság

20 cm átmérő feletti szoliter fa:

- alapterület-számítás: r^2 ahol r = koronasugár = (koronamagasság + koronaszélesség) / 2

Példaként megadott alapadatok:

- 0,2 ha földút, 40 m hosszú fasor, 15 m koronaszélesség, 10 m koronamagasság
- 3 db szoliter fa, 3×18 m koronaszélesség, 12 m koronamagasság = 368 m²
- 2 db szoliter fa, 2×22 m koronaszélesség, 15 m koronamagasság = 537 m²

2. táblázat
Differenciált számítás szerinti elemek

Terület minősége	Nagyság (ha)	Értékszorzó	Értékmutató
Földút	0,2	1	0,2
Fasor	0,5	8,0	4,0
Szoliter fák	0,09	10	0,9
Rét	19,21	4	76,84
Területnagyság összesen	20		
Értékmutató összesen			81,94
Fajlagos értékmutató		4,1	

Forrás: a szerző szerkesztése

Eredeti korrigált biológiai aktivitásérték = 81,94, 10%-kal megnövelve = 90,13.

A 20 ha rét helyén új területfelhasználásként üdülőházas terület épül, turisztikai célú erdővel és védő erdősávval:

3. táblázat
Üdülőházas terület védősávval

Terület minősége	Nagyság (ha)	Értékszorzó	Értékmutató
Üdülőházas terület	15	2,7	40,5
Védő erdősáv	1,5	8,0	12,0
Turisztikai rendeltetésű erdő	3,5	9,0	31,5
Területnagyság összesen	20,0		
Értékmutató összesen			84
Fajlagos értékmutató		2,8	

Forrás: a szerző szerkesztése

Értékkülönbözet: 6,13

Tehát a pótlandó értékkülönbözet a BAÉ számítása szempontjából: 6,13.

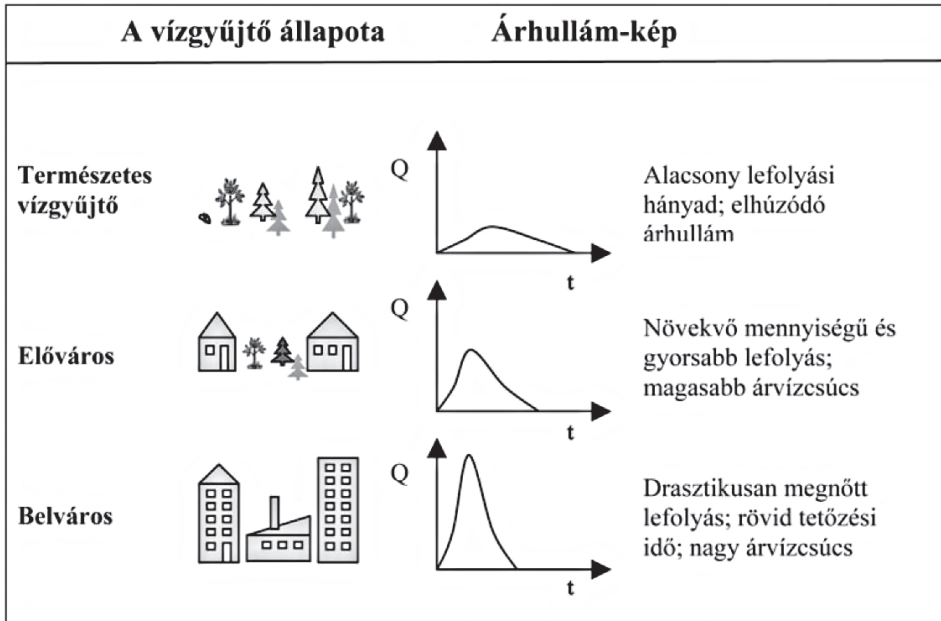
4. táblázat
Vízkörforgás-változási mutató

Természetes (rét, erdő, nádas, vízfelület)	20
Természetközeli (közjóléti vagy gazdasági erdő, szántóterület, szőlő és gyümölcsös területe), itt: természetesnek tekintve	5,0
Beépített terület, mesterséges vízkörforgással, megoldandó víz-szennyvíz kérdésekkel	15
	Vízkörforgás-változási mutató: $15/20 = 0,75$

Forrás: a szerző szerkesztése

A közölt mutató annak illusztrációjára szolgál, hogy mi történt a vízgyűjtő terület egy rögzített pontján, a beruházás helyén, és egyelőre milyen mértékű a kompenzáció. Tehát némi jóindulattal tekintve a problémára, azonos helyen 75% a természetes vízkörforgáshoz képest létrejövő változás.

Értékelés a települési vízgazdálkodás és tájökológia szemszögéből



1. ábra
Település és lefolyás

Forrás: GAYER–LIGETVÁRI 2007

Az 1. ábra szerint a 20 ha rét átkerül „természetes vízgyűjtő” kategóriából „elővárosi” kategóriába.

Vízháztartási vizsgálat, vízmérleg felállítása az alábbiak szerint:

$L = C - S - B - P$ (mm), ahol: L = lefolyás, C = csapadék, B = beszivárgás, P = párolgás, S = nedvesítési tárolás.

Az átépítési folyamat

Rét feltörése

Ha feltörünk 20 ha rétet, akkor megváltozik a vízmérleg valamennyi tényezője. Nemcsak a lefolyás-beszivárgás mennyiségének aránya, hanem az árhullámkép alakja is. Az 1. ábra

szerint átkerül természetes vízgyűjtő kategóriából kb. elővárosi kategóriába. A változás mértéke a földrajzi helytől függ (síkság vagy dombvidék). Bizonyított tény, hogy a gyep-területek feltörése N kiáramlást indít el a talajvíz felé, amivel szintén számolni kell. Az utat kísérő fasornak nemcsak tájökölógiai, defláció elleni, hanem mikroklíma-megőrző szerepe is van. A kivágandó fák a madarak pihenő- és fészkelőhelyei, a tájjelleg tartozékai.

Üdülőlházas terület épül, védő erdősávval és turisztikai célú erdővel

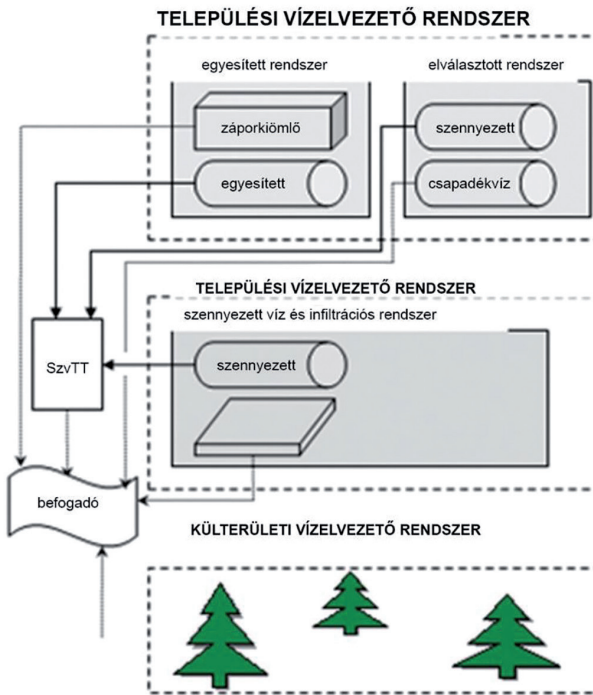
Tételezzük fel, hogy egy közjólétet szolgáló terület környezet- és természetbarát is lesz. A vízgazdálkodást is tekintetbe véve mesterséges vízkörforgás alakul ki, de meg lesz oldva az ivóvízellátás és a szennyvízkérdés is. A védő erdősáv és közjóléti erdő talán az evapotranspiráció-intercepció kérdést pozitívan alakítja. A megfelelően tervezett zöldfelületek javíthatják a lefolyás-beszívárgás arányát. A földút valószínűleg burkolásra kerül, de ez a beruházás tartozéka. Ha a tájökölógus nem is örül a rét feltörésének, el kell fogadnia. A terület nemcsak egy közigazgatási terület, hanem egy vízgyűjtő terület része is, ahol a víz eddigi természetes körforgása helyett annak mesterséges körforgása lép életbe.

Kompenzációs terület: szántó helyett kialakítandó szőlő és gyümölcsös

A BAÉ kompenzációjának eleget téve a település és a vízgyűjtő terület egy egész másik részén (általában probléma a helyszín és a tulajdonviszonyok tisztázása) létesül egy előzőleg mezőgazdasági terület helyén zöldfelületként értékesebb gyümölcsös és szőlő. Ez esetben a probléma, hogy rendelkezni kell egy csereterülettel, akár vásárlással is megszerelve azt a település területén.

A települési vízgazdálkodás rendszerében gondolkodva, a vizsgált terület eredetileg külterület, de tudnunk kell, hogy a BAÉ számítása sokszor éppen a belterületbe vonás feltétele. A csereterület is valószínűleg külterületen van. A települési vízgazdálkodási rendszer egészét tekintve jelentős kérdés, hogy hol van az eredeti és hol a csereterület helye? Vízgazdálkodási szempontból többek között nem mindegy, hogy völgytalpon vagy domboldalon létesül-e szőlő, gyümölcsös; hogyan fognak ott gazdálkodni a hidrológia és a vízminőség-védelem szempontjai szerint; garantálható-e azon a területen folyamatosan bármilyen eredmény. A BAÉ-csereterület törvény szerinti számítása korrekt, viszont e részletek szorosan hozzá tartoznak.

Példánkra visszatérve, fontos lenne egy rövid, települési vízgazdálkodást érintő fejezet elkészítése, és a BAÉ számításának a javasolt intézkedésekkel való kiegészítése.



2. ábra

A vízgyűjtőterület vízvezető rendszereinek sémája

Forrás: MSZ EN 752:2008

Települési zöldfelületek – pozitív és negatív példák

Települési vízgazdálkodás szempontjából nagyon különböző értéket képviselnek a város-építészet ma gyakran használt megoldásai: parkok helyett mélygarázstetők a terepszinten gyepvel, cserjével borítva, esetleg fákkal. Zöldfelületek jól kezelhető, tökéletesen sima, mikrodomborzat nélküli gyepvel. Ezek a területek ökológiailag és hidrológiailag egész mást jelentenek, mint egy eredeti park. Ezek tulajdonképpen a terepszinten létesített zöldtetők, így természetes, hogy a települési vízgazdálkodásban betöltött szerepük negatívabb az eredeti parkhoz képest.

Egész más a helyzet, ha zöldtető épül tetőszinten, mert az pozitív tényező, javít a környezeten. A zöldtetőépítők az ezzel kapcsolatos törvényi szabályozás hiányosságaként jelzik, hogy a biológiai aktivitásérték mutatói között *nem veszik számításba az egyszintes, pozsgás növényekkel borított, extenzív zöldtetőket, amelyek az OTÉK 182/2008 (VII. 14.) rendeletben 10%-os beszámítási értéken szerepelnek.* A témával foglalkozók ennek áthidalását úgy javasolják, hogy az extenzív zöldtetőt nevezzék „közhasznú zöldfelületnek”.

Az extenzív zöldtetőket a közhasznú zöldfelületek kategóriájába kellene sorolni, és építésüket a biológiai aktivitásérték megőrzésének alapfeltételének tekinteni. Ebből adódóan nem szerepelnének az OTÉK zöldfelület-beszámításában – alanyi jogon kötelező lenne megépítésük –, és az ÖTM rendelet különböző felületminőségek biológiai aktivitásérték mutatóinak táblázatán sem kellene változtatni. (Vagyis a közölt BAÉ-számítást nem befollyásolná; attól függetlenül kötelező lenne.)

Rendeletileg kötelezővé szükséges tenni továbbá a minden 200 m²-t meghaladó beruházás legfelső szintje fölötti födémen (20° tetőlejtés alatt) extenzív zöldtető építését. A telekre előírt legkisebb zöldfelületet az OTÉK érvényben lévő szabályzata alapján – egyszintes, pozsgás növényekkel borított felület nélkül – csak termett talajon létesített kerttel, illetve intenzív zöldtetővel lehetne biztosítani (BELLAVICS 2010).

A BAÉ-számítás készítője

A készítő maga a beruházó, illetve annak megbízott tervezője, mivel a számítás abban az esetben készül, ha egy településen zölddel borított felület helyett valamilyen építkezésre kerül sor. A környezeti felülvizsgálatoknál is sor kerül a számításra, például annak meghatározására, hogy a rekultiváció milyen irányba mozdította el az értéket. Lényeg viszont, hogy számítását a beruházó végezteti el. A növényvel fedett területek összefüggő hálózata nélkül nem működik egy település. A településtervezés a beruházói érdekeknek van alávetve, ami maximalizálja a beépítést, és minimalizálja zöldfelület létesítését, átfogó térbeli struktúráról pedig szó sincs. A hiányzó zöldfelületi rendszer miatt elmarad annak a települést kondicionáló hatása, így a felmelegedés ellensúlyozására az épületeket fogják – drágán – kondicionálni (JÁMBOR et al. 2008).

A BAÉ értékelése, összefoglalás, javaslat

A törvényen alapuló számítás jó kezdeti lépés, jogilag nehéz is részletekbe menni. Problémát jelent viszont, hogy számításra akkor kerít sort a beruházó, amikor zöldfelület-konverziót tervez, és a törvényi keret lehetőséget ad némi játékra a számokkal. Ha lenne a településnek egy BAÉ-térképe a zöldfelületekről, amely a „szokásos” tájépítési szempontokon túl a települési vízgazdálkodás szempontjait is tükrözi, akkor a beruházó nem „fehér lapról” indítaná a számítást, az engedélyező hatóságnak pedig volna más támpontja is a beadott számításon kívül. Ha ez túl nagy lépés, akkor legalább kezdetnek, a dokumentáció BAÉ-számításának végén lehetne egy rövid értékelés a települési hidrológia szemszögéből.

E cikk nem bírálatra törekszik, de arra igen, hogy a zöldfelület-tervezés kérdésénél a számos szakember véleménye mellett a települési vízgazdálkodással kapcsolatos szakembereké is megjelenhessen.

Irodalomjegyzék

- BELLAVICS L. (2010): A zöldfelület-gazdálkodás törvényi visszasságai. *Építészforum.hu*, 2010. 02. 05.
Elérhető: <http://epiteszforum.hu/a-zoldfelulet-gazdalkodas-torvenyi-visszassagai> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- DULOVICS Dné (2011): A továbbfejlesztett MSZEN 752 „A települések vízvezető rendszerei” című európai szabvány. *MASZESz Hírcsatorna*, 2011. július–augusztus. 3–15.
- GAYER J. – LIGETVÁRI F. (2007): *Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-elhelyezés*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- JÁMBOR I. et al. (2008): Vitafórum – kerekasztal-beszélgetés. *Falu, Város, Régió*, 10. évf. 1. sz. 3–6.

Vákát oldal

Egy mérnök számára szükséges adatok és módszerek a települési csapadékvíz-elvezetés és csapadékvíz-gazdálkodás tervezése során

Bevezetés

A települési vízgazdálkodás csapadékvizekkel foglalkozó ágazata a csapadékvíz elvezetését, tárolását és hasznosítását, illetve kezelését foglalja magában. Bármelyik területén dolgozik a mérnök, előbb-utóbb csapadékadatokra lesz szüksége.

Ma már nemcsak az Országos Meteorológiai Szolgálat mér csapadékadatokat – az interneten idehaza legalább két számjegyű amatőr és kevésbé amatőr meteorológus honlapja érhető el –, jó esetben feldolgozott formában hosszabb-rövidebb időt átfogóan, a „rosszabbik” esetben „csak” napi adatokhoz juthatunk, amelyek a közönségigények kielégítésére kiválóan alkalmasak lehetnek, de a mérnök számára nem kielégítőek.

A mérnök alkalmazhatja a szakmai standardoknak megfelelő, a rutin mérnöki igényeket kielégítő adatokat és a mellé rendelt módszereket, amelyek ma már csak a régi hazai műszaki irányelvekben, vízügyi műszaki segédletekben, valamint szakkönyvekben lelhetők fel. Ezek 30 évnél régebbi adatok feldolgozásával keletkeztek, és az újabb szakkönyvek is leginkább ezekből a „másodlagos frissességű” adatokból táplálkoznak. A különböző segédleteket, azon túl, hogy hatálytalanították, nem frissítették, nem fogalmazták újra.

Ha elszánt mérnökünk korszerűbb adatokra szeretne támaszkodni az adott létesítmény helyén, vagy annak közelében, be kellene szereznie adott hosszúságú és adott időbeli felbontású mért adatokat, és magának előállítania a számára szükséges jellemző adatokat. Ez hosszadalmas, meglehetősen nagy felkészültséget és gyakorlatot igénylő munka. Ezzel valószínűleg nem fog élni, mert az adatsorok nagy valószínűséggel csak jelentős anyagi befektetéssel szerezhetők meg. Ha mindenképpen az adott igényeknek megfelelő adatokra van szükség, például a meteorológiai szolgálattól megrendelheti, ahol a kívánalmaknak megfelelő feldolgozottsággal elkészítik a megadott időszakra vonatkozó adatsorokból.

A helyzet tehát a mérnökök által alkalmazható adatok szempontjából nem túl megnyugtató, különösen a vízvezetés biztonságával összefüggő, „mértékadó” csapadékokból számított vízhozamok, és az erre tervezett és megépített vízvezető és tározó művek tekintetében.

A csapadékok intenzitás-időtartam-visszatérési idő kapcsolata

Egy adott vízgyűjtő területről vagy a csapadékvíz-elvezető hálózat egyes pontjain levezetendő csapadékhozam nagyságának kiszámítására törekedve fogalmazódott meg a mértékadó vízhozam, illetve az ezzel kapcsolatba hozható mértékadó csapadék fogalma. Mértékadó csapadék alatt általánosságban olyan állandó vagy változó intenzitású csapadékot értünk, amelyből adott valószínűséggel, illetve átlagos visszatérési idővel bekövetkező lefolyás keletkezik. Ennél konkrétan legfeljebb a vízhozamszámításhoz alkalmazott módszerrel együtt értelmezhetően adható meg a mértékadó csapadék fogalma. Például a racionális számításnál mértékadónak azt az adott visszatérési idejű csapadékot nevezzük, amelynek időtartama a vizsgált csatornaszelvényhez tartozó összegyülekezési idővel egyezik meg.

A közterületi csapadékelvezető létesítmények legrövidebb reakcióideje az egyes csapadékeseményekre a mérnöki gyakorlat alapján többnyire 10-15 percre tehető. A gyakorlatban többnyire a 10 percnél hosszabb idejű, de 180 percnél rövidebb csapadékesemények érdekesekek, az úgynevezett rövid idejű nagycsapadékok.

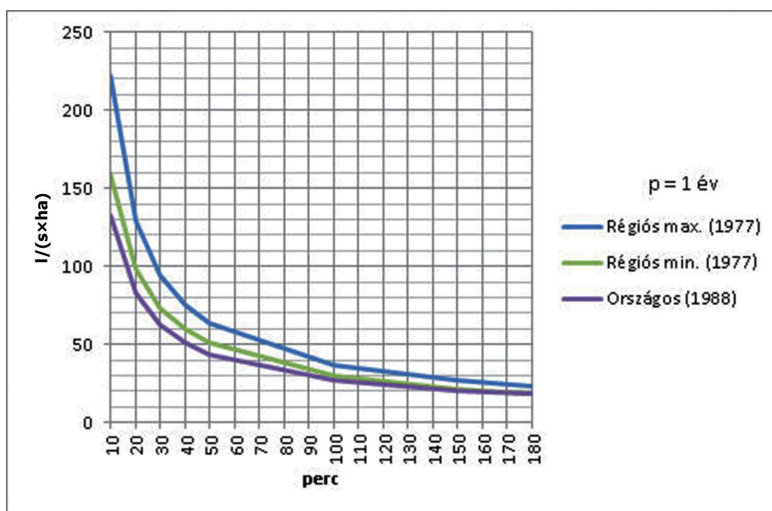
A manuálisan végzett lefolyásszámításokkal kapcsolatban fontos követelmény volt az alkalmazott módszer egyszerűsége. Ennek érdekében a csapadékeseményeket állandó intenzitásúnak tekintették. Ehhez kapcsolatot kerestek a csapadékok intenzitása(i) és időtartama között.

A hazai adatokon (MI-10-455-2:1988) alapuló

$$i = a_p t^{-m}$$

összefüggést standard módon alkalmazzuk, amelybe az időt 10 perces egységben kell behelyettesíteni. Az idők folyamán a hazai csapadékfüggvények, és ebből kifolyólag az intenzitások is módosultak. A *Vízügyi létesítmények kézikönyvében* (1974) még az ország területét lefedő 12, csapadékmérő állomásokkal reprezentált régióra szerepelnek a Montanari-képletre meghatározott paraméterek és a csapadékgörbék.

1977-ben a régiós csapadékfüggvényeket felváltó, az egész országra érvényesnek tekintett összefüggés jelent meg a VMS 201 műszaki segédletben, majd az MI104552:1988 műszaki irányelvben is, immár a gyakorló mérnökök számára „kanonizálva”. A változások érzékeltetéséhez összevetettük a korábbi régiós adatok szélsőértékeit (a legnagyobb értékeket a kompolti régió, a legkisebbeket a soproni régió adta) és az országra egységesített 1 éves visszatérési idejű csapadékadatokat. Az 1. ábrán az 1 éves visszatérési idejű csapadékokra vonatkozó adatokat mutatjuk be. Látható, hogy az országra egységesített intenzitások kisebbek a régiós értékek minimumértékeihez képest is, a maximumértékhez viszonyítva az eltérések pedig kifejezett rendkívül nagyok, legalábbis a rövid idejű csapadékok esetében.

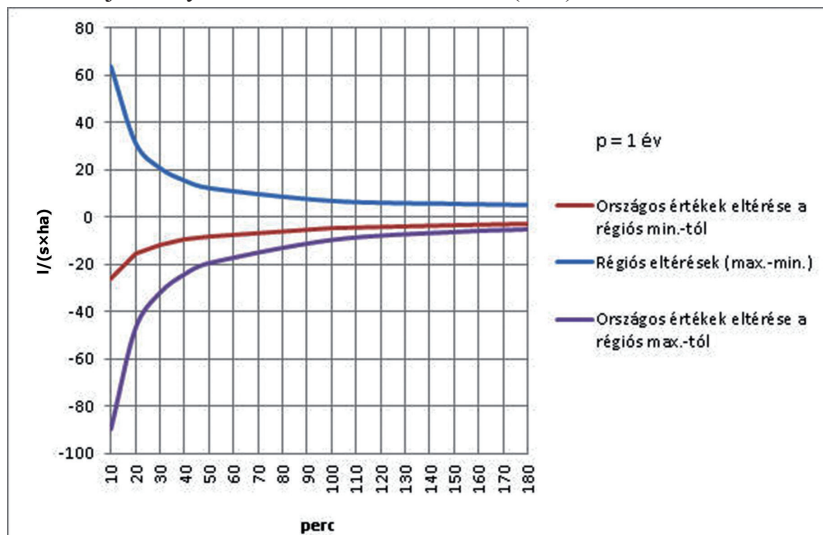


1. ábra

Régiós és országos csapadék-intenzitások (p=1 év)

Forrás: a szerzők szerkesztése

A régiós értékek is meglehetősen széles sávban szóródtak, amit a 2. ábrán mutatunk ismét csak az egyéves visszatérési idejű intenzitásadatokkal. Az országos intenzitásértékek eltérései szintén ezen az ábrán láthatók mind a régiós minimumokhoz, mind a maximumokhoz viszonyítva. Az új szabályozás szerinti adatok több 10 I/(s×ha) intenzitáscsökkenést mutatnak.



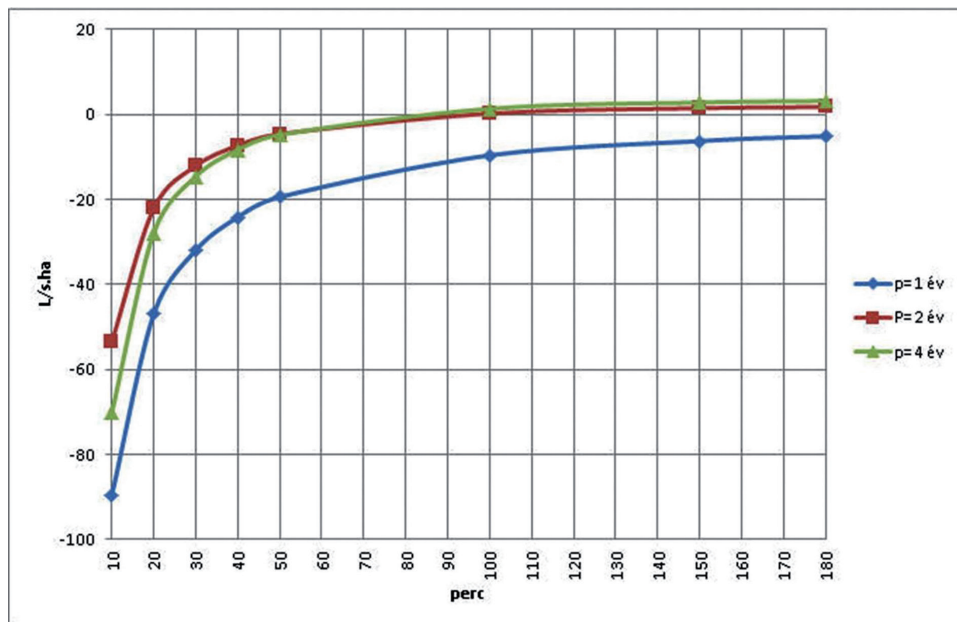
2. ábra

Csapadékinzintások eltérései (p=1 év)

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az eltérések a nagyobb csapadék-időtartamok esetében persze egyre kisebbek, a 180 perces értékeknél már csak 5 l/(s×ha). A mérnök számára irányadó tervezési adatok változásai a rövidebb záporintenzitások esetében, egyúttal a kis összegyülekezési idejű vízgyűjtő területeknél jelentettek markáns változást. Ám e viszonylag kis vízgyűjtők közterületi csapadékelvezető létesítményei esetében még lehet, hogy a sűrűbben előforduló záporok idején problémák nem adódtak/adódnak, aminek oka egyrészt éppen a vízgyűjtő terület kis mérete, másrészt az alkalmazott minimálszelvények vízelvezetőképesége és víztározási tartalékai. Mindenesetre az országos érvényességű csapadékinintenzitás-függvények paramétereinek felülvizsgálata az általános használatú segédletbe kerülése óta eltelt 40 év után, csapadékadatsorainknak a mérőhálózat növekedése, a csapadékelvezetések szofisztikáltsága miatti bővülése okán – legalábbis a számunkra érdekes, rövid idejű (<3h) csapadékok vonatkozásában – megfontolandó.

Összevetve a tervezés során leggyakrabban előforduló 1–4 év gyakoriságú csapadékokra a régi és az újabb szabályozás szerinti legnagyobb intenzitáseltéréseket, a legnagyobb csökkenések az 1 éves csapadékok esetében vannak. Ugyanakkor a 2 és 4 éves, 90 percnél nagyobb időtartamú csapadékok esetében az eltérések – ugyan csak kis mértékben – ellenkező előjelűek, tehát az újabb műszaki irányelv alapján némileg nagyobb csapadékintenzitások adódnak (3. ábra).



3. ábra

Az 1–4 év visszatérési idejű csapadékok 1977-es és az 1988-as segédlet alapján számított intenzitás-különbségei

Forrás: a szerzők szerkesztése

Időben nem állandó csapadékok

Az intenzitás-időtartam-visszatérési idő összefüggések, annak ellenére, hogy valós mért adatokon alapulnak, csak – indokolt elvi megfontolásokon nyugvó – egy adatsorból kiragadott adatok feldolgozásán nyugszanak, és nem a csapadékontinuumot veszik figyelembe. Alkalmazásukkor tulajdonképpen időben konstans intenzitású csapadékkal számolunk. A számítás „egyszerűsége” miatt mind a mai napig a rutinmunkák alapmódszere. Adekvát alkalmazhatóságát a kb. 100 éves mérnöki tapasztalat igazolta, amennyiben az oki korlátokat – például vízgyűjtő terület nagysága, alakja, összegyülekezési idő nagysága – betartjuk, és az adott létesítmény mértékadó vízszállításainak számításakor az egyéb jellemzőket (például lefolyási tényező, összegyülekezési idő) is jól becsüljük meg.

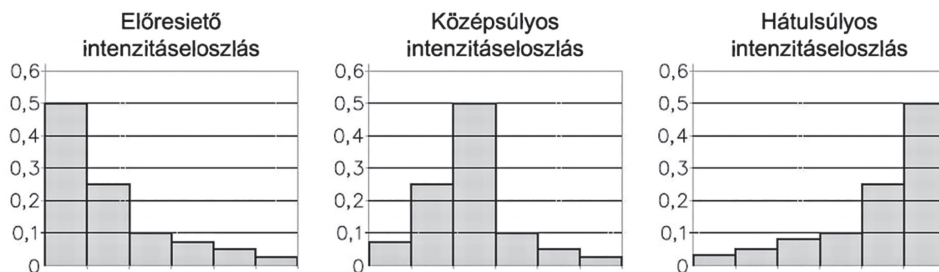
Az időben állandó intenzitású csapadék feltételezése a bonyolultabb esetekben már elfogadhatatlan lehet, különösen akkor, ha az előbb felemlített oki korlátok sem teljesülnek. Napi tapasztalat, hogy a csapadék jelentős része a záporsemény első részében (felében-harmadában) esik le. Ennek ellenkezője is létezik, amikor a csapadék nagyobb része a csapadékesemény második felében hullik le, például erre a Fővárosi Csatornázási Művek mérőhálózatán mért adatokból készített idősorokon (RÁCZ et al. 2015) láthatunk.

Mért adatokkal alátámasztva különböző egyszerűsített csapadékmodellek születtek (BUTLER–DAVIES 2011).

Idehaza Gayer (2004) többféle változó intenzitású csapadékmodellt mutatott be.

A modellek jellemzően betartják azt a „szabályt”, hogy az adott csapadéktartamra a modell szerinti összes csapadékmennyiség ugyanakkora legyen, mint a „valóságos” csapadéké. Az egyik ilyen az MI10455 irányelvbe is bekerült szimpla háromszög alakú intenzitásmódel.

Háromféle, háromnál több lépcsőt tartalmazó, egyszerű intenzitásmodelleket alkalmazunk: az előresietőt, amilyen tulajdonképpen a fentebb említett háromszögmodell, a hátulsúlyost, amikor a csapadék nagyobb részét az utolsó harmadban feltételezzük, és a centrálisabb, a nagyobb intenzitásokat középre helyező modellt.



4. ábra

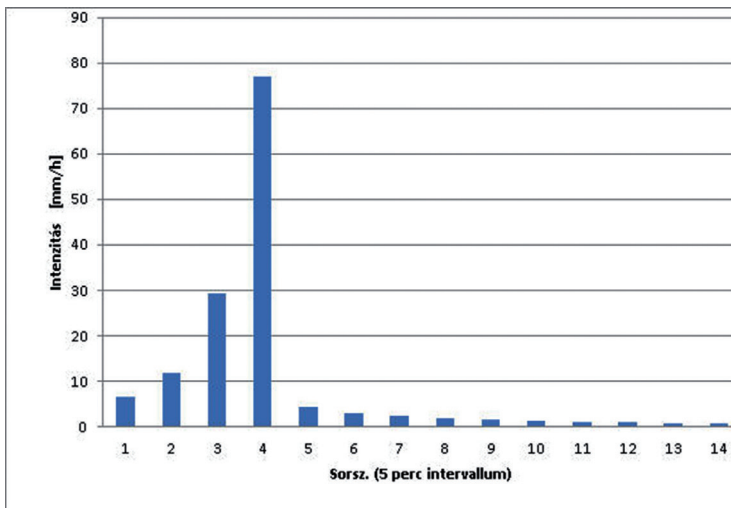
Többlépcsős intenzitásmodellek

Forrás: a szerzők szerkesztése

Ezeket a modelleket már számítógépes implementációkban lehet lekezelni. Ilyen modell például a JAMSSCS program (Jena Adaptable Modelling System és az SCS rövidítések összevonásából), amit egységárhullám-módszeren alapuló, homogén, kis vízgyűjtő területek lefolyáásszámítására készítettek.

Adott esetben valamelyik lépcsős csapadékin tenzítás-idősor akár adott visszatérési idejű és időtartamú blokkcsapadékok adatai alapján is előállítható (Thiele+Büttner GbR 2012).

Az alábbiakban példát mutatunk a hazai intenzitás-időtartam-visszatérési idő kapcsolat alapján egy közép súlyos intenzitáseloszlás elkészítésére. Első lépésként az adott feladathoz megfelelő csapadékesemény időtartamát kell meghatározni, például az adott csapadékvíz-elvezető rendszerre mértékadó összegyülekezési idő alapján – a példában 70 perc – becsüljük meg. A kiválasztott visszatérési időre – a példában 1 évre – vonatkozó paraméterek alapján kiszámítjuk – elvileg tetszőleges, a példában 5 perces időlépcsők végére – a csapadékin tenzításokat. Ezekből az adatokból kiszámítjuk az egyes időintervallumokra érvényes intenzitásokat. Az így diszkrétizált adatsorból kiválasztjuk a legnagyobb értéket, amit a teljes időtartamon belül a kívánt maximumhoz tartozó intervallumba helyezzük át. A példában a csapadék-időtartam harmadába, a 4., vagyis a 15–20 perc közötti intervallumba. Az ennél kisebb időkre, tehát a maximum előtti intervallumokba a következő legnagyobb intenzitásokat tesszük, fordított sorrendben. A maximum utáni intervallumokba pedig a többi diszkrétizált intenzitásértékek kerülnek, változatlan sorrendben. A kapott eredményt az 5. ábra mutatja.



5. ábra

Lépcsős csapadékin tenzítás-idősor generálása 1 éves visszatérési idejű csapadékin tenzítás-függvényből 70 perc időtartamra

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyezzük, hogy az 5 percnél kisebb intervallumokkal óvatosan kell eljárni, mert a kapott maximum irreálisan nagy intenzitásértéket eredményezhet, legalábbis a hazai csapadékfüggvény esetén.

A csapadék időtartamának meghatározásánál pedig nem feltétlenül az összegyülekezési időből kell kiindulni, mert adott esetben például a záportározók maximális leürülési idejét célszerű figyelembe venni (DWA-A 118 függeléke).

A csapadék és a vízgyűjtő terület nagysága közti kapcsolat

A csapadékintenzítások nemcsak időben változók, de térbeli kiterjedésük is rendkívül változékony. A csapadékok kiterjedését jelentős mértékben a front vonulási iránya, sebessége befolyásolja. A probléma jelentős egyszerűsítése érdekében a terület és az intenzitáscsökkenés között lehet felállítani kapcsolatot, erre példát a szakirodalomban elvéve ugyan, de találunk (BUTLER–DAVIES 2011), viszont csak adott régióra érvényesen.

Ausztriára, 6×6 km-es rácestartományú pontcsapadékokra állítottak fel a csökkenésre vonatkozó összefüggést (WEILGUNI 2013).

Szintetikus csapadékidősorok

A bonyolult, a terepi és a csatornabeli lefolyás folyamatát is figyelembe vevő számítógépes modelleknél a csapadékesemények hosszabb idejű spektrumát célszerű alkalmazni szintetikus csapadékidősorok generálásával.

A szintetikus csapadékidősoroknak hosszúaknak, időben nagy felbontásúaknak és hézagmenteseknek, valamint a valóságos adatsorokra jellemző valószínűségi eloszlásúaknak kell lenniük.

Nagycsapadékok

A belterületen különösen a kis részvízgyűjtők (például lakóingatlan, lakópark, ipari üzem) csapadékcsatornázásánál fontos a nagycsapadékra való felkészülés. Hasonló a helyzet, ha zöldtetőkről van szó, vagy ha egy rövid csatornarendszerben átemelő, tároló van.

A nagycsapadék, illetve extrém csapadékesemény definiálása meglehetősen problematikus, mert mind a rövid idejű, de rendkívül nagy intenzitású csapadékesemény, mind a hosszú idejű, akár többnapos, de kiugróan nagy mennyiséget adó csapadék is ekként nevezhető.

A német meteorológiai szolgálat a nagycsapadékokra katasztrófavédelmi szemléleten alapuló értékeket ad meg több fokozatban (www.dwd.de).

A csapadékösszeg mellett a rövid idejű nagy intenzitású csapadékesemények is érdekesek. A német meteorológiai szolgálat (DWD) például a heves zivatarok közül a >2 mm/10 perces eseményt tekinti nagycsapadéknak.

Az MSZ-04-134:1991 az épületekre vonatkozó fajlagos csapadékhozamokat adja meg, amely jól alkalmazható értékeket tartalmaz.

A rövid időtartamú csapadékok évi maximumainak empirikus eloszlására is rendelkezésre állnak adatok (VÁRADI–NEMES 1992), bár ezek az adatok bő 25 évvel ezelőtti észleléseken alapulnak.

Trendek és hosszú távú előrejelzések

Hosszú idejű csapadékadatok alapján vizsgálhatók a csapadékösszegek alakulása és trendjeik, a nagycsapadékok gyakorisága, a csapadékok intenzitása, a csapadékok eloszlása, a csapadékos és száraz időszakok alakulása.

A jövőre vonatkozólag az OMSZ publikál a honlapján extrém csapadékok alakulásával kapcsolatban becslést.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) Országos Vízjelző Szolgálatára számára lefolyás-előrejelző rendszer működik. A részfolyamatokat modellező modulokból álló rendszer 0,1°-os felbontású rácshálóra transzformált meteorológiai változókból generál ezzel azonos vagy ennél kisebb felbontású (például 0,125°) adatokat 6, illetve a jövőben várhatóan 1 órás időlépcsőkben (Csík 2014). Az 1 órás felbontás már közelít ahhoz az adatigényhez, amire a vízvezetést tervező mérnöknek szüksége van.

Összefoglalás

Egyszerűbb esetekben jól használhatók a kisebb-nagyobb régiókra generalizáltan érvényesnek feltételezett, időben és térben konstansnak tekintett vagy éppen időben változó csapadékmagasság-, -intenzitási adatok. Bonyolultabb esetekben az adott vízgyűjtőhöz közeli meteorológiai állomások „valós mért” adataira vagy adott időtartamú és időbeli eloszlású – egyszerűbb vagy bonyolultabb – szintetikus csapadékidősorokra is szükség lehet. A tömegesen előforduló, de igényes csapadéklefolyás-számításokhoz megalapozott, a jelen időszakunkhoz közeli, de kellően hosszú időintervallumot (legalább 3-4 évtizedet) felölelő csapadékadatokon alapuló, statisztikailag feldolgozott, a mérnöki munkához alkalmas formában történő kidolgozására van szükség. Ezeket pedig rendszeresen, legalább 20-25, de inkább 10-15 évente karban kellene tartani, és a bevált műszaki irányelvek, segédletek formájában, de nem feltétlenül papíron kellene elérhetővé tenni.

A speciálisabb feladatokhoz, a blokkmodell meghaladó modelleket és azok adott esetben számszerű adatokat eredményező alkalmazásukat foglaltuk össze.

Kívánatos lenne térben és időben nagy felbontású adatokat tartalmazó adatbázist előállítani. Vannak külföldi minták olyan szolgáltatásokra, ahonnan rutinszerűen rendelhetők meg adott helyre, adott hosszúságú szintetikus idősorok még hazai viszonylatban is elfogadhatónak tekinthető árszínvonalon. Továbbá a különböző költségvetési forrásokból működtetett szervezetek csapadékmérő hálózatainak összegyűjtött primer, de hibás adatoktól megtisztított adatokat kellene közkinccsé tenni, hogy ezekből a tudományos műhelyekben a mérnökök számára használható feldolgozott adatok készülhessenek.

Irodalomjegyzék

BABBITT, H. E. (1952): *Sewerage and Sewage Treatment*. New York, J. Wiley & Sons.

BUTLER, D. – DAVIES, J. W. (2011): *Urban Drainage*. London – New York, Spon Press.

Csík A. (2014): Meteorológiai adatasszimiláció az országos vízjelző szolgálat előrejelző rendszerében.

In PONGRÁCZ R. – MÉSZÁROS R. – KIS A. – LEELŐSSY Á. – SÁBITZ J. szerk.: *Egyetemi Meteorológiai*

- Füzetek, Léggöri folyamatok előrejelzésének módszerei és alkalmazásai.* Az ELTE Meteorológus TDK Nyári Iskolája. 2014. augusztus 26–28. Szigliget. Az előadások összefoglalói.
- FABIG, I. (2007): *Die Niederschlags- und Starkregenentwicklung der letzten 100 Jahre im Mitteldeutschen Trockengebiet als Indikatoren möglicher Klimaänderungen.* Dissertation. Halle-Wittenberg, Martin Luther Universität. Elérhető: <https://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/07/07H044/prom.pdf> (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- GAYER J. (2004): *A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében.* PhD-értekezés. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem.
- GYÖRGY I. szerk. (1974): *Vízügyi létesítmények kézikönyve.* Budapest, Műszaki.
- PONGRÁCZ R. et al. (2014): Nagycsapadékok és aszályok: Mire számíthatunk? *Egyetemi Meteorológiai Füzetek, Léggöri folyamatok előrejelzésének módszerei és alkalmazásai.* Az ELTE Meteorológus TDK Nyári Iskolája. 2014. augusztus 26–28. Szigliget. Az előadások összefoglalói.
- LUBW (2008): *Niederschlagsreihen für die Langzeitsimulation.* Karlsruhe, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- RÁCZ T. et al. (2015): *A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. csapadékmérő rendszere, a 2014. év május-szeptember időszak csapadékviszonyai a főváros területén.* MHT XXXIII. Országos Vándorgyűlés. Elérhető: www.hidrologia.hu/vandorgyules/33/dolgozatok/word/0508_racz_tibor.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- Thiele+Büttner GbR (2012): *Die Verwendung der Euler-2-Verteilung als Niederschlagsinput in NA-Modelle.* Elérhető: www.tubig.de/Download/Euler2_NAM.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 09. 01.)
- VÁRADI F. – NEMES C. (1992): Rövid időtartamú csapadékmaximumok gyakorisága Magyarországon. *Léggör, 37. évf. 3. sz. 8–13.*
- WEILGUNI, V. ed. (2013): *Fachkarte Bemessungsniederschlag.* Wien, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Elérhető: <http://ehyd.gv.at/assets/ehyd/pdf/bemessungsniederschlag.pdf> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 01.)
- BERKE B. szerk. (1976): *Hidrologiai eljárások útmutatója II.* Budapest, Országos Vízügyi Hivatal.

Irányelvek

- MSZ-04-134:1991 Épületek csatornázása
- MI-10-455-1:1988 Belterületi vízrendezés. Általános követelmények
- MI-10-455-2:1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat hidraulikai méretezése
- MI-10-455-4:1988 Belterületi vízrendezés. Záportározók
- VMS 201-1:1977 Rövid idejű csapadékok meghatározása
- DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen; DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., März 2006

Vákát oldal

II. rész

A települési infrastruktúra és települési vízgazdálkodás témakörében elhangzott előadások publikációi

Vákát oldal

A nagy felbontású 3D városmodell felépítése és szerepe a települési vízgazdálkodásban²

Bevezetés

A kutatások alapján Magyarország klímája változik és növekszik az időjárási szélsőségek (aszály, hóhullámok, nagy intenzitású csapadékjelenségek) előfordulási valószínűsége. Az aszályos hónapok gyakorisága 60%-kal nő már az átlagos 0,5 °C-os hőmérséklet-növekedés esetében is (ANDA–BURUCS–KOC SIS 2011). A vízhiány a legnagyobb vízhasználattal jellemezhető mezőgazdaságra, valamint a második legjelentősebb vízhasználattal jellemezhető településekre lesz a legnagyobb hatással.

Komoly problémákat okozhat a városokban a rövid idő alatt nagy mennyiségben lehulló csapadék is. A csatornákat nem extrém esőzések elvezetésére tervezték, ezért gyakoriak lehetnek a víz által okozott károk. A csatornában történő elvezetés technikai megoldásainak fejlesztése azonban rendkívül költséges beruházást igényel, ezért rendszerint a jóval olcsóbb, viszont kevésbé hatékony módszerekkel igyekeznek az árvizek által veszélyeztetett területek lakosait és azok ingatlanait megvédeni (BULLA 2008).

A vízgazdálkodási tervezés során eddig a települések vízhasználatát külön nem tárgyalták, így a jövőben ezeknek a folyamatba való beépítése elengedhetetlenné válik. A legjobb műszaki megoldások sem tudnak érvényre jutni, ha a döntési és végrehajtási feladatokat nem integrált módon megosztva, egy osztott jövőkép alapján tervezzük meg, ahol a döntési folyamat központjába helyezett végfelhasználói igények alapján tervezzük meg az optimális forgatókönyveket. Az EU Duna Régió Stratégiájának programjain belül, a JOINTISZA projektben – ahol a Tisza vízgyűjtőjét referenciaként használják – a városi hidrológia rendszerben történő alkalmazása kiemelt feladat. Ennek keretében áttekintjük a városi vízháztartási egyenleg tér- és időbeli kereteit. Ennek megfelelően kell kialakítani a vizek mennyiségi és minőségi idősoros optimalizálását. Technológiailag már számos olyan eszköz létezik, amellyel az egyes hidrológiai elemek optimalizálhatók, de ezek hidrológiai rendszerbe történő foglalása még meglehetősen hiányos. Az ezredforduló után rohamos fejlődésnek indultak azon lézeres távolságmérésen alapuló képalkotó lézerszkennelési technológiák,

² A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00001 számú *Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében* című projekt támogatta. Az eredmények az Európai Unió Danube Transnational Programja (DTP) által társfinanszírozott JOINTISZA projekt pilot tevékenységében hasznosulnak.

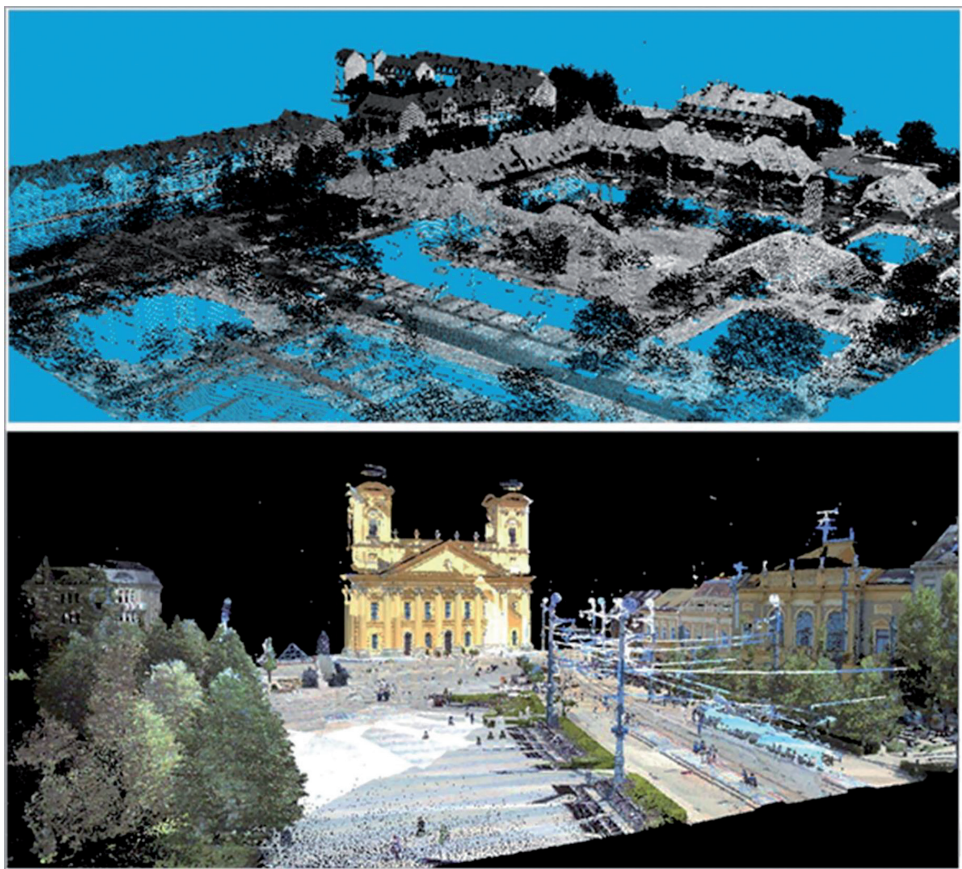
amelyek segítségével olyan mértékben lehet előállítani részletgazdag adatokat, amellyel a hibrid városmodellzés fogalma is új értelmezést nyer (DETRÉKŐI 2010). A lézerszkennerek néhány perc alatt több millió pont 3D koordinátáját képesek megmérni nagy pontossággal. A felmérés eredménye egy térbeli „pontfelhő”, amelyből utólagos kiértékeléssel nyerhető ki a felmért objektumok geometriai adatai (BARTHA–HAVASI 2011; BUDAK et al. 2012). Működési elve alapján egy lézersugár segítségével megmérhető az adott pont és a műszer távolsága, így kiszámíthatók a megmért pont 3D koordinátái. A leglényegesebb különbség azonban a mérés időbeliségében van, hiszen amíg a geodéziai módszerekkel percenként csak néhány pont mérhető, addig a lézerszkennerek több millió pont koordinátáját határozzák meg (BUDAK et al. 2012; RICZU et al. 2015).

A tanulmány azokat a 3D-s lézeres pontfelhő-modellzésen alapuló integrált települési vízgazdálkodási lehetőségeket tekinti át néhány olyan debreceni példán keresztül, amelyek a települési csapadéokra mint a városi hidrológiai rendszerek önálló elemére tekintenek, és a teljes hidrológiai ciklusban történő újrahasznosításában gondolkodnak. A tanulmányban bemutatásra kerül:

- az épületszegmentálás,
- a lefolyási viszonyok értékelése,
- a tetőfelületek kiszámítása, és a tetőfelületek által felfogott csapadékvíz-mennyiség kiszámítása,
- a ciszternatervezés, különböző intenzitású csapadékeseményekkel kalkulálva, és
- az automatikus fadetektálás városi környezetben.

A lézeres 3D városhidrológiai modellezés módszertana

Debrecen város felmérése során elkészített adatállományunk végső kimenetele egy úgynevezett pontfelhő modell. A pontfelhő a valós világ egy olyan modellje, amely sokkal jobban lefedi a vizsgált területet, mint egy hagyományos térkép. A felmért pontok megjelenési formája számítógépen egy térhelyes 3D ponthalmaz. Ennek alapján lehetőségünk van olyan modell előállítására, amely fotorealisztikus képet közöl (1. ábra). Ez nagyban elősegíti a feldolgozott modell teljes kiértékelését, és javíthat a későbbi döntéshozatalon is (SEQUEIRA et al. 1999).

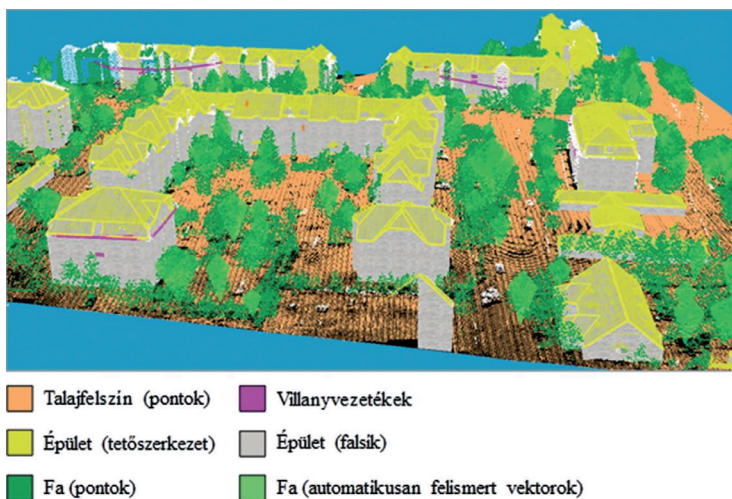


1. ábra

Debrecen külvárosának (felső kép) és főterének (alsó kép) pontfelhős modellje légi, illetve földi mobil lézeres adatgyűjtés eredményeként

Forrás: a Geodézia Zrt. által biztosított modell saját célú kivágata

A pontfelhő alapján a 3D városhidrologiai modellezés legfontosabb feladata a térfelszín modellezése, az azt alkotó tereptárgyak automatizált azonosítása, valamint a terület lehatárolása (LIEDTKE–ENDER 1989). Az így előállított városmodellek térben történő vizualizációja során fog létrejönni a városmodell három dimenzióban (2. ábra). Az objektumfelismerés területén két fő csoportot lehet megkülönböztetni, amelyek a mesterséges tereptárgyak azonosításával foglalkoznak. Az első csoport az épületek felismerése, a másik pedig a felszín egyéb objektumainak (fák, utak, úthálózat) azonosítása (BALTSAVIAS–GRUEN 2003).



2. ábra

A pontfelhőből osztályozott objektumok

Forrás: ENVI LiDAR

A felmért adathalmazban végrehajtott további szűrésekkel megrajzolhatók az egyes tereptárgyak (például a tető élei), és azok találkozásai csoportosíthatók, összevonhatók vagy kiértékelhetők (LANG 1999). A topológiai elemzés eredménye már testváz vagy testmodell (3. ábra), amellyel a tereptárgyak térbeli modelljei megalkothatók (FÖRSTNER 1991; LANG 1999).



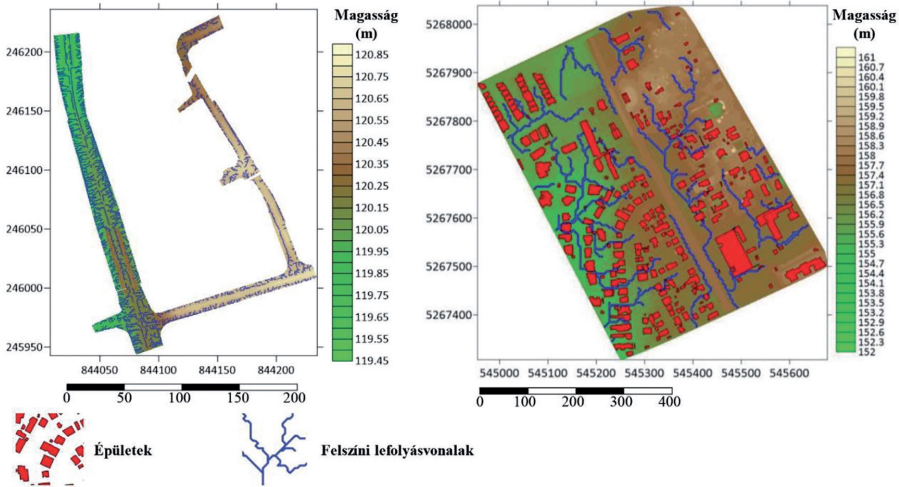
3. ábra

Légi LiDAR-adatokból származó városrészlet 3D-s modellje

Forrás: ENVI LiDAR

A lefolyás és összegyülekezés modellezése

A pontfelhőben történő mérések során felületvizsgálat is történt. E munkafolyamat kapcsán a pontfelhőkivágatokban minden, a földfelszín felett található pontot le kellett vágni a modellből. A vizsgált útszakaszon a víz javarészt az útburkolat szélén, a padkáknál folyik el, továbbá igen jól kivethető vonalas elfolyás követhető végig a villamossínek medreiben összegyülekező víznek köszönhetően. Nincs a belvárosi útszakaszon belül olyan pont, ahol nagyobb összegyülekezés lenne megfigyelhető (4. ábra).



4. ábra

Vízfolyási térkép Debrecen belvárosában (bal) és kertvárosi területein (jobb)

Forrás: a szerzők szerkesztése

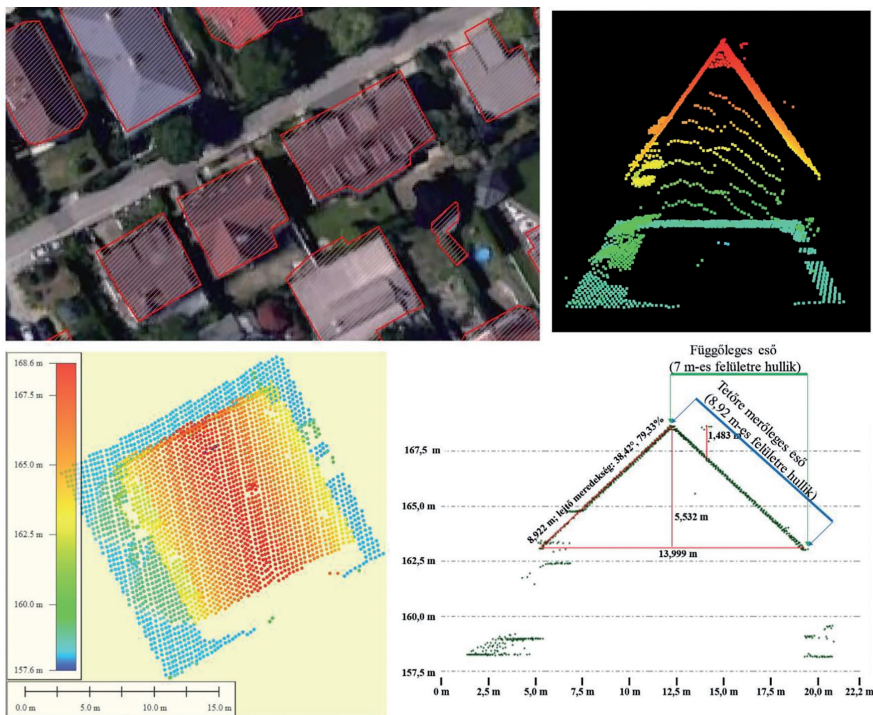
A lakott területek esetében figyelembe kell venni a beépítettség arányát, a burkolt felületek nagyságát. A burkolt felületek miatt a lefolyás mértéke nagyobb, a beszivárgás mértéke kisebb. Minél nagyobb arányú a beépítettség, annál kisebb lesz a beszivárgás mennyisége (MUALEM–ASSOULINE 1996).

A csapadékvíz-hasznosítás lehetőségének értékelése

Mivel a városok jelentős része szilárd burkolattal fedett, és a lehulló csapadék csatornahálózaton keresztül kerül elvezetésre, kevés víz kerül a talajba. Így a városi növények számára általában nem elegendő ez a mennyiség. Ennek eredménye, hogy nagy mennyiségű öntözővizet használnak fel a városokban, ami legtöbbször az ivóvízkészletek terhére történik. Ez a fajta öntözés hosszú távon nem tartható fent. Ennek érdekében a ritkán hullott csapadékot tárolni kell, és azt megfelelő elosztásban kell kijuttatni a növényeknek. Magyarországon igen kihasználatlan az a technológia, hogy a tetőkre hulló esővizet egy tárolóba vezessék,

majd azt öntözésre hasznosítják. A tetőfelületre hulló csapadékvizet csatornarendszeren egy vízgyűjtőbe lehetne vezetni, ahol szűrik, tárolják, majd kijuttatják az öntözendő területre.

A begyűjthető esővíz mennyiségének meghatározásához ismerni kell a tetők felületének méretét, valamint a lakóhely területére vonatkozó csapadékmennyiségi adatokat. Ennek ismeretében választható meg a megfelelő méretű ciszterna, amely a lefolyt vizet gyűjti. Jelen tanulmányban 89 lakóház tetőfelülete alapján készült el csapadékvíz-hasznosítási javaslat Debrecen egy kertvárosias övezetére. A lézeres pontfelhőadatok magassági értékei alapján leválogathatóvá váltak az épületek, majd a lakóházak tetőfelszíne került meghatározásra.



5. ábra

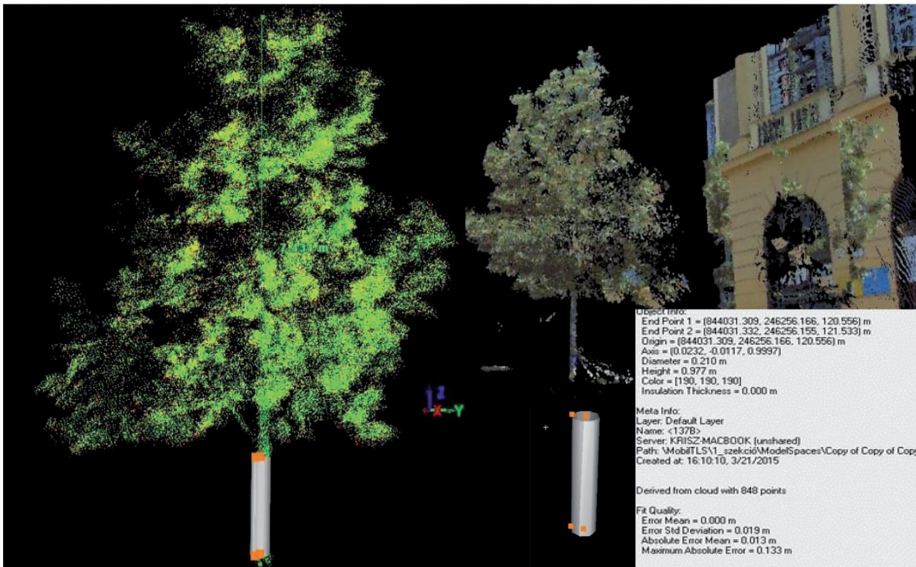
A tetőfelület lehatárolása és számítása

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az épületek együttes tetőfelülete $14\,847\text{ m}^2$ volt (átlagosan: $198\text{ m}^2/\text{telek}$). A Debrecenre jellemző átlagos évi csapadékmennyiséget alapul véve meghatároztuk a 198 m^2 tetőfelület csapadékgyűjtő kapacitását, ami $112,5\text{ m}^3$. Egy átlagos 4 fős család potenciális „szürkevíz” és egy átlagosan 250 m^2 -es telek öntözővíz-szükségletével számolva a fogyasztás dupláját lehetséges csapadékból megszerezni.

Zöldfelület és fadetektálás

A városi pontfelhő modell ökológiai vizsgálaton is áteshet. A vizsgálat során a fák fizikai paramétereinek mérése történik meg magasság, lomb- és törzsátmérő szempontjából. A pontfelhőben látható törzsre feszített 3D-s hengert a programba beépített „fekete doboz” elvén működő algoritmus számítja ki. Minden egyes hengerről számos információ kérhető le, például hány pontból épül fel a vizsgált kubatúra, mekkora az átmérője, valamint milyen hibalehetőségekkel történt a mérés. Ezáltal tudunk következtetni az adott fa törzsének átmérőjére, valamint számítható a fatömeg mennyisége is.



6. ábra

Automatizált fadetektálás földi mobil lézeres adatok alapján, Leica Cyclone szoftverkörnyezetben

Forrás: a szerzők szerkesztése

A lézeres méréseket terepi mérésekkel validáltuk, megmérve 53 darab fa törzsátmérőjét és magasságát. A valós és a lézeres adatok alapján mért törzsátmérők és a fák magassága közötti kapcsolat igen erősnek bizonyult ($r = 0,86$; $r = 0,87$). Más kutatásokkal összhangban (RICZU et al. 2012; 2015) a kapott eredmények alapján a vegetáció pontosan lehatárolható, ezért a technológia zöldfelület vs. beépített terület arányának vizsgálatára, valamint a növényzet életkorának becslésére is alkalmas lehet.

Összefoglalás

A városokban a felszín burkolása miatt a természetes vízmozgás csaknem minden eleme módosul. Kis túlzással a városokban „másképp esik az eső”, a felmelegedett felszíneken nagyobb a párolgás, a csapadék 60–90%-a pedig zárt csatornarendszerbe kerülve kiiktatódik a természetes körforgásból. Ma a mélygarázsok, toronyházak alapozásakor 10-20 méter mélyen is biztosítani kell az aléptímenyeket a vízszivárgás ellen, amely a felszín alatti vízmozgásokat szintén erősen módosítja. Emellett a városok alatti víztartó rétegek alászállása, depressziója általános jelenség. Ezért a vízháztartási egyenleg tér- és időbeli kereteinek megértése elsődleges fontosságú településhidrologiai szempontból. A vízháztartási egyenlet számos elemének mérésére lehet gyors és költséghatékony módszer a lézeres alapú adatgyűjtés és feldolgozás.

A bemutatott eredmények alapján a LIDAR-technológia pontos adatokat biztosított a zöldfelület, a beépítettség, a városi lefolyásviszonyok, a ciszternatervezés és a csapadék-víz-hasznosítás értékelése számára, továbbá részletes kép kapható az épületekről, a növényzet és földfelszín tulajdonságairól is. Továbbá pontosíthatók a lefolyási viszonyokkal kapcsolatos paraméterek (érdességi tényező, a lefolyás iránya, az összegyülekezés térbeli és időbeli alakulása), amelyek kiegészítő információt adhatnak a városi csapadékvíz elvezetéséhez is. Ez a lehetőség további pontos számításokat tesz lehetővé, amiből kiszámolható az összegyűjthető csapadékvíz mennyisége is. Ugyanakkor a képszegmentálás során figyelembe kell venni az olyan hibalehetőségeket, mint a speciális topográfia, a többutas kiterjedés, amelyek nagyban ronthatják a felmérés pontosságát.

Irodalomjegyzék

- ANDA A. – BURUCS Z. – KOCSIS T. (2011): *Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk*. Budapest, Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ.
- BALTSAVIAS, E. P. – GRUEN A. (2003): Resolution Convergence – A Comparison of Aerial Photos, LiDAR and IKONOS for Monitoring Cities. In MESEV, V. ed.: *Remotely Sensed Cities*. London, Taylor & Francis. 47–82.
- BARTELME N. (2005): *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen*. Berlin–Heidelberg, Springer.
- BARTHA G. – HAVASI I. (2011): *Térinformatikai alapismeretek*. Miskolc, Miskolci Egyetem Földtudományi Kar.
- BUDAK, I. et al. (2012): Re-Processing of Point-Data from Contact and Optical 3D Digitization Sensors. *Sensors*, Vol. 12, No. 1. 1100–1126. DOI: <https://doi.org/10.3390/s120101100>
- BULLA M. (2008): *Környezetállapot-értékelés. Magyarország környezeti állapota, monitorozás*. Győr, Széchenyi István Egyetem.
- DETREKŐI Á. (2010): Virtuális földgömbök – 3D városmodellek. *Geodézia és Kartográfia*, 62. évf. 1. sz. 6–9.
- FÖRSTNER, W. (1999): 3D-City Models: Automatic and Semiautomatic Acquisition Methods. In FRITSCH, D. – SPILLER, R. eds.: *Proceedings of Photogrammetric Week '99*. Heidelberg, Wichmann. 291–304.
- LANG, F. (1999): *Geometrische und semantische Rekonstruktion von Gebäuden durch Ableitung von 3D Gebäudeecken*. Aachen, Shaker.

- LIEDTKE, C-E. – ENDER, M. (1989): *Wissensbasierte Bildverarbeitung*. Berlin–Heidelberg, Springer.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-83688-6>
- MUALEM, Y. – ASSOULINE, S. (1996): Soil Sealing, Infiltration and Runoff. In ISSAR, A. S. – RESNICK, S. D. eds.: *Runoff, Infiltration and Subsurface Flow of Water in Arid and Semi-Arid Regions*. Dordrecht, Springer. 131–181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-2929-1_4
- RICZU P. et al. (2012): A 3D lézerszkennő kertészeti alkalmazhatósága. *Agrártudományi Közlemények – Acta Agraria Debreceniensis*, 46. sz. 75–79.
- RICZU P. et al. (2015): Precision Weed Detection Using Terrestrial Laser Scanning Techniques. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 46, No. 1. 309–316. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.989053>
- SEQUEIRA, V. et al. (1999): Automated Reconstruction of 3D Models from Real Environments. *ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 1. 1–22. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(98\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(98)00026-4)

Vákát oldal

Komárominé Kucsák Mónika

A villámárvízi elöntések enyhítése érdekében megnövelt városi zöldfelületek hatásvizsgálata egy konkrét példán keresztül

Bevezetés

Napjaink egyik intenzív hidrológiai jelensége a villámárvíz, amely rendszerint többórás fennakadást okoz városaink életben. A villámárvíz megjelenési helye szerint lehet városi és dombvidéki; mindkét esetben ugyanaz a meteorológiai jelenség okozza a káros következményeket, viszont az okozott problémák egymástól eltérők. A jelenség meteorológiailag egy szupercellából kialakult erős esőzés következménye, ami legfeljebb 6 órán keresztül tart, viszont az ez idő alatt lehulló csapadékmennyiség esetenként egyhavi átlagmennyiséget is meghaladhat. Ebből kifolyólag az intenzitás (mm/s), az egységnyi idő alatt lehullott csapadék magassága az átlagtól eltérő értéket mutat. Az érintett terület lehet egy városrész is, pár hektáros terület, nem feltétlenül jelenik meg az egész településen; emiatt nehezen lehatárolható, nem jelenik meg pontosan ugyanott újra, így nyilvánvalóan egyedi esetekre méretezni csapadékhálózatot nem lehet.

A *zöldfelületi arány* jelenleg becsült értéket jelent a városokban, nem számszerűen megállapított területnagyság. Pontosabb meghatározásra lenne szükség ahhoz, hogy megfelelően tervezhető legyen a csapadékkelvezetés rendszere.

A vizsgált település Vác városa, amely egy közepes méretű település a Duna bal partján. 90%-ban elválasztott csatornarendszerrel rendelkező város, amelynek csapadékvíz-elvezetése a kertvárosias részekben nyílt árokkal, belvárosi részen csapadékvíz-elvezető csatornákkal történik. A településen több helyen fordul elő nagy csapadékjelenség, ami az elmúlt 10 év adatai alapján két évente okoz a közlekedésben problémát. Vác Deákvárnak nevezett részén jelenik meg többnyire a villámárvíz jelensége, ami jó pár órára megakasztja az átjárást a városrészek között.



1. ábra

Naszály úti aluljáró és a Telep utca a 2016. július 28-ai esőzés után körülbelül egy órával

Forrás: www.facebook.com/photo.php?fbid=214755918922260&set=p.214755918922260&type=3&theater,
www.vaconline.hu/esemenyek/felhoszakada-s-utan-ozonviz-9.html

A kérdés, hogy adott esetben a zöldfelület, zöldinfrastruktúra növelésével mennyire lehet növelni a lefolyás időtartamát, illetve csökkenteni az elöntés mértékét. Gyakorlatilag összecseng ez a megoldási lehetőség *Az európai vízkészletek megőrzésére irányuló terv (Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources)* című vidékfejlesztési dokumentum célkitűzéseinek egyikével, annak egyik megoldási lehetőségével, amit úgy nevez a szakirodalom, hogy a *természetes vízmegtartást segítő intézkedések használatának maximalizálása (zöldinfrastruktúra)*.

Zöldfelületek

A 253/1997. (XII. 20.) számú kormányrendelet az Országos Településrendezési és Építési Követelményekről (a továbbiakban: OTÉK) meghatározza, hogy mi a zöldfelület: „Telek zöldfelülete a teleknek a 25. § (1) bekezdése szerinti azon növényzettel borított területe (legkisebb zöldfelülete), ahol a termőtalaj és az eredeti altalaj, illetve a talajképző kőzet között nincs egyéb más réteg.” A rendelet 25. §-ában említett 5. számú melléklet lehetővé teszi a különböző termőréteg-vastagságú tetőkertek és a befuttatott homlokzatok bizonyos arányban való beszámítását, de teljes értékű, 100%-ban számítható zöldfelület csak a fenti meghatározású, aléépítetlen, közvetlen altalaji kapcsolattal rendelkező zöldfelület lehet. A beszámítás kritériuma a legalább 10 m² nagyságú egybefüggő tetőkert. Extenzív (8–20 cm szubsztráton lévő növényzet) tetőkert csak 15%-ban számítható be, ugyanakkor egy intenzív, minimum 80 cm termőréteg-vastagságú tetőkert 75%-a számítható be zöldfelületnek. A vízfelületek is beszámítanak a zöldfelület-számításba, amennyiben mesterséges vízfelületről van szó, de kialakult már annak vízi élővilága, szintén 75%-a számítható zöldfelületnek, míg egy természetes víztest (folyó, tó) egész területe annak számít [253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet].

E téma esetében a *mesterséges víztestek (vízfogók) tározóként* jöhetnek számításba, amit a zöldfelület-számításnál másként kell figyelembe venni. A helyi településrendezési, településfejlesztési terveknek és környezetvédelmi programoknak a zöldfelület-gazdálkodás részét kell képezniük. (Vácról e tekintetben bővebben a *Zöldfelületarány a vizsgált területen* című alfejezetben esik majd szó.) A zöldfelületi mutató megadja a zöldfelület területének és a telek területének %-ban kifejezett mértékét.

A növekvő intenzitás és a vízkészletek megőrzése

Összességében az évi csapadékmennyiség közel 6%-os csökkenést mutat az extrém csapadékjelenségek statisztikailag növekvő tendenciája mellett, amit Budapestre vonatkozólag a következő ábra szemléltet:



2. ábra

Legmagasabb csapadékösszegek évente – Budapest, 1998–2017

Forrás: a szerző szerkesztése

A lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa országosan körülbelül 1 mm-rel növekedett, ami azt jelzi, hogy a csapadék rövid ideig tartó, intenzív csapadékjelenségek során éri el a földfelszínt. Ez a csapadékmennyiség az ország északi területein eléri a 2 mm-t, déli területeken alig éri el az 1 mm-t. A rövid idejű intenzív mért csapadéksorok elemzése szükséges a mérnöki gyakorlatban, akár a csatornák méretezésénél, vagy egy adott csapadékesemény eróziós indexének számításánál. A *Blueprint* az EK irányelveit követő vízstratégia egy dokumentuma, ami elsősorban szabályozási változtatások révén kíván eredményt elérni a földhasználat, a vízszennyezés (új szennyezőanyagok figyelembevétele, például peszticidek, gyógyszerek, gyógyszermaradványok), a hatékony vízfelhasználás terén. Fontosnak ítéli a környezeti hatásvizsgálatok és a stratégiai környezeti vizsgálatok elvégzését (például vízenergia-hasznosítás, folyami hajózás stb. terén).

Vízarázást és vízszámlakészítést javasol, ami azt mutatná meg, hogy egy adott vízgyűjtő területre mennyi víz folyik be, és mennyi víz távozik el, így a vízgazdálkodásban

világosan és egyértelműen láthatóvá válna, hogy mekkora mennyiségű vízzel lehet gazdálkodni egy-egy területen. Legfontosabb célkitűzések:

- vízfelhasználás csökkentése a mezőgazdaságban,
- a vízfogyasztás tudatosítása (például a globális kereskedelem tárgyát képező javak virtuális víztartalma),
- a *természetes vízmegtartást segítő intézkedések használatának maximalizálása (zöldinfrastruktúra)*,
- a vizet hatékonyan használó berendezések az épületekben,
- a víz újrafelhasználásának maximalizálása,
- az árvíz kockázat csökkentése, az aszály kockázat csökkentése,
- jobb tudásalap,
- szennyezés kérdésének megoldása (*Blueprint to Safeguards of Europe's Water*).

A vizsgált terület

Vác város domboldalon fekvő *Deákvár* elnevezésű része: alsó pontja egy vasúti átjáró 114 mBf-en, ahol többször okozott fennakadást a hirtelen lezúduló csapadék. A terület folyamatosan emelkedik, átlagosan 1,4%-os lejtéssel, mindez 1,93 km hosszan. A felső pont magassága 141,45 mBf. A felfelé vezető út kétsávos betonút, körülötte kertvárosias beépítésű terület hiányos csapadékvíz-elvezetéssel. A vizsgált városrész 1,77 km² területű.

Zöldfelület aránya a vizsgált területen

A helyi építési szabályzat [Vác Város Önkormányzat 15/2003. (IV. 29.) számú rendelete Vác Város Építési Szabályzatáról] 24. §-a („Beépítésre szánt területek általános előírásai”-ról) 9. pontja rendelkezik a kötelező zöldfelület kialakításáról, ami a 2008-as módosítást követően a következőképpen alakult:

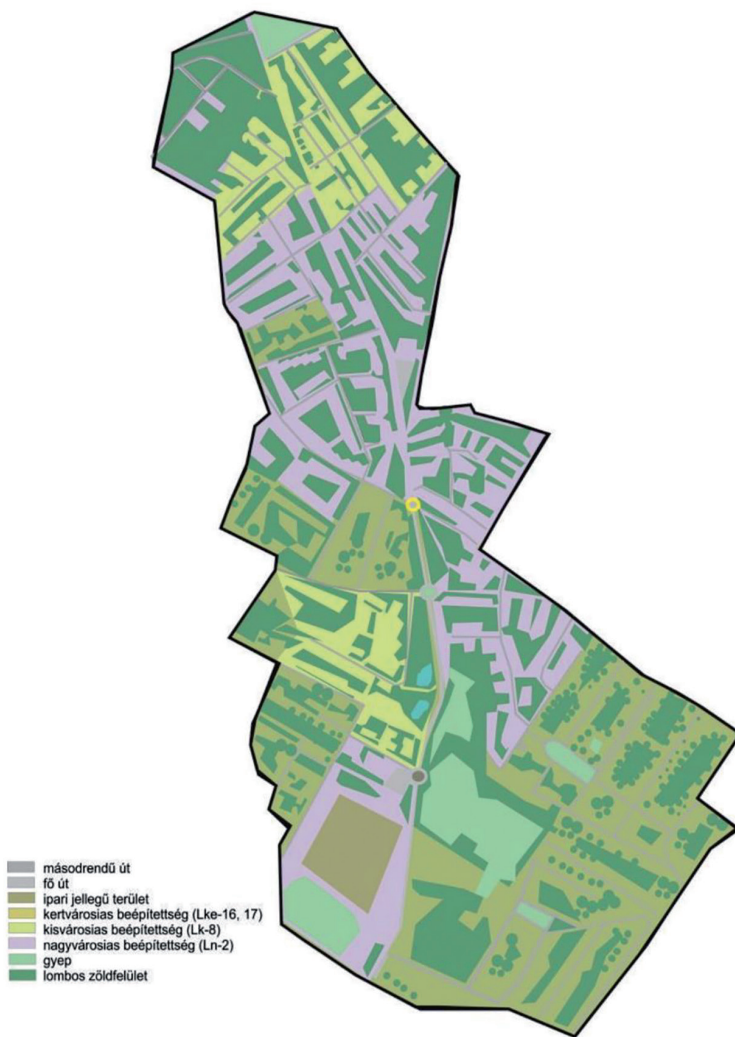
- a) A beépítésre szánt övezetekben a beépítetlen telkeken:
 1. a telek végleges beépítéséig a terület 80%-án zöldfelületet kell kialakítani
 2. a beépítés után a kötelező zöldfelület mértékéig.
- b) A zöldfelületi kötelezettség érinti mindazokat a beépített telkeket, amelyeknél
 3. 30%-nál nagyobb kötelező zöldfelületi arány meghatározása esetén a kialakítandó zöldfelület legalább 35%-át fásítani kell.
 4. 30% vagy annál kisebb kötelező zöldfelületi arány meghatározása esetén a kialakítandó zöldfelület legalább 50%-át fásítani kell.
 5. Az Szabályozási Terven speciálisan meghatározott beültetési kötelezettségű telkeken az „önkormányzati erdőprogram” megvalósítása érdekében a kötelező zöldfelület legalább 80%-át fásítani kell. (15/2003. számú rendelet Vác Város Építési szabályzatáról)

A város deákvári részének vizsgált területei nagyrészt a kertvárosias kategóriába (a továbbiakban: Lke) esnek, kisebb részük kisvárosias (a továbbiakban: Lk) beépítettségű, viszont a lakótelepek és környékük nagyvárosias beépítettségűnek (a továbbiakban: Ln) számítanak.

Az OTÉK alapján a *kötelező zöldfelület* (zöldfelületi minimum) számításánál teljes területi értékkel csak a növényzet telepítésére alkalmas (legalább 100 cm termőtalaj vastagságú, burkolatlan) felületeket lehet figyelembe venni (lásd 2. fejezet). A falra futtatott összefüggő zöldfelület 15%-a, a mesterséges vízfelületek 70%-a vehető figyelembe a kötelező zöldfelület számításánál. A kötelező zöldfelületi fedettség biztosításánál az építmény felett kialakított zöldfelületet (tetőkert) a tetőkerten lévő termőréteg vastagságától függően – a kötelező zöldfelületi fedettség részeként – az alábbiak szerint lehet számításba venni:

- a) legalább 20 cm termőréteg esetén a tetőkert területének 20%-a vehető számításba,
- b) minden további 10 cm vastag termőréteg biztosítása esetén a kötelező zöldfelületi fedettség biztosításánál figyelembe vehető tetőkerti területrész további 10-10%-kal növelhető [253/1997 (XII. 20.) kormányrendelet].

A jelenlegi zöldfelület aránya a vizsgált területen, térképi számítások alapján: 65%, ami 1,15 km². Ebbe a zöldfelületbe nem tartozik tetőkert, zöldfal, zöldtető. Tovább emeli a zöldfelület-borítás mértékét a két mesterséges víztározó, amelyek felszínének 70%-a adódik hozzá ehhez az értékhez. A víztározók (helyi szóhasználatban vízfogók) 1760 m² és 635 m² vízfelülettel rendelkeznek, ennek 70%-a 1676,5 m². A jelenlegi felmért helyzet alapján a víztározók nem működnek rendeltetésszerűen, azaz nincsenek üzemeltetve megfelelően. A mért adatok alapján a tavak a jelenlegi feliszapolódott állapotban 4,3 m mélyek, 45 fokos rézsú a mederfaluk, és a vízfelszín területe 635 m² és 1760 m². A felső tó körülbelül 30 m széles és 1760 m² területű, míg az alsó 27 m széles és körülbelül 635 m² területű, a meder érdessége 0,08, mivel bokrokkal, nádassal, gyomokkal és fákkal benőtt terület. A felső talajréteget, amely a feliszapolódott vastagság, 1 m vastagnak feltételeztem. A szikkasztásra képes talaj vastagsága szintén 1 m. A felső tó maximális térfogata körülbelül 7020 m³, míg az alsó tározó 2144,12 m³ víz befogadására képes. A nem megfelelő karbantartás és mederkostrás elmaradása miatt a mederfenék feliszapolódott, ami miatt a tározók befogadóképessége körülbelül 15%-kal csökkent. Így a felső tó jelenlegi befogadóképessége 6028,33 m³, az alsó tóé pedig körülbelül 1901,18 m³. A karbantartás után a tározók 1200 m³-rel több víz tározására lennének alkalmasak, ezzel is csökkentve a lefolyó víz mennyiségét.



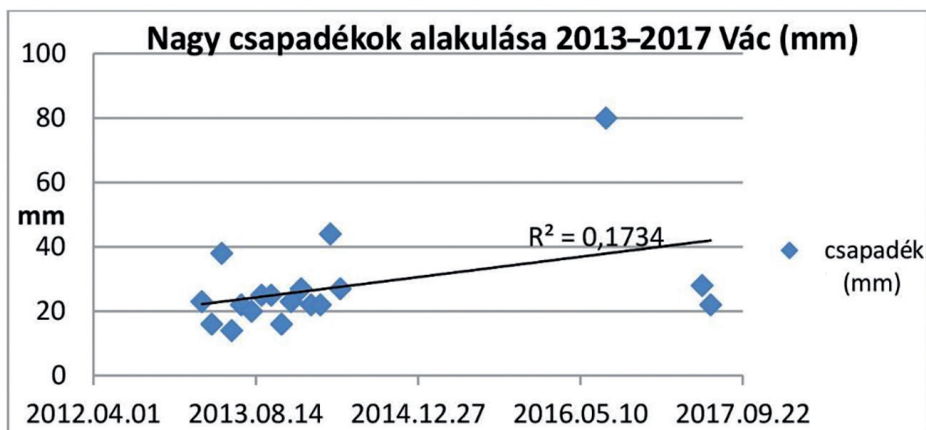
3. ábra

Vác város Deákvár nevű részének zöldfelületaránya

Forrás: a szerző szerkesztése

Csapadék jellemzőinek alakulása a vizsgált területen

Vác város esetében a nyáron mért csapadékadat-halmazból kiemelve a napi 15 mm-nél nagyobb csapadékeseményeket, az elmúlt 5 év alatt növekvő tendencia figyelhető meg. Az illesztett regressziós egyenes R értékéből látható, hogy a becült adatok kevésbé illeszkednek a mért adatokhoz, tehát teljes statisztikai biztonsággal nem bizonyítható a növekedés.

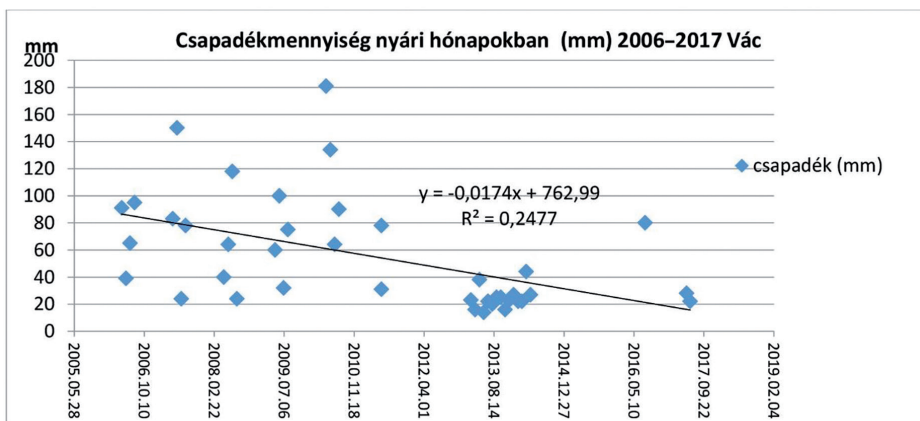


4. ábra

Nagy csapadékok alakulása Vácott, 2013–2017

Forrás: a szerző szerkesztése

A csapadékmennyiségre vonatkozó nyári adatsorból (május–augusztus) látható, hogy a csapadék mennyisége 2006-tól 2017-ig, Vác térségében csökkenő tendenciát mutat. Ennek ellenére foglalkoznunk kell a hirtelen jött nagy csapadékeseményekkel. Amennyire lehet, a csapadékelvezetés tervezését adaptálnunk kell a jelen tendenciákhoz, még akkor is, ha azok statisztikailag nem bizonyíthatók. Ennek oka a rövid időintervallum. „Ahol súlyos vagy visszafordíthatatlan kár fenyeget, a teljes tudományos bizonyosság hiánya nem használható fel indoklásként a környezetromlást megakadályozó, a hatékonysággal arányos költségekkel járó intézkedések elhalasztására.” (UNEP 1992)



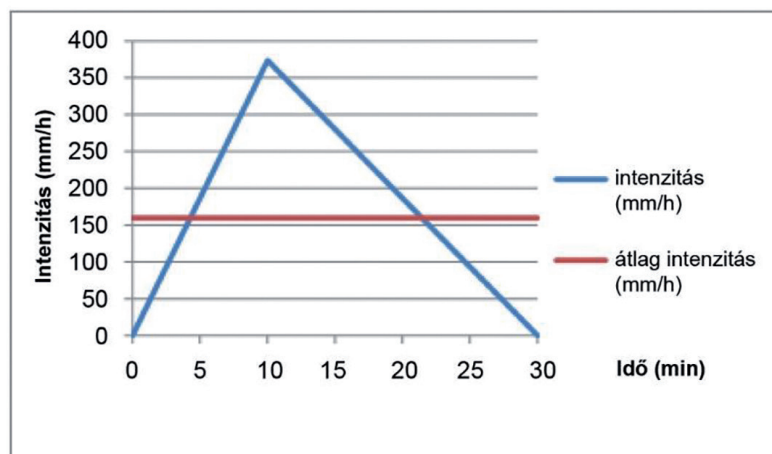
5. ábra

Nyári csapadékmennyiség Vácott, 2006–2017

Forrás: a szerző szerkesztése

Csapadékinintenzitás a vizsgált időszakban

A vizsgált csapadékesemény során 80 mm csapadék hullott le viszonylag rövid idő alatt. 30 percnek véve a csapadék időtartamát a csapadékmodell egy hirtelen felfutó majd lassan csökkenő függvény, mivel ez adja vissza leghűebben a heves zivatarok lefolyását. A csapadékinintenzitás átlagos értéke a már ismert képlet alapján $80/0,5 = 160$ mm/h volt.



6. ábra

Csapadékinintenzitás a vizsgált időszakban

Forrás: a szerző szerkesztése

A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése a vizsgált időszakban

A vizsgált csapadékesemény idején bekövetkező csapadékvíz-elvezető rendszer működését SWMM (*Storm Water Management Model Version 5.1.012 with Low Impact Development Controls*) szimulációval vizsgáltuk. A szimuláció alapján a vízgyűjtő területekről való lefolyás 5 óra elteltével szűnt meg. Az első 1 órában a területek nagy részén 0,5 l/s feletti volt az érték. A csövekben a víz sebessége 2,5 óra elteltével csökkent 2m/s alá. Az első 1 órában a csövek telítettsége több szakaszon is 100% felett volt, vagyis az aknában is megemelkedett a vízszint, és akár elöntés is bekövetkezhetett. Az aknában álló víz magassága nagyrészt 1 m alatt maradt, a többi esetben maximum 5 m volt, ami szintén utalhat kiöntésre. Általánosságban elmondható, hogy a legmagasabb vízállások, vízhozamok 15 perc eltelte után jelennek meg, mivel addigra az intenzitás eléri maximumát, illetve a második hullám körülbelül 30 perc eltelte után jelentkezik, amikor a távolabbi csatornákból leér a víz az alacsonyabb szintekre.

A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése csendes eső esetén

A rendszer csendes eső esetén a következőképpen viselkedett az SWMM modell alapján: a vízmagasság sehol sem haladta meg a kritikus magasságot. A csővezetékek kihasználtsága 25% alatt maradt. A csőrendszerben a szállított csapadék sebessége sehol sem lépte át a 2m/s-os sebességet. A csatornában való lassú lefolyást mutatja, hogy még 6 óra elteltével is voltak olyan csőszakaszok, ahol vízmozgás történt (0,01–1,0 m/s).

A meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer viselkedése átlagos intenzitású csapadék esetén

Az intenzitás növelésével a rendszer ebben az esetben is rendben lefutott (folytonossági hibák: felszíni lefolyás/*Surface Runoff*: -0,25%, áramlási útvonal/*Flow Routing*: 0,07%, amelyek 5–10%-ig elfogadhatók). Az egyes vízgyűjtő területeken végbemenő lefolyás túlnyomórészt 0,5 l/s felett volt, kis részben volt 0,01 és 0,5% között. Ezek az értékek az idő előrehaladtával egyre kisebbek lettek a csapadék intenzitásának csökkenése miatt. A területekről a lefolyás 4 óra elteltével szűnt meg. A csővezetékek kihasználtsága mindenhol 50% alatt maradt, a 25 és 50% közötti kihasználtság csak néhány szakaszon keletkezett 30 perc elteltével. Csatornából való kiöntés sehol sem jelentkezett, és 6 óra elteltével is volt olyan csőszakasz, ahol 0,01 és 1,0 m/s között volt a víz sebessége.

A zöldfelület növelésének lehetséges módjai

Egy gyakorlati példán keresztül könnyebben követhető a zöldfelület-növelés lehetséges módja városi területen, illetve annak villámárvízre gyakorolt hatása is jobban modellezhető. *A kérdés, hogy jól megtervezett zöldfelület-gazdálkodással csökkenthető-e a városokban megjelenő villámárvizek nagysága és annak káros hatásai.* Mivel a városok erősen beépítettek, ami a jelen esetben Vác város vizsgált városrészére is jellemző, így újabb *valódi zöldfelületek* létrehozása nehézkes vagy kizárt. Problémát jelent még a nyílt árokrendszer rendezetlensége, illetve az új építésű házaknál a csapadékvíz elvezetése, növelve ezzel a villámárvíz kialakulásának kockázatát.

Zöldtetők

Zöldfelület növelésére a legalkalmasabb, de nem a leghatékonyabb módszer a zöldtetők építése. A vizsgált városrészen is több négyemeletes (nem panel) lakótömb található, ami potenciális terület lehet a zöldtetők kialakítására. Ezzel a tetőkre kerülő csapadékvizek jelentős hányada nem a csatornába kerülne elvezetésre. Zöldtető alkalmazható a lakóparkos, lakótelepes területeken, hiszen itt jelentős lapostetős felületek vannak, amelyekről a ráhullott csapadékvíz csaknem teljes egésze a csatornába kerül. A zöldtető a városi zöldfelület arányába a számolt zöldtetőterület 10%-ának figyelembevételével számít be, vagyis a 17 500 m² zöldtető 1750 m² zöldfelületként jelenne meg. Ezzel a nagyvárosias beépítettségű területek (50 943,3 m²) zöldfelületének aránya 28 750 m²-re emelkedne,

a jelenlegi 53%-os beépítettséghez, azaz a 26 999, 949 m² zöldfelülethez képest. A zöldtetők megépítésével a lefolyás aránya csökkenthető; ami a konkrét példa alapján a következőképpen alakul:

1. táblázat
Beépítettségi területek zöldfelületaránya

Felületek	Beépítettség típusa	Ln	Lk	Lk
	zöld	0,53	0,59	0,82
	tető	0,27	0,26	0,10
	út	0,20	0,15	0,08

Forrás: a szerző szerkesztése

A lefolyási tényező a következő képlet alapján számítható:

$$\psi = \frac{\psi_{út} \times A_{út} + \psi_{tető} \times A_{tető} + \psi_{zöld} \times A_{zöld}}{\Sigma A}$$

$\psi_{út,tető,zöld}$ az egyes felületek lefolyási tényezője,

$A_{út,tető,zöld}$ a különböző felületek nagysága [ha]

ΣA a teljes terület nagysága, jelen esetben 1 ha

Az így kapott lefolyási tényezők a következők:

Ln esetén $\psi_1 = 0,60$; Lk esetén $\psi_2 = 0,56$; Lke esetén $\psi_3 = 0,41$

Minden vízgyűjtő terület esetén meg lett határozva az utak, a tetőfelületek és a zöldfelületek aránya, majd hozzá lett rendelve a megfelelő burkoltsági fok és az ahhoz tartozó lefolyási tényező. Az egyes területek lefolyási tényezője a terület burkoltságához leginkább közelítő referenciaterület lefolyási tényezőjével került meghatározásra. A területekhez tartozó lefolyási tényezők csökkenése megfigyelhető volt a zöldfelület növekedésével, átlagosan 0,56-ról 0,41-re csökkent az érték. Tehát az Ln területen nagy tetőfelület áll rendelkezésre, így olyan lefolyást tudunk elérni a zöldtetővel, mint az Lke övezetekben eredetileg fellépő lefolyási érték.

A Fürj utca, Rigó utca, Tölgyfa utca és Akácfa utca környezetében lakótelepek található nagy tetőfelületekkel, amelyeket zöldtetővé lehetne alakítani. A Deákvári főtérről – Eperfa utca – Naszály út közötti területen szintén nagy felületű lapostetős épületek állnak, ezeken is létre lehetne hozni zöldtetőt, mivel téglapostterek. A szimuláció alapján ezeken a területen az aknáknak is megemelkedett a víz, így ezen aknákból való kiöntés kockázatát is csökkenteni lehet a csatornák vízhozamának csökkentésével. A modellezés már betervezett zöldtetőkkel számolva 25 részvízgyűjtőből 18-nál jelentős csökkenést mutatott a lefolyási tényező tekintetében (akár két burkoltsági szinttel lejjebb is kerültek). A tervezett zöldtetők 3 rétegből állnak: egy felső felületből, a talajrétegből és egy vízelvezető szőnyegből. A felület maximum 20 cm magas gyeppel, aminek a Manning-féle érdességi tényezője a program

ajánlása alapján 0,15, a lejtése pedig 1%. A talajréteg 10 cm vastag (a program ajánlása 7,5–15 cm), a többi jellemzőit a program alapbeállításán hagytam. Az alsó vízelvezető szőnyeg az alapbeállítás szerinti 3 inch (kb. 7,6 cm) vastagságú. A program lefutása után hossz-szelvényeket vizsgáltunk ugyanazokon a csatornaszakaszokon, ahol előtte jelentősen megemelkedett a vízszint, és most zöldtető lett megadva. Az elvártaknak megfelelően valamivel csökkent az aknákban lévő vízmagasság, ám így is lehetséges kiöntés (Fűrj utca). A kialakítást önkormányzati (állami) hozzájárulással lehetne megoldani, ugyanakkor az üzemeltetési költségek és üzemeltetési munkálatok a lakóházak közös költségét terhelné.

Esőkertek létrehozása

A zöldfelületek növelése mellett javítható a növényzet vízfelszívó képessége is. Ehhez jó megoldást nyújt az esőkert, amely a szakirodalom szerint egy sekély medence, benne ültetett őshonos növényekkel és fűvel (lásd: www.raingardennetwork.com, a letöltés időpontja: 2018. 03. 17.). Először az 1990-es években alkották meg az Egyesült Államokban, ahol az alkalmazása egyre elterjedtebb (BRAY et al. 2012). A rendszert a területeken honos növényekkel borított vízmegtartó talajréteg, az alatta elterített kavicsos, murvás réteg és az abban elhelyezett dréncső alkotja. Utóbbi összegyűjti és elvezeti az el nem szikkadt csapadékvizet a csatornába, de fő feladata, hogy megakadályozza az esővíz csatornába való jutását; helyette a talajba vezeti azt. Az esőkert fontos tulajdonsága, hogy miközben visszajuttatja a vizet a talajba, meg is tisztítja a csapadékvizet. A növényzet kiszűri a szennyező anyagokat; a nehézfémek több mint 90%-át, a nitrátok, nitritek és szénhidrogének 100%-át (HIVER'T-KLOKNER 2012). A vízelszívás és -tisztítás mellett a terület élőlényei – madarai, rovarai – számára is ideális életteret biztosít, mindemellett esztétikus megjelenésű is. Esőkertek kialakíthatók közterületeken – ahol fontos feladata a szennyező anyagok kiszűrése – és magánkertekben egyaránt, ahol az ereszcatornán az esőkerthez vezetett tetővizet szikkasztja el. Fenntartása egyszerű, és telepítése hosszú távon költségkímélő. Vácott több helyszín is alkalmas esőkert építésére. A telkeken belül kiépített tetőfelületekről összegyűjtött vizeket lehetne a kertekbe vezetni a csatorna helyett. A módszer lakótelepi nagy, lapostetős épületek esetében, az épületek közötti füves területeken, és családi házas övezetben is egyaránt létrehozható. A közterületek burkolati vizeit is lehetne esőkertekbe vezetni, ami a csatorna tehermentesítése mellett környezetkímélő, hiszen a burkolatról összegyűjtött szennyezett csapadékvíz nem a környezetet és a csatornán keresztül a befogadót szennyezné, hanem helyben megtisztulna, és a talajba jutna. A Gombási út és Naszály út mentén a burkolati vizek befogadására szolgáló út menti zóldsávok, füves zöldfelületek alkalmasak lehetnek esőkert kiépítésére. Telepíthető lenne akár kis mélységű földmedrű vagy rossz állapotú (például terméskövel) burkolt árkokba is, így az árkokban összegyűlt csapadékvíz nem a csatornát terhelné, hanem helyben történne szikkasztás. Az Újhegyi út, Deákvári főút, Radnóti út – amelyekről a Naszály út felé folyik a csapadék – mentén a kétoldali füves sávban kialakított szikkasztók csökkentenék a lefolyást, és az úttestről vízzel lekerülő szennyezőanyag akkumulálása, lebontása helyben megtörténne, továbbá a lefolyást 75%-kal csökkentené a szakirodalmi adatok alapján (lásd: *Ekostaden Augustenborg*). Az esőkertek kialakítása nem került e munkában kidolgozásra, mivel a már meglévő rendszer megfelelő működésével nem lenne szükség a kialakításukra.

A meglévő rendszer maximális kihasználása

Az árkok karbantartása

A vízvezetés részét képezik a nyílt árkok, amelyeknek medre jelenleg nagyrészt növényzettel borított. Az elburjánzott növényzet miatt a csapadékvíz nehezen tud elfolyni, a rendszer sokszor feliszapolódik a megfelelő vízsebesség hiánya miatt. A csapadékvíz-elvezető árkok az önkormányzat tulajdona, de karbantartását lakott területen a lakó köteles elvégezni. A Naszály út mellett két víztározó került kialakításra, amelyek feladata a csapadékvíz ideiglenes tározása lenne. A két „vízfogó” feliszapolódott, nagy méretű zöld vegetáció borítja.

Vízkezelés

Megfelelő vízkezeléssel (a víz célzott irányításával árkok, belvízesatornák között, továbbá a víz visszatartásával, majd továbbvezetésével) a meglévő rendszer is jobban működne nagy csapadék esetén. Az 5.2. fejezetben tárgyalt utak hosszú (Radnóti út 744 m, Újhegyi út 620 m, Deákvári főút 438 m), burkolt felületűek. A két utóbbi a Naszály útra körforgalommal kapcsolódik, ahol kétoldalt van egy-egy víznyelő mindkét útnál. Amennyiben az utak és a körforgalom találkozásánál D400 terhelési osztályú folyóka telepítése megvalósításra kerülne, egész útszélességben csökkentené a Naszály útra való lefolyást. Így a körforgalmaknál két-két folyóka kialakítása lenne célszerű, menetirány szerinti jobb oldalon, illetve a Naszály út körforgalommá szélesedésénél. Az így összegyűjtött csapadékvíz továbbvezethető lenne a nyílt árkokba, ami a fent említett csapadékvíz-tározókhoz kapcsolódik. A kifolyásnál egy bukóakna van; javaslatunkra tervezik egy tolózár beépítését, hogy az ott összegyűlt csapadékvíz a nagycsapadék-jelenség lefolyása után a csapadékhálózatra terhelhető legyen. Ennek viszont csak akkor van értelme, ha a csapadékvíz-elvezetés megfelelően működik, és a csapadékvíz eljut a tóig, majd végül a Dunáig.

A vizsgált időszakban a Naszály úton lefolyó víz jelentős gondot okozott, mivel homokot is szállíthatott magával. Az aluljáróban lévő csatorna ezt a vízmennyiséget is el tudta volna vezetni, ám a víz be sem jutott a csatornába, mivel a víznyelők eltömődtek.

Ahhoz, hogy a víz maradéktalanul a csatornába juthasson, szükséges megnövelni a víznyelőfelületek nagyságát. Ebben az esetben további víznyelőket lehetne beépíteni (a Naszály úton több helyen is 50–130 m-re vannak egymástól a víznyelők – ezeket manapság 30–50 m-re helyezik el egymástól), az eltömődés mértéke pedig csökkenthető lenne a víznyelőrácsok nagyságának növelésével: hasonlóan a fent említett körforgalmakhoz, D400-as terhelésű folyókák kialakításával és rendszeres karbantartással.

Összefoglalás

Jelen munka célja a zöldfelület-növelés lehetséges módjainak vizsgálata, illetve a már meglévő infrastruktúra megfelelő használata, vízkezelés módjainak kialakítása, amellyel a nagy csapadékjelenségek, villámárvizek negatív hatása csökkenthető. Egy kisvárosi példa alapján Vác (33 475 lakos) igyekeztem bemutatni a vizsgálat lépéseit: a megoldási, illetve

enyhítési lehetőségeket. A vizsgálat alapját a 2016. július 28-án bekövetkezett villámárvíz (nagy, 80 mm csapadékmennyiség) hatására kialakult probléma képezte. Az 1 óra alatt leesett csapadékmennyiség majdnem elérte a július havi átlag-csapadékmennyiség mértékét, ami 98 mm. A vizsgálat során kiderült legfontosabb eredmény, hogy a város deákvári része, annak ellenére, hogy lejtős területen fekszik, nagy csapadékvíz elvezetésére is képes lenne megfelelő csapadékhálózat-üzemeltetéssel és vízkormányzással, valamint zöldfelületek kialakításával, leginkább zöldtetők kiépítésével. A vizsgálatban az ehhez alkalmas lakóházak tetőfelületi nagyságának 10%-a 1750 m² lenne. Ez a zöldfelület-növekedés a lefolyást két értékkel alacsonyabb lefolyási tényezőre konvertálná, azaz L_n esetén $\psi_1 = 0,60$ érték 0,41 lenne, amit az SWMM-szimuláció is alátámaszt. További, alaposabb vizsgálatok szükségesek a zöldtetős rendszerek kialakításához, ami már inkább építészmérnöki tevékenység. A vizsgálatban vázolt koncepció alapot adhat egy jövőbeni fenntarthatóbb csapadékvíz-gazdálkodáshoz.

Irodalomjegyzék

- BRAY, B. et al. (2012): *Rain Garden Guide*. London, RESET Development. Elérhető: <http://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UKRainGarden-Guide.pdf> (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- Ekostaden Augustenborg – on the way towards a sustainable neighbourhood* (2016). Elérhető: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo/augustenborg-brochure.pdf> (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- EURÓPAI BIZOTTSÁG (2012): *Az európai vízkészletek megőrzésére irányuló terv*. {SWD(2012) 381 final}, {SWD(2012) 382 final}. Elérhető: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/%20LexUriServ.do?uri=COM:2012:0673:FIN:HU:PDF> (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- HIVER'T-KLOKNER Zs. (2012): Megfogja a városi áradásokat az esőkert. *Origo.hu*, 2012. 05. 15. Elérhető: www.origo.hu/kornyezet/20120509-megfogja-a-varosi-aradasokat-az-esokert-olcsobb-es-kornyezetbaratabb-mint.html (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- Hydraulic Roughness (Manning's n) Values of Conduits and Channels* (2014). Elérhető: www.oregon.gov/ODOT/GeoEnvironmental/Docs_Hydraulics_Manual/Hydraulics-08-A.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- RAIN GARDEN NETWORK (s. a.): *What is a Rain Garden*. Elérhető: www.raingardennetwork.com/what-is-a-rain-garden (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- SZOLNOKY Cs. (1988): *Hidrológia és áramlástan*. Budapest, Szent István Egyetem.
- UNEP (1992): *Környezet és Fejlődés ENSZ Konferencia, Rio de Janeiro*.

Rendeletek

253/1997 (XII.20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről
15/2003. számú rendelet Vác Város Építési szabályzatáról

Vákát oldal

Csapadékesemény hatása a mozgóágyas biofilmreaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára

Bevezetés

A szennyvízkezelési technológiák tisztítási hatékonysága a rendelkezésre álló biomassza tömegétől függ. A biomassza elsősorban olyan mikroorganizmus-csoport, amely a szennyezőkomponensek lebontásáért felelős. A biomassza lehet lebegő (szuszpendált) vagy helyhez kötött. Előbbit eleveniszapos, utóbbit pedig fixfilmes vagy biofilmes rendszernek nevezzük. Mindkét esetben a lebontási folyamatok azonosnak tekinthetők, azonban a rendszer kialakításában és üzemeltetésében eltérnek. Ebből következően az egyesített csatornahálózatból csapadékesemények hatására érkező többletvízhozamra is eltérően reagálnak. Jelen kutatás célja, hogy a két rendszert ilyen szempontból összehasonlítsa, vagyis olyan kérdésekre keressük a választ, hogy a szennyvíztelepre érkező többlet hidraulikai terhelés a biológiai medencében található biomasszát milyen mértékben mossa ki, és ez milyen hatással van az elfolyó kezelt víz minőségére? A kutatás fontosságát mutatja, hogy a globális klímaváltozás is hatással van a többlet hidraulikai terhelések gyakoriságára; az előrejelzések szerint 2090-re közel megduplázódik az extrém esetek száma (O'NEILL 2010).

A kimosódás tényét többen is detektálták, azonban a számszerűsítésére kevés példa áll rendelkezésre (STANIA et al. 1994). A biológiai többletfoszfor-eltávolítás a hidraulikai terhelés változására különösen érzékeny; a csapadékesemény utáni regenerálódáshoz legalább egy hónap szükséges (KJØRLAUG 2013). Ezen túlmenően a csatornahálózatban korábban leülepedett anyagok a telepre bekerülhetnek, növelhetik a partikulált KOI frakciót. Azonban fontos megjegyezni, hogy az összes KOI-ban változás nem figyelhető meg, csak az egyes frakciók aránya változhat (LEITÃO et al. 2006). A biológiai oxigénigény és lebegőanyagterhelés ezzel szemben a csapadékintenzitással jól korrelál (MINES–LACKEY–BEHREND 2007). A többletterhelés azonban a nagyobb vízhozamnak köszönhető, vagyis a kezelendő szennyvíz-koncentrációk hígulnak, egyes esetekben annyira, hogy akár szubsztrátlimitálttá válhat a rendszerünk (KJØRLAUG 2013).

A fixfilmet alkalmazó szennyvízkezelési technológiák egyik széles körben elterjedt változata az úgynevezett mozgóágyas biofilmreaktor (*Moving-Bed Biofilm Reactor*,

MBBR). A hordozó töltet és a rajta kialakuló vékony filmréteg a reaktorteret teljesen kitölti (ØDEGAARD 2006). Ugyan a hordozó nehezen juthat ki a medencetérből, de a rajta kialakuló biomasszaréteg leválhat, ha megváltozik az áramlás, például a nagyobb nyíróerők által.

Anyag és módszer

Számításaink anyagforgalmi, úgynevezett biokonverziós szimulációkon alapulnak, amelyek az ASM2d modellt használják fel. Első lépésben a befolyó szennyvíz frakcionálása történik, majd a reaktorok kialakítását adtuk meg. A tranziens jelenségek követésére a bemeneti változók is időben változnak; a terhelés tekintetében feltételeztük a napi ingadozást.

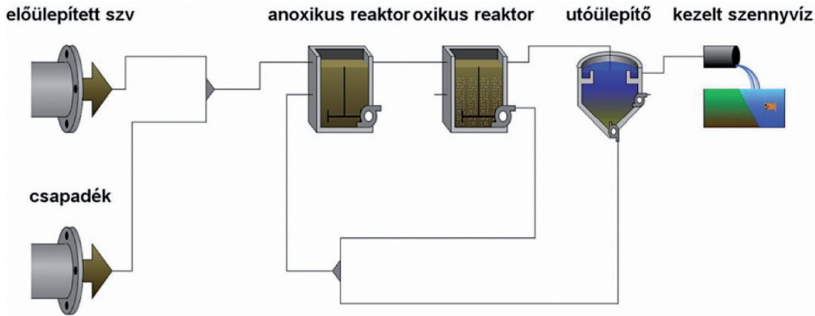
A legelterjedtebb modellcsalád az IWA munkacsoportja által megalkotott eleveniszapos modell (*Activated Sludge Model*, ASM), amely jól alkalmazható fixfilmes rendszerekre is. Az alapmodellek az idők folyamán jelentősen kibővültek: mintegy 50 folyamat leírására képesek. Megtörtént a modell paramétereinek finomhangolása is (HENZE et al. 1987; HENZE et al. 1995), ugyanakkor a leírandó folyamatok bővülése a számítási időigényt némely esetben szükségtelenül megnövelte. Az általunk vizsgált fixfilmes rendszer leírására az ASM2d modellt alkalmazzuk (HENZE et al. 1995), amely összesen 21 részfolyamatot különít el. Tartalmazza a lassan bontható szubsztrátok anaerob, anoxikus és oxikus térben való bontását, oxikus és anoxikus szaporodásfolyamatait, a szervesanyagok fermentációját, a heterotróf baktériumok pusztulását, a fermentációs termékek betárolását, a polifoszfat betárolását anoxikus és oxikus körülmények között, a foszforakumuláló baktériumok szaporodását, betárolt termékek pusztulását és bomlását, az autotróf baktériumok szaporodását, pusztulását és bomlását, a vegyszeres foszforkicsapást és a foszfor visszaoldódását.

A kutatásunkban egy eleveniszapos és egy MBBR technológiát alkalmazó 20 000 m³/d kapacitású telepre árhullám jelleggel többletvízhozam érkezett, és vizsgáltuk a reaktorbéli biomassza tömegének időbeli változását, esetleges kimosódását. A dinamikus szimulációk során elemeztük az elfolyó kezelt víz minőségi paramétereit.

A modellszámításokhoz GPS-X 6.5-ös szimulációs környezetet használtuk, amelyben először a telep kialakításának blokkvázlatát alkottuk meg, ahol az egyes műveleti egységeket az anyagáramokat reprezentáló vonalakkal kötöttük össze. 30 napot szimuláltunk, időben változó bemenetet alkalmazva. A szárazidei hozam 20 000 m³/d, óracsúcs 1125 m³/h volt, ami a szimulációs időintervallumban folyamatosan, de a napi ingadozást figyelembe véve érkezett a telepre. A csapadék okozta többletterhelés az 5–10. napon jelentkezett, a csúcs-terhelés a 7. napon volt tapasztalható, ami a telep kapacitásának 2,5-szerese volt. A kétfajta vízmennyiség egyszerű összekeverésével kaptuk a biológiára folyó szennyvizet (1. ábra). A technológia elődenitrifikációt alkalmazó úgynevezett MLE technológia, ami tartalmaz belső recirkulációt, és a befolyó szennyvízhozam kétszerese a rajta átfolyó anyagáram. Az oxikus reaktorban 3 mg/l oldott oxigén koncentrációt tartottunk. Az anaerob medence térfogata 6400 m³, az oxikusé 8600 m³. Az utóülepítő működésének leírására a Takács-féle 1D-s ülepedési modellt alkalmazzuk (TAKÁCS–PATRY–NOLASCO 1991).

A fixfilmet alkalmazó rendszer annyiban különbözik az 1. ábrán látható reaktorelrendezéstől, hogy nem tartalmaz iszaprecirkulációt (utóülepítőből visszavezetett anyagáramot),

és a biológiai reaktorokban biofilm képződésére alkalmas felületet kellett megadni. Ez 500 m^2 hordozó felület/ m^3 reaktortérfogat. A hordozó kitöltöttsége pedig $0,18 \text{ m}^3$ hordozó térfogat/ m^3 reaktortérfogat.



1. ábra

Az eleveniszapos technológia folyamatmodellje

Forrás: a szerzők szerkesztése

A numerikus modell számára az előülepített szennyvíz minőségét adtuk meg, amit frakciókra bontottunk. A kémiai oxigénigényt (KOI) oldható és partikulált frakciókra osztottuk, amelyeken belül elkülönítettük a biológiailag felvehető és inert részeket (1. táblázat). Az összes lebegőanyagnak mintegy fele az izzítási veszteség, vagyis a szervesanyag-tartalom. A csapadék vízminőségének leírására irodalmi adatot használtunk fel, ami magában foglalja az utakról való szennyező lemosódás átlagosnak tekinthető értékét (MCMAHAN 2006). A komponensek relatív viszonyából látszik, hogy viszonylag magas a lebegőanyag-tartalom, és ugyan csak kis koncentrációban, de jelen vannak a N és P-formák.

1. táblázat

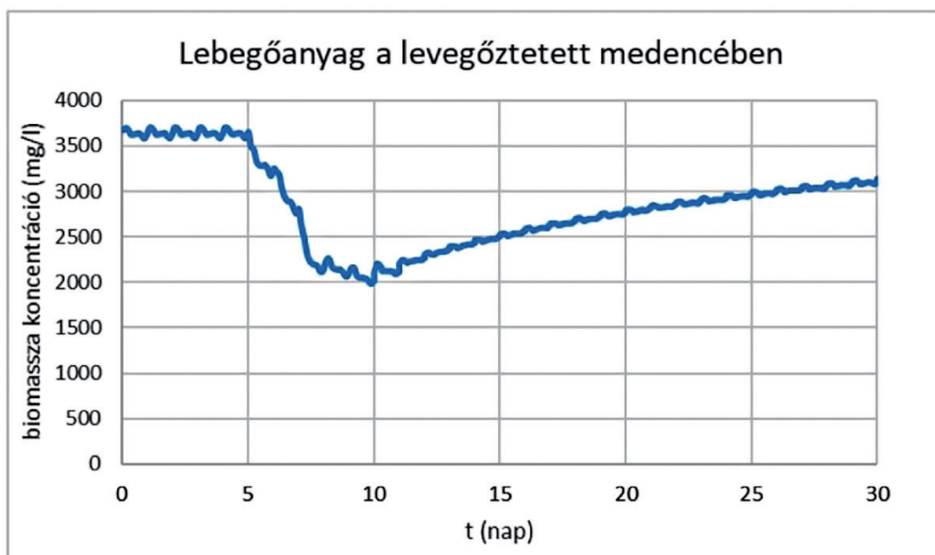
A szennyvíz és csapadék minőségi paramétere

	Előülepített szennyvíz	Csapadék
Kémiai oxigénigény (KOI) mg/l	375	30
Oldható inert KOI (Si) mg/l	35	2,2
Könnyen felvehető KOI (Ss) mg/l	140	3,3
Partikulált inert KOI (Xi) mg/l	80	9,8
Lassan bontható KOI (Xs) mg/l	120	14,7
Biológiai oxigénigény (BOI5) mg/l	172	12
Lebegőanyag (TSS) mg/l	165	35
Kjeldahl-nitrogén (TKN) mg/l	70	1,0
Összes foszfor (TP) mg/l	13	1,0
Partikulált KOI/ VSS	1,6	1,4
Partikulált KOI szubsztrát hányada	0,6	0,6
VSS/TSS	0,5	0,6

Forrás: a szerzők szerkesztése

Eredmények

Az eleveniszapos rendszerben a szárazidei lebegtetett biomassza (MLSS) koncentrációja 3,6 g/l, viszonylag hosszú aerob iszapkor alakul ki (12 nap), aminek segítségével teljes nitrifikációra számíthatunk. A többletvízhozam megjelenésével azonban az MLSS meredeken csökkenni kezd, ami a 8. szimulációs napig tart. A 8. és a 11. nap között még mindig jelen van a többlethozam, de a reaktorokban a biomassza tömege állandósulni látszik 2 g/l koncentrációjú lebegőanyag-tartalommal. A csapadékos idő után a rendszer kezd visszaállni, azonban a 30. napon is csak az eredeti biomassza 87%-át éri el (2. ábra).

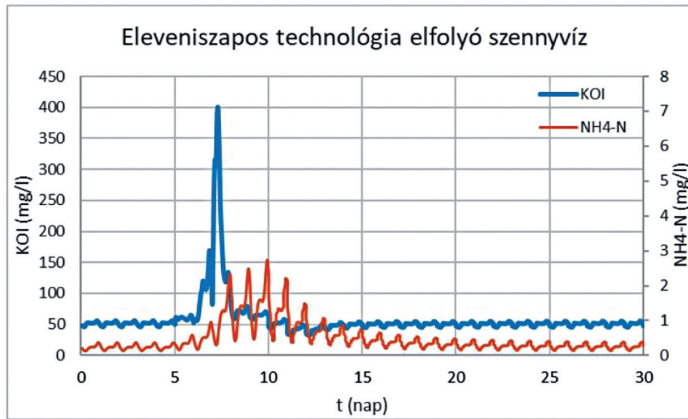


2. ábra

Lebegőanyag változása az oxikus medencében

Forrás: a szerzők szerkesztése

A biomassza kimosódásával egyidejűleg az elfolyó szennyvízben hirtelen közel nyolcszoros KOI koncentrációt mérhetünk a legnagyobb hidraulikai terhelésnél (7. nap), de viszonylag hamar, már a 9. napon az eredeti elfolyó koncentráció visszaáll. Az ammónium-nitrogén emelkedése kicsit később, 3 nappal a KOI maximum után jelenik meg, és az eredeti elfolyó értékre való visszaállítás is késleltetett (3. ábra). Ennek oka a nitrifikáció lassabb folyamatsebessége.

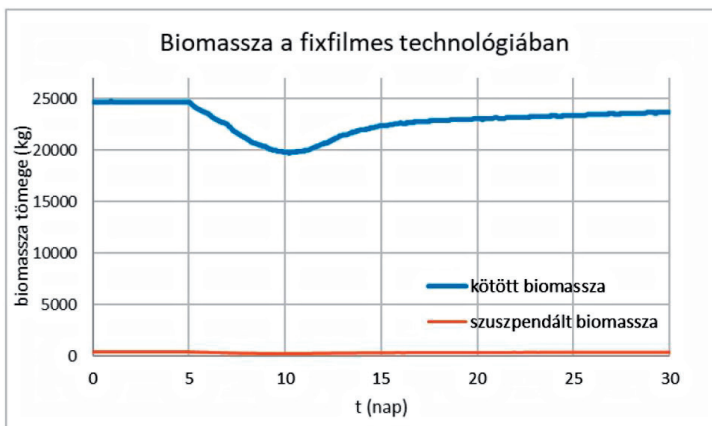


3. ábra

A kezelt szennyvíz KOI és NH4-N koncentrációjának alakulása eleveniszapos rendszerben

Forrás: a szerzők szerkesztése

Fixfilmes rendszer esetében ugyanúgy megfigyelhető a biotömegtartás kimosódása. A 4. ábra mutatja a biofilmhordozóhoz kötött biotömegtartást, ami száraz időben 25 000 kg, és a lebegőanyag-tartalma jóval kisebb, mindösszesen 400 kg a teljes reaktorban. Az eleveniszapos rendszerhez képest a kimosódás nem olyan élesen jelenik meg, a legkisebb biotömegtartást a 10. napon tapasztalhatjuk (4. ábra). A 2. és 4. ábra összevetésével látható, hogy a kötött biotömegtartás a napi ingadozásra kevésbé érzékeny, mint az eleveniszapos rendszerénél, továbbá a csapadékos idő végeztével hamarabb regenerálódik a biotömegtartás: már a 15. szimulációs napon eléri a kötött biotömegtartás tömege a kezdeti értéket 90%-át.

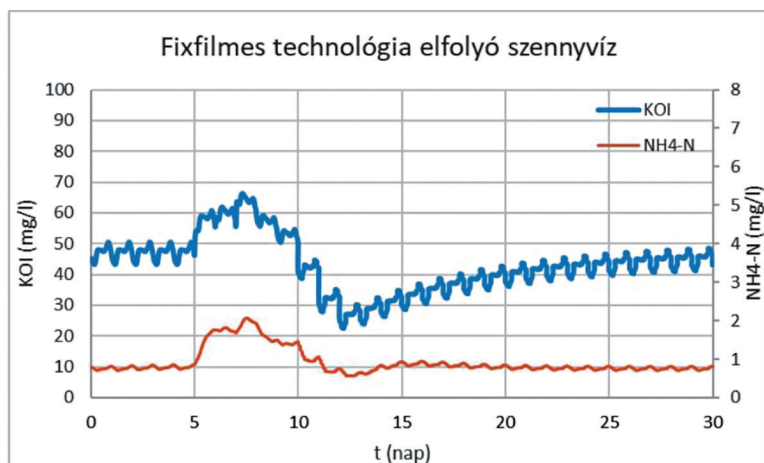


4. ábra

Biotömegtartás változása a fixfilmes technológiában

Forrás: a szerzők szerkesztése

A két vizsgált rendszer közel azonosan teljesít száraz időben az elfolyó vízminőség tekintetében ($KOI = 50 \text{ mg/l}$, $NH_4\text{-N} < 1 \text{ mg/l}$), de a fixfilmes rendszer esetében a többletvízhozam csak másfélszeres elfolyó KOI koncentrációt eredményezett, és ott az ammónium-nitrogén legmagasabb értéke is alacsonyabb volt (5. ábra).



5. ábra

A kezelt szennyvíz KOI és $NH_4\text{-N}$ koncentrációjának alakulása fixfilmes rendszerben

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az elvégzett szimulációk alapján megállapítható, hogy a fixfilmes rendszer jobban reagál a vízhozamváltozásra, a biomassza kevésbé mosódik ki, és a regenerálódás is gyorsabb. Az elfolyó vízminőség tekintetében is kisebb csúcsot tapasztaltunk.

Következtetések

Két szennyvíztisztítási technológia hatásfokát hasonlítottuk össze hirtelen nagy hidraulikai terhelés megjelenésekor. A két technológia a biomassza reaktortéren belüli elhelyezkedésében (lebegtetett vagy kötött) különbözött. Az elvégzett szimulációk eredményeképpen látható, hogy a fixfilmes rendszer a csapadékos időben jobban reagál a vízhozam-ingadozásra, kevésbé mosódik ki a biomassza (eleveniszapos esetben a kimosódás 45%-os, fixfilmesnél 20%-os), és a biomassza regenerálódása is gyorsabb (az eredeti biomassza-mennyiség 90%-át az eleveniszapos 20 napon túl, a fixfilmes rendszer 6 napon belül elérte). Az elfolyó KOI -t vizsgálva az eleveniszapos rendszer jóval túllépte a 125 mg/l -es határértéket, míg fixfilmes esetben nem haladta meg azt.

Irodalomjegyzék

- HENZE, M. et al. (1987): Activated Sludge Model No. 1. *IAWPRC Scientific and Technical Reports*, No. 1.
- HENZE, M. et al. (1995): Activated Sludge Model No. 2. *Water Science and Technology*, Vol. 31, No. 2. 1–11. DOI: [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00175-M](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00175-M)
- KJØRLAUG, O. M. (2013): *Assessment of Biomass Functionalities in a Biofilm Membrane Bioreactor (BF-MBR) Targeting Biological Nutrient Removal*. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology Department of Biotechnology.
- LEITÃO, R. C. et al. (2006): The Effects of Operational and Environmental Variations on Anaerobic Wastewater Treatment Systems: A Review. *Bioresource Technology*, Vol. 97, No. 9. 1105–1118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.12.007>
- MCMAHAN, E. K. (2006): *Impacts of Rainfall Events on Wastewater Treatment Processes*. Graduate Theses and Dissertations. Tampa, University of South Florida. Elérhető: <https://scholarcommons.usf.edu/etd/3846> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- MINES, R. O., Jr. – LACKEY, Laura W. – BEHREND, Glen H. (2007): The Impact of Rainfall on Flows and Loadings at Georgia's Wastewater Treatment Plants. *Water Air Soil Pollution*, Vol. 179, Nos. 1–4. 135–157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-006-9220-0>
- ØDEGAARD, H. (2006): Innovations in Wastewater Treatment – The Moving Bed Biofilm Process. *Water Science and Technology*, Vol. 53, No. 9. 17–33. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2006.284>
- O'NEILL, J. A. (2010): Climate Change's Impact on the Design of Water, Wastewater, and Stormwater Infrastructure. In *Proceedings AGU Hydrology Days 2010, March 22 – March 24 2010*. Fort Collins, Colorado State University. 79–88. Elérhető: http://hydrologydays.colostate.edu/Papers_2010/ONeill_paper.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- STANIA, K. et al. (1994): Numeric Modelling in Design and Operation of Wastewater Treatment Plants. *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 18, Suppl. 1. 707–712. DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-1354\(94\)80115-0](https://doi.org/10.1016/0098-1354(94)80115-0)
- TAKÁCS, I. – PATRY, G. G. – NOLASCO, D. (1991): A Dynamic Model of the Clarification-Thickening Process. *Water Research*, Vol. 25, No. 10. 1263–1271. DOI: [https://doi.org/10.1016/0043-1354-\(91\)90066-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354-(91)90066-Y)

Vákát oldal

Puskás Tibor

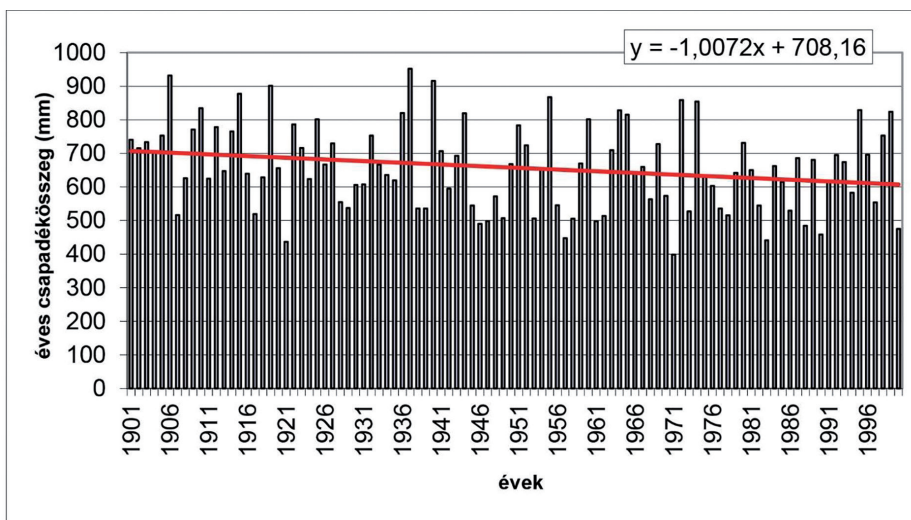
Szélsőséges időjárási események hatása a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra konkrét esetek alapján

A klímaváltozás főbb pécsi vonatkozásai

A csapadékmennyiségek hosszú távon csökkenő tendenciája

A 2014-es pécsi Európa Zöld Fővárosa pályázat vízgazdálkodási részterületében leírtak és meghivatkozottak szerint:

A klímaváltozás hatásaival foglalkozó ENSZ-jelentés szerint, a magyarországi átlaghőmérséklet növekedése majdnem másfélszer gyorsabb a globális klímaváltozás átlagos mértékénél. Európában Magyarország jelentősen veszélyeztetett a csapadékmennyiség csökkenésének szempontjából is (*Pécs Megyei Jogú Város Integrált Településfejlesztési Stratégiája 2014/2020*. [a továbbiakban: Stratégia]). Az országot érő klímaváltozási hatásoknak leginkább kitett régió Pécs város és környéke. Az évi középhőmérséklet emelkedése az európai és hazai átlagnál is nagyobb mértékű. A jelentős felmelegedés mellett a város klímája jelentősen szárazodik is, amit az alábbi ábra mutat (Stratégia).



1. ábra

Éves csapadékösszeg alakulása 1898-tól Pécssett

Forrás: OMSZ

Az éves csapadékösszeg-csökkenés ellenére a nagycsapadékok gyakorisága és intenzitása nő, ami a szárazodási problémákat tetéztve villámárvizeket okoz a településen. A klímaváltozás erős hatásai miatt elemi érdekünk a felkészülés és alkalmazkodás a vízgazdálkodás területén. A város ivóvízellátásának nagy része karsztvízbázisra települt, amelyre a jövőben a klímaváltozás szárazodási tendenciái ki fognak hatni, ami közvetve a rétegvízbázisokra is igaz. Ezért az ivóvízzel való takarékoság a város elemi érdeke. A szárazodás dinamikája azt is egyértelműsíti, hogy a csapadékvizek helyben tartása, tározása és hasznosítása elengedhetetlenné válik a jövőben. A villámárvizek egyre nagyobb intenzitása és gyakorisága napjainkban is egyértelműen kifejtik hatásukat, így az erre való felkészülés már megkezdődött a városban a TETTYE Forrásház Zrt. kivitelezésében.

Szélsőségesebb időjárás, villámárvizek: a felszín topográfiájával, a város jelenlegi infrastruktúrájával összefüggő főbb problémák

Pécs egy délkelet-magyarországi, a Mecsek-hegység lábánál elhelyezkedő, tagolt morfológiájú város. A környezetileg érzékeny területen történő ellenőrizetlen városfejlesztések eredményeként a csapadékelvezető hálózat nem minden esetben képes megbirkózni az intenzív esőzések és az azok hatására kialakuló villámárvizek jelentette terhelésekkel. A természetes lefolyás feltételeit a városfejlesztés jelentős mértékben módosította. A városi csapadéklefolyásra gyakorolt hatások két fő típusa azonosítható: a mesterséges beavatkozások által módosított hidrológiai ciklus és a szennyvízelvezető rendszerek szintén emberi tevékenység eredményeként kialakuló többletterhelése (RONCZYK et al. 2015).

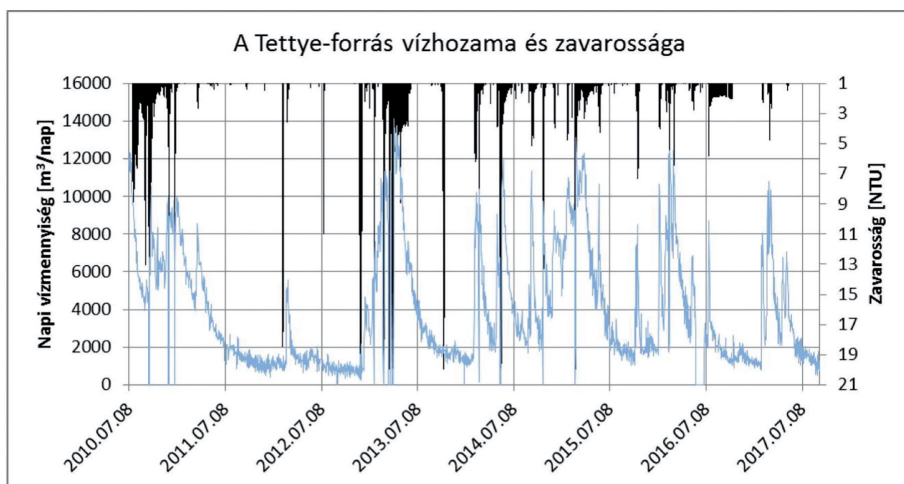
A tervezett és tervezetlen városfejlesztés környezeti (hidrológiai) hatásai általában meglehetősen eltérőek. A tervezett városfejlesztés során (helyszíntervezés, földterületek felosztása és infrastruktúra biztosítása) az igénybe vett földterületet a vegetációtól megtisztítják. A kiterjedt, növénytakaró nélküli, illetve beépített felületek jelentősen megváltoztatják a lefolyási feltételeket. A városi területek burkolatai megakadályozzák a csapadékvíz elszívargását, jelentős mértékben megnövelve ezzel mind a lefolyás mennyiségét, mind pedig intenzitását. Ezzel ellentétben a tervezetlen városfejlesztés gyakran a földterület elfoglalásával és ideiglenes épületek gyors felépítésével kezdődik. Amikor ez a fejlődés bizonyos szinteket elér, utólag, a már kialakult településszerkezethez igazodva kezdődik meg az utak, közművek kiépítése (RONCZYK et al. 2015).

A szennyvízrendszertől elválasztott csapadéksatorna-rendszer kiépítése Pécs városias területein befejeződött, ezáltal az intenzív csapadékesemények során csak az illegális bevezetések szállítanak nagy mennyiségű többletcsapadékvizet a szennyvízelvezető és -kezelő rendszerekbe, amelyek esetén továbbra is fennáll az esetleges kapacitáshiányból eredő szennyvízelöntés veszélye. A szennyvízelvezető rendszerekbe kerülő változó mennyiségű csapadékvíz jelentősen próbára teszi a szennyvízkezelés határfokát is, miközben a csökkenő vízdíjak mellett a városi lakosság nincs teljes mértékben tudatában a szennyvíz elszállításának és tisztításának tényleges költségeivel. Annak ellenére, hogy a város jelentős erőfeszítéseket tett a fenntartható csapadékgazdálkodás irányába, a villámárvizek és helyi elöntések továbbra is általános jelenségnek számítanak a késő tavaszi és kora nyári időszakban. Az esőzések ekkor a legintenzívebbek, ami feltételezhetően részben a klímaváltozás hatásainak tulajdonítható (RONCZYK et al. 2015).

A klímaváltozásnak a pécsi víz- és szennyvízszolgáltatásra gyakorolt hatásai

Szesélyesebb karsztvízutánpótlás: a tettyei vízbázis vízhozam-ingadozásai és ezek hatásai a városi vízellátásra

„A Tettye vízbázis vízgyűjtő területének túlnyomó részén a karsztosodásra hajlamos kőzetek a felszín közelében vannak. A mészkőre, dolomitos mészkőre átlagosan 20–50 cm vastag talajtakaró települ, a vízgyűjtő területen alig találkozhatunk olyan területtel, ahol a laza talaj vastagsága meghaladta az 1 métert. A vékony talajtakaró a rá hulló csapadékot gyorsan átengedi, a talaj alatt települő főként mészkő közepesen repedezett, karsztosodott. A karbonátos kőzetek repedéshálózatát növeli a kőzettestet ért erős tektonikai hatások következtében kialakult törés- és repedésrendszer. Ezen az üregrendszeren a víz gyorsan, és nagy tömegben képes keresztül haladni minden szűrőhatás mellőzésével.” (ENVICOM 2003, 22.).



2. ábra

A Tettye-forrás és a karsztakna havi átlaghozamai és a forrás zavarossága

Forrás: a szerző szerkesztése

Az erősen ingadozó vízhozamú Tettye-forrás városi vízellátáshoz való hozzájárulása alacsony vízhozamok idején akár 6% alá is süllyedhet, míg a kiugróan magas vízhozamok gyors feljutásai és visszaesései, valamint az ennek során jelentkező vízzavarosodások gyakran napi szintű vízkormányzási beavatkozásokat tesznek szükségessé, hirtelen átmenetekkel akár 12 000 m³/nappal változtatva meg a vízbetáplálás forráselosztását. Ennek egyik legfőbb járulékos következménye az egyes alrendszerek változó terhelése, aminek hatásaira jó példa lehet a 2013 márciusában, a pellérdi kútgyűjtő hálózat egyik főgyűjtőjén bekövetkezett sorozatos csőtörés, ami épp a tettyei kizárások következtében megugró, illetve visszaeső rétegvízigényekkel párhuzamosan, csaknem haváriahelyzetet eredményezve jelentkezett.

A csatornahálózat és a szennyvíztelep kiugró csapadékterhelései

A szennyvízhálózatba jutó idegenvizek felesleges többletterhelést és egyben többletköltségeket okoznak mind a gyűjtőhálózat, mind pedig a szennyvízkezelés számára. Pécssett a csatornahálózat elválasztott rendszerű; a csapadékvizek szennyvízrendszerekbe történő bevezetését rendelet tiltja. Ennek ellenére az adatsorokból kimutatható, hogy – a helyi földrajzi, településszerkezeti és infrastrukturális adottságok függvényében – jelentős mennyiségű csapadékvíz kerül illegálisan bevezetésre a pécsi és regionális szennyvízelvezető rendszerekbe. A felszínen jelentkező rövid összegyülekezési idejű árhullámokhoz hasonlóan a csatornarendszerek árhullámai is jelentős károkat okozhatnak, amely hatások szintén főként a felszínen jelennek meg. A lakosság ezt – szélsőséges esetben – a szennyvíz-átemelők kiöntése, pontosabban a szennyvízzel kevert csapadékvíz általi elöntések, illetve a szennyvíz vizesblokkok felé történő visszatörődése, kiöntése formájában tapasztalja meg.

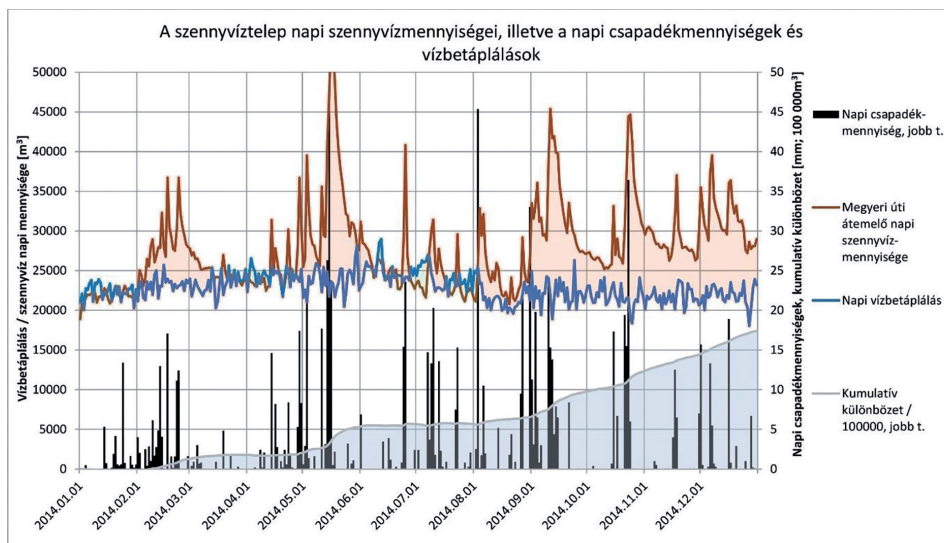
A szennyvízelöntésekből eredő járulékos károkkal összefüggő peres ügyek szakértői anyagai is egyértelműen aláhúzzák, hogy a szennyvizes fedlapok technológiai nyílásain nem juthat be olyan mennyiségű csapadékvíz, hogy azt az elöntés kiváltó okaként lehessen megjelölni. A nagymértékben beépített területek lecsökkent beszivárgása arra készítheti a lakókat, hogy – jobb híján – a szennyvízelvezető rendszerbe kössék be egyedi csapadékelvezető lefolyóikat, amelyre sok esetben a terület nagymértékű tagoltsága és a megfelelő csapadékelvezető infrastruktúrák hiánya is ösztönző lehet. Sok esetben a csapadécsatornával ellátott területek is érintettek lehetnek, mert például – üzemeltetési tapasztalataink alapján – nem egy esetben előfordul, hogy sűrűn beépített környezetben az utca felé néző tetőszárny csapadékvizei az ereszből a csapadécsatornába kerülnek, azonban az udvar (másik tetőszárny) vizeit a könnyebb csatlakoztathatóság következtében a belső szennyvízhálózatra kötik rá – illegálisan.

A csatornák kiugró csapadékterhelése többek között a hidrosztatikus nyomás, a szilárdanyag-tartalom, az energiaszükséglet és ezáltal az üzemelési költségek megnövekedését eredményezi, szélsőséges esetben pedig a túlterhelt szennyvízcsatornák, átemelők, fogyasztói ingatlanok vizesblokkjainak kiöntése is bekövetkezhet, ami – annak minden negatív környezeti hatásán, a felszíni és felszín alatti vizek szennyezésén túlmenően – vagyoni károkat, peres eljárásokat és ezáltal jelentős járulékos költségeket is eredményezhet. A levonuló árhullám jelentősen növeli a szennyvíztisztítás költségeit, mivel síkosságmentesítő szerek, útburkolatokról eredő olajszármazékok bemosódását, a szűrőrácok eltömődését, a szennyvíz hőmérsékletének hirtelen változását, a biológiai reaktorok túlterhelődését és a tisztítási hatások csökkenését eredményezi, továbbá a magas lebegőanyag-tartalom gátolja az UV-fertőtlenítés megfelelő hatásfokú működését, valamint jelentősen megnövekedhetnek a rövid távú karbantartási és hosszú távú rekonstrukciós igények is. A kibocsátási határértékek átlépése szennyvíztelepi bírságokhoz is vezethet.

A probléma jelentőségét mutatja többek között az is, hogy az elmúlt évtizedekben számos intézkedési terv és együttműködés jött létre, illetve mérések és tanulmányok készültek a megoldás érdekében; míg a nehézségeket jól szemlélteti, hogy teljes megoldás mindaddig nem született. *A korábbi felmérések, tanulmányok eredményeinek üzemeltetői (vízművi és városüzemeltetési) tapasztalatokkal való összekapcsolása, és az ebből eredő előnyöket teljes mértékben kiaknázni képes intézkedési terv összeállítása és végrehajtása nagymértékben javíthatja mind a csapadékvíz-gazdálkodás, mind pedig a víziközművi üzemelés hatékonyságát, és egyben elősegítheti az egyes víztestek jó ökológiai és kémiai állapotának elérését.*

Ennek egyik lépése az üzemeltetési szerződések folyamatban lévő módosítása, amelynek értelmében a településeken kiépülő szennyvízmérők szerinti többletmennyiségek meghatározott feltételek alapján kiszámlázásra kerülnek, ezzel szabályozói szinten is tovább ösztönözve az illegális csapadékbevezetések megakadályozását és felszámolását. A pécsi víziközmű-szolgáltató üzemeltetési területén, Kozármislenyben már működik ez a rendszer, míg több település mérési helyeinek kialakítása és a szerződések módosítása folyamatban van. Ennek előkészítéseként – a rendelkezésre álló adatok alapján – előzetes számítások készültek a várható idegenvíz-hányadok meghatározása céljából. Mindemellett természetesen – részben szabályozói, részben pedig szolgáltatói szinten – további intézkedések szükségesek e folyamat hatékony továbbviteléhez.

A 3. ábrán látható a 2014. évi napi ivóvíz-betáplálások, szennyvíz- és csapadékmennyiségek alakulása, valamint az ivóvíz- és szennyvízmennyiségek közötti kumulatív különbszet. Jól látható, hogy év végére jelentős, mintegy 1 700 000 m³ kumulált különbszet alakult ki, vagyis ennyivel több szennyvizet kellett átemelni, tisztítani és kezelni, mint amennyi ivóvíz betáplálásra került az ellátóhálózatba.



3. ábra

A vízbetáplálás, valamint a szennyvíz- és csapadékmennyiségek napi értékei.

(A betáplált vízmennyiség és a keletkező szennyvíz mennyisége közötti különbséget a zöld és piros területek mutatják: zöld = betáplált ivóvíznél kevesebb beérkező szennyvíz.)

Forrás: a szerző szerkesztése

Egy szélsőséges pécsi időjárási esemény következményei

A 2014. augusztus 3-án nagy intenzitással lehulló mintegy 50-60 mm-nyi csapadék a Megyeri úti átemelő túlterhelését és kiöntését eredményezte. A kiöntésben közrejátszott az is, hogy egy villámcsapás miatt kialakult műszaki meghibásodás következtében nem lehetett kinyitni a vészkiömlőt, hogy ezáltal levezethető legyen a kapacitásokon felüli többletterhelés.

A kiömlött szennyvízmennyiség egy magánszemély közeli területén jelentős kárt okozott, amelynek nyomán a több évig húzódó peres eljárás lezárásaként a bíróság jelentős kártérítés megfizetésére kötelezte a víziközmű-szolgáltatót. Ugyan a szolgáltató rendelkezett a kialakult károkra fedezetet nyújtó felelősségbiztosítással, és a biztosító a keletkezett kárt megtérítette, de a bírósági döntés figyelmeztető jel a közműszolgáltatók számára, mivel precedenst teremt a későbbi ügyek hasonló kimenetelű elbírálásához, nem

beszélve arról, hogy az ilyen esetek gyakoribbá válása hatással lehet az ilyen jellegű esetekre fedezetet nyújtó felelősségbiztosítások kockázati megítélésére és árazására is, ezzel is további veszteséget okozva a szolgáltatónak.

Fejlesztési lehetőségek és megtett intézkedések

Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata Közgyűlésének Pécs Építési Szabályzatának és Szabályozási Tervének megállapításáról szóló 46/2009. (12. 21.) rendelet 35. § (11) bekezdés d) pontjában előírtak szerint: „minden 15,0 m² újonnan engedélyezett beépített terület után legalább 0,6 m³ csapadékvíz-tározókapacitást kell létesíteni”. A szabályzat idézett pontja a meglévő csapadékvíz-elvezető rendszer terhelésének mérséklése mellett az ingatlan-tulajdonosokat ösztönzi a csapadékvíz nagyobb mértékű felhasználására az ivóvíz helyett. Új építésnél és bővítésnél is csapadékvíz-kezelői hozzájárulást szükséges kérni az építési engedélyezési eljárás során, ahol bemutatásra kerül az ingatlanról származó csapadékvizek elvezetése/kezelése. Használatbavételi engedélyezés kapcsán pedig az engedélyezett, elkészült csapadékvíz-kezelő, -elvezető létesítmények ellenőrzése a kezelői hozzájárulás kiadása előtt megtörténik. Pécs Építési Szabályzatában a fenti előírás következtében az utóbbi évek tendenciája szerint évente körülbelül 70-80 újonnan beépített ingatlan esetében épült ki csapadékvíz-tározó, 2011 és 2016 között közel 450 db házi csapadékvíz-tározó megépítésére került sor. A 2017. január és augusztus közötti időszakot figyelembe véve 50 ingatlannál 680 m³ tározókapacitás épült meg, amelyből a vizet a tulajdonosok öntözésre fogják használni. Az így hasznosításra kerülő csapadékvizek nem terhelik sem a szennyvízcsatorna/szennyvíztisztító, sem a csapadékvíz-csatornarendszereket (Stratégia). A városi cégek tervei között szerepel egy villámárvizek monitoringját és megelőzését szolgáló rendszer létrehozása, amelynek mérési eredményei alapján nagyobb hatékonysággal lehet kidolgozni a Pécsi-víz villámárvizekkel szembeni védelmét, további csapadékvízgyűjtők és csapadékvízgyűjtő rendszerek telepítését. A Pécsi-víz területe mentén lehetséges tőrendszerek kialakítása, így – azok vízvisszatartási kapacitásának köszönhetően – csökkenthetők lesznek a villámárvizek vízhozamcsúcsai, hozzájárulva egyben a vízfolyás vízminőségének javulásához és a *Víz Keretirányelv* szerinti jó ökológiai és kémiai állapot eléréséhez. A megfelelően kialakított víz- és zöldfelületek kedvező hatást gyakorolnak a helyi klímára. A természetes és mesterséges tározókapacitásokkal ily módon visszatartott csapadékvíz, illetve szürkevíz kertek, városi parkok öntözésére és a városi szökőkutak vízellátására is felhasználható, míg a tetőfelületekről lefolyó csapadékvíz – megfelelő kezelést követően – akár ivóvízként is hasznosítható.

Jelentős gazdasági potenciált jelenthet a tettyei karszt szökővizeinek hasznosítása, ami szintén hozzájárulhat a klímaváltozás hatásainak enyhítéséhez és az ivóvízes oldal hatékonyságának növeléséhez. A városi víziközmű-szolgáltató üzemeltetésében álló tettyei forrásfoglalás üregrendszeréből táplálkozó, a Tettye alatti mesterséges vágat egy törési zónát harántoló szakaszán eredő „Mésztufa-forrás” vize a tettyei játszótér alatti „vaskapunál” jut a felszínre, és hasznosítatlanul folyik el a városi csapadékcatorna-rendszeren keresztül, jelentős és feltételezhetően idővel növekvő mennyiségű vizet vonva el a mintegy 30 méterrel magasabb küszöbszintű forrásfoglalástól. Tervet készítettünk a szökővíz hozamviszonyainak, valamint a víztermelő létesítmények és a szökővizek hozam- és nyomásviszonyai

közötti összefüggések megismerésére, amelynek kivitelezése 2018-ban valósulhat meg. Az eredmények ismeretében mérlegelni kell a hasznosítási lehetőségeket és azok költségeit. Az itt megjelenő vízmennyiség egy részének vagy egészének ivóvíz célú hasznosítása jelentős mértékben növelhetné a karsztvíz városi ellátáson belüli arányát, és jelentősen csökkentené a tettyei víztermelés „hektikusságát”, mivel a szökővíz alacsonyabb küszöb-szintjéből, valamint abból a tényből eredően, hogy ennek forrása közvetlenül a forrásfoglalás üregrendszere, a forráshoz viszonyítva lényegesen kiegyenlítettebb vízjárást várhatunk a mérések során.

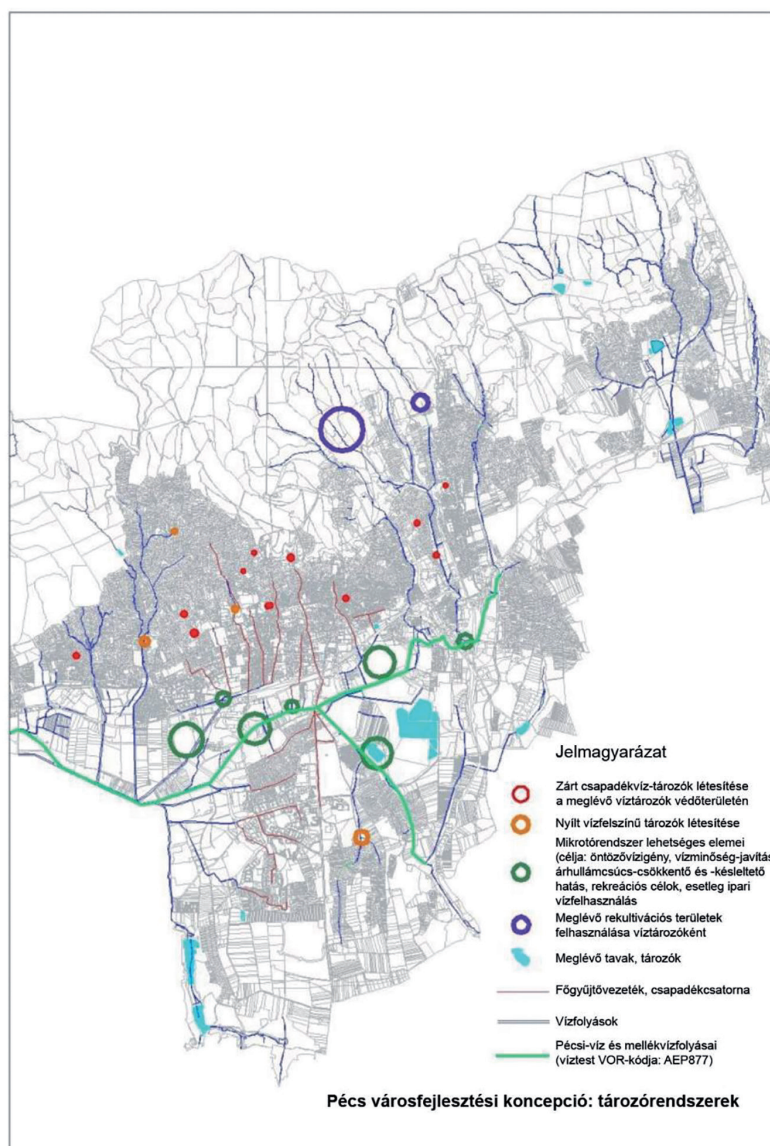
A meghozandó intézkedések biztosítják a városi felszíni és felszín alatti vizek állapotának megóvását, javítását, elősegítik az akár szabadidős célokat szolgáló víz- és zöldfelületek növelését, a csapadékvizekkel, a felszíni és felszín alatti vízkészletekkel való fenntarthatóbb gazdálkodás irányába való további előrelépést.

Összefoglalás

A víziközmű-rendszerek szélsőségesebbé váló időjárási feltételeknek való kitettségével összefüggő kérdéskör jelentőségét mutatja többek között az is, hogy az elmúlt évtizedekben számos intézkedési terv és együttműködés jött létre, illetve mérések és tanulmányok készültek a megoldás érdekében, míg a nehézségeket jól szemlélteti, hogy teljes megoldás mindaddig nem született. Megállapítható, hogy Pécs város földrajzi adottságai, a klímaváltozás hatásai erőteljesen befolyásolják a szennyvízelvezető és -tisztító rendszerek hatékonyságát, üzemelési költségeit, míg a négy betáplálási irányban és a vízkivétel jelenlegi léptékével mérve kimeríthetetlen rétegvizes vízbázisoknak köszönhetően az ivóvízellátás kevésbé érintett.

Ez a problémakör természetesen jelentősen túlnyúlik a vízmű hatáskörén; az egyes helyi önkormányzati cégek, szabályozó és döntéshozó szervek különböző mértékben érintettek, illetve érdekeltek a problémakör egyes részterületeiben. Ezek mindegyike más-más részterületre helyezi a legfőbb hangsúlyt, míg egyes területeket esetleg kevésbé vesz figyelembe.

A víziközmű-üzemeltetés költségei és hatékonysága szempontjából a legjelentősebb kérdéskör a szennyvízhálózat idegenvíz-terhelésének csökkentése, ami a fentiekől nem teljesen független tevékenység. *Megállapítható, hogy a korábbi felmérések, tanulmányok eredményeinek üzemeltetői (vízművi és városüzemeltetési) tapasztalatokkal való összekapcsolása, és az ebből eredő előnyöket teljes mértékben kiaknázni képes intézkedési terv összeállítása és végrehajtása nagymértékben javíthatja mind a csapadékvíz-gazdálkodás, mind pedig a víziközművi üzemelés hatékonyságát, és egyben elősegítheti az egyes víztestek jó ökológiai és kémiai állapotának elérését.*



4. ábra

Pécs városfejlesztési koncepciója a tározórendszerek kialakítására és a vízműves ivóvíztározók védőterületeinek hasznosítására vonatkozóan

Forrás: BIOKOM

Irodalomjegyzék

- CZIGÁNY Sz. et al. (2010) Villámárvíz, mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. *Földrajzi Közlemények*, 134. évf. 3. sz. 281–298.
- ENVICOM (2003): *Üzemelő, sérülékeny földtani környezetben levő ivóvízbázisok biztonságba helyezése. I. Diagnosztikai fázis. Pécs Tettye Vízmű területén. Tervismertetés.* Budapest, ENVICOM Kft.
- Pécs Megyei Jogú Város Integrált Településfejlesztési Stratégiája 2014–2020* (2014). Elérhető: www.pvfzrt.hu/userfiles/dokumentumok/ITS20142020.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 03. 17.)
- RONCZYK L. et al. (2015): Urban Stormwater Runoff and Pressure on the Sewerage System in Pécs, Southwest-Hungary. *City Safety Energy*, 2015/1. DOI: <http://dx.doi.org/10.12896/cse20150010057>

Ámon Gergely

A települési vízrendszerek modellezéssel történő tervezése

Csapadékhelyzet az elmúlt években – a modellezés szerepe

Országos szinten érezhető volt a gyakorlatilag fordulópontnak tekinthető 2010-es évben a kisebb vízfolyások vízgyűjtőin, kisvízfolyásokon, illetve az ezek mentén található településeken a nagy intenzitással és relatíve rövidebb időtartammal levonuló csapadékesemények megjelenése. A főleg időszakos vízfolyásokon levonuló meglepően nagy vízhozamok okozta károk miatt létrehozott haváriaalapok rövid életűek voltak, de az azóta előfordult események, példának okáért a 2017. évi kora nyári esőzések, okot adnak a vízvezető rendszerek alapos felülvizsgálatára. Várhatóan egy felülvizsgálat igazolni fogja azt, hogy a régen épült rendszerek alulméretezettek, kistelepüléseken a forráshiány, a rossz kiépítés stb. miatt a vízkárok valószínűsíthetően egyre komolyabbak lesznek.

A tervezés területén a megújult szabványok némileg elengedték a tervezők kezét (ide nem értve azokat a műtárgykeresztezésekhez rendelt gyakoriságokat, ahol a megkívánt gyakoriság eleve 1%), például az ÚT 2-1.215 szabvány 2011 óta a mérlegelést a tervezőre bízta az érintett terület érzékenységének meghatározásában és az ehhez valamilyen gyakoriságú esemény megválasztásában. Természetesen emiatt a tervezők a kisebb gyakoriság felé mozdultak, azonban emögött nincs megfelelő statisztikai háttér, csak adott projektre kiható kockázatelemzés.

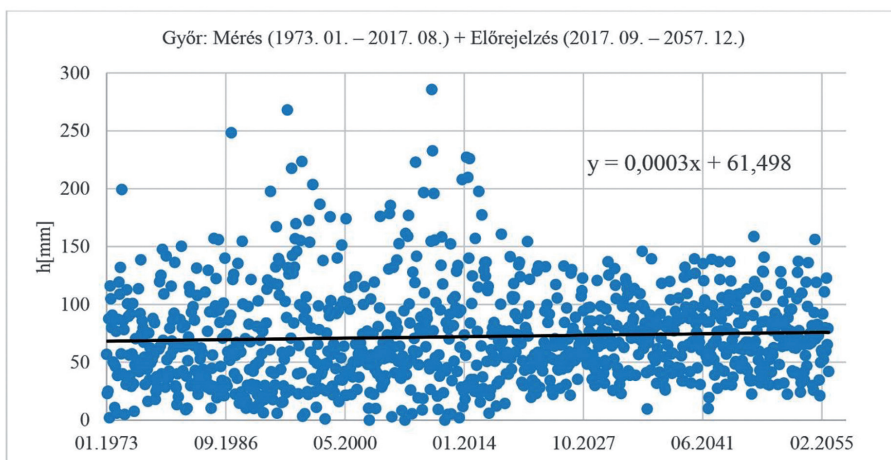
A modellezés ilyen helyzetben tágabb látóteret ad a tervezőnek, kapcsolt modellek használatával pedig dinamikusabb vizsgálati lehetőségeket nyújt. Kézenfekvő példának tekinthető olyan kisebb települések vízgyűjtő rendszere, amelyek esetében a nagy esésű külső vízgyűjtők terhelése hozzáadódik a beépített területeken képződő hozamokhoz, az átlagos terepesés nagy, az alsó szakaszon, a természetes befogadó vízfolyás környezetében pedig csekély, így vízfolyást nem megfelelően karbantartott elöntések jellemzik stb. A vázolt kép több településen tetten érhető mind a település vízvezető rendszere, mind a befogadó vízfolyás nagyvízi hozamának kezelése kapcsán.

A felépítendő kapcsolt modelleken, azaz vízgyűjtőmodelleken mért vagy képzett csapadékidősorok által kifolyáshoz generált hozamidősorok felhasználása a település csapadék-víz-hálózatának hidrodinamikai modelljében a scenáriók elemzését hatékonyabbá teszi. A scenáriók elemzése különösen fontos a projekt méretétől függetlenül, mert az 1970-es években létrehozott csapadékmaximum-függvények megbízhatósága megkérdőjelezhető.

A BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének vizsgálata keretében az 1–3 órás csapadékok megfigyelésénél az ország különböző pontjain eltérő változásokat mértek (VARGA–BUZÁS–HONTI 2016).

A vizsgálat eredményeként látható volt, hogy a rövid időtartamú csapadékok esetében országosan eltérő mértékű intenzitásnövekedések várhatóak, amelyek mértéke borítja az eddig megszokott méretezési szokásokat a gyakoriság tekintetében, illetve indokolja a meglévő rendszerek felülvizsgálatát, főleg a belterületi, érzékenyebb területeket érintő csatornarendszerek gyakori kapacitáshiánya miatt.

Ugyanakkor a trendek alakulását nem vízkárelhárítási, hanem vízhasznosítási szempontból vizsgálva a fejlesztés más szemléletet is igényel. Például egy többcélú tározó tervezésekor fontos a havi csapadékösszeg alakulásának képe. A következő ábra Győr térségében az 1975–2016 közötti időszak órás adatsorából képzett havi adatok egylépéses autoregresszív modellel készült előrejelzése 40 éves időtartamon az alábbi képet mutatja:



1. ábra

A győri mérce havi csapadékadatából előrejelzett egylépéses autoregressziós AR(1) idősor és trendje

Forrás: NOAA adatbázis

Látható a trend csekély emelkedése (ez külön igaz a múltbéli és az előrejelzett adatokra is). Megállapítható, hogy a csapadékesemények időtartamával összefüggésben az intenzitás változása rövid vagy hosszabb időtartamon vizsgálva egyre eltérőbb képet fog várhatóan mutatni, így az adott projektnek nagyobb figyelmet kell szentelnie annak, hogy mikor, milyen időtartamú csapadék hatása kerül alkalmazásra a tervezés során, a vízgazdálkodási szempontok szélesebb skálájának megfogalmazásánál. A tanszéki vizsgálattal szemben a fenti előrejelzés csak jelzésértékű, és mértékadónak nem tekinthető, azonban a gyakorlatban tetten érhető, hogy adott gyakoriság és intenzitás használata nagyban függ a tervezési feladattól, ezek megszokott értékeinek használatától való eltérés körültekintő vizsgálatot igényel abban az esetben, ha a műszaki és gazdaságossági szempontok összehangolásáról van szó. Tehát hirtelen terhelést kapó vízvezető rendszernél domináló rövid időtartamok

vizsgálatánál az elmúlt években egyértelműen a kisebb gyakoriság felé kellett a tervezésben mozdulni, míg a – főleg többcélú – tározás kialakításánál a gazdaságossági szempontból is problémásabbá vált a megfelelő mértékadó esemény kiválasztása. Ennek oka, hogy egyrészt a megnövekedett intenzitású, de csökkent időtartamú csapadékokból képződő víztérfogat növekedésének mértéke még bizonytalan, és az események egymást követő előfordulása szintén, szemben a hosszabb időlépték mentén képződő víztérfogat várható állandóságával.

Mivel ilyen adatok egyelőre csekély mértékben állnak rendelkezésre, a tervező rá van kényszerülve, hogy a projekten belül előfordulható legtöbb eseményt feltárja. A jól felépített rendszermodell lehetőséget ad ezen eltérő scenáriók vizsgálatára, továbbá a jövőbeli opciók, adott esetben a meteorológiai helyzet romlása hatásainak nyomon követésére és elemzésére adott területeken.

A kapcsolt modellek felépítésének áttekintése

A kisebb települések modelljének vizsgálata jól áttekinthető képet ad a kapcsolt szimulációk alkalmazására.

A kisebb településeket általában az jellemzi, hogy területüket érinti vízfolyás, a belterületi vízgyűjtők csekélyebb és nagyobb esésű elemekkel tarkítottak, továbbá adott esetben nagy esésű külső vízgyűjtő tartozik hozzájuk. Általános jellemző, hogy a vízgyűjtők feltáratlanok, az időszakos vízfolyások hidrológiai adatai méretlenek, a vízrajzi adatok, ha fellelhetők, régiek, és már nem fedik a valóságot a hidraulikai paraméterek tekintetében. Ebből adódóan a folyamat tartalmaz iteratív lépéseket, mivel az ilyen rendszereknél könnyebben kalibrálható hidrodinamikai modell visszahat a felső peremfeltételt generáló vízgyűjtőmodellre, miután a validálás leginkább meglévő rendszeren, dokumentált vízkárok reprodukálásával lehetséges. Az így pontosított vízgyűjtőmodell a tervezési állapothoz már megbízható idősorokat képes generálni.

Tehát első lépésben a kül- és belterületi vízgyűjtők modelljének felvétele szolgáltattal felső peremfeltételeket a település vízelvezető rendszerének meglévő vagy tervezett elemeinek hidrodinamikai modelljéhez, adott esetben befogadó vizsgálatához.

Tervezésről lévén szó, a vízgyűjtők feltárásában a biztonság javára (az ésszerűség és gazdaságosság keretein belül) el lehet mozdulni, amennyiben nincs, vagy csekély múltbéli adat áll rendelkezésre. Természetesen ilyen adatok birtokában az említett validálás is jelentősen könnyebb lenne. A hidrodinamikai modell települési vízrendszerekben viszonylag könnyen kalibrálható szerkezete mellett az érzékenységvizsgálat is elég kézenfekvő; a vízgyűjtőmodell egyes paramétereinek érzékenysége is gyakran alulról visszaható hidrodinamikai vizsgálat alapján tárható fel.

A vízgyűjtőmodellek kialakítása

A víz útja szempontjából kockázatos helyek megállapításához elengedhetetlen egy megfelelő pontosságú geometriai alap a külső vízgyűjtőkön. Az egyes lefolyási vonalaktól kiadható az adott helyeken tapasztaltakkal összhangban lévő kockázatos pontok elhelyezkedése, illetve feltárható a távlati kockázatos helyek. Amennyiben ez adottság a tervezési projekt

kezdetén, akkor a geometria pontosságának igényét a területhasználati, illetve az időszakos vagy állandó vízfolyások, völgyeletek részvízgyűjtőinek karakterisztikája határozza meg, ugyanakkor a részvízgyűjtők túlzott elaprózása felesleges többletmunkát, de csekély mértékben pontosabb eredményt okoz. Feltáratlan vízgyűjtők esetén a túlrészletezés még az eredményt hibás irányba is elviheti, ha túl sok bizonytalanul becsülhető paraméter kerül a modellbe. Ennek megfelelően az osztott paraméterezéssel szemben célszerűbb részvízgyűjtőnként összevont paraméterezést használni. Moduláris vízgyűjtőmodellek esetében a lefolyási tényezőt leíró felületi (területhasználatból származó), illetve a talaj felső rétegében való tározás komponenseinek felvételére egy részvízgyűjtőn adott, térképek alapján felvett 1-1 érték (a változatos talajfajták és területhasználat esetén azok területi eloszlása és geometriai elhelyezkedése alapján súlyozott átlagolás) használata megfelelő. A tervezésnél szélső állapot felvételével is kell számolni, adott esetben ismétlődő csapadékeseményekkel, tehát a vízgyűjtő tározókapacitása ilyenkor telített állapotához közelít. A modell finomítható más scenáriók felvételével, érzékenységvizsgálattal, ami az összevont paraméterezés miatt egyszerűbben meghatározható, és későbbiekben megfelelő alapot adhat a modell tagolására, bővítésére, a tervezési állapot felvételekor meghatározott elhanyagolások (talaj, növénytakaró telítettsége) érzékenységeinek vizsgálatára.

A lefolyás geometriai összetevője a tervezés szempontjából igényli a legpontosabb kalibráláshoz szükséges alapadatokat. Mivel a modell általában erre reagál legérzékenyebben, olyan modul választása célszerű, amelyben a paraméterek jól körülírhatók. A tervezési terület kockázati felmérése – adott település vízgazdálkodási problémáinak tapasztalt elemein kívül – a tervezőtől megkívánja annak pontos megfogalmazását, hogy az eddig ismert kockázatok vízrendszer-áttervezés miatti átcsoportosítása vagy szétosztása, de mindenképp mérséklése, esetleg üzemeltetésből adódó új, kisebb kockázati tényezők bevezetése milyen beavatkozásokat igényel, ennek minden műszaki és gazdaságossági vonatával. Ehhez egy jól felépített modell nagy segítséget nyújt.

Hidrodinamikai vizsgálatok

A települési vízrendszer vizsgálatokor, főleg ha zárt-nyílt szelvények is egyaránt megjelennek, a modellépítés elsősorban bonyolultnak tűnhet. De megfelelő rálátással és megfelelő modellszerkezet vagy modellszerkezetek kiválasztásával a folyamat leegyszerűsödik. Zárt gravitációs vagy nyomás alatti csatornák, vagy, ha ezeket nyílt, szabályozott szelvények tarkítják, leghatékonyabbak az 1D, véges differenciák módszerét használó megoldások. Ezek felépítése segédprogramok segítségével egyszerűvé válik.

Kardinális kérdés a modellek geometriai és hidraulikai részletessége. A problémához a modell hozzárendelését a meglévő vagy a tervezett rendszerek kialakítása határozza meg. Például egy településrész belső vízgyűjtőmodelljénél a geometria szerepe csekélyebb, tehát a vízgyűjtőmodell kifolyási szakaszainak megadása mellett a gravitációs csatornarendszer szakaszosan, átlagesésekkel is közelíthető, amely a csatornára felépített hidrodinamikai modellel pontosítható. Lokális problémák feltárása esetén, vagy kiviteli tervek készítésekor a települési hálózatmodell bővíthető és részletesebben vizsgálható, így a teljes modell egyre jobb felbontásúvá válik. A geometriai túlrészletezés első megközelítésben azért nem indokolt, mert egy jól körülhatárolható szakaszokból álló rendszer vizsgálata több

lehetséges scenárióval, jól felépített vízgyűjtőmodell segítségével megfelelően rámutat a rendszer kockázatos pontjaira, ahol valóban szükségessé válik a modell részletezése. Ehhez viszont az szükséges, hogy jól körülhatárolható hidrológiai események szimulálása történjen. Ez jelenti ismétlődő generált csapadékidősorokból kialakuló szélső eseményhez tartozó vízhozamok vizsgálatát, illetve múltbéli mért csapadékidősorok felhasználásával készített szimulációk kiértékelését. Ha a rendszerben szerepel tározó, hosszabb idősorok létrehozásával, vízhasznosítási koncepciót is figyelembe véve kell szimulációkat futtatni.

Amennyiben élővízfolyás, tározó, árvízvédelmi létesítmény tervezése vagy felülvizsgálata szükséges a településen, vagy a vízvezető rendszer nyílt, esetleg övcsatorna-rendszer épül a vízkárok enyhítésére, sokkal inkább a veszélytérképezés kritériumai jelennek meg a modellépítés lépéseinél. A modell felépítése így várhatóan 1D, 2D, hirtelen változó vízmozgás esetén 0D elemek beépítését igényli. Ilyenkor a vizsgálandó terület minél részletesebb geometriai ismerete szükséges a modellépítéshez. Feltéve, hogy már elkészült a település vízgyűjtőmodellje, amelyen felvett, szélső csapadékeseményből képzett vízhozamidősorokat össze kell hozni a település érintett vízfolyásának egy szélső hidraulikai állapotával. Ennek az állapotnak a felvétele hidraulikai megalapozottság szempontjából azt kívánja, hogy valamilyen gyakoriságú vízhozamadat rendelkezésre álljon, ami a mértékadó csapadékidősor gyakoriságával összevethető, vagy valós múltbéli eseményen alapul. A szélső esetek együttes modellezése a veszélyhelyzet időbeli és térbeli eloszlását megfelelően feltárja.

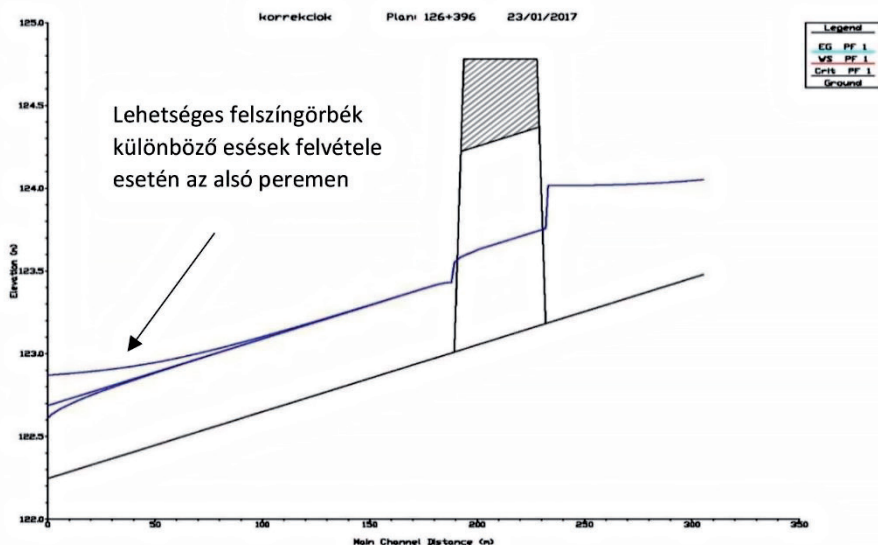
A generált peremfeltételek megbízhatósági kérdései

A korábban említett módon a hidrodinamikai modell kalibrálása általában egyszerűbb, azonban a tervezéshez használt modellek validálása lehet nehézkes, még akkor is, ha rendelkezésre áll olyan esemény, amellyel vizsgálatot lehet elvégezni a meglévő és a tervezett rendszerre. Tehát a hidrodinamikai modell felső peremfeltételének felvételéhez mindenképp szükséges olyan reprezentatív gyakorisághoz tartozó idősor, amely a tervezési szélsőértéket határozza meg.

Ha van rendelkezésre álló adat helyi vízkárról, elöntésről, ennek reprodukálása segít a kalibráció pontosításában. Az adott időszakban bekövetkezett csapadékesemény adatainak felhasználásával a vízgyűjtőmodellen generálhatók megfelelő vízhozamidősorok, amelyekkel a hidrodinamikai modellen futtatással tesztelve ellenőrizhető, hogy adott probléma megjelenése reprodukálható-e. A hidrodinamikai modell a felületi érdekességre, illetve a kifolyási perem hatására lehet érzékeny, amelyek viszont elég jól kontrollálhatók, így a vízgyűjtőmodell paramétereit kell felülvizsgálni, ha az eredmény nem megfelelő. A tervezéshez használt szélső állapot esetén vízgyűjtőmodellnél a rendszer telített közeli állapota miatt sok bizonytalan paraméter kijelölhető.

A hidrodinamikai modell kifolyási peremének meghatározásához a tervezésnél szűkösök a lehetőségek. Ha nem a rendszerből szabad kivezetésről van szó (*out of system*, például egy zárt csatorna mértékadó vízszint feletti kitorkollása), az energiavonal esésének közelítése a legegyszerűbb (2. ábra). A klasszikusan bevezetett energiavonal-esés – vízfelszín-esés – közelítésekkel és az alsó peremfeltétel érzékenységvizsgálatával a modell hatékonyan működtethető természetes meder esetén is, de a települési, szabályozott rendszerek esetében

az illeszkedés várhatóan jobb, a nagy esésű területeken a kifolyási perem visszahatása pedig csekélyebb (ÁMON 2017). Adott esetben a vizsgálat igényelheti a modelltartomány szükségesnél hosszabb kiterjesztését, ha a fenékesés változik. Az érzékenységvizsgálat abban az esetben is szükséges, ha rendelkezésre áll valamilyen felszín görbe.



2. ábra

Prizmatikus szelvényű vízfolyás hosszmetesze tervezett keresztelő műtárgy duzzasztási szintjének számításához készített érzékenységvizsgálat, kifolyási peremen felvett három energiavonal-esés hatására kialakult felszín görbékkel

Forrás: a szerző szerkesztése

Dimenziószám megválasztása, mikor, milyen modell alkalmazása célszerű?

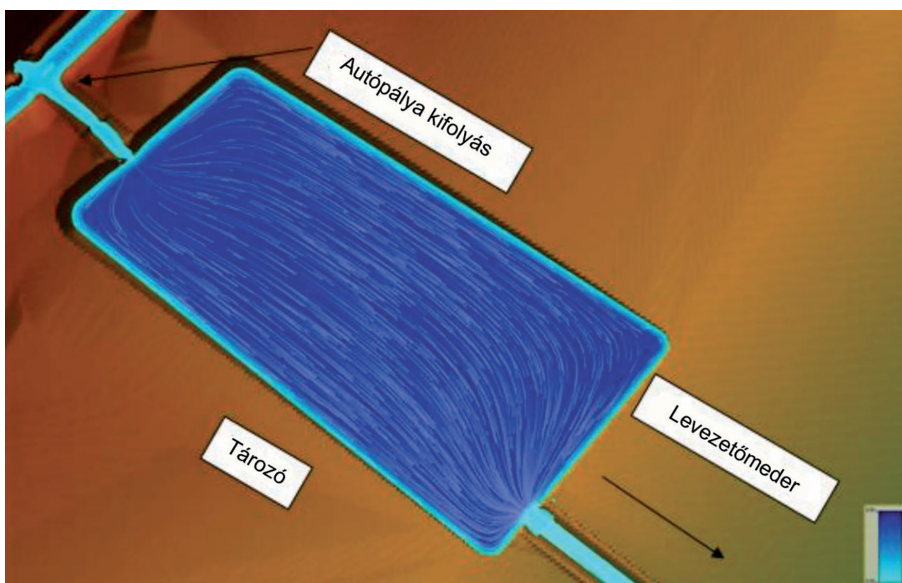
Általánosan nézve a települési csapadékvíz-hálózatot, főleg, ha zárt szelvényű, de nyílt, prizmatikus szelvénykialakítás mellett is probléma az 1D modell. 2D modellek ugyan reprezentatívabb képet adnak, ugyanakkor települési vízvezető hálózat esetében a fenékesés gyakran nagyobb, ahol az áramló vízmozgás rohanóvá válik ($Fr > 1$), így a modellfuttatás időlépéseit drasztikusan csökkenteni kell. Továbbá a 2D rendszer implicit megoldók esetén is – a folytonossági egyenlet diszkretizált formájából adódóan – könnyen válik érzékennyé a kezdeti feltétel hiányára, ami, ha nem is vezet a modell összeomlásához, kezdeti instabilitást okoz. Ez kivédhető warmup futtatás stabil végállapotáról való indítással (ÁMON 2017), de az 1D szimuláció ennél könnyebben stabilizálható.

Tehát 2D modell beépítése olyan helyeken indokolt a tervezésnél, ahol komplexebb hidraulikai helyzetet kell vizsgálni. Ilyen például az átbukás, zsilip vagy zárt szelvényből

kilépés alvízi szakasza. Elöntésmóddal esetén mindenképp 2D modell beépítése indokolt, nem beszélve a villámár hatásvizsgálatáról.

Mivel a folyamatmodellek fokozatosan változó vízmozgást írnak le, a 0D megoldók lokális használata (például átbukás, nyomás alatti áteresztés) fontos a hirtelen változó vízmozgású részek szimulálására.

Tározók esetében a tervezés kezdetén szintén célszerű először 0D esetben, a tározó kapacitását leíró görbével közelíteni a problémát, majd ezután magasabb fokú modellel vizsgálni a kialakuló áramlási állapotot, például 1D vagy 2D csatornamodellel, amely bukón keresztül kapcsolódik a tározó 2D modelljéhez. A 3. ábra 2D tározója egy település feletti vízgyűjtő időszakos vizeit fogadja, amelyhez a hozamidősort vízgyűjtőmodell szolgáltatja. Autópálya-építés miatt a vízgyűjtő terhelése koncentrálnak a település felett, ezért a vízelvezető rendszer túlterhelését elkerülendő árhullámcsökkentő tározó épül. A modell felépítése: levezető medret magában foglaló 2D rácsháló, az autópályánál 0D áteresztés integrálásával – 2D meder – 0D bukó – 2D tározó – 0D bukó – 2D meglévő levezetőmeder.



3. ábra

Tervezett M30 autópálya által átvágott vízgyűjtő koncentrált hozamának csillapítása. Település feletti puffertározó, kialakuló vízszlopmagasság a 0-2 m tartományon, részecskekövetéssel

Forrás: a szerző szerkesztése

A tervezéshez használt modellek további hasznosítása

A tervezéshez használatos modellek esetében a könnyű módosíthatóság mellett a számítási időtartam csökkentése is fontos kérdés, főleg kis időlépések használata esetén. Ezzel szemben megfelelően felépített vízgyűjtőmodell mellett, ha a geometriai alap rendelkezésre

áll, és nem zártszelvényű csatornarendszer vizsgálata a feladat tárgya, célszerű a hidrodinamikai rendszer 2D képének kialakítása is, nemcsak a hidraulikailag indokolt helyeken, hanem minden szabad felszínű vízmozgásos területen. Ennek oka, túl a reprezentatívabb megjelenésen, a könnyebb kezelhetőség, a geometria könnyebb módosítása, illetve a turbulens viszonyok részletesebb áttekintése, ami üzemeltetési szempontból rávilágít a rendszer érzékenyebb pontjaira.

A mostanában futó pályázatokban a vizek helyben tartásának kérdése központi szerepet tölt be. Ennek hátulütője egyrészt, hogy ez az ország több területén nem, vagy nehezen kivitelezhető a morfológiai viszonyok miatt, de mindenképpen üzemeltetési nehézségeket rejtnek magukban. A helyzethez sokban hozzájárul, hogy a települések nem rendelkeznek vízhasznosítási koncepcióval, a vízgyűjtők feltáratlanok, a lakosság jobbra csak a haváriaként megélt szélsőséges csapadékesemények kapcsán találkozik vízgazdálkodási kérdésekkel.

A kapcsolt modellek segítséget nyújthatnak a települési szintű vízgazdálkodási tervek kidolgozásában a vízgyűjtők feltárásával, a hozzájuk kapcsolt szcenárióalapú modellezéssel egészen tanulmányi szinttől a vízhasznosítási javaslatok (adott esetben annak kvázi lehetetlenségének megállapításáig) felállításáig, majd a kiválasztott megoldás részletes megtervezéséig.

Irodalomjegyzék

- ÁMON G. (2016): *M30 gyorsforgalmi út Miskolc – Tornyosnémeti közötti szakasz eng. terv, t.sz.: 1532, D. – vízépítés munkarész*. Budapest, TURA-Terv Mérnökiroda Kft.
- ÁMON G. (2017): *Numerikus folyamatmodellezés a vízépítési tervezésben*. Előadás. Elhangzott a Magyar Hidrológiai Társaság XXXV. vándorgyűlésén, Mosonmagyaróváron.
- VARGA L. – BUZÁS K. – HONTI M. (2016): Új csapadékmaximum-függvények, *Hidrológiai Közlöny*, 96. évf. 2. sz. 64–69.

Kozák Péter

A települési csapadékvíz-kezelés és a külterületi vízelvezető rendszerek diszharmoniójának bemutatása dél-alföldi esettanulmányokon keresztül

Bevezetés

A közelmúlt hidrológiai szélsőségei ráirányították a figyelmet a települési csapadékok kezelésének fontosságára. Habár a külterületek tekintetében egyértelmű az állami szerepvállalás fokozódása, a belterületek esetében az egységes irányítási szemlélet nem minden esetben azonosítható. A települések belterületén keletkező és onnan elvezetni szükséges víztömegek összegyűjtése a belterületi csapadécsatorna-hálózat feladata. A hálózat elemeinek hatékonyságát nemcsak a rendszer aktuális vízelvezetési potenciálja határozza meg, hanem az azokat befogadó rendszerek aktuális vízelvezetési potenciálja is. A befogadók állapota, vízszállítása szinte soha nem kerül vizsgálat alá a belterületi rendszerek felülvizsgálata során: annak kezelője írásos nyilatkozatban adja hozzájárulását a bevezetéshez.

A települések csapadékvíz-rendszereinek befogadóiként jellemzően a külterületi vízelvezető hálózatok kerülnek kijelölésre. Sajnálatosan a belterületi és a külterületi vízelvezető rendszerek tervezése/kiépítése/működtetése nem azonos szakmai előírások/elvek szerint történik. Tovább rontja a kialakult helyzetet, hogy síkvidéki rendszerek esetében a befogadó külterületi rendszerek működésének dinamikája eltér a belterületi rendszerekétől. Általában kisebb áramlási sebességekkel, lassabban továbbítják az érkező vízmennyiséget, ezáltal a belterületről kivezetni szándékozott vízmennyiségeket visszaduzzasztják a belterület felé.

A belterületi csapadékvizek elvezetésével kapcsolatos előírások figyelembevételével tervezett/megvalósított/üzemeltett bel- és külterületi vízelvezető rendszerek összhangjának biztosítására vonatkozó előírás nem szerepel sem a belterületi rendszerek, sem pedig a külterületi rendszerek tervezési előírásai között. A rendszerek tervezői általánosságban csak a megbízásukban szereplő vízgyűjtőkről elvezetendő vízmennyiségek károkozás nélküli – lehetőleg azonnali – elvezetésével foglalkoznak. A befogadókkal kapcsolatos elvárásokat a befogadók üzemeltetői irányába benyújtott *befogadói nyilatkozatokban* fogalmazzák meg. A befogadók üzemeltetőivel lefolytatott konzultációk alkalmával kerülnek ismertetésre a belterületi területekről levezetendő vízhozamok, amelyek rendszerint

jelentősen meghaladják a rendelkezésre álló vízelvezetési kapacitásokat. A belterületi fejlesztések során *egyértelmű e prioritás*, hiszen a belterületi vizek levezetése a települések vízkárelhárítása, biztonsága szempontjából meghatározó jelentőségű.

A külterületi befogadók terhelhetőségével kapcsolatosan jelenleg az üzemeltetési/engedélyezési gyakorlat csak a statikus állapotra, permanens vízzállításra értelmezett vízhozam-adatakat vizsgálja. Ugyanakkor a vízrendszerek nem permanens állapotai jellemzik a valós helyzetet. A vízhozam adatok helyett pedig a vízelvezetési potenciál ad valós képet a rendszerek terhelhetőségéről.

A belterületekről érkező víztömegek

A belterületekről levezetendő vízmennyiségek általános értelemben a lakott települések mentesítése érdekében kerülnek összegyűjtésre. E vízmennyiségekkel kapcsolatban természetes igény, hogy azokat a lehető leggyorsabban vezessék le. Azonban a belterületekről levezetendő vízmennyiségek kibocsátói a belterületi fejlesztések is. A települések fejlődése, az munkahelyteremtés érdekében korábban használaton kívüli területeket is beépítenek. Az e területekről történő vízelvezetés is a belterületről érkező terheléseket növeli. Habár a lakóingatlanok, a közcélú építmények mentesítése prioritást élvez, a belterületi ipari parkokról levezetendő vízmennyiségekkel mégis jelentősen megterhelik a külterületi befogadókat, így azok elvezetési potenciálja jelentősen lecsökken. Habár az ipari jellegű fejlesztésekkel kapcsolatban jelentkező többletvízmennyiségek tározása/késleltetése ügyében megfogalmazásra kerülő infrastrukturális fejlesztések irányában alapvetően kedvező a beruházói fogadtatás, a konkrét finanszírozási kérdések megoldásában sokszor az érintett települési vezetők nem kapnak kellő támogatást, pedig ahhoz, hogy egy munkahelyteremtő beruházás megvalósulhasson, a településnek saját forrásait is igénybe kell venni a szükséges tározók építése során, mert ellenkező esetben a beruházó másik települést választ a fejlesztéshez.

Hasonló többlet belterületi terheléseket eredményeznek a közösségi vagy akár mezőgazdasági célú termál-fűtőrendszerek, hiszen az ezekből elvezetésre kerülő csurgalékvizek szintén a felszíni befogadói kapacitásokat csökkentik. Az ilyen jellegű terheléseknek fontos jellemzője, hogy a fűtési időszakon belül nem időszakosan jelentkeznek, hanem folyamatosan terhelik a befogadót, ezáltal például a fűtési szezonban keletkező csapadékos időjárás során komoly fennakadások jelentkezhetnek a csapadékvizek elvezetésében. Ezek feloldásához már a belterületen belül kell gondoskodni a terhelések mérsékléséről vagy adott esetben késeltetéséről, akár olyan áron is, hogy a települési termál közösségi fűtőrendszer működését korlátozzák, vagy időszakosan gázüzemmel biztosítják.

Az autópályák építése során számos helyen alakult ki olyan helyzet, amikor az autópálya felületéről elvezetendő víztömegek befogadására olyan külterületi befogadók kerültek kijelölésre, amelyek belterületek vizeit is levezetik. Ezekben az esetekben az útpályatestről levezetendő víztömegek következtében a befogadók olyan nagy intenzitású terheléseket kapnak, amelyek a távolabbi településekről érkező víztömegek befogadását nehezítik meg, vagy adott esetben ellehetlenítik.

A fentiek alapján a belterületekről elvezetendő vizek az alábbi táblázatban látható elemekből tevődnek össze. A táblázat az egyes elemekhez tartozó kockázatokat is tartalmazza.

1. táblázat
Belterületekről elvezetendő vizek összetétele

Összetevő megnevezése	Forrása	Fennálló kockázatok
Belterületi összegyülekezés	Csapadékvíz	Éghajlati szélsőségekhez kapcsolódóan megnövekedő és elvezetendő víztömegek.
Belterületi ipari eredetű víztömegek	Ipari tevékenység	Folyamatos üzemmóddal működően csökkenti a külterületi elvezetési potenciálokat.
Belterületi termál csurgalékvizek	Belterületi közösségi vagy mezőgazdasági célú termálfűtőrendszerek	Folyamatos üzemmóddal működően csökkenti a külterületi elvezetési potenciálokat.
Autópályákról/külterületi útpályákról elvezetett vízmennyiség	Autópályák/külterületi útszakaszokon összegyülekezett vízmennyiség	A terhelés csökkenti a külterületi vízelvezető rendszerek elvezetési potenciálját.

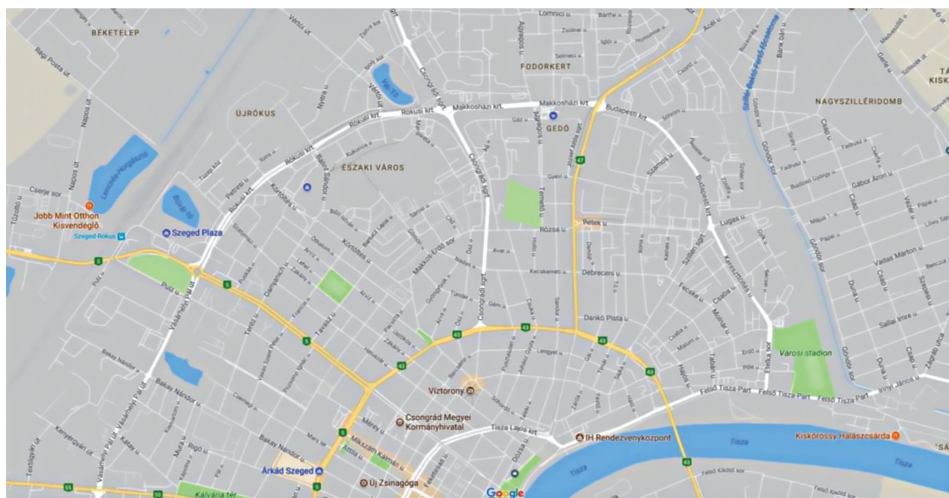
Forrás: a szerző szerkesztése

Esettanulmányok a belterületi vizek elvezetésével kapcsolatosan

Belterületi vizek kezelésének gyakorlata a szegedi Vér-tó kapcsán

Szeged városát alapvetően kedvezőtlen vízgazdálkodású adottságokkal rendelkező területen alakították ki. A Tisza folyó árterében, korábban a folyó elöntéseinek kitett területek mentésével épült meg. A belterületekről elvezetendő vizek befogadjaként a Tisza igénybevétele jó megoldás. Azonban a folyó e szakaszán jelentkező árvizek miatt hosszan elnyúló – akár 3-6 hónapig – magas folyami vízállások jelentkezhetnek. Ezen időszakokban csak szivattyús átemelőkkal továbbíthatók az összegyülekezett vizek. Annak érdekében, hogy az elvezetési kapacitásokat optimalizálni tudják, már a középkortól kezdődően – kihasználva a meglévő terepadottságokat – nagyszámú tározó került kialakításra a belterületen, amelyek jellemzően az összegyűjtött csapadékvizek átmeneti tározását szolgálták (1. és 2. ábra).

A Vér-tó Szeged északi területén került kialakításra, aminek elsődleges feladata a környező területek csapadékvizeinek befogadása volt az elmúlt mintegy 150 évben. Jelentősége megnőtt a 20. század második felében, amikor nagy kiterjedésű lakótelep épült köré. Ennek csapadékvizeit fogadta be és tározta ideiglenesen (3. ábra).



3. ábra
A Vér-tó elhelyezkedése

Forrás: Google Maps

A tó 2009. évi rekonstrukcióját követően nemcsak a csapadékvíz tározásában tölt be jelentős szerepet, hanem az épített környezeti elemek közé szervesen integrálódva, jelentősen növeli a terület potenciálját, hiszen jelentős vízfelületével segíti a rekreációs lehetőségek elérését a környezetében élő lakótelepi lakosok számára (4. ábra)



4. ábra
A szegedi Vér-tó és környezete

Forrás: a szerző felvétele, 2017

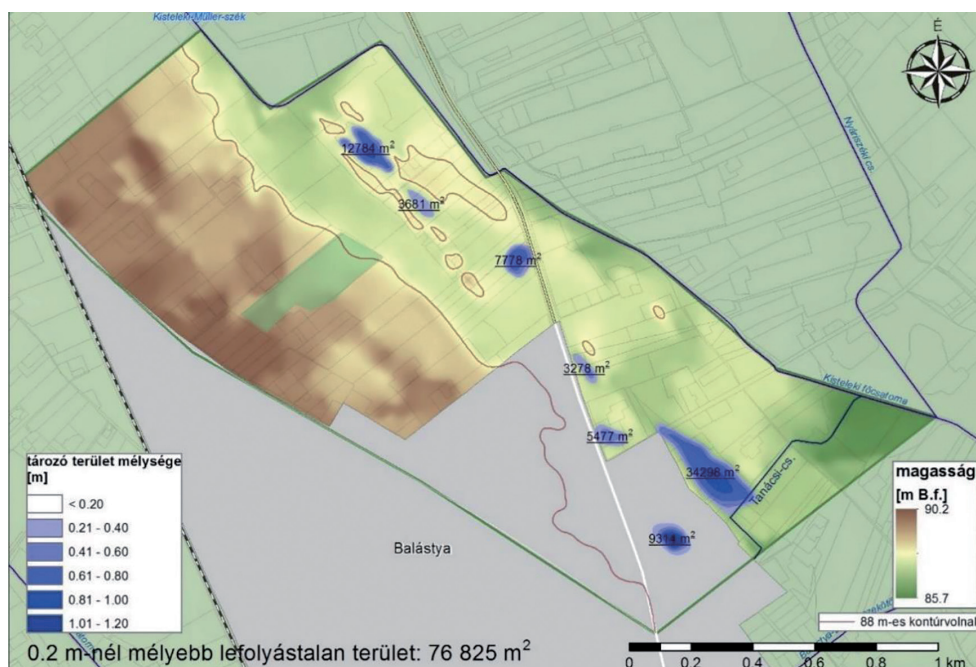
Mivel a vízfelület az épített környezetbe integrálódott be, a lakosok részéről egyre inkább növekszik a rekreációs lehetőségek fejlesztésével kapcsolatos igény. Napjainkban már lehetőség nyílik kulturált körülmények között sporthorgászatra, sétautak használatára is a tó körül. A rekreációs igények fokozottabb kiszolgálása azonban fokozottabb vízminőségi követelményeket is támaszt. Ezzel kapcsolatban napjaink egyik kérdése: hogyan lehetne a Vér-tavat mentesíteni a csapadékvizektől, hiszen azok a vízmennyiségek a vízminőség szempontjából kockázatot hordoznak.

A szegedi Vér-tó példája szemlélteti azt a törekvést, hogy a belterületi csapadékvíz-tározó az épített környezet szerves részévé váljon, azonban ehhez kapcsolódóan eredeti funkciója – a csapadékvizek tározása – már konfliktust generál, és a közeljövőben várhatóan háttérbe is szorul a rekreációs igények szélesebb körű kiszolgálása érdekében. Fontos megjegyezni, hogy frekvenciált külterületi csapadékvíz-tározók esetében hasonló „evolúciós” szakaszok figyelhetők meg, aminek következménye, hogy a tározásra igénybe vehető térfogatok/vízfelületek csökkennek, míg a rekreációs célú térfogatok/vízfelületek növekednek.

Belterületi vizek kezelésének gyakorlata Balástya település fejlesztési elképzelései kapcsán

Balástya község az Alföld délkeleti részén helyezkedik el Szegedtől északnyugati irányban az 5-ös számú főút mentén. A település vezetése, kihasználva a rendelkezésre álló pályázati forrásokat, fejlesztések előkészítését kezdeményezte egyrészt a települési csapadékvíz-elvezető hálózat kiépítettségének növelése, illetve a településen hozzáférhető termálenergia közösségi célú fűtőrendszerének kiépítése érdekében. A szükséges tervezési megbízások kiadását követően megkezdődtek az egyeztetések az elérhető befogadó igénybevételével kapcsolatban. Megállapítást nyert, hogy a térségben elérhető befogadó terhelhetősége kérdéses, hiszen az érintett főcsatorna (Kisteleki-főcsatorna) elvezetési kapacitásai gyakorlatilag teljes mértékben le vannak kötve, mivel ez a térség egyetlen jelentősebb kiépítéssel rendelkező csatornája. Emiatt mindkét projekt megvalósítása veszélybe került.

A helyzet megoldására a polgármester kezdeményezett egyeztetéseket – a közreműködő szakági tervezők hajlandóságának hiányában – a főcsatornát kezelő Vízügyi Igazgatósággal. Az egyeztetések során közösen határozták meg azokat a külterületi tározási lehetőségeket (5. ábra), amelyek igénybevételével a belterületről levezetendő vízmennyiség időszakosan tározható (amíg a befogadó kapacitásai rendelkezésre állnak). A közösségi célú termálvíz-fűtőrendszer vonatkozásában pedig rögzítésre került, hogy azokban az időszakokban, amikor a települést terhelő csapadékvizek elvezetése indokolja, üzemét – időszakosan – gázüzeműre állítják át, ezáltal az elvezető rendszer mentesíthető a termálvizek okozta terheléstől.



5. ábra

Tározási lehetőségek Balástya település fejlesztési elképzelései kapcsán

Forrás: Benyhe Balázs szerkesztése, 2016

Belterületi vizek kezelésének gyakorlata Pálmonostora település vízkárelhárítási kockázata kapcsán

Pálmonostora település az Alföld délkeleti részén, Bács-Kiskun megyében, Kiskunfélegyházától délkeletre elhelyezkedő település. Vízgazdálkodási adottságai alapján nem rendelkezik jelentősebb vízkárelhárítási kockázattal, azonban a közelmúlt csapadékos éveiben több alkalommal is meghaladta az éves csapadékösszeg az 1200 mm-t a sokéves átlagos 500-600 mm-rel szemben. A térség főbefogadója a Dong-ér, azonban belvizes időszakokban annak vízszintje csak szivattyús bevezetést tesz lehetővé. A térségben legutóbb 2011-ben volt jelentősebb belvízhelyzet, ennek során számos épület rongálódott meg, dőlt össze. A védelmi munkálatok során helyeződött a figyelem a csapadékvizek ingatlanon belüli gyűjtésének/kezelésének fontosságára. Számos ingatlan kerül kritikus helyzetbe a belvízi előntés kapcsán, mert az öngondoskodás elvárásait sem teljesítették a tulajdonosok. Gyakorlatilag a saját felelősségre elvégzendő preventív intézkedéseket sem hajtották végre. Sok ház esetében még az ereszcatornák sem kerültek felszerelésre (6. ábra), és így a csapadékos időjárás miatt a csapadékvíz közvetlenül támadta a falakat, amelyek közül számos vályogból épült összedőlt.



6. ábra

Pálmonostora a 2010–2011. évi belvíz során

Forrás: a szerző felvétele, 2011

A település a belvízi időszakok óta eltelt idő alatt jelentős pénzügyi forrásokat mozgósított a védekezési időszakban feltárt hiányosságok megszüntetésére.

A fenti esettanulmányok felhasználásával került bemutatásra az, hogy a belterületi csapadékvíz-elvezető rendszerek terheléseinek meghatározása során jelentős mértékben túl kell tekinteni a csapadék okozta összegyülekezésem, és törekedni kell valamennyi vízterhelést adó szegmens azonosítására és méretezésben történő figyelembevételére. A példából látható, hogy a csapadékvíz-tározók mint az épített környezet részei sajátos „evolúción” mennek keresztül, ami során a csapadékvíz-tározási funkció meghatározó jellege mérséklődhet. Továbbá az esettanulmányok utalást tartalmaznak arra, hogy a települési vízrendezés hatékonyságát jelentősen befolyásolhatja az ingatlanokon belüli csapadékvízkezelés, -elvezetés kiépítettsége.

A fennálló konfliktusok megoldási lehetőségei

A kialakult konfliktusok feloldásának két iránya nevezhető meg: vagy a befogadói külterületi vízrendszer kerül fejlesztésre, vagy a belterületi rendszer kerül felülvizsgálat alá. A befogadó külterületi rendszerek fejlesztése jellemzően az elvezetési kapacitások növelését jelenti. Ebben az esetben a belterületi fejlesztéshez kapcsolódnak a külterületi kapacitás növelését biztosító intézkedések. E fejlesztésekhez kapcsolódóan további nehézséget jelent, hogy a külterületi elvezető rendszerekre vezetett többletterhelések a rendszer vízkormányzási rendjének módosítását is szükségessé teszik. További probléma az elkészült művek üzemeltetésével kapcsolatos kezelői feladatok végrehajtása, mert ezek a belterületi rendszerek az üzemeltetők anyagi terheit tovább növelik, így finanszírozásuk problémás le-

het. Amennyiben a külterületi rendszerek fejlesztését nem tudja vagy nem akarja elvégezni a belterületi fejlesztést indukáló szervezet, akkor a belterületen (a tervezési határon belül) kell beavatkozást végrehajtani a lefolyó víztömegek késleltetésére csapadékvíz-tározó(k) megépítésével. E megoldási változatnak a problémája, hogy további fejlesztési költségeket indukál, és az értékes belterület igénybevételét teszi szükségessé.

A fenti megoldási változatok közötti választást sokszor nem csak a beruházó szándéka vagy a tervező felkészültsége határozza meg, hiszen a fejlesztések során figyelembe kell venni a fejlesztéshez igénybe vett pályázati forrás előírásait is.

A kialakult konfliktusokkal kapcsolatban fontos lenne, hogy a belterületi fejlesztésekben közreműködő szaktárgyi tervezők komplex módon közelítsék meg tervezési feladatukat, és ne csak a „tervezési határig” alkossák meg a műszaki megoldást, hanem vizsgálják a befogadók problémakörét is. Az esetek túlnyomó részében a befogadók nem fogják lehetővé tenni az érkező vizek azonnali elvezetését, így fontos, hogy lehetőleg már a koncepcióalkotás időszakában kerüljenek vizsgálatra a lefolyáskésleltetés, illetve a -visszatartás lehetőségei.

A gyakorlati tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a dinamikus üzemállapotok vizsgálatára nagyobb hangsúlyt kell fektetni, mert csak e szimulációk alkalmazásával kerülhet teljeskörűen a csapadékvíz-elvezetés problémaköre megoldásra. Ennek számítási feltételei napjaink korszerű numerikus modellezési rendszereinek használatával mindenki számára hozzáférhetők.

A dolgozat zárásaként pedig következzen egy mintaszerű példa, ahol a beruházói szándék felkarolta a csapadékvíz elhelyezésének igényét. A szegedi ELI-ALPS Lézerközpont esetében olyan csapadékvíz-tározó létesült, amely mintaként tekinthető valamennyi – akár ipari – fejlesztés számára a csapadékvizek elhelyezése szempontjából (7. ábra).



7. ábra

A csapadékvíz elhelyezésének megoldása a szegedi ELI-ALPS Lézerközpontnál

Forrás: a szerző felvétele, 2017

Irodalomjegyzék

BLAZOVICH László szerk. (2014): *Szeged Várostörténeti Atlasza*. Szeged, Csongrád Megyei Honismereti Egyesület.

Vákát oldal

Mrekva László

A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásshabályozásában

Bevezetés

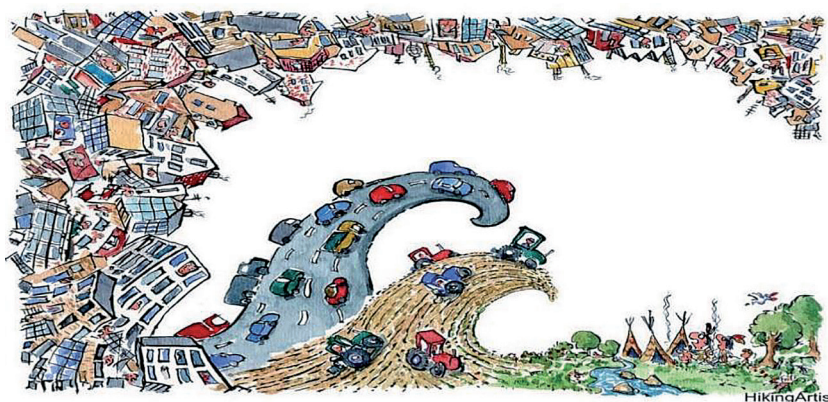
A rohamos urbanizáció, a koncentrálódó gazdasági tevékenység és a klímaváltozás együttesen megnöveli a városi katasztrófák kialakulásának kockázatát az egész világon. A nem tervezett városfejlesztés, a fajsúlyos városi agglomerációkért folytatott verseny és a környezet degradációja, a földhasználat megváltoztatása gyakran a városok természetes vízgyűjtő-területeinek árvizek általi veszélyeztetéséhez vezet. A jelenlegi települési földhasználati gyakorlat miatt a városokban előregedő műszaki struktúrájú, túlterhelt csatornahálózatok találhatók, sürgető csapadékvíz-elvezetési és -kezelési problémákkal. A klímaváltozáshoz köszönhető megnövekedett csapadéktevékenység és az áthatolhatatlan városi felületek számának növekedése a katasztrófális károk kockázatának növekedését jelenti a városi területeken. Igényként merül fel a beépített területekről történő csapadéklefolyás mértékének csökkentése. *Ward és társai* szerint a csapadékvízgyűjtésre egyre inkább a fenntartható vízgazdálkodás integrált részeként kell tekintenünk (WARD–MEMON–BUTLER 2012). A kormányok régóta küzdenek e problémák megoldásával. A jelenkori településtervezés szabályozása megkívánja a csapadékvizekkel való észszerű gazdálkodást (a keletkezés helyén történő tárolást és felhasználást). A zöld infrastrukturális megoldások ennek az integrált megközelítési módnak egyfajta kulcselemei. A zöldinfrastruktúrák alkalmazása az a fajta megközelítés, amelyben a szélsőséges³ időjárási jelenségek – például az intenzitásukban és gyakoriságukban, térben és időben eltérő csapadékos időjárásból fakadó negatív hatások – kezelésekor a természetes eljárások használatára összpontosítunk a környezetvédelmi, a szociális és a gazdasági előnyök szem előtt tartása mellett. A zöldinfrastruktúra mint *koncepcionális szemléletmód* (lásd *Módszertani útmutató a zöldinfrastruktúra fejlesztési és fenntartási akcióterv készítéséhez*) jelentős mértékben járul hozzá a fenntartható települési csapadékvíz-gazdálkodás kulcsfontosságú célkitűzéseinek megvalósításához. A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás számára nélkülözhetetlen legfontosabb

³ „A víz a szélsőséges mennyiségével is lehet környezeti ártalom, mert a sok víz vagy kevés víz egyaránt okozhat katasztrófális károkat.” (ILLÉS et al. 1978)

jövőbeli intézkedések a víztakarékos módszerek kidolgozása, a fokozott vízvisszatartás, a hatékony csapadékvíz-gazdálkodás, a megnövelt befogadóképességű csatornarendszerek kiépítése, a klímaváltozás hatásait figyelembe vevő településfejlesztés. A dolgozat a zöld-infrastruktúrák csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásszabályozásában, ezzel együtt a városi árvizek eliminálásában betöltött szerepére koncentrálna, kitérve azok hidrológiai teljesítőképességére.

A téma indokltsága

Ahogy a városi területek egyre inkább terjeszkednek (1. ábra) a világ növekvő lakosságának teret biztosítva, egyre nagyobb valószínűségű igény mutatkozik a városi területek természeti környezetre gyakorolt hatásának mennyiségi és minőségi szabályozása iránt. Habár a népesség fontos szempont a városi környezet vizsgálatakor, a városi terület egy térbeli fogalom, amelyet csak részben definiál annak határain belül élő népessége (WEEKS 2010), a folyamatban nem csupán a városlakók száma nő, hanem a városias jelleg is terjed (PIRISI–TRÓCSÁNYI [s. a.]). A globális városi területek bővülésének szembevető eredménye a természetes folyamatok megváltozásában, valamint a természeti kincsek megfogyatkozásában nyilvánul meg (NIEMCZYNOWICZ 1999; VÖRÖSMARTY et al. 2000). A városi táj megváltoztatása hatással van a beszivárgásra és az evapotranspiráció befolyásolása által a városi hidrológiára.



1. ábra

Városok terjeszkedése

Forrás: https://c1.staticflickr.com/9/8090/8551983771_0ccb5a133d_b.jpg
(A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Az áthatolhatatlan felületek növekedése negatívan befolyásolja a lefolyás folyamatát, mivel a porózus felületekről történő lefolyás a beszivárgás eltérő dinamikájának köszönhetően bizonytalanságot tükröz, és jelentős mennyiségi és minőségi változásokat okoz a hidrológiai körfolyamatban. A városi hidrológia szempontjából az urbanizáció hatására adott városi területen megnő a népsűrűség, és ezzel párhuzamosan a beépítés mértéke is

növekszik. A növekvő népsűrűség növekvő vízigényeket indukál, ami a vízkészlet túlzott kiaknázásához vezet. A beépítés mértékének növekedése, az áthatolhatatlan, lefolyástalan területek növekedése következtében a városi területeken megváltoznak a lefolyási viszonyok (1. táblázat). A lefolyási viszonyok megváltozása általában lefolyásnövekedést és csökkenő felületi tározódást jelent. Megnövekszik az áramlási sebesség, csökken a késleltetés időtartama. A megnövekedett burkolt felületekről lefolyó, a vízbe kerülő szennyeződés hatására a befogadók vízminősége romlik, ami vízminőség-szabályozási problémákhoz vezet. Mindezek a megoldásra váró feladatok cselekvésre készítetik a 21. század emberét. A városi földhasználat jellegének megváltozása, amely megnöveli a csapadéklefolyást, a városi árvízi katasztrófák intenzifikációjához (erősödéséhez) vezet.

1. táblázat

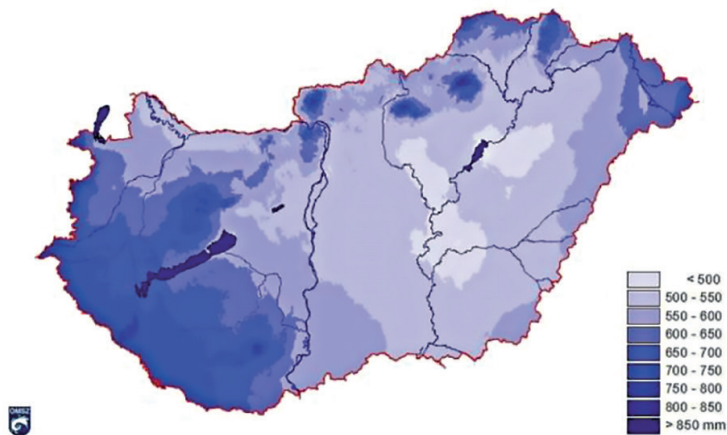
A lefolyás mértéke %-ban (a felszínre hulló csapadék és a lefolyó vízmennyiség aránya) különböző típusú felszínek esetében

aszfaltburkolat	85–95
bitumennel kiöntött kockakő	80–85
kockakő bitumenkiöntés nélkül	50–70
faragott terméskő burkolat	40–50
kavicsolt vagy mechanikailag stabilizált út	15–30
rét	15–30
szántó	8–20
erdő	3–10
park	5–10

Forrás: Magyar Urbanisztikai Társaság 2011, 13.

Alapvető vízpolitikai célkitűzésre van szükség a városok vízszükségletének biztosítása, a csapadékvíz helyben⁴ hasznosítása, a helyi víztározás elősegítése érdekében. Magyarországon az évi átlagos csapadék 500-750 mm. A tájaink között jelentős eltérések vannak az éves csapadékmennyiség tekintetében (2. ábra), ami azt mutatja, hogy rá vagyunk szorulva az észszerű vízviasszatartásra és csapadékvíz-gazdálkodásra.

⁴ „Figyelemmel az éghajlatváltozásból eredő csapadékinzénitálás növekedésére, szükséges egyrészt az elvezetés helyett a csapadékvízzel való gazdálkodás előtérbe helyezése [...]” 27/2015. (VI. 17.) OGY határozat a 2015–2020 közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programról, 1. sz. melléklet, 15.



2. ábra

Magyarország átlagos éves csapadékösszege 1971–2000 között

Forrás: OMSZ

Szélesebb körben szükséges alkalmazni – kiemelt figyelmet fordítva a víztakarékos technológiák elterjesztésére – a vízvisszatartás, a racionális talajhasználat, a felszíni lefolyás csökkentése és a csapadékvíz elszikkasztása, illetve visszatartása eszközeit. A globális éghajlatváltozást megfigyelve elmondható, hogy változnak a csapadékmintázatok: ez azt jelenti, hogy bár összességében több csapadék hullik globálisan, eloszlása térben és időben is egyenetlenebbé vált, továbbá növekedett a párolgás mértéke, és gyakoribbá váltak a heves csapadéktevékenységek is. E trendeknek a látványos felerősödésére kell számítanunk a jövőben (TAKÁCS-SÁNTA 2007). Nyáron (és kisebb mértékben ősszel) a csapadék csökkenése, míg télen (és kisebb mértékben tavasszal) a csapadék növekedése várható.⁵ A csapadékváltozás mértéke meghaladhatja akár a 30-35%-ot (Kiss 2015). Hazánkban a csapadékból származó vízkészlet jelentős,⁶ de elmondható, hogy a csapadékvízzel tulajdonképpen nem gazdálkodunk, és az erre vonatkozó jogszabályi kezdeményezés is igen hiányos.

„A kérdés nem az, hogy vajon a klímaváltozás megtörténik-e, hanem az, hogy mit tehetünk. Reálisan fel kell becsülnünk a változások jelentőségét, amelyek már körülöttünk tapasztalhatók és ennek megfelelően alkalmazkodnunk kell hozzájuk.” (ENSZ Környezetvédelmi Program, UNEP 2007). A mai körülmények között legkézenfekvőbb megoldás a burkolt felületek kiterjedésének csökkentése, és ezzel szemben a zöldfelületek növelése

⁵ A megnövekedett hőmérséklet hatására az egyes területeken tapasztalható csapadék formája, gyakorisága és mennyisége is megváltozik. Magyarországon emiatt összességében kevesebb eső várható, amely azonban intenzívebb esőzések folyamán fog lehullani, elsősorban a téli időszakban (*A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020–2040* [2015]).

⁶ „A készletek második legnagyobb pozitív összetevője a csapadék, amely közelítően a befolyó felszíni készlet felével egyenlő. Ez azt is jelzi, hogy ésszerű vízvisszatartás és csapadékvíz-gazdálkodás révén a vízgazdálkodás és főleg a mezőgazdasági vízgazdálkodás tartalékai számottevőek.” (Nemzeti Vízzstratégia 28.)

volna. A nemzetközi gyakorlatban az előbb említett, jogszabályi kezdeményezés kötelezőként történő megvalósulásának lehetünk tanúi. Norvégiában például jogszabályi úton kötelezik az ingatlanulajdonosokat a területükre hulló csapadék összegyűjtésére, helyben tartására, ezzel tehermentesítve a víziközmű-szolgáltatók által üzemeltetett csatornahálózatokat. Magyarországon is vannak pozitív előrelépések: egyes városok építési szabályzata már tesz előírásokat például a zöldtetők kialakítását illetően.

„Mekkora zöldterületre lenne szükségünk a hazai településeken? Magyarországon az egy főre eső zöldterület településenként 0,49 és 140 m² között változik. Az ajánlott zöldterületi minimum 21-30 m²/fő, amelyből 7-10 m²-t közvetlenül az épületek körül, 7-10 m²-t 300-500 méteres távolságra, további 7-10 m²-t pedig nagyobb közparkként kellene biztosítani.” (LEVEGŐ MUNKACSOPORT [s. a.]

A települések életében sajátos módon sokszínű⁷ és jelentős szerepe van a víznek a környezet fejlesztése és az infrastruktúra megteremtése tekintetében. Nem újszerű a gondolat, hogy „a településeket közvetlen érintő környezetet átgondolt területfejlesztéssel, területrendezéssel és a vízi környezet fejlesztésével lehet eredményesen kialakítani” (ILLÉS et al. 1978), és az intézkedéseket, amennyire csak lehetséges, az eredményesség érdekében koordinált módon kell kezelni a teljes vízgyűjtőn. Mindezen fejlesztések alapját képezik a városiasodásnak, ezzel együtt a városok infrastrukturális ellátottságának. A vízgyűjtők átfogó szemléletű rendezése megelőzi a kedvezőtlen környezeti ártalmak integrálódását, növeli a kedvező hatásokat, bővíti a vízgazdálkodás többcélúságát.

A városi lefolyáskarakterisztika és a zöldinfrastruktúra kapcsolata

A városi hidrológia egy sajátos tudást, ismeretet igénylő szegmense a hidrológiának, amit akkor és azokon a területeken alkalmaznak, ahol a koncentrálnódó emberi tevékenység kapcsolatba kerül a természetes folyamatokkal. A lakosság folyamatos növekedése (3. ábra) és a városi területek fokozódó fejlesztése kihatással van egy adott terület természeti jellemvonásaira, és megváltoztatja ott a hidrológiai gyakorlatot.⁸

⁷ „A víz az egyik leghatásosabb környezetgazdagító tényező által is, hogy fokozza más környezeti elemek (pl. erdők, parkok) esztétikai, közcélú (jóléti) és tájformáló hatását.” (ILLÉS et al. 1978)

⁸ „A népes településeken átlagosan 5-10%-kal magasabb a csapadék mennyisége a környező területekénél.” (KlímaBarát Városok 2012)

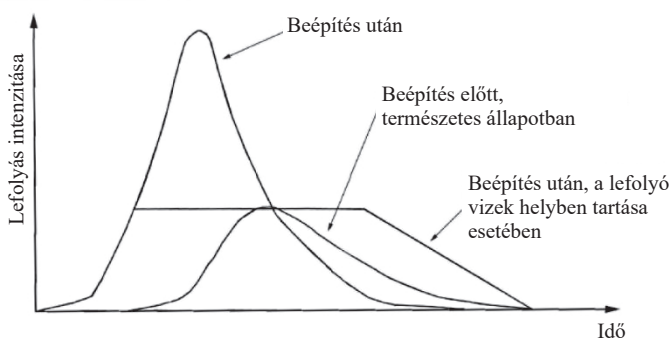


3. ábra

A városok számának és a városlakók arányának alakulása Magyarországon

Forrás: KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL 2015

Az elvárosiasodás egyik figyelemre méltó következménye az áthatolhatatlan felszínek növekedése, vagyis a burkolt utcák, utak, parkolóhelyek (ideértve a háztetőket is) jelenléte. Ezek a jelentősen megnövekedett felületek együttesen okozzák a lefolyás mennyiségének növekedését, valamint a talaj infiltrációs képességének csökkenését (4. ábra). A nem megfelelően kialakított városi csatornarendszerek a természetes vízgyűjtőkhöz képest nem tudják a lefolyást a lehető leggyorsabban levezetni, ezzel árvizek kialakulását okozzák (KASSIM–KASSIM 1999). A városi csapadékvíz-gazdálkodás az a fajta megszerzett tudás, ismeret, tapasztalat, amely megkísérli értelmezni, szabályozni és hasznosítani a hidrológiai körfolyamatban jelen lévő víz különböző megjelenési formáit.



4. ábra

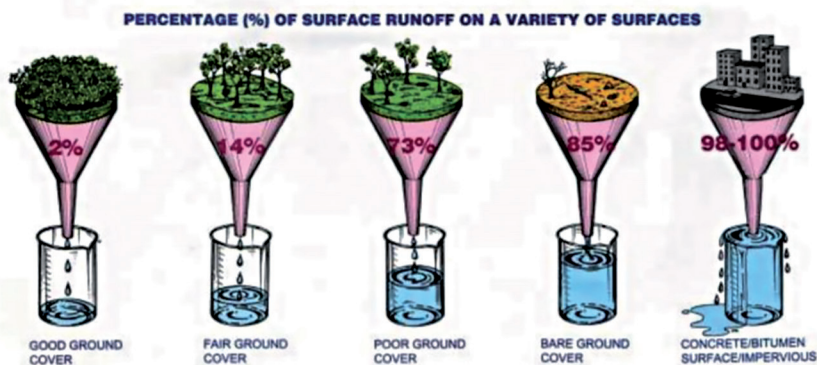
A beépítés hatása a felszíni lefolyásra

Forrás: WRIGHT–HEANEY 2001

A városi csapadékvíz-gazdálkodás ismereteinek alkalmazása leginkább az ember természeti folyamatokba történő beavatkozása esetén indokolt. A városi területeken és a vidéki, természethez közeli területeken lezajló hidrológiai folyamatok hasonlóak, de a városi területeken ezek a folyamatok térben és időben szűkebb skálán mozognak (DELLEUR 2003). A városi csapadékvizekkel való gazdálkodás során megoldandó kérdéskör szorosan egy viszonylag kis területen koncentrálódó népszaporulattal hozható összefüggésbe. A közlekedési hálózat fejlődése – ami egy magasabb életszínvonal elérését vetíti előre – nagy kiterjedésű, áthatolhatatlan urbánus felületek kialakulását eredményezi, amelyekről a víz egyenesen az amúgy is túlterhelt, műszakilag alulméretezett csatornarendszerekbe kerül. A hidrológiai folyamatokat szemlélve ennek a ténynek a befogadóra gyakorolt hatása meglehetősen drámai.

A csapadékvízgyűjtés hosszú időre nyúlik vissza: számos ősi civilizáció arra használta a csapadékvizet, hogy megbirkózzon a víz időszakos rendelkezésre állásának problémájával. A csapadékvízgyűjtési módszerek széles választéka ismeretes, és a különböző megoldások kiválasztása legalább annyira függ a vízgyűjtő területtől, mint a végső felhasználás céljától. A csapadékvízgyűjtési technikák két fő típusra (*in situ* és *ex situ*) oszthatók. Az *in situ* (eredeti helyzetben) csapadékvízgyűjtés célja növelni a talajban tározott csapadékvíz mennyiségét úgy, hogy azt a felhasználás helyén gyűjtik össze. Ennek az eljárásnak a lényege, hogy a csapadékvíz helyben marad. Az *ex situ* (nem eredeti helyzetben) csapadékvízgyűjtés esetén a csapadékvizet – a végső felhasználási helyhez képest – külső területen gyűjtik össze. Ilyen csapadékvízgyűjtésre szolgáló külső területek a városi természetes talajfelszínek, háztetők, utak és járdák.

A jelenkori városokban adott csapadékból származó lefolyás jelentősen több, mint korábban volt, és a lefolyó mennyiségek is 2-10-szeresére növekedtek (ROESNER et al. 2001). Dasch (2003) rávilágított az urbanizáció egy másik, szintén a lefolyásra gyakorolt negatív hatására, amely ugyancsak az áthatolhatatlan területek fejlődésének eredménye: a legtöbb csapadék beszívárogni képes hányada csökken, a lefolyási hányada pedig növekszik (5. ábra).



5. ábra

A felszíni lefolyás százalékos eloszlása különböző felszíneken

Forrás: <http://beckleysanitaryboard.org/impervious-surface>
(A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

A városi zöldterületekkel foglalkozó modern kutatások (PATAKI et al. 2011) rávilágítottak arra, hogy ahol az áthatolhatatlan felületek általi beépítettség mérete eléri a városi terület 50-90%-át, ott a beépített felületek 40-83%-án felszíni lefolyás képződik adott csapadékesemény alkalmával. Ez a lefolyás egyaránt származhat együttesen a közterületekről, illetve a magán-lakóingatlanokról. További tanulmányok (*The Multifunctionality of Green Infrastructure* 2012) (PYKE et al. 2011) kiemelten kezelik, és egyre nagyobb érdeklődést mutatnak a zöldinfrastruktúra tudománya és gyakorlata iránt, hangsúlyozva azok várostervezésben betöltött integratív szerepének fontosságát. Kimutatták például, hogy az áthatolhatatlan városi felületek szerény mértékű (25%-ról 16%-ra) csökkentése is jelentős csökkenést eredményezne a csapadékvíz lefolyásában.

A csapadékvíz-gazdálkodás általánosan alkalmazható céljai közül kiemelve, Wurbs és Jones (2002) hangsúlyozták, hogy a városi területeken az élet minőségét az árvizek csökkentése által, a csapadéklefolyás okán kialakult szokásos városi gyakorlat minél kisebb mértékű megzavarása és a védendő vízminőség jelentőségének szem előtt tartása által kellene növelni.

A vízgazdálkodás komplex értelmezése szerint a vizek kártételeinek megelőzése, valamint a károk lehetséges csökkentésére való felkészülés elengedhetetlen része a fenntartható vízgazdálkodás koncepciójának (MEDGYASSZAY 2007). Minden esetben a kor vívmányait, a társadalmi igényeket és a fenntarthatóságot szem előtt tartó fejlesztések növelése az elsődleges szempont. A fejlesztések során különös tekintettel kell lenni a csapadékvízzel történő gazdálkodásra (gyűjtés, helyben történő felhasználás, elvezetés), illetve az extrém időjárási körülmények kezelésére. A hirtelen lezúduló csapadékvizek elleni védekezéshez nemcsak a jól tervezett és méretezett csapadékvíz-hálózat kiépítése és a meglévő hálózat elégséges bővítése szükséges, hanem a meglévő hálózati elemek folyamatos karbantartása is. A fejlesztések során kiemelt hangsúlyt kell kapnia a költséghatékony vízvisszatartásnak és csapadékvíz-gazdálkodásnak. A fölös csapadékvizek kártétel nélküli levezetése társadalmi követelmény, ezért a kezelésükkel kapcsolatban alapvető paradigmaváltásra van szükség mind a gyakorlat, mind pedig a törvényi szabályozás téren.

A víz nem ellenségünk, hanem egy nagyon fontos lételem, ezért a vizet nem eltávolítani, hanem hasznosítani szükséges. A csapadékvizek helyben tartása és felhasználása tetemes költségmegtakarítást jelent. A tározott vízmennyiség nem jelenik meg a csapadékvíz-csatornahálózatban, amelynek terhelése ezáltal jelentősen csökkenthető. A hatásos gazdálkodási stratégia első lépése, hogy a problémát illetően egyértelműen definiált célokat kell megfogalmazni.

A hidrológiai körforgás alapelve szerint, amikor esik, az első esőcseppeket felfogják a növények levelei és szárai, amikor az esőcseppek elérik a talaj felszínét, a víz elkezd beszivárogni a talajba, amíg eléri azt a szintet, ahol a csapadékkoncentráció mértéke meghaladja a talaj infiltrációs kapacitását, vagyis már nem képes több víz beszivárogni a talajba. A talaj infiltrációs kapacitása a talaj szerkezetének függvényében változik. Eltekintve a csapadék karakterisztikájától (intenzitás, időtartam, eloszlás) számos egyéb speciális tényező van közvetlen befolyással a lefolyás bekövetkezésére és nagyságára. A leggyakoribb tényező a talaj típusa. Számos kutatás vizsgálta a különféle talajtípusokat és felszínborítottságot változtatós lefolyási körülmények között. A kutatások szerint a másik legfontosabb tényező, ami hatással van a lefolyásra, a növényzet. Az a terület, amelyik növényzettel sűrűn borított, kisebb mértékű lefolyást produkál, mint amelyik kopár. Kimutatták, hogy az intercepció során

elpárolgó vízmennyiség függ a növényzet fajtájától és annak fejlettségi szintjétől. Emellett a vegetáció is jelentős hatással van a talaj infiltrációs kapacitására. A sűrű növényzeti lefedettség megvédi a talajt a heves esőzés hatásától, ami végső fokon a talaj alkotórészeinek károsodását okozza (például talajdiszperzió⁹), aminek az a következménye, hogy az apró talajrészecskék a talaj felső pórusaiba vándorolnak, eltömve a pórusokat, és egy vékony, de sűrű, tömör felszint képeznek, ami nagymértékben csökkenti az infiltrációs képességet. Ráadásul a növények gyökérzete, mint a talajban jelen lévő szerves rendszer növeli a talaj porozitását, lehetővé téve több víz beszivárgását a talajba. A növényzet késlelteti, lassítja a felszíni lefolyást, több időt adva a víznek beszivárogni és elpárologni. A kutatásokat figyelembe véve a növényzet bizonyítottan pozitív hatással van a lefolyás karakterisztikájára.

A növényzet mellett a lefolyás kialakulásában jelentős szerepet játszik az adott vízgyűjtő lejtése és mérete. A meredekebb lejtők nagyobb lefolyást generálnak a lankásabb felszíneknél, utóbbi esetében a víz ideiglenesen képes kisebb-nagyobb mértékben tározódni és később beszivárogni. A földhasználat¹⁰ szintén a felszíni lefolyás folyamatát befolyásoló tényező. A földhasználat (a föld funkcionalitásának megváltozása szempontjából) a természetes környezetnek az ember konzekvens beavatkozása általi módosulása. Horoszné Gulyás Margit tanulmányában a földhasználati viszonyok vizsgálata során megállapította, hogy

- a lefolyást emberi léptékben a földhasználati viszonyok befolyásolják legjobban, geológiai léptékben pedig a terület földrajzi adottságai (domborzati és talajviszonyok),
- a beépített területeken legnagyobb mértékű a lefolyás, az erdővel borított térszíneken a legkisebb,
- a birtokszerkezet közvetett módon hatással van a lefolyás mértékének alakulására (HOROSZNÉ GULYÁS 2012).

A földhasználat megváltozása – például a felszínnek az urbanizáció miatti lezárása (áthalthatatlan felületek) – említendő az elsők között az árvízi katasztrófákat súlyosbító emberi tényezők esetében, mivel megnövelik a csapadéklefolyást. A földfelszín adottságainak – például a talaj típusának, a növénytakarónak és a földhasználati gyakorlatnak – közvetlen hatása van a keletkező felszíni lefolyás mennyiségének növekedésében, ezért a földhasználati gyakorlat, a lefolyás és az árvizek előfordulása közötti kapcsolat számos olyan körülményre, tényezőre vezethető vissza, amelyeket a földhasználati előírások, szabályozási intézkedések során figyelembe kell venni (WMO/GWP). „Az Európai Bizottság szerint a zöldinfrastruktúra alapvető szerepet játszik a nem fenntartható földhasználat csökkentésében”

⁹ *Diszperzív talaj*: Azon kötött talajok, amelyekben a fizikai-kémiai tulajdonságaik miatt az agyagszemcsék közti kötőerő alacsony, így kis energiával megbontható a szemcsék szerkezete, és a talaj könnyen erodálható. Forrás: www.gwpszotar.hu (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

¹⁰ Az Európai Környezetvédelmi Ügynökségnek a városok terjeszkedéséről szóló jelentése szerint a városok földhasználatát az Európai Unió területének több mint egynegyedére hatott közvetlenül 1990–2000 között. Ez elsősorban a korábbi mezőgazdasági területeken történt meg, ami olyan fontos ökoszisztéma-szolgáltatások elvesztéséhez vezetett, mint például az élelmiszer-termelés, az árvizekkel szembeni védelem és a biológiai sokszínűség. Az európai földhasználatot több fontos tényező vezérli: a személyes életér iránti igény növekedése, valamint a gazdasági tevékenység, a fokozott mobilitás és a közlekedési infrastruktúra növekedése általában földterület igénybevételéhez vezet. A föld véges erőforrás: használatának módja a környezeti változások egyik fő oka, továbbá jelentős hatást gyakorol az életminőségre és az ökoszisztémákra, valamint az infrastruktúrák kezelésére. E téren a gazdálkodás hosszú távú szemléletére van szükség.

(Green Infranet). A földhasználat gyakorlata megkívánja a víz jelentőségének városképi kihangsúlyozását, a városi környezet megújítását, a meglévő zöldfelületek rehabilitációját, illetve azok bővítését. E feladatok elvégzése során a csapadékvíz fenntartható kezelésével kell reagálni a nagy esőzésekre. Bármely földhasználati változásról hozott döntés egyben vízgazdálkodási döntés is, ezért szükséges megfelelő földhasználati szabályozás a hatékony vízvédelem érdekében (FALKENMARK et al. 1999; GAYER–LIGETVÁRI 2007, 27.)

Mi a zöldinfrastruktúra, és mi a szerepe a városi lefolyásszabályozásban?

A zöldinfrastruktúra fogalma

„A zöld infrastruktúra az ökoszisztémák koherenciájának és alkalmazkodóképességének megőrzésével törekszik a biodiverzitás fenntartására, egyúttal hozzájárul a klímaváltozáshoz való alkalmazkodáshoz és csökkenti a természeti katasztrófákkal szembeni sebezhetőséget. A zöld infrastruktúra koncepciót az Európai Bizottság 2009-es *Fehér könyv a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodásról* (COM [2009] 147 Final) című dokumentuma (2009) vezette be az EU politika részeként.”

„Az Európai Bizottság Környezetbarát Infrastruktúráról szóló Közleménye szerint ez egy eszköz az ökológiai, gazdasági és társadalmi javak természetén alapuló előállítására, a természet által az emberi társadalomnak nyújtott előnyök jobb felismerésére, valamint az ezen előnyök fenntartását és megerősítését szolgáló beruházások mozgósítására. Más szóval, természetes és félig természetes területek és más zöldterületek hálózatát jelenti, amely az emberi jóllétet és életminőséget támogató ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújt.” (EURÓPAI KÖRNYEZETVÉDELMI ÜGYNÖKSÉG 2017)

„Zöld infrastruktúrának nevezzük azokat a természetes és félig természetes területeket, valamint egyéb növényzettel fedett és ökológiai funkciót betöltő területek stratégiaileg megtervezett hálózatát, amelyet úgy terveztek és irányítanak, hogy széleskörű ökoszisztéma szolgáltatások nyújtására legyen képes. A zöld infrastruktúra gerincét a zöldfelületek/zöldterületek („zöld” elemek) és a vízfelületek („kék” elemek) adják. A zöld infrastruktúra kiegészítheti vagy esetenként kiválthatja a műszaki, azaz „szürke” infrastruktúra-elemeket (utak, csatornák, vezetékek és berendezések, épületek stb.)” [*Módszertani útmutató a zöld infrastruktúra fejlesztési és fenntartási akcióterv készítéséhez* (2016); 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat]

„A zöld infrastruktúra, természetes területeknek, művelt területeknek és egyéb szabadtereknek stratégiaileg tervezett és fenntartott hálózata, mely hálózat elemei megőrzik az ökoszisztéma értékeit és funkcióit, és így az ezekhez kapcsolódó a társadalom számára általuk biztosított előnyöket is.” (Oláh András Béla fordítása.)

„A zöld infrastruktúra egy bizonyítottan eredményes eszköz az ökológiai, gazdasági és társadalmi javak természetes megoldásokkal történő előállítására. Segít abban, hogy felismerjük a természet által az emberi társadalom számára előállított javak értékét, valamint hozzájárul a javak fenntarthatóságát és megerősítését szolgáló beruházások mozgósításához. Emellett elősegíti, hogy költséges infrastruktúra kiépítése helyett a természet által nyújtott olcsóbb, tartósabb megoldásokat vegyük igénybe.” (EURÓPAI BIZOTTSÁG 2013)

A zöldinfrastruktúrák lefolyáscsökkentő hatása

Számos városi csatornarendszer elhanyagolt állapotban van, köszönhetően a tisztítás és a fenntartás hiányának. A kicsi és közepes városok a gyors fejlődésnek köszönhetően nem fejlesztik körültekintően csatornarendszereiket. A sok helyen még ki nem épített, vagy létező, de nem megfelelő kapacitású, illetve karbantartottságú árkok, csatornák miatt alkalmanként a város több területén jelentkeznek kisebb-nagyobb problémák. Ezért a város vízháztartásának vizsgálatakor figyelembe kell vennünk, hogy a városi területeket csapadék esetén a település földrajzi fekvéséből, domborzatából, továbbá a nyílt és zárt rendszerű csapadékvíz-elvezető hálózat fenntartásának, megőrzésének hiányából adódóan vízkárak kialakulása veszélyezteti, amit kezelnünk kell. Helyi vízkárt kiváltó természeti adottságokat nem áll módunkban befolyásolni, az ember azonban tevékenységével a vízkár veszélyét befolyásolhatja, csökkentheti vagy növelheti.

A városi felszínnek minőségének rendkívül nagy szerepe van a városklíma kialakulásában (OLÁH 2012). A városi felszínnek (ahol a természetes felszínt átalakították, lefedték, a talajfelszín helyett utak, parkok és betonnal burkolt területek alakultak ki) jelentős része mesterségesen kialakított olyan felület, ahol sok esetben a csapadék legnagyobb hányada lefolyik az adott felületről, mivel annak vízmegtartó képessége lecsökkent. A vízelvezető hálózatok megléte és a mesterséges, áthatolhatatlan felületek együttesen azt eredményezik, hogy a csapadék lefolyik, nem tud helyben maradni, nem tud beszivárogni.

„Az integrált városi árvízi kockázatkezelés végső célja az, hogy minimalizáljuk az emberi veszteségeket és a gazdasági károkat, mialatt a természeti erőforrásokat felhasználjuk az emberiség létének jobbá tételére. A felszíni lefolyás csökkentése különféle intézkedéseken keresztül érhető el. Kísérleti mérések és szakirodalmi adatok, valamint számtalan beépítés igazolja, hogy (az olyan zöld infrastruktúrák, mint) a zöld tetők a lehulló csapadék jelentős részét visszatartják, illetve a csapadékcúcsok esetén a lefolyó csapadékvíz mennyiség lefolyását jelentősen késleltetik.” (MREKVA – HORVÁTHNÉ PINTÉR 2010)

A *Global Water Partnership* (GWP, Globális Vízügyi Partnerség) szerint: „az integrált vízgazdálkodás egy olyan folyamat, amely elősegíti a víz-, a terület- és a kapcsolódó egyéb készletek koordinált felhasználását és a készletekkel való összehangolt gazdálkodást annak érdekében, hogy igazságos módon maximalizálják a gazdasági és társadalmi jólétet, anélkül, hogy sértenék a létfontosságú ökoszisztémák fenntarthatóságát.” (GLOBAL WATER PARTNERSHIP 2015, 2.)

A zöldinfrastruktúra egyedülálló megközelítés (EWERS et al. 2009; LAFORTEZZA et al. 2010), multifunkcionalitás és bölcs megőrzés (EEA 2011), amely összehangolva veszi figyelembe a területfejlesztést és az építettinfrastruktúra-tervezést (BENEDICT–MCMAHON 2002).

A városi lefolyást lassító, a zöldinfrastruktúra fejlesztését igénylő megoldások együttes célja a víz megőrzése (*A vízgyűjtő-gazdálkodás korszerű gyakorlati megoldásai* [s. a.]), a környezetvédelmi, a szociális és a gazdasági előnyök érvényre jutása mellett. Tehát, ha beépítjük a városokba a zöldfelületeket, csökkentjük, sőt megelőzzük a környezeti ártalmak zömét.

Zöldinfrastruktúra-típusok

Zöldtetők



6. ábra

Variációk zöldtetőre

Forrás: www.google.hu/search?q=Zöldtető&client=opera&hs=Vj4&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0a-hUKEwjX7YSB4bjWAhVIbFAKHfysB2cQ_AUICigB&biw=2327&bih=891
(A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

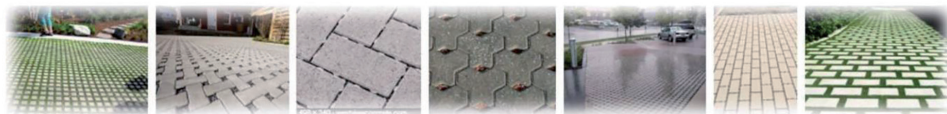
A zöldtetők többrétegű, mesterséges, a vízelvezető rétegen túl növényzettel borított rendszerek az épületek tetején, amelyek kialakításuknak köszönhetően járulnak hozzá az esztétikus zöld városi tájképhez. Az intenzív zöldtetők kialakításából adódóan esetenként jelentős többletterher (vastag ültetőközeg, nagyméretű növényzet) hat a tetőfödémre, és egyedi kialakításuknak köszönhetően közparkként is használhatók, míg az extenzív zöldtetők ültetőközege vékonyabb, és ebből adódóan a többletterhek is csökkennek. Az extenzív zöldtetők nem járható tetők; fontosságuk a környezetre és az épületekre gyakorolt kedvező hatásokban, valamint az esztétikus látvány kialakításában jelentkezik.

„A zöldtetőknek az esővíz mennyiségi gazdálkodásában (mennyiség visszatartás) betöltött szerepe jelentős, *Bengtsson* Svédországban vízmérleg alapú tanulmányában kimutatta, hogy a vizsgált zöldtető az éves kifolyást akár 64%-kal is csökkenteni képes, az evapotranspirációnak¹¹ köszönhetően. *Stovin* egy kis méretarányú zöldtetőn végzett tesztet, amelynek eredményei (Sheffield, Anglia) kimutatták, hogy tavasszal a zöldtető vízmegtartó képessége elérte a 34%-ot is. *Kohler és társai* által Németországban végzett kutatások szerint egy 5-12 cm vastag ültetőközegű extenzív zöldtető általi párolgás az éves csapadék mennyiség 60-80%-át is elérheti. A kutatási eredmények általánosságban kimutatták, hogy a zöldtető ültetőközegének vastagságát növelve nem eredményezett szignifikáns eredményt a vízvisszatartás mennyiségét illetően. *Scholtz és Barth* megfigyelték azt, hogy ha az ültetőközeg vastagságát 2-ről 15 cm-re növelik a visszatartó képesség csupán 58%-ról 72%-ra növekedett, jóllehet az ültetőközeg karakterisztikája a legfontosabb tényezők egyike a vízvisszatartást illetően.” (MREKVA – HORVÁTHNÉ PINTÉR 2010)

Összességében elmondható, hogy a zöldtetők 22-70%-kal képesek csökkenteni a kifolyási csúcspontokat (DUNN 2007) a normál tetőszerkezetekhez képest, potenciálisan hozzájárulva a fenntartható városi esővíz-gazdálkodáshoz.

¹¹ Az evapotranspiráció az a vízmennyiség, amely adott növényállományból és a talajból pára alakban a légtérbe távozik. (LIGETVÁRI 2011)

Áteresztő burkolatok



7. ábra

Áteresztő burkolatok

Forrás: www.google.hu/search?client=opera&biw=3200&bih=1225&tbm=isch&sa=1&q=Permeable+paving&oq=Permeable+paving&gs_l=psy-ab.3..0i19k114.3244.3244.0.4861.1.1.0.0.0.89.89.1.1.0....0...1.1.64.psy-ab..0.1.88....0.X27xIkqoGBM (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Az áteresztő burkolatok szerkezetüket tekintve lehetővé teszik a csapadékvíz felszínen keresztüli beszivárgását az alsóbb rétegekbe, és/vagy elősegítik a felszíni vizekbe történő irányított bevezetést. Két jellemző típusuk különböztethető meg:

- porózus vagy többsejtű járdák, kövezetek, ahol a víz a teljes felszín felületen keresztül képes beszivárogni,
- áteresztő járdák, kövezetek, ahol az alaptesteket a téglákhoz hasonlóan fektetik le, és ennek az elhelyezésnek köszönhetően az egyes elemek közötti tér biztosítja a beszivárgást.

Míg az első esetben porózus terek, addig a második esetben az elemek közötti tér az, ami biztosítja a zöldítés lehetőségét. Alkalmazási területüket illetően gyakorlatilag minden terpekkörülmények között elhelyezhetők (kivételet képeznek olyan lokális körülmények, mint például a magas talajvízállás, vagy ahol a talaj vagy a vízvezető réteg szennyezett, fertőzött); akár utakon, járdákon, parkolóokban is megtalálható ez az igen változatos városképi elem, biztosítva a csapadék számára kedvezőbb beszivárgást. Megfelelően tervezett és kivitelezett körülmények között képes a csapadék negatív hatásainak kiküszöbölésére és a lefolyás tározás általi szabályozására. Az áteresztő burkolatok lefolyáscsökkentő képessége a szakirodalmi ismeretek alapján 10 és 100% között változik, míg a lefolyási csúcsokat akár 90%-kal is képesek csökkenteni (BLANC et al. 2012).

Foster és társai kimutatták, hogy az áteresztő burkolatok 70-90%-kal képesek a lefolyást csökkenteni (FOSTER–LOWE–WINKELMAN 2011).

A vízáteresztő burkolatok további előnye, hogy alkalmazásukkor csak kisebb vízvezető rendszer kiépítése szükséges, vagy esetenként teljesen el is hagyható. A burkolaton át a talajba szivárgó vizet a városi növényzet fel tudja venni, így javul a vízellátottsága, és többet képes párologtatni, így jelentősen hűti környezetét. Egyes burkolatok a szemcsék közötti hézagoknak köszönhetően zajcsökkentő szereppel is bírnak (*Vízáteresztő burkolatok, Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója* [2016]).

Növénnyel borított csatornák



8. ábra

Növénnyel borított csatornák

Forrás: <https://hu.pinterest.com/ezraremy/swales> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Széles, sekély mélységű, burkolt vagy burkolatlan, növénnel borított vegetációs csatornák, amelyek a felszíni víz elvezetésére alkalmasak, csökkentik a felszíni lefolyási hányadát és mennyiségét. A fenntartható városi csapadékcatornázás folyamatán belül a csapadékvíz egy következő szakaszba történő továbbszállítására szolgálnak. A talaj- és a talajvízviszonyok függvényében kerülnek kialakításra az infiltráció fokozása érdekében. A felszíni vízgazdálkodásra való adottság alapján háromfajta vegetációs csatornát különböztetünk meg:

- *Alap vegetációs csatorna:* a csapadékvíz városi vízgyűjtőről egy következő szakaszba történő elvezetésére szolgál a fenntartható városi csapadékcatornázás folyamatán belül. Lehet burkolt vagy burkolatlan, a beszívargás igényének függvényében.
- *Fokozottan száraz vegetációs csatorna:* az alap vegetációs csatornához képest a vegetációs réteg alatt kiképzett szivárgócsöves szűrőággal készül, ezzel az alap vegetációs csatornához képest többlet csapadékvíz-befogadó és -szállító képességgel rendelkezik. A szivárgócsöves szűrőágnak köszönhetően a nagyobb csapadéklefolyásoktól eltekintve száraz marad, és megvédi a csapadékcatornákat az esetleges eltömődésektől még mérsékeltebb lejtési viszonyok esetén is. Amennyiben az alsóbb talajréteg nem megfelelő, akkor a szivárgócső alá szűrőszövet kerül beépítésre a megfelelő infiltráció biztosítása érdekében.
- *Nedves vegetációs csatorna:* ahol a felszíni lefolyás hosszan tartó kezelése szükséges, egyfajta természetes vizes élőhelyállapot fenntartásához.

A nedves vegetációs csatorna jellemzően nedves marad, mivel a csatorna fenékszintje a víz-elvezető réteg, illetve a talajvíz szintje alatt van (SAMPLE–DOUMAR 2013).

A vegetációs csatornákat változatos körülmények között, tipikusan utak mellé telepítve alkalmazzák, de megtalálhatók parkolók, illetve egyéb nyitott városi terek mentén. Ideálisan alkalmazhatóak ipari területek csatornázási problémáinak kezelésére, a felszíni vizeket veszélyeztető szennyezőanyagok eltávolítására. A vegetációs csatornák kapacitásukat tekintve a 10–30 éves visszatérési idejű csapadékesemények hatásának enyhítésére, csillapítására és kezelésére kell tervezni, habár fennáll a lehetősége az 1–100 éves csapadékeseményekből származó lefolyási viszonyok szabályozására is – ezért a vegetációs csatornák hatékonysága nagymértékben a jó tervezéstől és a vízgyűjtő karakterisztikától függ (BLANC et al. 2012). A szakirodalom szerint általánosságban a vegetációs csatornák az átlagos lefolyást 50%-kal képesek csökkenteni. *Sniffer* kutatásai során, Skóciában 52-65%-os lefolyási csúcscsökkenést is kimutattott.

Infiltrációs/szikkasztó árok



9. ábra

Szikkasztó árkok

Forrás: www.google.hu/search?q=infiltration+trenches&client=opera&hs=q7q&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEWikh42LxmWAhXSh7QKHSojAwoQ_AUICigB&biw=2048&bih=784 (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Az infiltrációs vagy szikkasztó árok sekély mélységű, általában kavicsal vagy terméskövel feltöltött árok, amelyen keresztül a víz beszívárog a mélyebb rétegek felé, fokozva a talaj lecsapoló képességét. Ideális esetben az árkokkal szomszédos áthatolhatatlan felületek felől oldalsó beáramlás alakul ki az árok felé. Az infiltrációs árkok alkalmasak a fajlagos felszíni lefolyás mértékének és mennyiségének (durva becslések szerint az éves lefolyás 60–90%-ával való) csökkentésére, elősegítve a talajvíz-utánpótlást is. Más irodalmi adatok 50–90%-ot jelölnek meg az éves lefolyás mennyiségének csökkentése érdekében (BERGMAN et al. 2010). Az árkokban lévő kitöltőközegeken és a talajon keresztül képesek megtisztítani a lefolyó vízmennyiséget. Hatékonyan távolítják el a szennyezőanyagokat és az üledéket. Nagyobb fenntartható csapadékvíz-tisztító rendszerekkel kombinálva fejtik ki legjobban hatásukat (egyfajta előtisztító rendszerként funkcionálnak, ahol az üledékbemosódás magas lehet). A viszonylag keskeny vonalvezetésüknek köszönhetően a legtöbb helyen alkalmazhatóak. A kiépítésük ideális parkolók, utak mentén, továbbá játszóterek, valamint pihenésre kijelölt helyek körül.

Infiltrációs medencék



10. ábra

Infiltrációs medencék

Forrás: www.google.hu/search?q=infiltration+basin&client=opera&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjL8oiNvcDWAhWMyVAKHTbXBssQsAQILQ&biw=2560&bih=980 (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Az áthatolhatatlan városi felületekről történő jellemzően az 1–30 éves (néha akár 1–100 éves) visszatérési idejű csapadékeseményből származó felszíni lefolyás összegyűjtésére és tárolására létesített, növényvel (fa, bokor) borított, alapvetően sekély mélységű, mesterséges medencék. A fenntartható csapadékcatornázás legjobb gyakorlatának részeként lehetővé teszik a vízből az üledék és szennyezőanyagok lerakódását, a víz mélyebb talajrétegekbe

és a talajvízbe történő beszivárgását. Az infiltrációs medencék általában az év nagy részében száraz állapotúak, kivételt képeznek a nagy intenzitású csapadékos időszakok. Ideális esetben játszóterekkel, rekreációs városi területekkel, illetve közterületekkel (például parkolók) együtt kerülnek megvalósításra. Növelik a talaj nedvességtartalmát, nagy szerepük van a talajvíz-utánpótlásban, a városi árvíz kockázat csökkentésében. Az infiltrációs medencék esetén az ideális vízgyűjtő terület nagysága kevesebb, mint 0,2 km², és ideálisan a 24 óra alatt összegyűlekezett víz 50%-át képes beszivároztatni (CREW 2012). A medencék hatékonysága függ az altalaj állapotától és a vízgyűjtő terület karakterisztikájától. Barber és társai kimutatták, hogy az infiltrációs medencék hatásosan képesek csökkenteni a kicsapadékok esetén a lefolyási csúcsot akár 65-87%-kal, közepes csapadék esetén 50-60%-kal és nagycsapadék esetén 40%-kal.

Esőkertek



11. ábra

Példák esőkertekre

Forrás: www.google.hu/search?q=rain+gardens&client=opera&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewj-qNKRI77WAhXGLVAKHU_8CgMQ_AUICigB&biw=2048&bih=784&dpr=1.25 (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

Az esőkertek kis méretű, növényvel (fűvel, időszakos elöntést tűrő évelő virágokkal) borított kertek, amelyeket – esztétikai szerepükön túl – tározási és beszivárgásnövelő céllal létesítenek (például kocsifeljárókról, utcákról, lakóingatlanokon, épületek közelében a tetőkről lefolyó csapadékvíz összegyűjtésére és beszivároztatására). Az esőkertek az idő legnagyobb részében szárazak. Jellemzően csak a csapadéktevékenység ideje alatt és közvetlenül azután tározzák a vizet (12–48 órán belül kiszáradnak) (GROUNDWATER).

Az esőkertek nemcsak összegyűjtik, de kiválóan meg is szűrik a csapadékvizet. Flexibilis tervezhetőségüknek és kivitelezhetőségüknek köszönhetően az esőkertek elsősorban növelik a városi területek tájképi értékét, de lakott területeken kívül is alkalmazzák előnyös tulajdonságaikat. Számos esettanulmány készült az esőkertek csapadéklefolyásban betöltött szerepének vizsgálatát illetően. Angliában például kimutatták, hogy az esőkertek az 1–2 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét 70–96%-ban, az 1–30 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét 8–39%-ban és az 1–100 éves visszatérési idejű csapadékcúcsok mennyiségét pedig 4–16%-ban képesek csökkenteni (URS 2013). Más feljegyzések szerint Kínában például nagycsapadék esetén is 77–94%-os csökkentést mutattak ki.

Összefoglalás

A zöldinfrastruktúra-megközelítés a városi csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából egy költséghatékony, fenntartható és környezetbarát megoldás. A zöldinfrastruktúra-megoldások fenntartható módon összegyűjtik, szűrik, abszorbeálják, párologtatják, újrahasznosítják és tisztítják a városi felszínen lefolyó csapadékvizet mint potenciális készletet. A zöldinfrastruktúra gyakorlata kirekeszti az esővizet a városi csapadékrendszerekből, megakadályozva azok túlterhelődését, és csökkenti az áthatolhatatlan városi felületeken képződő, tisztítás nélkül a felszíni vizekbe befolyó csapadékvíz mennyiségét. Alkalmazásuk által bizonyítottan csökken a városi árvíz kockázat, javul a levegő minősége, kialakul egy esztétikusabb városi tájkép. A zöldinfrastruktúra koncepciója módot ad arra, hogy a csapadékvíz-elvezetés szemszögéből meghatározott fejlesztési szándék valósuljon meg.

A megfelelő vízellátás minden közösség működésének előfeltétele. Számos zöldinfrastruktúra-megoldást a hagyományos víztisztítási szolgáltatások alternatív vagy kiegészítő szolgáltatásaként alkalmaznak. Megóvják a talajvizet a szennyezőanyagoktól azáltal, hogy megszűrik a szennyezett vizet, csapadéként szolgálnak az üledék, az olaj és egyéb szennyezőanyagok számára, enyhítik a meglévő víztisztító infrastruktúrákon lévő nyomást a bioretenció¹² és az infiltráció által úgy, hogy gyűjtik a vizet, és beszívárogtatják a talajba.

Az emberiség a társadalmi, gazdasági tevékenysége során igen változatos formában hasznosítja a vizet mint természeti erőforrást, ugyanakkor számos esetben rákényszerül a vizek kártétele elleni védekezésre. Az egyre növekvő és terjeszkedő áthatolhatatlan felületek, a városiasodó vízgyűjtőkön belül, szignifikáns módon veszélyeztetik a természetes és épített környezet minőségét egyaránt. Ilyen veszélyforrás a csapadéklefolyás, a lecsökkent vízminőség, a nyári hőmérséklet-maximumok, a leromlott és lepusztult vizes és szárazföldi természetes élőhelyek, valamint a városi tájkép, a vízfolyások lecsökkent esztétikai vonzereje. A megváltozott városi földhasználat, az urbanizációs növekedés a legnagyobb változást vitathatatlanul a csapadékból származó lefolyás eltérő mennyiségében és a lefolyó víz minőségében idézi elő. A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás a természetes lefolyási viszonyok kialakítására törekszik oly módon, hogy a csapadékvíz lehetőleg helyben hasznosuljon. A jelenlegi terület-használati gyakorlat miatt hazánkban a mesterséges területek nagysága az elmúlt évtizedben közel duplájára nőtt, ezzel sürgető csapadékvíz-kezelési problémákat indukálva. A zöldinfrastruktúra módszerei javítják vagy helyreállítják a természetes és mesterséges városi területek vízmegőrző képességét, elősegítik a csapadékvíz természetes környezetben történő hasznosulását, azt szabályozott módon beszívárogtatva a talajba vagy a felszín alatti vizekbe, tehermentesítve az öregedő városi csatorna-rendszereket (amelyek számára egyre nagyobb kihívást jelent a megváltozott eloszlású esőzések kezelése), alkalmazkodva az éghajlatváltozás hatásaihoz.

Sokrétűségüknek köszönhetően a zöldinfrastruktúrák csökkenthetik a városi területeken az árvízveszélyt, miközben javítják és szabályozzák a víz minőségét, növelik a vízhez való hozzáférést, csökkentik az esővíz-gazdálkodáshoz szükséges költséges infrastruktúra iránti igényt a táj képének javítása közben, és zöldebbé teszik a városokat, miközben kellemes környezetet biztosítanak azok lakosainak.

¹² *Bioretenció*: az a folyamat, amelyben a szennyezőanyagokat és az üledéket eltávolítják a lefolyó csapadékvízből (Bioretention Manual, 2007).

A felszíni vízvezetés rendszerében előforduló hiányosságok a településen élők életkörülményeit, a település környezeti állapotát alapvetően befolyásolja. Ezért a modern várostervezés előfeltétele kell, hogy legyen a városi területek vízrendezésének és a csapadékvizek elvezetésének, hasznosításának a megoldása, a természeti és épített környezet védelme.

A jövőben egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárási események szükségessé teszik a hiányzó csapadékvíz-elvezető rendszerek kiépítését, az elöregedett (hidraulikailag rendezetlen) rendszerek felújítását, karbantartását, a szükséges tárolókapacitások felülvizsgálatát (elégéses infrastrukturális háttér biztosítása) a város fenntartható működése érdekében. A településszerkezeti tervekben integrált és komplex módon kell megjeleníteni a zöldinfrastruktúra-fejlesztések városszerkezeti szintű javaslatait a vízgazdálkodás, a vízellátás, a szennyvíz- és csapadékvíz-elvezetés és a felszíni vízrendezés szempontjából.

A jövőbeli fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás célja helyreállítani a természetes vízkörforgást annak eredeti funkciója szerint úgy, hogy egyrészt növeli a városi területeken a csapadékvíz beszivárgást, másrészt elősegíti az evaporáció és/vagy evapotranspiráció folyamatát. Ennek egyik legegyszerűbb módja, hogy megóvja ezeket a többfunkciós városi zöldterületeket, mert

- a megnövekedett infiltrációnak és evapotranspirációnak köszönhetően csökkentik a felszíni lefolyást,
- az intercepció révén visszatartják a vizet,
- megszűrik az átszivárgott vizet,
- visszapótolják a talajvízkészletet,
- csökkentik a légszennyezést, miközben javítják a városi mikroklimát, és
- rekreációs célokra is alkalmasak.

A fenntartható városi vízgazdálkodásnak mindinkább a természetközeli megoldások (mint amilyen a zöldinfrastruktúra-koncepció) felé kell fejlődnie, helyben tartva és visszaforgatva a vizet, miközben felkészül a váratlan és valószínűleg egyre nagyobb károkat okozni képes rendkívüli csapadékokra.

Irodalomjegyzék

- 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről.
27/2015. (VI. 17.) OGY határozat 1. melléklet, 4. Nemzeti Környezetvédelmi Program 2015–2020
28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról, 1. melléklet.
- A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020–2040* (2015). Budapest, MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet. Elérhető: https://gvi.hu/files/researches/470/klima_2015_elemzes_150902_.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- A vízgyűjtő-gazdálkodás korszerű gyakorlati megoldásai* (s. a.). Elérhető: www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/info/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-felulvizsgalata/A%20vizgyujto-gazdalkodas%20korszeru%20gyakorlati%20megoldasai%20-%20Tajekoztato-fuzet.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

- BAJRACHARYA, A. R. – RAI, R. R. – RANA, S. (2016): Effects of Urbanization on Storm Water Runoff: A Case Study of Kathmandu Metropolitan City, Nepal. *Journal of the Institute of Engineering*, Vol. 11, No. 1. 36–49. DOI: <https://doi.org/10.3126/jie.v11i1.14694>
- DAVIES, P. J. – CORKERY, L. – NIPPERESS, D. (2017): *Urban Ecology: Theory, Policy and Practice in New South Wales, Australia*. Elérhető: www.researchgate.net/profile/Paul_Osmond/publication/320076299_Urban_ecology_Theory_policy_and_practice_in_New_South_Wales_Australia/links/59cca0ba45851556e9878456/Urban-ecology-Theory-policy-and-practice-in-New-South-Wales-Australia.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- EURÓPAI BIZOTTSÁG (2013): *A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának. Környezetbarát infrastruktúra — Európa természeti tőkájének növelése. {SWD(2013) 155 final}*. Brüsszel, 2013.5.6. COM(2013) 249 final. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0249&from=EN> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- EURÓPAI KÖRNYEZETVÉDELMI ÜGYNÖKSÉG (2015): *Zöld infrastruktúra: jobb élet, természetes megoldásokkal*. Elérhető: www.eea.europa.eu/hu/articles/zold-infrastruktura-jobb-élet-termeszetes-megoldasokkal (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- EURÓPAI KÖRNYEZETVÉDELMI ÜGYNÖKSÉG (2017): *Földhasználat*. Elérhető: www.eea.europa.eu/hu/themes/landuse/intro (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- FOSTER, J. – LOWE, A. – WINKELMAN, S. (2011): *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. Elérhető: www.amwa.net/galleries/climate-change/Green_Infrastructure_FINAL.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- GAYER J. – LIGETVÁRI F. (2007): *Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-elhelyezés*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP (2015): *Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép Európában –IVG Kontra EU Víz Keretirányelv*. Stockholm, GWP Secretariat. Elérhető: www.gwpmo.hu/sources/root/upload/GWP_Tech_Focus_Paper_No_8_web_hun.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- GODDARD, M. A. – DOUGILL, A. J. – BENTON, T. G. (2009): Scaling up from Gardens: Biodiversity Conservation in Urban Environments. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 25, No. 2. 90–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016>
- GYULAI I. (2011): *A fenntartható fejlődés – Megoldások a fenntartható fejlődés felé*. Elérhető: https://mtvsz.hu/dynamic/fenntart/ff_megoldasok.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- HOROSZNÉ GULYÁS M. (2012): Lefolyás-szabályozás és talajvédelem. *Természetföldrajzi Közlemények*, 1. évf. 2. sz. 41–56.
- ILLÉS Gy. et al. (1978): *A települések vízgazdálkodása*. Budapest, Országos Vízügyi Hivatal.
- KISS G. (2015): Klímaváltozás: hatások és felkészülés Magyarországon. *Euronews.com*, 2015. 10. 21. Elérhető: <http://hu.euronews.com/2015/10/21/klimavaltozas-hatasok-es-felkeszules-magyarorszagon> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- KOVÁTS-NÉMETH M. – BODÁNÉ KENDROVICS R. – JUVANCS Z. (2015): Környezetpedagógia a fenntarthatóságért. Klímaváltozás és a fenntartható vízgazdálkodás összefüggései egy vízminőség-védelmi projektben. *E-CONOM*, 4. évf. 1. sz. 2–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.17836/EC.2015.1.002>
- KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL (2015): *Magyarország Településhálózata 2. Városok-falvak*. Elérhető: www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo_telepuleshalozata/varosok_falvak.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)

- LEVEGŐ MUNKACSOPORT (s. a.): *Fogalommagyarázat – a városi zöldfelületek és zöldterületek*. Elérhető: www.levego.hu/kapcsolodo-anyagok/fogalommagyarakat-a-varosi-zoldfeluletek-es-zoldteruletek (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- MAGYAR URBANISZTIKAI TÁRSASÁG (2011): *Városklíma kalauz*. Elérhető: www.mut.hu/index.php?module=news&action=getfile&fid=182647 (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- Módszertani útmutató a zöld infrastruktúra fejlesztési és fenntartási akcióterv készítéséhez. 1.0. változat, 2016. április. TOP-2.1.2-15/6.3.2-15 zöld város kialakítása felhíváshoz* (2016). Budapest, Miniszterelnökség. Elérhető: www.kormany.hu/download/7/19/e0000/M%C3%B3dszertan_Z%C3%B6ld%20Infrastr_%20Akci%C3%B3tervhez.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- MREKVA L. – HORVÁTHNÉ PINTÉR J. (2010): *A zöldtetők szerepe a csapadékvíz felhasználásban és átmeneti tározásában a városi területeken*. Kézirat.
- MREKVA L. (2014): *A földhasználat szerepe a városi árvízi kockázatkezelésben*. Kézirat.
- NIEMCZYNOWICZ J. (1999): Urban Hydrology and Water Management – Present and Future Challenges. *Urban Water*, Vol. 1, No. 1. 1–14. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(99\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(99)00009-6)
- OLÁH A. B. (2012): *A városi beépítettség és a felszíntípusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre*. PhD-értekezés. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola. Elérhető: <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/639> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- PATAKI, D. E. et al. (2011): Coupling Biogeochemical Cycles in Urban Environments: Ecosystem Services, Green Solutions, and Misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 9, No. 1. 27–36. DOI: <https://doi.org/10.1890/090220>
- PIRISI G. – TRÓCSÁNYI A. (s. a.): Általános társadalom- és gazdaságföldrajz. Elérhető: <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- REALE, J. (s. a.): *Urban streams*. Elérhető: <https://riverrestoration.wikispaces.com/Urban+streams> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- SAMPLE, D. J. – DOUMAR, L. (2013): *Best Management Practice Fact Sheet. 11, Wet Swale*. Elérhető: <http://hdl.handle.net/10919/70587> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- SZABÓ Gy. (2010): *A településrendezési tervek és a birtokrendezés kapcsolódásai, informatikai támogatottság*. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FTR12/ch01.html (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- SZILÁGYI J. E. (2016): A vízhez kötődő káresemények jogi szabályozása – előtanulmány. *Publicationes Universitatis Miskolcensis. Sectio Juridica et Politica*, Tom. 34. 281–314.
- TAKÁCS-SÁNTA A. (2007): *A globális éghajlatváltozás*. Budapest, Védjegyet. Elérhető: www.vedegylet.hu/globfesz2/anyag/%C9ghajlat_web.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- The Multifunctionality of Green Infrastructure* (2012). Elérhető: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management. Version 1.0.* (2008). Elérhető: https://library.wmo.int/pmb_ged/ifmts_6.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- Vízáteresztő burkolatok, Vízáteresztő burkolattípusok alkalmazásának útmutatója* (2016). Budapest, Budapest Főváros Városepítési Tervező. Elérhető: <http://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Z%C3%B6ldinfrastrukt%C3%BAra%20f%C3%BCzetek%201.%20-%20Vizatereszto%20burkolatok.pdf> (A letöltés időpontja: 2018. 02. 19.)
- VÖRÖSMARTY C. J. et al. (2000): Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science*, Vol. 289, No. 5477. 284–288. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>

-
- WARD, S. – MEMON, F. A. – BUTLER, D. (2012): Performance of a Large Building Rainwater Harvesting System. *Water Research*, Vol. 46, No. 16. 5127–5134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.06.043>
- WEEKS J. R. (2010): Defining Urban Areas. In RASHED, T. – JÜRGENS, C. eds.: *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*. Dordrecht – Heidelberg – London – New York, Springer. 33–45. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4385-7_3

Vákát oldal

Goda Zoltán

A villámárvizek meteorológiai háttere

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben érezhetően növekedett a villámárvizek előrejelezhetőségének és hatékony elhárításának igénye. Az igény jogos, hiszen a villámárvíz egy igen rövid idő alatt kialakuló jelenség, ami jelentős kárt okozhat a közlekedésben, a települési infrastruktúrában, a közműszolgáltatásban, problémákat jelenthet az ivóvízellátásban, szennyvízkezelésben, de akár az emberi életet is veszélyeztetheti. A jelenség természetesen nem új keletű, de a települések méretének növekedésével egyre gyakrabban fellépő probléma, valamint egyes, az időjárásunk szélsőségesebbé válását előrejelző klímamodellek szerint gyakorisága a továbbiakban növekedni fog.

Összetett jelenség

Villámárvízről akkor beszélünk, ha rövid idő alatt jelentős mennyiségű csapadék hullik, és a gyorsan kialakuló felszíni vízborítottság hosszabb ideig, akár órákon keresztül fennáll. A villámárvíz meteorológiai és hidrológiai jelenség, de számos más tudományterületet érint. Kialakulásában jelentős tényező a domborzat, valamint az érintett területre jellemző lefolyási és szivárgási paraméterek. A településkép, településrendezés is fontos faktor: a burkolt terület aránya, a csapadékvíz-elvezető rendszerek állapota, méretezése is meghatározza a jelenség gyakoriságát. Általánosságban elmondható, hogy a villámárvizek gyakrabban alakulnak ki dombvidéki területeken, és jelentősebb kárt okozhatnak települések határain belül. Katasztrófavédelmi szempontból komolyabb veszélyt jelentenek, mint a többi károkozó meteorológiai jelenség (jégeső, szélvihar). A fenti tényezők közül e cikkben a villámárvizek meteorológiai hátterével foglalkozunk.

Meteorológiai meghatározás

A villámárvíz meteorológiai definícióját legjobban a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), vagyis az Amerikai Egyesült Államok Nemzeti Éghajlati Kutatóközpontja határozta meg az árvíz egy olyan típusaként, amely 6 óránál rövidebb idő alatt

lezajló heves csapadékhullás eredményeként lép fel. Azaz meteorológiai szempontból mindenképpen a rövid idő alatt lezúduló csapadék a kiváltó ok. Azt kell tehát megvizsgálnunk, hogy melyek azok a meteorológiai jelenségek, amelyekre jellemző a fenti definíció által meghatározott csapadékhullás.

Habár jelentős mennyiségű (100 mm/24 óra) csapadék hazánkban rétegfelhőzetből is hullhat, a definíció szerinti intenzitást figyelembe véve (kevesebb, mint 6 óra) a tartós esőzések általában nem sorolhatók ide, és nem okoznak villámárvizet. Meg kell azonban jegyezni, hogy egy kora tavaszi, hóolvadással egybeeső intenzív csapadékhullás hatására kialakulhat a jelenség. Mindenesetre túlnyomó többségben konvektív zivatarok és zivatarrendszerek okoznak a kritériumnak megfelelő intenzitású csapadékot. A következőkben sorra veszem a zivatarok egyes típusait, de mindenekelőtt megvizsgálom azokat a paramétereket, amelyek a zivatar kialakulásáért felelősek.

A zivatarok keletkezése

Egy zivatar minden esetben a cumulonimbus felhőtípushoz, illetve annak valamelyik fajához köthető. A zivatarfelhő kialakulásához számos tényező egyidejű jelenléte szükséges, amelyeket a meteorológia meghatározható és előrejelezhető indexekkel definiál. Egy légtömeg függőleges irányú mozgásához, gyorsulásához szükséges felhajtóerő mértékét az úgynevezett konvektív hasznosítható potenciális energia, a CAPE (*Convective Available Potential Energy*) indexszel tudjuk meghatározni. E felhajtóerőt több paraméter is befolyásolja.

„A felhajtóerő (pozitív előjellel) olyan felfelé ható erő, mely egy légréteg és a környező levegő közti sűrűségkülönbség révén alakul ki. Ez az erő a légrétegek függőleges gyorsulását idézi elő, ily módon alapvető szerepet játszik a konvektív fel- és leáramlások létrejöttében. Számos tényező növelheti, ill. csökkentheti a légrétegekre ható felhajtóerőt. A hőmérséklet és a páratartalom emelkedése fokozza, míg a kondenzáció során megjelenő (lebegő) felhőcseppek és a hulló csapadék csökkenti a felhajtóerőt.” (MOLNÁR–POLYÁNSZKY s. a.)

A zivatar energiáját adó felhajtóerő mellett másik fontos paraméter a potenciálisan kihullható vízmennyiség, vagyis a konvektív folyamatok kiindulásakor, illetve a folyamat alatt rendelkezésre álló légköri vízgőztartalom. Ez az érték határozza meg leginkább a várható csapadék mennyiségét, de le kell szögeznünk, hogy relatív értékről beszélünk, ami az adott légréteg hőmérsékleti viszonyaitól függ. Amennyiben ez az érték magas: 25-30 mm vagy annál nagyobb, felhőszakadásra, így egyes helyzetekben villámárvízre lehet számítani. Kihullható vízmennyiség hiányában vagy alacsony értéke mellett a zivatar nem alakul ki, vagy csak rövid időtartamú, gyenge csapadékot okoz.

A harmadik fontos paraméter a szélnyírás, ami a szélességvektor térbeli változását jelenti. Leggyakrabban két légköri réteg egymáshoz viszonyított szélességvektorának különbségét értjük alatta, az előrejelzési gyakorlatban a 0–1 km, a 0–6 km és a 0–8 km magasságú szintek közötti szélnyírást vizsgáljuk. E paraméter határozza meg gyakran a zivatar evolúciós fejlettségét, így mozgását, élettartamát, intenzitását is. Jelentős szélnyírás, de gyenge potenciális energia vagy alacsony kihullható vízmennyiség mellett nem alakul ki zivatar.

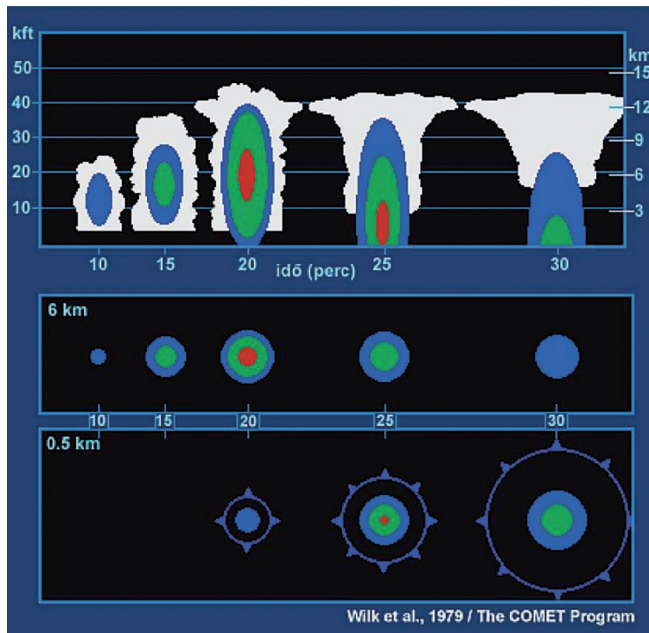
Összességében elmondható, hogy a zivatar „motorja” a fenti három paraméter. Mértékük és egymáshoz viszonyított nagyságuk alapvetően határozza meg a zivatarok hevességét,

élettartamát és a csapadékmennyiséget. Mellettük természetesen számos olyan paraméter vizsgálendő, amely erősítheti vagy gyengítheti a zivatart, meghatározza kialakulásának helyét, a mozgásának sebességét, vagy a cellák rendszerbe fejlődését.

A zivatarok evolúciója

A zivatarok legegyszerűbb változata az úgynevezett egycellás zivatar. Kialakulásakor rendelkezésre áll a szükséges energia és a megfelelő mennyiségű kihullható víz. A jellemző szélnyírás minimális, közel nullának tekinthető. Jellemzője, hogy rövid élettartamú, általában a keletkezés helyén éri el az elöregedő, feloszló fázisát, a csapadékhullás lokális és általában rövid időtartamú. Mivel a zivatar feláramlási és csapadékhullási zónája nagyjából egybeesik, a zivatar tulajdonképpen önmagát semmisíti meg azzal, hogy a feláramló meleg levegőt lehűti a lefelé áramló hideg, csapadékkal teli levegő (1. ábra). Villámárvizek kialakulása kevésbé jellemző, de meg kell jegyeznünk, hogy elegendő konvektív energia esetén a zivatar újra fejlődő fázisba léphet, és úgynevezett *pulse type* zivatar alakulhat ki. Ilyenkor az adott területen ismételt csapadékhullás várható, de a két zápor között általában hosszabb-rövidebb szünet a jellemző.

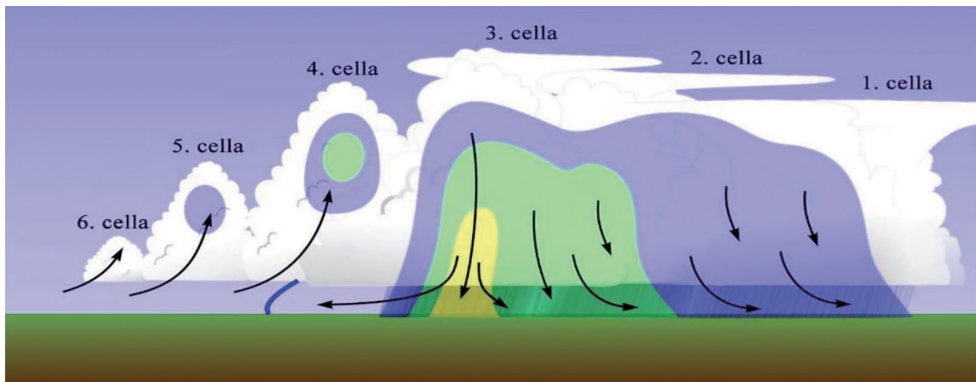
Fejlettebb zivatartípus a multicellás zivatar, amely esetében a közepes szélnyírásnak köszönhetően a feláramlási zóna és a csapadékhullási zóna elkülönül, így ez a típus hosszabb élettartamú: a keletkezés és a feloszlás helye között akár több száz km-t tehet meg, és a kihullható víz függvényében jelentős csapadékot okozhat. Jellemzője, hogy a zivatar elkülönült cellákat tartalmaz, amelyeket adott időpontban eltérő fejlettségi fázisban figyelhetünk meg (2. ábra). Az ilyen zivatarok kifejezetten magukban hordozzák a villámárvíz kialakulásának kockázatát, főleg, ha mozgásuk lassú, azaz egy adott terület felett jelentősebb ideig tartózkodnak, és csak lassan haladnak tovább.



1. ábra

Egycellás zivatar életciklusa

Forrás: MOLNÁR (s. a.)



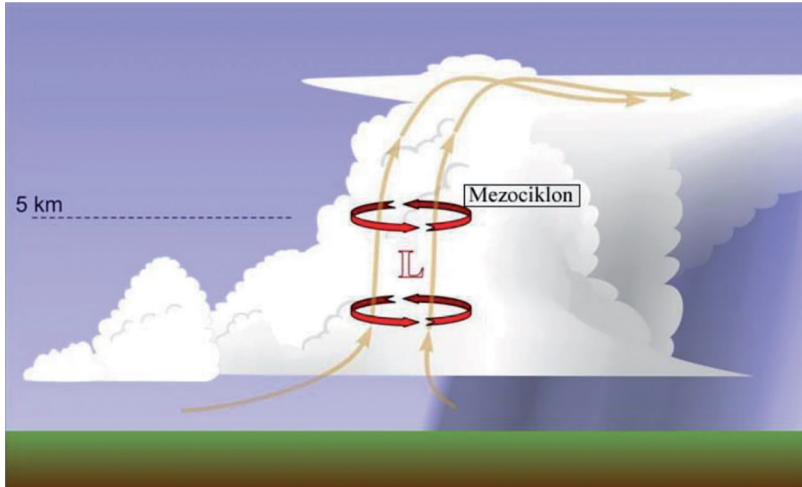
2. ábra

Multicellás zivatar szerkezete és fejlődési stádiumai

Forrás: LEE 2014a

A legfejlettebb zivartípus a szupercellás zivatar, amely a jelentős szélnyírásnak köszönhetően forgó feláramlást, úgynevezett mezociklont tartalmaz. A szupercellás zivatar a heves meteorológiai események széles skáláját képes felvonultatni a felhőszakadástól a szignifikáns jégesőn át a tornádóig. Esetünkben a szupercellák közül a jelentős csapadékot adó,

úgynevezett HP (*high precipitation*) szupercella érdekes, amely rövid idő alatt igen nagy mennyiségben lehulló csapadékért felelős. A legintenzívebb csapadékhullás általában ehhez a zivartípushoz köthető, fontos azonban tudnunk, hogy a szupercellás zivatarokra a gyors mozgás is jellemző, azaz adott terület felett viszonylag rövid idő alatt áthaladnak. Villámárvíz tekintetében bár komoly kockázatot hordozó jelenségek, mégsem ennél a típusnál a legnagyobb a kockázat.



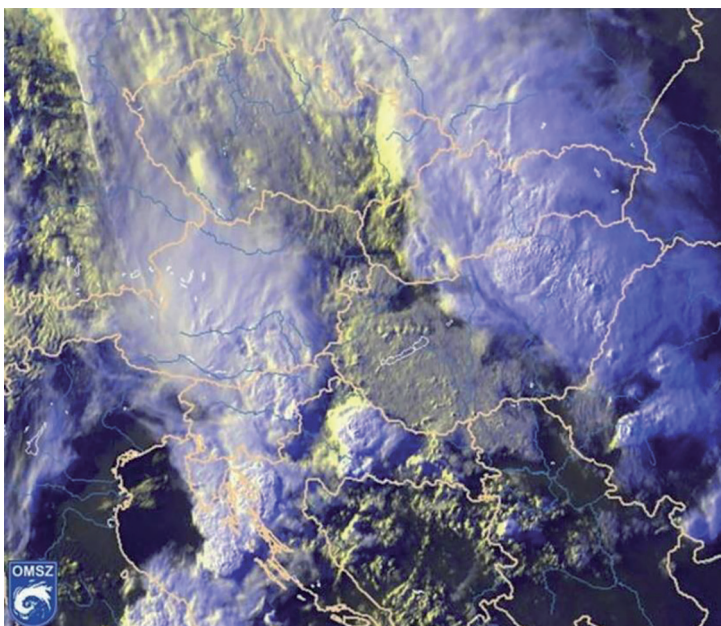
3. ábra

Szupercellás zivatar és a mezociklon

Forrás: LEE 2014b

Amíg fejlettségét tekintve egyértelműen a szupercellás zivatar áll a lista élén, addig kiterjedésüket tekintve az úgynevezett mezoskálájú konvektív rendszerek (MKR) érdemelnek figyelmet. A jellemzően multi- vagy szupercellás zivatarok több cellája rendszerbe szerveződve akár több tízezer km²-t, megyényi területeket fedhet le.

A rendszeren belül az egyes zivatarcellák is előidézhetnek rájuk jellemző heves eseményeket, de a rendszer is okozhat nagy területen jelentkező felhőszakadásokat vagy kifutószeleket. A mezoskálájú konvektív rendszernek kialakulhat vonalba rendeződött formája (VMKR) vagy kör alakú típusa (CMKR). Hosszuk, átmérőjük akár több száz km is lehet, jelentős területen okozhatnak szélvihart, heves csapadékot, jégesőt.



4. ábra

Két MKR felhőzete MSG HRV kompozit műholdképen, 2017. 07. 14.

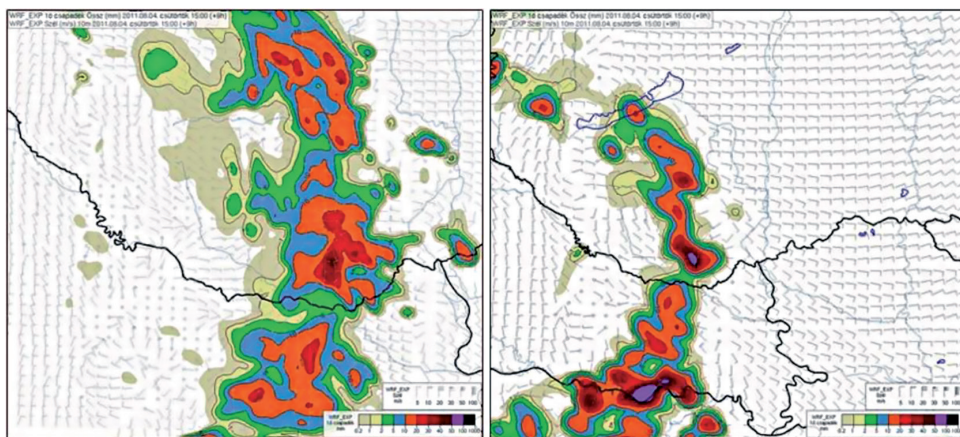
Forrás: HORVÁTH 2017

A mezoskálájú rendszerek legnagyobb változata a mezoskálájú konvektív komplexum (MKK), amelyre jellemző, hogy legalább 100 000 km² kiterjedésű, –32 °C hőmérsékletű és legalább 50 000 km², –52°C hőmérsékletű felhőtetővel bír. Azaz egy Magyarországnál lényegesen nagyobb, összefüggő zivatarrendszerről beszélhetünk. Órákon át tartó, váltakozó intenzitású csapadék, heves villámtevékenység és szinte folyamatos viharos szél jellemzi.

A villámárvíz kialakulásában igazán komoly szerepet az úgynevezett konvergencia-vonalak mentén kialakuló zivatarok, zivatarrendszerek játszanak. Két, horizontálisan mozgó légtömeg találkozásánál, a nyomásemelkedést kiegyenlítő, a légtömeg vertikális irányba mozdul el. Ha ez a légkör magasabb rétegeiben történik, általában a földfelszín felé irányuló légmozgást okoz, és gyengíti a felhőképződést, a földfelszín közelében kialakuló konvergencia ezzel szemben felfelé irányuló mozgást idéz elő, és elősegíti a felhő-, illetve zivatar-képződést. Mivel a konvergenciavonal tartósan fennállhat, elmozdulása pedig igen lassú, azt eredményezheti, hogy tartósan, akár hosszú órákon át ugyanazon terület felett alakulnak ki zivatarok, mintegy vonalra felfűzve. Az órákon át tartó heves, már-már monszunra emlékeztető zivatar domborzati jellemzőktől függetlenül szinte biztosan villámárvizet okoz.

Az előrejelzés lehetőségei és nehézségei

A meteorológiai és hidrológiai modelleknek köszönhetően, bizonyos paramétereket figyelembe véve adott területre ma már előrejelezhető az intenzív csapadékhullás. E modellek felbontása azonban gyakran még kisebb, mint az érintett terület mérete és domborzati változatossága, így voltaképpen csak régiókra tudunk előrejelzést készíteni. Az előrejelzések pontosításához, kalibrálásához szükséges adatok gyűjtése is nehézségekbe ütközik. Ennek oka részben a heves csapadékok adó rendszerek és az abból kialakuló villámárvizek nem gyakori előfordulása, részben pedig a csapadékmérő hálózat kis sűrűsége. A meteorológiai modellek felbontásának növekedése mindenképpen segíti a pontosabb előrejelzések készítését. A nagy felbontású modellek, a gyengébbekkel összehasonlítva, általában a csapadék mennyiségén nem változtatnak, ellenben a csapadékhullás struktúrája lényegesen finomabb lehet (5. ábra).



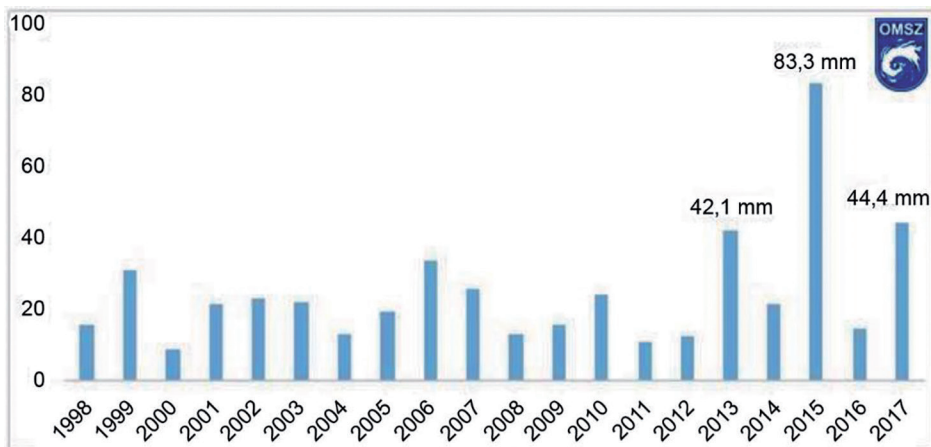
5. ábra

Egy gyengébb és egy nagyobb felbontású modell futásának eredménye

Forrás: SIMON 2011

Gyakoriságváltozás

A villámárvizek kapcsán felmerülő leggyakoribb kérdés, hogy a klímaváltozás hatására növekszik-e a gyakoriságuk, azaz gyakrabban fordulnak-e elő szélsőséges csapadékhullással járó időjárási események. A biztos válaszhoz rendkívül sok paramétert kellene figyelembe vennünk, de egyes esetekben rendelkezésünkre állhat megfelelő adatsor óvatos következtetések levonásához. 2017. május 23-án, Budapesten egy több kerületet is érintő villámárvíz alakult ki a 30 perc alatt lezúduló 44 mm csapadék hatására. Az egyik érintett meteorológiai állomásról gyűjtött adatsort megvizsgálva a legmagasabb órás csapadékösszegek diagramján a 20 éves időszoron három kiugrást láthatunk, mindhárom az utóbbi évekből (6. ábra).

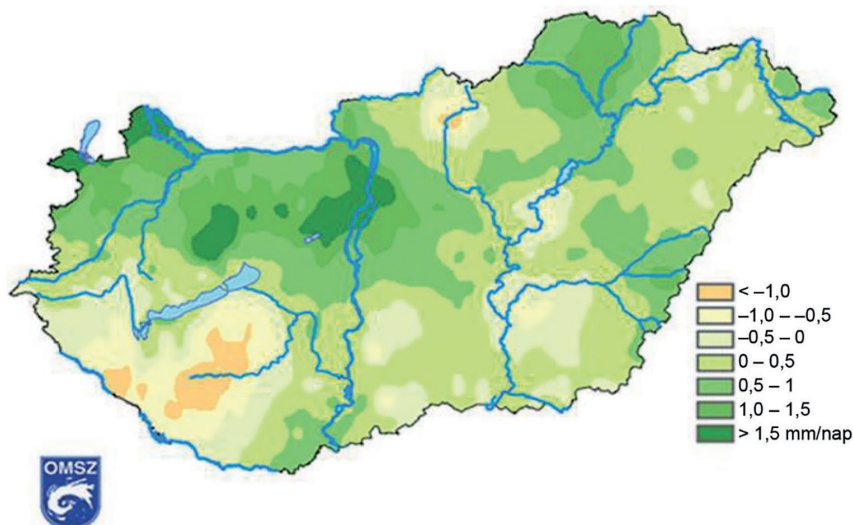


6. ábra

A legmagasabb óras csapadékösszegek évente a Budapest belterület állomáson

Forrás: LAKATOS–HOFFMANN 2017

Mivel a heves csapadékkal járó zivatarok hazánkban a nyári félév jellemzői, érdemes megvizsgálnunk a nyári időszak napi csapadékösszágváltozását. Ez az érték a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok hányadosából adódik, így változásából következtést vonhatunk le a nyárra jellemző szélsőséges csapadékkal járó események gyakorisága és annak változása kapcsán. Az 1961 és 2015 közötti időszakban a csapadékösszeg országosan 1 mm-rel emelkedett, tehát az utóbbi években az éves csapadékösszeg egyre nagyobb hányada származik a szélsőségesen nagy csapadékkal járó eseményekből. Fontos azonban megjegyezni, hogy míg az ország északi területeire 1-2 mm növekedés volt jellemző, addig az ország délnyugati területein és egyes alföldi régiókban 1 mm körüli csökkenést figyelhettünk meg.



7. ábra

A nyári átlagos napi csapadékosság (mm/nap) változása az 1961–2015 időszakban

Forrás: LAKATOS–HOFFMANN 2017

Összefoglalás

A villámárvizek lassan mozgó, intenzív csapadékot adó zivatarok, zivatarrendszerek nyomán alakulnak ki. A mérhető és előrejelezhető meteorológiai paraméterek közül a kihullható vízmennyiség és a zivatarmozgást meghatározó tényezők a legfontosabb adatok, amelyekből előrejelzés készülhet. A multicellás zivatarok és HP szupercellák mellett a lassú mozgású mezoskálájú konvektív rendszerek érdemelnek kiemelt figyelmet. A meteorológiai és hidrológiai modellek fejlődésével egyrészt az előrejelzés pontosabbá válik, másrészt a már kialakult zivatar követésével, rövid távú prognózis készítésével és folyamatos aktualizálásával értékes idő nyerhető, ami a villámárvizek okozta problémák megelőzésére és a károk mérséklésére fordítható.

Irodalomjegyzék

- HORVÁTH Á. (2017): Heves zivatarrendszerek a Dunántúlon. *MET.hu*, 2017. 07. 27. Elérhető: www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=1948 (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)
- LAKATOS M. – HOFFMANN L. (2017): Rendkívüli csapadék hullás Budapest belvárosában. *MET.hu*, 2017. 05. 30. Elérhető: www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=1885 (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)

- LEE, G. (2014a): *Types of Discrete or Semi-Discrete Thunderstorms, Multicell Storms*. Elérhető: https://courseware.e-education.psu.edu/courses/meteo361/www.e-education.psu.edu/meteo361/15_p5.html (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)
- LEE, G. (2014b): *Types of Discrete or Semi-Discrete Thunderstorms, Supercells*. Elérhető: https://courseware.e-education.psu.edu/courses/meteo361/www.e-education.psu.edu/meteo361/15_p6.html (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)
- MOLNÁR Á. (s. a.): *A konvekció alapjai III. – A szélnyírás és a konvekció kapcsolata*. Elérhető: <http://szupercella.hu/node/300> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)
- MOLNÁR Á. – POLYÁNSZKY Z. (s. a.): *A konvekció alapjai I. – Felhajtóerővel kapcsolatos alapismeretek*. Elérhető: <http://szupercella.hu/node/284> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 20.)
- SIMON A. (2011): *Heves csapadékot és villámárvizeket okozó zivatarok előrejelzése*. Előadás. Országos Meteorológiai Szolgálat.

III. rész

A csatornahálózatokra gyakorolt hatások és a fenntartható csapadécsatornázás témakörében elhangzott előadások publikációi

Vákát oldal

A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai

Bevezetés

A települési hidrológiai körfolyamat a vízkörforgásnak a települési vízgyűjtő területen lezajló részfolyamata, amelyet az ember által befolyásolt adottságok és ezek hatására létrejövő jelenségek jellemeznek. A csatornázást fejlődése során mennyiségi és minőségi szempontból egyaránt egyre inkább mesterséges hatások alakították, ahol a klasszikus mérnöki szemlélet *a gyors elvezetésre, a víztől való mentesítésre* fektette a hangsúlyt. A klímaváltozás időközben számos olyan tényezőt és elvárást állított reflektorfénybe, amelyek a szemléletnek a megváltoztatását követelték, és a mentesítés helyett – amennyiben lehetséges – *a hasznosulás és a hasznosítás* előtérbe helyezését írták elő a települési csapadékvíz-gazdálkodás komplex tevékenységének létrejöttéért. A hasznosulás a vízgyűjtő területen elsősorban természetes körülmények között a beszivárgás és/vagy a párolgás útján jön létre, amikor a csapadékból a lefolyás részben vagy egészében csökkentve alakul ki. Ennek számtalan technikai megoldási módja ismert a hazai szakirodalomból is (DULOVICS–DULOVICSNÉ–ÖLLŐS 1978; DULOVICSNÉ 2003; DULOVICSNÉ 2004a; HORVÁTHNÉ–WISNOVSZKY 2003; GAYER 2004; GAYER–LIGETVÁRI 2007; BUZÁS 2008; CSAPÁK 2009; ASZTALOS 2010).

A vízgyűjtő területen a csapadéklefolyás csökkentésének számos formája van, amelyek komplex módon elsősorban tájökológiai módszerek révén valósulnak meg, és amelyeket szintén feldolgozott a hazai szakirodalom (BUZÁS 2015, BARDÓCZYNÉ 2016).

Ez a folyamat mind a vízgyűjtő területi alkalmazkodás, mind pedig a csatornázási rendszer kialakítása szempontjából módosítást igényelt. Jelen tanulmány elsősorban a csatornázási rendszerek átalakulásában, továbbfejlődésében bekövetkező azon változásokat vizsgálja, amelyek a települési csapadékvíz-gazdálkodás miatt a vízhozam- és szennyeződésközlekedés-transzportfolyamatok létrejöttének módosulásában jelennek meg. Ennek tényét azért is fontos kijelenteni, mert a fenntartó csatornagazdálkodás komplex feladat, és ennél szélesebb területre terjed ki. Ugyanakkor azt is kijelenthetjük, hogy a települési csapadékvíz-gazdálkodás és a szennyvíztechnika egymással szoros kölcsönhatásban van, és bármelyik tényező változása vagy változtatása a másikat jelentősen befolyásolja.

A szennyvízelvezetés és -hasznosítás területén is módosítások kívánatosak, elsősorban a szaniterrendszerek és az újrahasználata kapcsolata szempontjából, továbbá a „kellő mértékű”

szennyvíztisztítás fogalmi körének kiszélesítése és integrálása indokolt, utóbbiakat azonban jelen tanulmány – elsősorban a terjedelmi okok miatt – nem vizsgálja.

A települési csatornahálózatok klasszikus rendszerei és kapcsolatuk a települési csapadékvíz-gazdálkodással

A címben felvetett kérdésekkel, a csatornázás fejlesztésével foglalkozó német szakmai szövetség, a DWA elődje – az ATV – irányt mutató publikációt közölt (ATV 1999). A hazai szakirodalom is foglalkozott ezzel: ahogy korábbi tanulmányainkban bemutattuk (DULOVICS–DULOVICSNÉ–ÖLLŐS 1978; DULOVICSNÉ 1999, 2002, 2003, 2004a, 2004b), a különféle csatornázási rendszerek a csapadékkérdés technikai megoldását különböző módokon valósítják meg.

A MaSzeSz–ATV (majd DWA) együttműködése során a német szakembergárda előadásai (például KÖNIG 2002) és tapasztalatcseréi jelentős hatást gyakoroltak e téma terület hazai fejlődésére.

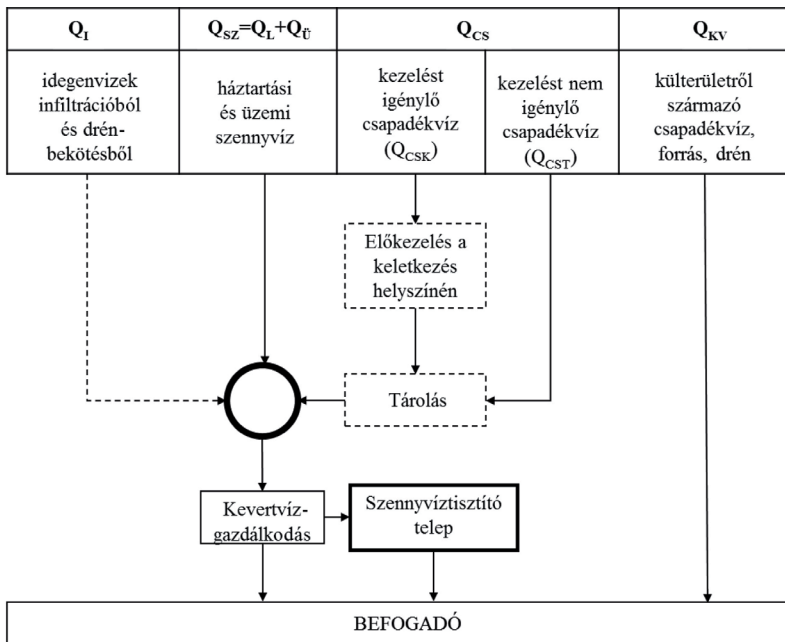
Egyesített csatornázási rendszer hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra

Az újkori csatornázás londoni példája szerint a csatornázás hőskorában az *egyesített* csatornázási rendszerben, csapadékos időszakban az összes elvezetendő víz – a szennyvíz és csapadékvíz – „összeöntésre” került, így jutott el kezdetekben biológiai tisztítás nélkül a bővizű befogadóba (JUHÁSZ 2008). Miután a befogadók már nem voltak terhelhetők a korábbi mértékig, záporkiömlőket kezdtek alkalmazni a hígított vizek tehermentesítésére, továbbá vészkiömlőket a telep védelmére, így vezették a tisztítótelepre a főgyűjtőcsatornák által szállított szennyvizet (1. ábra). Csapadékvíz-gazdálkodást e rendszer által szállított vízzel nehéz megvalósítani, különösen a szennyezett, kevert vízminőség miatt. A rendszer legnagyobb hibáinak a szennyvíztisztító telepeket érő egyenlőtlen terhelést és a záporkiömlőket tekinthetjük. Ez utóbbiaknál ugyanis koncentrálnak terheljük a befogadókat a szennyezett hígított vízzel, ha nem alkalmazunk tárolást és tisztítást.

A nem szennyezett vizek, úgymint: külvizek, talajvízszint-süllyesztésből származó vizek, források, kutak által szállított vizek általánosságban a rendszerbe nem vezethetők, bár tapasztalat szerint ezt a tilalmat rendszerint áthágják.

A túlterhelt rendszer kiöntésekor a vízgyűjtőterületen a csapadékvíz szennyvízzel keveredve jelenik meg egészségügyi kockázatot okozva.

A szennyvízcsatorna-hálózat a térszín alatt, a talajban kerül elhelyezésre, általában mélyen, a bekötések visszaduzzasztásának megelőzése érdekében. Vízzáróságának hiányossága esetén *idegen vízként* beszivárgással, *infiltrációval*, továbbá a telkek víztelenítését szolgáló drénbekötésekkel kell számolni (ÖWAV 2008, DULOVICSNÉ 2008). Ezek egyrészt a talaj csatornahálózat feletti rétegének kiszáradását és elsivatagosodását okozzák, másrészt tisztítást nem igénylő víznek az elvezető rendszerbe kerülését idézik elő, ami kizárja a tisztítást kevésbé igénylő talajvíz hasznosíthatóságát, és befolyásolhatja a vízgyűjtő területen a vízfolyások vízállását és -szállítását is. A talajvízszint csökkentésének ez a módja magas talajvízállású területeken azonban természetesen előnyös is lehet.



1. ábra

Egyesített csatornázási rendszert terhelő vizek

Forrás: a szerző szerkesztése ÖWAV 2008 alapján

A vízgyűjtő területi visszatartás segítségével a kezelést nem igénylő víz hasznosulása és hasznosítása esetén akár decentralizált tárolással, akár beszivárogtatással csökkenthető ugyan a csatornarendszer terhelése, viszont e módszer alkalmazása utólagos beavatkozást és átépítést igényel az eredetileg gyors elvezetést biztosító egyesített rendszerben.

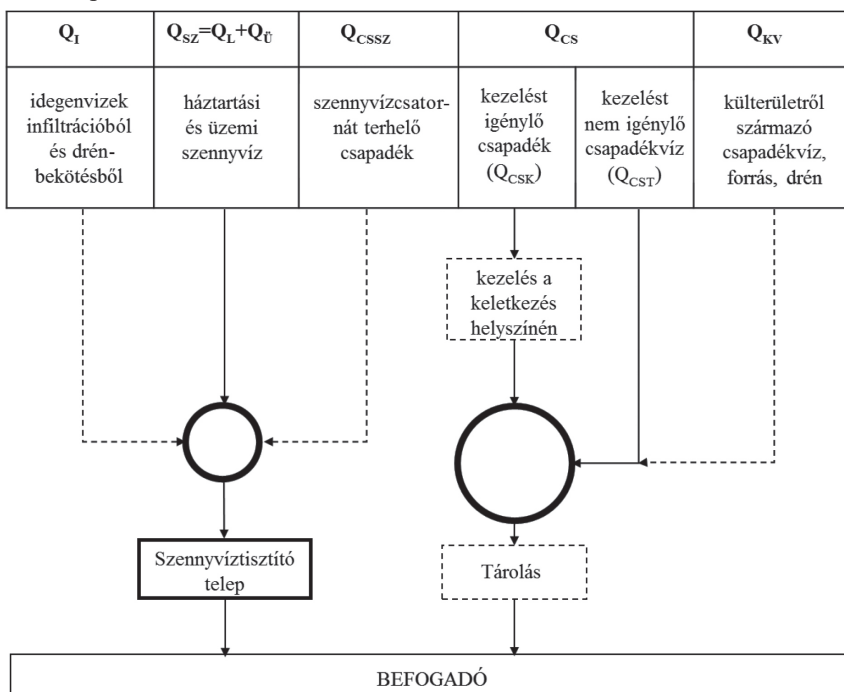
Az egyesített rendszereket jobban érinti az éghajlatváltozásból adódó, extrém nagyságú csapadékesemények gyakoribb megjelenése, amelyek a rendszer esetleges túlterhelése mellett az infiltrációból eredő idegen vizek mennyiségét is növelhetik, és szennyezett vízkiöntéseket okozhatnak a rendszerből (DULOVICSNÉ 1993).

Elválasztott csatornázási rendszer és hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra

A 2. ábrán látható vázlat mutatja be, hogy az *elválasztott* csatornázási rendszer legalább két vezetékhalózatból áll: az egyik a szennyvízcsatorna, ez vezeti le a települési szennyvizet, a másik a csapadékvíz elvezetésére szolgáló csapadékcatorna a település területére hulló csapadékvizek összegyűjtésére – függetlenül attól, hogy az igényel-e tisztítást, vagy sem. Bevezethető ez utóbbi csatornába a tisztítást nem igénylő külvíz, talajvízszint-süllyesztésből származó víz, a források, kutak elfolyó vize is. A csapadékvíz-csatornát lehetséges tárolással, beszivárogtatással, újrahasználatlaltal tehermentesíteni, csak figyelemmel kell lenni

arra, hogy a kezelést igénylő és nem igénylő hányadokat nem választjuk el egymástól, tehát az újrahasználát csak korlátozott esetekben jöhet szóba, ha a keverékvíz minősége hasznosítás szempontjából megfelelőnek tekinthető. A szabályszerűen kiépített és használt szennyvízcsatorna pedig kisebb lökésekkel, egyenletesebb hozammal terhelheti csapadék esetén a szennyvíztisztító telepet.

A csapadékvíz-elvezető rendszert a szennyvízcsatornázással azonos időben kell kiépíteni. Kialakítása zárt csatornaként és/vagy árokhálózatként egyaránt lehetséges, hiszen nem okoz egészségügyi kockázatot ez utóbbi esetben sem. Figyelemmel kell azonban lenni arra, hogy ha nem egyszerre, egyenértékű módon valósul meg a két rendszer, akkor idegen vízként nemcsak az infiltráció, hanem az úgynevezett szabálytalan bekötések is megjelennek. Ez azt eredményezi, hogy az elválasztott rendszer bizonyos mértékig egyesítetté válik, így a szennyvíztisztítást nem, vagy nem teljes mértékben tehermentesítettük az egyenlőtlen terheléstől. Magas talajvízállású területeken ez a hatás a szennyvíztisztító telep kiöblítését, ezáltal a biológiai tisztítás ellehetetlenülését eredményezheti, hiszen a csapadékvíztől való területmentesítés az ingatlantulajdonosok számára fontos érdek, ami miatt a szennyvízcsatornába történő szabálytalan csapadékbekötéseket előtérbe helyezik. A szennyvízcsatorna-hálózat túlterhelése pedig kiöntéseket okozhat egészségügyi kockázatot teremtve. Még nagyobb veszélyt jelent, ha a szennyvízelvezetés épül később, mert akkor a csapadékvíz-elvezető rendszerbe kötik be a szennyvizeket, elszennyezve az ott levezetett csapadékokat.



2. ábra

Elválasztott csatornázási rendszert terhelő vizek

Forrás: a szerző szerkesztése ÖWAV 2008 alapján

Ez az elválasztott rendszer is a mihamarabbi elvezetést tartja szem előtt, és általában nem foglalkozik a hasznosulással, hasznosítással, ennek ellenére utólag egyszerűbb az átalakítása, fejlesztése a csapadékvíz-gazdálkodás érdekében, mint az egyesített rendszeré. A kétfajta eredetű és minőségi tulajdonságú csapadékvíz olyan célra hasznosítható, amit a gépjárművek okozta szennyeződés nem zár ki. Így például gépjárművek, közlekedési eszközök, közutak mosása, tűzvízkénti oltóvíz-felhasználás, csatornahálózati öblítés, ipari vízfelhasználás (mosás, szállítóvízként), mesterséges városi vízfelületek stb. kialakítása érdekében (DULOVIČSNĚ 2016) jön szóba hasznosítása.

Hazánkban a víziközművesítést „ollók” jellemezték és jellemzik ma is. A harmonizáció az EU VKI és a 91/271 Direktíva előírásainak elérése érdekében a rendszerváltást követően elsődlegessé tette a szennyvízcsatornázás ollójának megkívánt mértékű zárását, így nem volt kapacitás, valamint anyagi erő a csapadékkérdés közműves és fenntartó gazdálkodás szemléletű megoldásához. A 2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról pedig nem tekinti közműnek a csapadékvizet elvezető műveket, és az önkormányzatok feladatkörébe utalja azt. Az önkormányzatok viszont a gyakorlatban általában anyagi és szervezési hiányok miatt csak probléma esetén kezelik a kérdést, ez viszont a katasztrófavédelem terheit növeli. Most, hogy a szennyvízelvezetés és -tisztítás már közel teljes körűnek tekinthető, kell olyan megoldásokat alkalmazni a települési csapadékvíz-gazdálkodásban, amelyek a települési hidrológiai körfolyamat egészének figyelembevételével, a klímaváltozás, az ökológia, a településgazdálkodás és -rendezés, az urbanizáció és a virtuális vízigény-növekedés tendenciái mellett is kielégítő és fenntartható integrált rendszereket eredményez. Ehhez kell a következőkben részletezésre kerülő, javított csatornázási rendszereket alkalmazni, és azokkal kielégíteni a kor által megszabott igényeket, a vízminőség védelmét, valamint a hasznosítás és hasznosulás szempontjait is figyelembe véve.

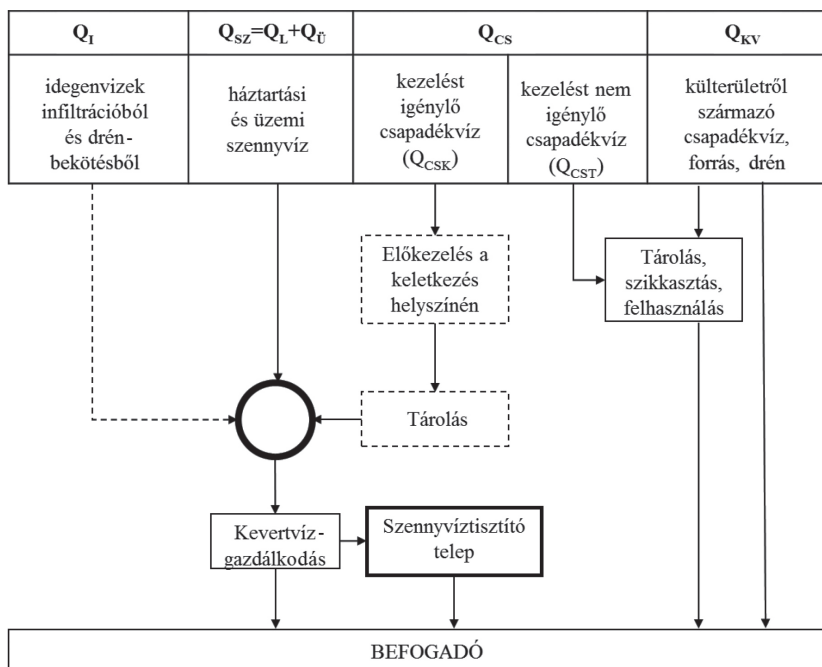
A javított rendszerek és hatásaik az ökológiai egyensúlyt fenntartó csatornagazdálkodásra, a vízhozam- és a szennyeződéstranzsportra

A javított – vagy egyesek által módosítottak (*modified*) nevezett – rendszerek lényege, hogy a klasszikus elválasztott rendszerhez képest a csapadékvíz elvezetésében további elválasztást is alkalmaznak: különválasztják a kezelést igénylő és nem igénylő vizeket a hasznosítás, hasznosulás és elhelyezés érdekében. Mindkét klasszikus rendszer javítható a csapadékmínőség elválasztása szempontjából, vagyis megkülönböztethető a javított-egyesített és a javított-elválasztott csatornázási rendszer.

Javított-egyesített (vegyes) rendszerű csatornázás és kapcsolata a települési csapadékvíz-gazdálkodással

A javított egyesített rendszer, ahogy azt a 3. ábra is vázlatosan mutatja, már különválasztja a tisztítást nem igénylő és igénylő csapadékvíz elhelyezését. A szennyvíz és a tisztítást igénylő csapadékvíz közös, míg a tisztítást nem igénylő csapadékvíz önálló rendszerben kerül elhelyezésre. A szétválasztás már a vízgyűjtő területen megvalósul. Ennek módja azonban ott is eltérő lehet. A csapadékvíz szétválasztásának egyik módja a kezdeti (szennyezett)

és a tisztítást már nem igénylő csapadékok elkülönítése monitoring és kormányzást biztosító megoldások igénybevételével. A másik lehetőség esetében a tetővizet külön gyűjtik, ami ezután kerül hasznosításra. Itt a tisztítást igénylő csapadékhányadot a záportúlfolyás és tárolás leválasztása után szennyvíztisztító telepre vezetik. A megoldás a vízminőség szabályozása szempontjából előnyös, mivel a szennyezett csapadék is a szennyvíztisztító telepen, a szennyvízzel együtt kezelésre kerül. A tisztítást nem igénylő belterületi csapadékvíz, a külvíz, a talajvízszint-süllyesztésből eredő víz, a források, kutak vize pedig tárolás, beszivárogatás és hasznosítás útján, a tárolásnak köszönhetően a csúcslefolysást csökkentve vezethető a befogadó(k)ba.



3. ábra

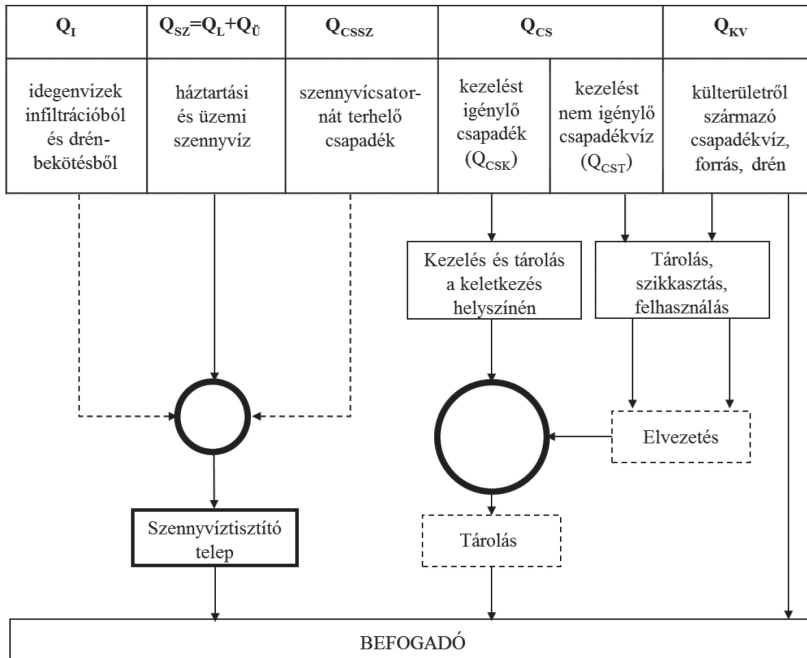
Javított-egyesített rendszereket terhelő vizek

Forrás: a szerző szerkesztése ÖWAV 2008 alapján

Ez a rendszer a csatornahálózati lefolyásban a minőség szerinti szétválasztás eredményeként a terhelő vízhozam megosztását, hasznosulás esetén csökkentését és a befogadó szempontjából mindenképpen szennyezőanyagtól csökkentett transzportot hoz létre. Azokon a területeken kerül célszerűen alkalmazásra ez a megoldás, ahol a meglévő csatornázási rendszer egyesített, és a záportúlfolyás kormányzása és/vagy a kevésbé szennyezett csapadékvíz hasznosítása érdekében csökkentik a szennyvíztisztító telep hidraulikai terhelését, valamint javítják a befogadó vízminőségét (DULOVICSNÉ 1993).

Javított-elvásztott rendszerű csatornázás és kapcsolata a települési csapadékvíz-gazdálkodással

A javított-elvásztott rendszerben (4. ábra) a települési szennyvíz a szennyvízcsatorna-hálózaton keresztül a szennyvíztisztítóba, míg a tisztítást igénylő csapadékvíz a csapadékvíz-elvezető csatornákon keresztül a csapadékvíz-tisztítómuibe, majd a szükséges tisztítás után mindkettőből a befogadóba kerül. A tisztítást nem igénylő belterületi csapadékvizet tárolás, beszivárogtatás és/vagy hasznosítás útján csökkentve közvetlenül vezetik el a befogadóba a külterületi lefolyással, a talajvízszint süllyesztésből, források és kutak túlfolyóiból eredő vizekkel együtt. A települési csapadékvíz-gazdálkodás ebben a rendszerben tehát a tisztítást igénylő csapadékvíz kezelőtelepi tárolása, illetve a tájökológiai megoldások alkalmazása során a csúcslefolyást csökkentve jut a befogadóba. A kezelést nem igénylő vizek, például tetővizek decentralizált tárolása és hasznosítása pedig a csapadékvízgyűjtő rendszerből a használati vízellátást biztosítva a szennyvízelvezető rendszerbe, illetve párologtatás útján csökkentve a légtérbe jut. Ez a rendszer nem, vagy csak korlátozott mértékben terheli a kibocsátók szabálytalan bekötéseinek útján idegen vízzel a szennyvíztisztító telepet, nem okozva ott túlterhelést és/vagy esetleg üzemzavart.



4. ábra

Javított-elvásztott rendszereket terhelő vizek

Forrás: a szerző szerkesztése ÖWAV 2008 alapján

Összefoglalásként az ismertetett rendszerek értékelése röviden a következő SWOT-analízist részletező táblázatban látható.

1. táblázat
Csatornahálózat-típusok SWOT-analízise

Rendszer típusa	Előnyök	Hátrányok
Egyesített	Gyakori klasszikus alkalmazás, történelmi múltja van.	A befogadó és a telep lökészerű terhelése, talajból beszivárgó idegenvizek, szennyezett és kevert vizek „hullámszerű” megjelenése.
Elválasztott	A két hálózat vízkormányzása egyszerűbb, a csapadékcsonna már több vízfajtát fogadhat, de minőségi differenciálás nélkül.	Még nem illeszkedik a gazdálkodásba, ez is gyors levezetésre épül. Alkalmazási feltétel, hogy egy időben épüljön ki az elválasztott két elvezető rendszer.
Javított-egyesített (vegyes) rendszer	Különválasztja a tisztítandó és a nem szennyezett csapadékvizet, terementesíti a befogadót a lökészerű terhelésektől hidraulikai és minőségi szempontból is.	Speciális adottságú területen célszerű alkalmazni.
Javított-elválasztott rendszer	Minőség szerinti szétválasztás, differenciált, gazdálkodást eredményező komplex megoldás.	Nagyon precíz, adatigényes, összehangolt, komplex tervezés, engedélyezés és üzemeltetés

Forrás: a szerző szerkesztése

A csatornázási rendszerek és a szennyeződéstranszport hatása a települési csapadékvíz-gazdálkodásra – a fejlesztéshez rendelkezésre álló adatok

Amint az előzőkből kitűnik, a csapadékvíz minőségének a csatornázási rendszerek megválasztása szempontjából nagy jelentősége van. Kimondható az is, hogy a fenntartó települési csapadékvíz-gazdálkodás nagymértékben befolyásol(hat)ja a különféle csatornázási rendszerek okozta szennyeződéstranszportot, annak nagyságrendjét, térbeli, időbeli eloszlását, és nem függetleníthető a lefolyás hidrológiai és/vagy hidraulikai paramétereitől sem.

A körforgásos gazdaság alkalmazása a csatornázásban összefügg a szennyezés-transzporttal. A települési csapadékvíz-gazdálkodás alapja lehet a szennyezés-transzport csökkentésének azáltal, hogy a szennyezés megjelenését olyan helyekre lokalizálja, ahol az a felhasználásban nem okoz gondot, illetve ahol a szennyezőanyagok koncentrálnak és kiválaszthatók, vagy esetleg felhasználhatóvá tehetők. Így a javított rendszerekben a használati víz (*non-potable*, vagyis nem ivóvíz) fogalmát kielégítő hányad a körforgásos gazdaságot az újrafelhasználással segíti elő, a szennyezett hányad pedig a tisztítás koncentrálnak a megteremtésével differenciálja a felhasználás további lehetőségét.

Ezt a lehetőséget felhasználni azonban csak akkor lehetséges, ha megfelelő mennyiségű és megbízhatóságú adat áll majd rendelkezésre a hazai települési hidrológiai körfolyamat(ok) szennyezéstranszportjáról, a szennyezők jellemző paramétereiről, nagyságrendjéről és azoknak a csatornahálózatban jelentkező hatásairól.

Ugyanakkor, az adathiány ellenére, nagymértékben lecsökkent a mérésekre fordítható anyagi erő, ami nem teszi lehetővé a rendszervizsgálatoknak ebben a szegmensében átütő eredmények elérését. Jellemző, hogy néhány szorgalmas és felelősséget érző kutató a munkája során részadatokat gyűjt és tesz közzé publikációiban (BUZÁS 2009; BUDAI– CLEMENT 2011; HÁDINGER 2012; HORVÁTH–BUZÁS 2013, DULOVICSNÉ–CSAPÁK 2017 stb.), ami azonban nem vezethet általános eredményre a központi akarat hiányában.

A klímaváltozás a csapadékok korábbi mennyiségi törvényszerűségeit is jelentősen befolyásolta, ez összefüggésben áll a minőséggel is, de kihatott a beszivárgási folyamatokra és a talajvízszint mértékadó helyzetének követésére is. E téren is központi feladatként kellene az adatgyűjtést és feldolgozást támogatni, és a csatornázási monitoringrendszerek egészére vonatkozó ismereteket bővíteni, mint ahogy azt a szakirodalom (DULOVICSNÉ–DULOVICS 2006; NAGY et al. 2012) is felvetette. Könnyen belátható ugyanis, hogy csak megfelelő számú és megbízhatóságú adattal rendelkezve lehetséges a fejlesztés/fejlődés és a feladatok szabatos meghatározása. A felelősséget fokozza e téren, hogy a tennivaló nagyon komplex és újszerű. A monitoringrendszereket mennyiségi, kémiai, biológiai paraméterek teljes körére kiterjesztve, a vízgyűjtő területen, a talajban, a gyűjtőrendszerekben, a szennyvíztisztító telepeken és a befogadóiban jelentkező folyamatokat jellemző adatok széles körére kell előállítani, a fenntartható és fenntartó csapadékvíz-gazdálkodás érdekében (is).

Összefoglalás, javaslatok

A települési csapadékvíz-gazdálkodás és a csatornahálózati rendszerek egymással szoros kölcsönhatásban vannak. A klasszikus csatornarendszerekkel csak részben biztosíthatók a fenntartó csapadékvíz-gazdálkodási elvek, amelyek az újrahasználatra és a körforgásos gazdálkodásra épülnek. A javított rendszerek már a fokozott elválasztási elvet alkalmazva jobban közelítik a „hulladékszegény” technológiák létrejöttét mind mennyiségi, mind pedig minőségi értelemben. Ennek a kérdésnek a szabatos rendezéséhez, a megváltozott törvényszerűségek meghatározásához, mint látható, nagyszámú, megbízható mérési eredménynek a rendelkezésre állása volna szükséges a települési hidrológiai körfolyamat egészére vonatkozóan mind mennyiségi, mind pedig minőségi adatok tekintetében. Nagy jelentősége van ezen túlmenően annak a komplexitásnak, amelyik a társtudományok (városrendezés, -üzemeltetés, tájökológia, épületgépészet, építészet stb.) és ezekkel összefüggő operatív tevékenység együttműködését igényli. Ezeket a sarokpontokat bizonyítja számos tanulmány és szakcikk, amelyeket a hazai szakirodalomban fellelhetünk, és amely próbálkozásokat tiszteletben tartva, szükséges az ökológiai egyensúlyt fenntartó települési csapadékvíz-gazdálkodási szakterület tudományos megalapozásának követelményéért, és az ezen alapuló gazdálkodásért tevőleges szerepet betölteni.

Irodalomjegyzék

- ASZTALOS T. (2010): *A csapadékvíz használatának elemző vizsgálata a kommunális vízellátásban és az ivóvízigény csökkentésében, gazdasági szempontok figyelembevételével*. BSc-szakkoloztat. Budapest, SZIE YMÉK.
- ATV (1999): Standard ATV-A 105.E (1997), Selection of the Drainage Systems. In *ATV Yearbook 1999–2001*. 35–40.
- BARDÓCZYNÉ SZ. E. (2016): Csapadékvíz-gazdálkodás komplex szemlélettel. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2016/4. sz. 10–25.
- BUDAI P. – CLEMENT, A. (2011): Burkolt útfelületek nehézfém szennyezettsége. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2011/március–április. 15–22.
- BUZÁS K. (2008): Klímaváltozás, települési csapadékvíz-gazdálkodás. *Vízmű Panoráma*, 16. évf. 4. sz. 11–12.
- BUZÁS K. (2009): *A közúti közlekedés hatása a felszíni csapadékvíz-lefolyás szénhidrogén szennyezettségére*. PhD-értekezés. Budapest, BME ÉMK.
- BUZÁS K. (2015): *Víz a városban: alkalmazkodás a klímaváltozáshoz*. Budapest, BME VKKT.
- CSAPÁK A. (2009): *Települési vízgazdálkodás: lakossági csapadékvízgyűjtés és -felhasználás*. PhD-értekezés. Budapest, ELTE.
- DULOVICS D. – DULOVICS DNÉ – ÖLLŐS G. (1978): A csatornázás korszerű rendszerei és kialakításuk szempontjai. *Hidrológiai Közlöny*, 58. évf. 8. sz. 260–269.
- DULOVICS DNÉ (1993): *Közműépítés III. Csatornázás. Tervezési Segédlet és Útmutató*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- DULOVICS DNÉ (1999): Aktuális csatornázási feladatok. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 1999/július–augusztus. 3–7.
- DULOVICS DNÉ (2002): A csatornázás irányzatai. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2002/július–augusztus. 3–7.
- DULOVICS DNÉ (2003): Csapadékvíz-gazdálkodás a környezetterhelés csökkentésének egyik eszköze. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2003/november–december. 15–21.
- DULOVICS DNÉ (2004a): Sürgető szükségszerűség-e a csapadékvíz-gazdálkodás? *Vízmű Panoráma*, 4. sz. 26–33.
- DULOVICS DNÉ (2004b): Az MSZ EN 752, „A települések vízelvezető rendszerei” c. európai szabványsorozat és a jövőben várható továbbfejlesztése. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2004/szeptember–október. 3–14.
- DULOVICS DNÉ (2008): Változások a csatornarendszerek mértékadó üzemállapotaiban. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2008/március–április. 3–8.
- DULOVICS DNÉ (2013): A települési szenny- és csapadékvíz elhelyezésének elemzése. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2013/január–február. 3–9.
- DULOVICS DNÉ (2016): *Csapadékvíz-gazdálkodás az integrált települési vízgazdálkodásban*. PPT oktatási segédlet. MMK szakmai továbbképzés. Budapest, Szolnok, Nyíregyháza, Békéscsaba, Tatabánya, Baja.
- DULOVICS DNÉ – CSAPÁK A. (2017): A csapadékvíz minőségét befolyásoló tényezők és azok hatásainak elemzése. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2017/3. sz. 22–34.
- DULOVICS DNÉ – DULOVICS D. (2006): Gondolatok a monitoring rendszerek alkalmazásáról a szennyvíztechnikában. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2006/szeptember–október. 3–6.
- GAYER J. (2004): *Települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében*. PhD-értekezés. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem.

- GAYER J. – LIGETVÁRI F. (2007): *Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-elhelyezés*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- HÁDINGER J. (2012): *Az esővíz-hasznosítás lehetőségei és szerepe a vízgazdálkodásban*. BSc-szakdolgozat. Budapest, Óbudai Egyetem RKK.
- HORVÁTH LNÉ – WISNOVSZKY I. (2003): A háztetőre hulló csapadékvíz hasznosítása településeken. *Vízügyi Közlemények*, 85. évf. 1. sz. 134–146.
- HORVÁTH A. – BUZÁS K. (2013): Zinc and Copper in Roof Runoff. *Water Science and Technology*, Vol. 67, No. 8. 1734–1939. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2013.044>
- JUHÁSZ E. (2008): *A csatornázás története*. Budapest, MaVíz.
- KÖNIG, K. (2002): *Regenwassernutzung von A–Z. Ökologie Aktuell*. Donaueschingen, Mall.
- NAGY Zs. – BUZÁS K. – METELKA L. – SUCHANEK M. – PIESKÓ E. (2012): Fejlesztési tervek a hidrofomatika támogatásával: városi gyűjtőrendszerek. *MaSzeSz Hírcsatorna*, 2012/szeptember–október. 3–10.
- ÖWAV (2008): *Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren. ÖWAV RB 9:2008*. Wien, ÖWAV.

Vákát oldal

Istók Balázs – Lengyel Róbert

A lézerszkennelt 3D felszínmodell alkalmazása a csatornakiöntések pontosítására

Bevezető

Extrém csapadékvíz-terhelés az egyesített rendszerű csapadékvíz-elvezető hálózat túlterhelődéséhez vezethet. Az elvezetendő víz a fedlapokon át a hálózathoz kilépve, árkok peremén átbukva, a környező utcákra, területekre folyhat. A kiöntés modellezése segít megérteni a jelenség folyamatát, rámutat a probléma okára, és lehetőséget nyújt a megelőző intézkedések várható hatásának számításában.

Hagyományos csatornahidraulikai modellek alkalmazása esetén az elvezetőhálózathoz kilépő víz egy virtuális tárolóba kerül, amelynek kapacitása a modell paramétere, jellemzően a környező területek méretéből határozható meg. A kiáramlás akadálytalanul történik meg, a virtuális tárolóban a túlterhelést okozó víz tározódik, és az árhullám elvonulását követően a kiöntés helyén visszafolyik az elvezető hálózatba.

A hálózaton kívüli, felszíni vízmozgás pontos meghatározása a legtöbb modellező szoftverben nem megoldott, vagy korlátozott mértékben elérhető. Jelen dolgozat célja, hogy egy szintetikus és egy valós csatornahálózat modelljével végzett számításokon keresztül bemutassa a felszíni vízmozgás modellezésének új lehetőségeit a felszíni vízáramlás és az elöntési képek pontos meghatározásával.

A számítások és a modellezés egy repülőgéppel végzett terepszkenelés alapján felépített, nagy felbontású terepmodellel történik. Hagyományos dinamikus csatornahidraulikai modellezéssel meghatározásra került a vízmozgás a csatornahálózatban. Ez alapján a felszínmodellel megjeleníthetővé válik a kiöntés folyamata, az elárasztott terület, a felszíni vízmozgás és a csatornahálózatba történő visszaáramlás.

A vizsgálati környezet

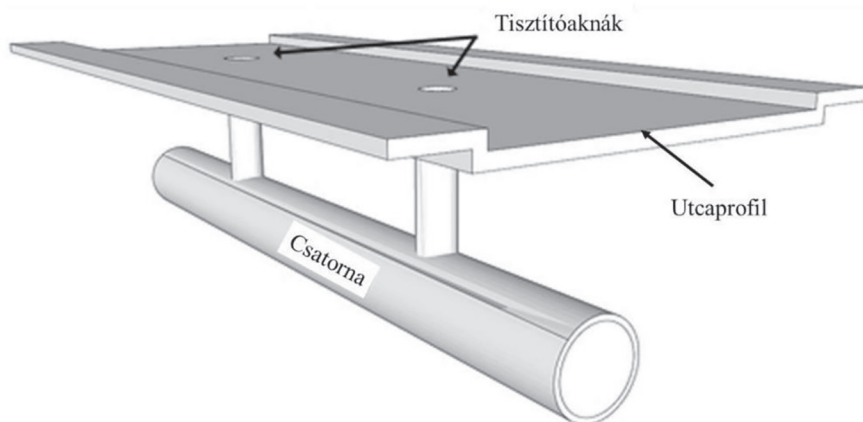
A Tandler.com cég által fejlesztett ++SYSTEMS rendszer lehetőséget nyújt többek között vízelvezető hálózatok (csatornahálózatok, csapadékvíz-hálózatok, felszíni vízfolyások stb.) megjelenítésére, nyilvántartására és modellezésére. A környezet egy új tagja a GeoCPM modul, amely felszíni lefolyásmodellezést valósít meg.

A GeoCPM modul számos eszközt és számítási eljárást tartalmaz a városi területek árvízének, csatornahálózati kiöntéseinek modellezésére. Lehetővé tesz olyan számítógéppel támogatott kiöntéselemzést, ami figyelembe veszi a csatornarendszer terhelési körülményeit. A GeoCPM koncepciója a következő pontokra koncentrálnak:

- a számítási modell koncepciója, figyelembe véve a rendelkezésre álló adatokat és dokumentumokat (csatornarendszer alapadatai, lézeres felületelemzés stb.),
- a fogadó rendszer és a vízgyűjtő felületek közötti kétirányú kapcsolat koncepciója,
- felületek gyakorlatias és kellően részletes modellezése.

A többprocesszoros rendszerrel való használatra két forgatókönyvet hoztak létre a vízcsera kiszámításához (kétirányú kapcsolat), amely ötvözi a felszíni modellt és a csatornahálózat számítását.

- Az „utcai profil módszer” elnevezésű első forgatókönyv egyszerűsítő, bár sok esetben elegendő pontosságú absztrakció a szivárgó víz felszíni áramlásának modellezéséhez. A csatornahálózat elvezető rendszere kétirányúan összekapcsolódik a felszíni vízlevezető rendszerrel. A felszíni vízlevezető rendszer profilokat (utca keresztmetszet, árok) tartalmaz, amelyek lehetővé teszik a megfelelő áramlási útvonalak szimulálását a felületen, például utakon (1D/1D-modellezés). Ahhoz, hogy a gyakorlatban alkalmazható eszközt kapjunk, a metódust segédfunkciók segítségével valósították meg a kézi és automatikus generáláshoz, amelyek egyszerűsítik a meglévő utcai vagy alaptérképek feldolgozását, ezáltal a modell felépítését. Az utcai profilt alkalmazó módszer segítségével meghatározhatók a különösen veszélyeztetett területek, ily módon a második opcióhoz szükséges részletesebb szimulációt csak a szükséges területeken kell elvégezni.



1. ábra

Az utcaprofil módszer koncepcionális felépítése

Forrás: a szerzők szerkesztése

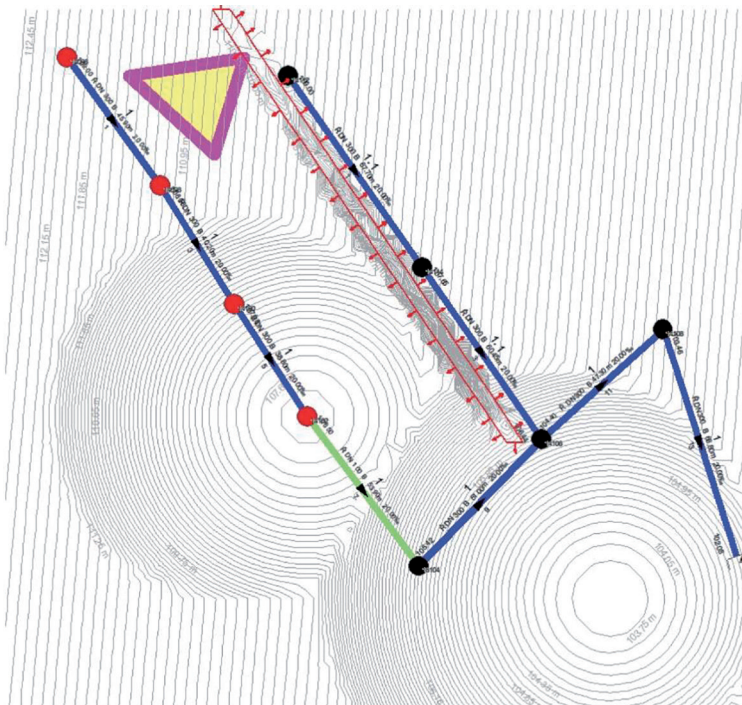
- A második opciót „grid módszernek” (GeoCPM) nevezzük. Ebben az esetben a felszíni lefolyórendszert egy precíziós terepi modell (például 4 pont/m²) szimulálja, amely az egész felületet lefedi, és háromszögből áll (1D/2D modell). Ezeknek az elemeknek mindegyike rendelkezik az információ teljes körével a talajviszonyok, a hely- és a lefolyásjellemzők tekintetében. A hidraulikai számítások alapja a St. Venant differenciálegyenletének általánosítása, továbbá a CPM módszer lehetővé teszi a számítási folyamat eredményes párhuzamosítását. Annak érdekében, hogy a program hatékonyan kezelhesse az óriási mennyiségű adatot (kb. 1 000 000 geodéziai pont/km²), amelyet a légi lézeres terepfelmérés szolgáltat, átfogó modellezési eszközöket vezettek be. Ilyen például a fontos felületi pontok kiválasztása, a felületek állapotának többféle megjelenítése és az adatmennyiség automatikus optimalizálása a szükségtelen elemek elhagyásával.

Mindkét modul figyelembe veszi a csatornahálózat és a felszín közötti átfolyást egy egyenlet segítségével, amelynek paramétereit az áteresztő elemek (víznyelő rács, tisztítóakna fedlapja) geometriája alapján lehet meghatározni; ezzel minden ilyen elem áteresztőkapacitása megadható.

A számításaink során mindkét esetben a második opciót alkalmaztuk, mivel egy kisebb részterületet modelleztünk, és nagyobb felszíni vízszintemelkedésre számítottunk.

Szintetikus hálózaton végzett vizsgálat

Annak érdekében, hogy a program működését ellenőrizzük, szintetikus csatornahálózatot és hozzá kapcsolódó domborzati modellt hoztunk létre. Ez a csatornamodell két ágból és azokban néhány csatornaszakaszból állt. Ehhez kapcsolódott egy finomfelbontású felszíni modell, amelyet GeoCPM segítségével számoltunk. A csatornahálózat és a domborzati modell a következő ábrán látható.



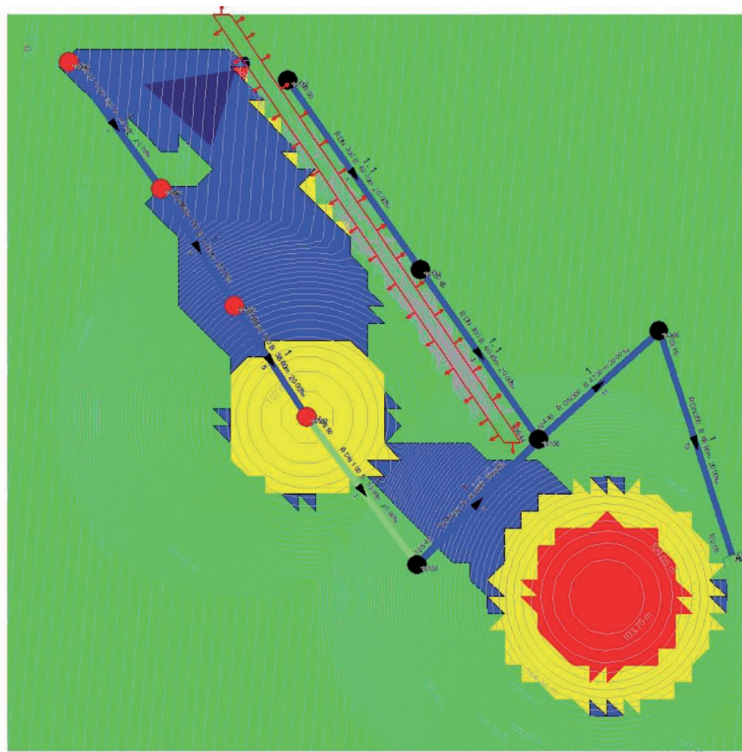
2. ábra

A szintetikus csatornahálózat modellje

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 2. ábrán, a szürke vonalakkal megjelenített terepi szintvonalakból látható, hogy a kétágú csatornahálózat egy olyan domborzati modellhez kapcsolódik, amely egy bal oldalról jobbra és az alsó oldal irányába lejtéssel rendelkező sík felületből, valamint az abból kivágott, két gömbsüveg alakú bemélyedésből állt. A modellben feltételeztünk továbbá egy vízvisszatartó gátat, amelyet a pirossal keretezett szakaszra vettünk fel. A terület felbontása 5 méteres oldalhosszúságú raszterben történt, amit a program háromszögekre bontott fel. A modellezés során dugulást feltételeztünk a zöld színnel megjelenített csatornaágban, és megvizsgáltuk, hogy a konstans, az ágak felvízi végpontján bevezetett terheléssel rendelkező hálózatból hogyan lép ki a víz.

A következő ábrán mutatjuk be az állandósult állapotban kialakuló számítási eredményeket a felszíni vízfedettségek formájában. A pirossal jelölt aknafedlapokon keresztül kiáramlás történik, mivel a feltételezett dugulás miatt a bal oldali ágon betáplált konstans vízmennyiséget a csatorna nem tudja elvezetni. A kiáramló víz a felszínre folyik ki, és azon a lejtési viszonyoknak megfelelően kezd terjedni. A terjedésnek gátat szab a pirossal jelölt fal, így a víz az első gödörben gyűlik össze. Amikor a gödör megtelt, a víz a gödör peremén átbukva a második gödörbe folyik át, majd amikor a második gödör peremén futó csatorna tisztítóaknáinak a szintjét eléri, visszafolyik a csatornába, a dugulás mögé. Az időben állandósult állapot így alakul ki, és az eredmény ezt az állapotot szemlélteti.



3. ábra

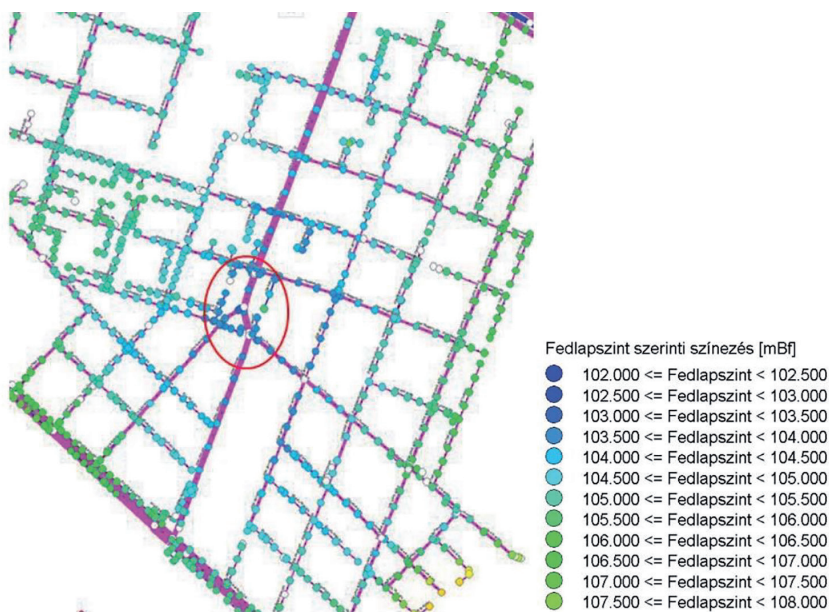
*A szintetikus csatornahálózat számítási eredménye
(A felszíni elemek a rajtuk kialakuló vízszint szerint vannak színezve: a zöld 0 cm, a kék 1 cm,
a sárga 5 cm, a piros 50 cm feletti vízborítást jelez.)*

Forrás: a szerzők szerkesztése

A szintetikus hálózaton végzett vizsgálat segítségével így ellenőriztük a modell működését, és egyszerű rendszeren bemutattuk a szimulációs lehetőségeket.

Valós csatornahálózaton végzett számítások

A második vizsgálat során a budapesti XIII. kerületi Béke téren (piros kör, 4. ábra) és környékén kialakuló felszíni kiöntéseket szimuláltuk. A terület az Angyalföldi Átemelő Telep vízgyűjtőjén van, és hidraulikai szempontból rendkívül kedvezőtlen a helyzete. A tér a környék lokális mélypontja, így kiöntések szempontjából különösen veszélyeztetett terület. Ez látható a következő ábrán, amelyet a vízgyűjtő terület hidraulikai modelljéből vágunk ki, és ahol a csatornahálózat tisztító aknáit a fedlapjuk tengerszint feletti magassága szerint színeztük.



4. ábra

Béke tér környezetének csatornahidraulikai modellje

(Az itt található tisztítóaknak fedlapjuk tengerszint feletti magassága szerint vannak színezve, a vonalak vastagsága arányos a csatornaszakaszok szelvényméretével.)

Forrás: a szerzők szerkesztése

A terület az elmúlt években több szélsőséges csapadékterhelésnek volt kitéve, és emiatt történtek itt kiöntések.

A modellezés alapját az angyalföldi vízgyűjtő terület csatornahidraulikai modellje képezte, amely az FCSM tulajdona. A modell 45 680 akna típusú elemet és 45 963 csatornaszakaszt tartalmaz, és egy korábbi vizsgálat során nyert mérési eredményekhez lett kalibrálva. A vízgyűjtő terület lefolyást képző felszíne 55 000 részterületre lett felbontva, amelyeket a területhasználatnak megfelelően paramétereztünk. A kialakított modellben a Béke tér környékét (lásd 5. ábra) GeoCPM segítségével számítottuk.

A modellezés során a 2017. május 23-i meglehetősen intenzív csapadékeseményt dolgoztuk fel. A csatornát érő terhelést az FCSM csapadékmérő állomásainak regisztrátuma alapján vettük fel. Ehhez 8 csapadékmérő adatait használtuk fel, aminek mérési eredményeit 5 perces felbontású időszakokra bontottuk és a modellhez rendeltük. A számítások során a rendszer az egyes részvízgyűjtő területekre hulló csapadék intenzitását a környezetében levő csapadékmérők jelének az interpolálásával számolja. A következő táblázat a csapadékmérő állomások csapadékösszegeit foglalja össze a vizsgált csapadékesemény során:

1. táblázat

Csapadékmérő állomásokon mért csapadékösszeg a 2017. május 23-i csapadék során

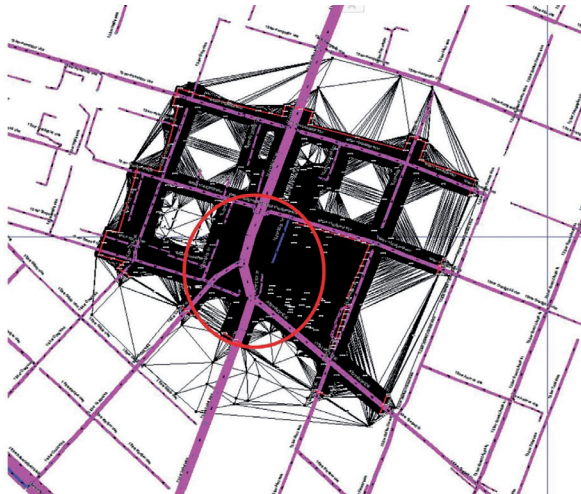
ANGY	ÁLLA	HATÁ	KERI	RÁKÓ	SACO	VÁLT	ZSIG
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
65,85	51,02	20,99	26,41	5,60	1,20	59,34	73,27

Forrás: a szerzők szerkesztése

A csapadékmérések során a RÁKO és a SACO csapadékmérő állomások regisztrátumaiban az üzemeltető közlése szerint lehet, hogy hiba van, de ez nem befolyásolta érdemben a Béke tér környéki csatornák terhelését. A csapadék túlnyomó része 1 óra időtartam alatt hullott le.

A felszínmodell

Budapest területének jelentős részéről készült árvízi védekezéshez geodéziai felmérés „LIDAR” technológiával. A légi lézerekkenner (LIDAR) technológia nagy pontosságú felszín- és domborzatmodell elkészítését teszi lehetővé. A légi szkennelés mellett digitális ortofotók is készültek. A LIDAR és képi adatfelvételezés dGPS/INS technológiával került végrehajtásra. A légi felmérések idejét úgy választják meg, hogy a növényzet zavaró hatása minimális legyen, a felvételt jég-, hóborítás és egyéb időjárási tényezők ne zavarják, illetve a vízállások is a lehető legalacsonyabbak legyenek.



5. ábra

A GeoCPM modell kiterjedése a Béke tér környezetében

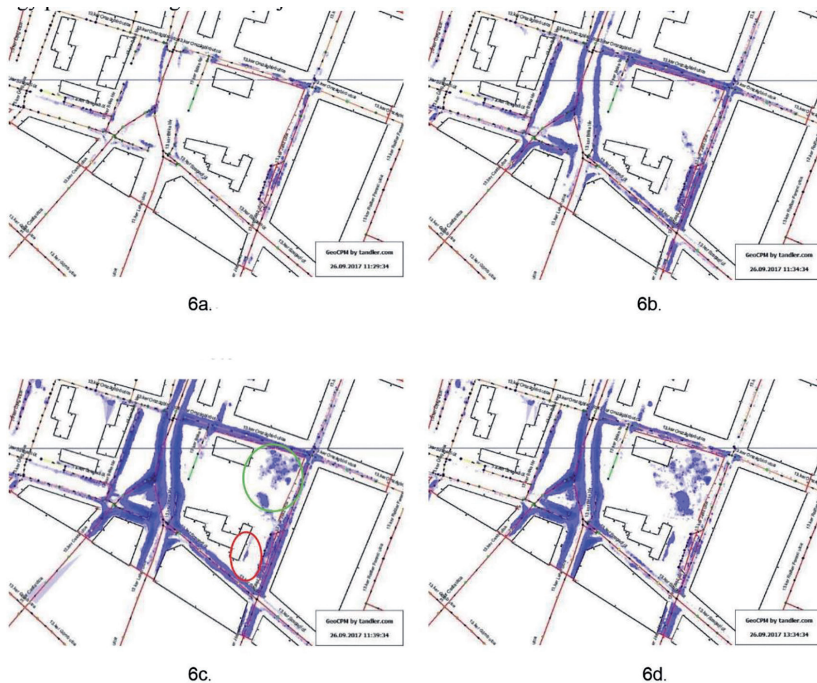
(A piros kör a Béke teret jelöli, a fekete vonalak a magassági pontokat összekötő háromszögek határai.)

Forrás: a szerzők szerkesztése

A LIDAR-pontok sűrűsége minimum 50 pont/m² (a nem szűrt pontadatbázis tekintetében), és a LIDAR-pontok pontossága ±10 cm (magassági és vízszintes értelemben egyaránt). A felmérések során megkülönböztetnek épületeket, alacsony és magas növényzeti borított-ságot és a földfelszínt. Az automatikusan filterezett felmérésből származó terepi pontfelhő alapján digitális domborzati modell készíthető. Az FCSM-től hozzáférést kaptunk a terepi pontfelhőhöz, amiből felépítettük a Béke tér környezetének részletes domborzati modelljét.

Eredmények

A számítási eredményeket a vízborítottság szerinti színezéssel időrendi sorrendben haladva, négy pillanatot kiragadva mutatjuk be a következő ábrákon.



6a–d. ábra

Vízborítás az eső kezdete utáni a) 75. percben; b) 81. percben; c) 85. percben; d) 200. percben

Forrás: a szerzők szerkesztése

A vízborítottsági térképen látható, hogy a kiöntések a Béke tér alatt, a két csatornaszelvény összefolyásánál, a Jász utcában és az Országbíró utcában kezdődnek az eső kezdetét követő 70–75. percben. Az eső kezdetét követő 85. percre pedig már igen jelentős utcafelületekre terjed ki a kiöntés. A csatornahálózatban ezt követően kezdődik meg az apadás, és a 200. percre már a borítottságon is jól látszik a hatása.

A pirossal megjelölt területen levő víz a kerületi önkormányzat épületének egy talajszint alatti bejáratához folyt be. Ennek a résznek a védelmére már intézkedések történtek, mert többször okozott problémát a felszínről ide folyó víz. A zölddel jelölt terület egy templomot körülvevő zöld felület, ahova a tapasztalatok szerint szintén be szokott folyni a túlterhelést okozó víz. A következő ábrán a vizsgált területen készült felvételek láthatók a 2017. május 23-ai csapadékok követően. A tapasztalatok a számítások helyességét igazolják.



7. ábra

A vizsgált területen készített felvételek a vizsgált csapadékok követő időszakban

Forrás: a szerzők szerkesztése

Összefoglalás

A dolgozatunkban bemutattunk egy, a felszíni lefolyások modellezésére szolgáló új eszközt, a GeoCPM modult. Ismertettük a modul alkalmazásának lehetőségeit, a számítási eljárások alapját. Szintetikus modellt készítettünk, amely segítségével ellenőriztük a módszer működésének helyességét. Egy másik eset során egy valós, szélsőséges csapadékeseményt modelleztünk meglévő csatornahidraulikai modell segítségével. A GeoCPM modult ebben az esetben egy olyan területre alkalmaztuk, amely kedvezőtlen domborzati helyzete miatt kiöntés szempontjából veszélyeztetett. Az eredményeket felszíni vízborítottság formájában adtuk meg.

Vákát oldal

Csatornahálózat hidraulikai modellezése az oktatásban

A hidraulikai modellezés céljai, felhasználhatósága

A csapadék- és szennyvízelvezető hálózatok méretezéséhez és ellenőrzéséhez felhasznált összefüggések régóta rendelkezésünkre állnak, azokat a gyűjtőrendszerek tervezésekor és vizsgálatokor rutinszerűen, könnyedén alkalmazzuk. A hazai szabványok közül az MI-10-455/2-1988 és az MI-10-167/3-87 tartalmaznak minden összefüggést és alapelvet, amelyre az egyszerű számításokhoz szükségünk lehet. A külföldi műszaki irányelvek közül az itthon is jól ismert ATV-DVWK-A 110E és ATV-A 118E szabványt érdemes kiemelni. Már az 1980-as évekből származó hazai szabványaink is tartalmazzák a racionális méretezési módszert és az időben változó intenzitású csapadékokat, azonban az oktatásban egészen az utóbbi évtizedig a mértékadó permanens állapotra történő méretezés képezte a tervezési feladatok nagyobbik részének tárgyát.

Az összetett hálózatok számítására alkalmas számítógépes programok megjelenésével együtt azonban újabb feladatok, problémakörök is felmerültek, amelyeket már a hagyományos módszerekkel nem tudunk megoldani. Ezekre néhány példa:

- A lefolyás pontosabb modellezése, a településen belüli nagyszámú kisvízgyűjtő részletes beépítése a teljes csatornahálózatot magában foglaló modellbe. Ennek segítségével válik megválaszolhatóvá az egyik legfontosabb koncepcionális kérdés, miszerint a lefolyás csökkentésébe decentralizáltan (zöldtetők, ciszternák, tározó felületek, porózus burkolatok) érdemes adott esetben beruházni, vagy gazdaságosabb a hálózaton alkalmazott megoldás (tározó műtárgyak, túlfolyók).
- A befogadók szennyezőanyag-terhelésének ellenőrzéséhez, az elérhető legkisebb terhelést biztosító megoldás alkalmazásához elengedhetetlen a dinamikus modell alkalmazása. Egy kalibrált modell a záportározók üzemeltetéséhez is segítséget nyújthat azzal, hogy becslést ad a szennyezők levonulási idejére a hálózatban, ezáltal az üzemeltető ki tudja választani, hogy mely időponttól kezdve kell visszatartani vagy elengedni az érkező vízmennyiséget.
- Az elöntéssel okozott károk kockázatának becslésében is hasznos eszköz a modell. A hálózat helyszínrajzára és magassági vonalvezetésére minden esetben szükség van, ezért az elöntéssel érintett, károknak kitett ingatlanok köre is jól meghatározható.

- Végül a modellezés a tervezés fázisában is jól használható, hiszen az üzemi adatok (vízhozam, teltség, áramlási sebesség) gyakorlatilag élőben jelennek meg a tervezést végző előtt, nem is beszélve arról a lehetőségről, hogy a minimális költségeket és a legkedvezőbb üzemi paramétereket adó vonalvezetést akár automatizált algoritmusokkal is meg lehet keresni, természetesen a peremfeltételek gondos megadása után.

Oktatási keretek

A vízgyűjtők megadása, a hálózat geometriájának megadása hatékonyan csakis valamilyen térinformatikai rendszer keretei között képzelhető el. A települési vízgazdálkodásban dolgozó környezet- és építőmérnökök számára manapság a térinformatika megkerülhetetlen munkaeszköz, ezért az oktatás során a térinformatikai úton történő megoldást igyekszünk szorgalmazni.

Minden térinformatikai megoldás legkényesebb, legköltségesebb és legfontosabb része maga az információ. Az információ, vagy belőle a hozzáadott érték előállítása potenciálisan az a terület, ahol az üzemeltetés és az oktatás-kutatás együtt tud működni.

Adatgyűjtés

Az egyesített csatornahálózatok vagy egyesített öblözetek esetében általában nem jelent problémát a geometriai adatok meghatározása, mert ezeket az üzemeltető közműnyilvántartása tartalmazza. Azokon a településeken azonban, ahol elválasztott rendszer van, sok esetben már a zárt csapadécsatorna sincs nyilvántartva, a nyílt árkokkal rendelkező kis-településekről nem is beszélve.

Ebből látható, hogy a duális képzés keretei közt már a magassági vonalvezetés felméréseben egy elsőéves hallgató is részt tud venni, hiszen szintezni már technikus végzettséggel is tud, vagy erre rövid úton betanítható. Olyan egyszerű feladatokról nem is beszélve, mint például bejárással megállapítani, hogy mely ingatlanok rendelkeznek olyan alagsorral, mélygarázzsal, ami miatt az elöntés szempontjából veszélyeztetettebbek.

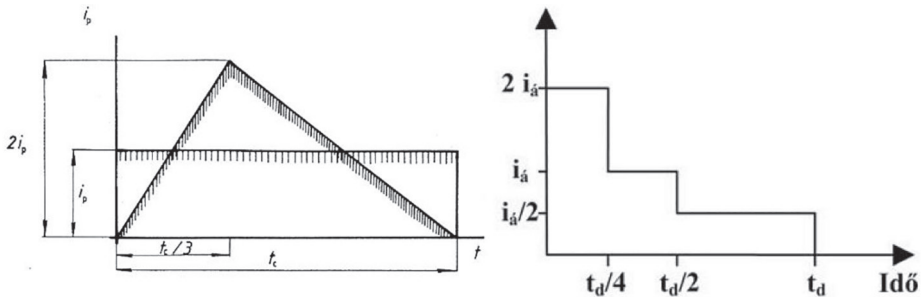
A legnagyobb hozzáadott értéket természetesen az a munka képviseli, amelynek során a hallgató térinformatikai adatokat, azokból pedig csatornahálózati modellt állít elő elektronikusan. Ez pontosan az a tevékenység, amire az üzemeltetőknek általában nincs ideje és kapacitása, a hallgatónak viszont pont ez a célja, hiszen az elvégzett munkát TDK-és szakdolgozatában felhasználhatja.

Legalább ekkora, ha nem nagyobb értéket képviselnek a hidraulikai peremfeltételeket megadó adatok. Az alsó hidraulikai peremfeltételek (tehermentesítő műtárgyak szintjei, vízállások stb.) pontosan meghatározhatók, a befogadó vízállásokhoz még előfordulási valószínűségek és kockázatok is rendelkeznek. Egyesített csatornák esetén a száraz és csapadékos idej szennyvízhozamokról a folyamatirányító rendszereknek köszönhetően, az átemelők üzemét vizsgálva elég jó minőségű és nagy mennyiségű adatokat nyerhetünk.

A legegyszerűbb módszer, ami gyakorlatilag ingyenesen elvégezhető, nem más, mint hogy feljegyezzük a szintvezérelt átemelők ki- és bekapcsolási időpontjait, amiből a szivótér

térfogatának ismeretében az adott időtartamra vonatkozó átlagos vízhozamok meghatározhatók. Több napon át ismételve a napi vízhozam-menetgörbék felvehetők. Szinttávadók megléte és a szivattyúk vízszállításának ismeretében az átemelőkre folyó vízhozam pontos időszora is meghatározható.

A dinamikus modelleknek azonban kritikus pontjai a mértékadónak tekintett csapadék jellemzői. A visszatérési időkre, intenzitásokra, csapadékhullási időtartamokra vannak ismert hidrológiai összefüggések, ezek azonban a szélsőségeket nem biztos, hogy megfelelően írják le. Az előtérés vizsgálatok fontos továbbá az intenzitás időbeli változása, amelyre az egyes szabványok és szakirodalmak eltérő összefüggéseket közölnek, mint az az 1. ábrán is látható.



1. ábra

Időben változó csapadékintenzitások különböző szabványok szerint

Forrás: GAYER–LIGETVÁRI 2007

A modellből eredményül kapott előtérések szempontjából nem mindegy, hogy milyen időbeli lefutást választunk az intenzitásra. A szélsőségesebb csapadékokat például az 1. ábra jobb oldalán látható kettős lépcső alakú csapadék jobban közelíti (GAYER–LIGETVÁRI 2007).

Informatikai háttér

A tapasztalatok alapján az oktatás-kutatás során egyértelműen a nyílt forráskódú szoftverek felhasználása bizonyult előnyösebbnek, azzal együtt, hogy bizonyos feladatok és speciális kérdések esetén a kereskedelmi forgalomban levő programok alkalmazása is indokolt lehet. Ennek oka (amellett, hogy a hallgató számára jobban teljesíthető az a feladat, amivel a tanköri órákon és a felsőoktatási intézmény falain kívül is tud foglalkozni) az, hogy a kutatásnak nemcsak a modellfuttatás eredményeire kell irányulnia, hanem a modellezés módszertanára is. Ehhez pedig a nyílt forráskód, de legalábbis a kiindulási adatokat tartalmazó adatbázis részletes átláthatósága, manipulálhatósága szükséges.

A jövőben várhatóan a nyílt forráskódú programok tudása egyre javulni fog, hiszen az adatbázis-kezelés, a ge algoritmusok és a modellezés matematikai összefüggései univerzálisak, különbségek csak a szoftver által nyújtott szolgáltatás, „felhasználói élmény” színvonalában vannak. Az üzemeltetésben vagy az „idő pénz” típusú feladatok esetében a gyorsabban fejlődő kereskedelmi szoftverek alkalmazása is megmarad. A közeljövő

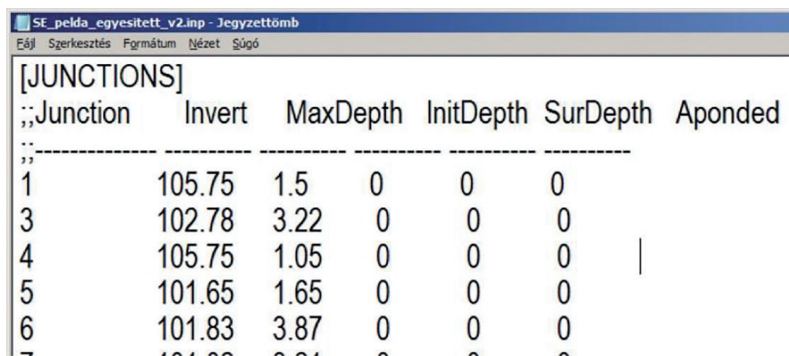
tapasztalatai el fogják dönteni, hogy az oktatásban alkalmazott ingyenes szoftverek használata fel tudja-e készíteni a hallgatót a gyakorlati alkalmazásokra. A nyílt forráskódú programok általában kevésbé felhasználóbarátak, viszont az adatok szerkezete és a műveletek kevésbé rejtettek a felhasználó előtt, így a mélyebb megértésre jobb esélyt kínálnak, tehát a válasz nagy valószínűséggel az, hogy igen. Ehhez azt is hozzá kell tenni, hogy egyelőre csekély azoknak a hallgatóknak a száma, akik munkába állva rögtön modellezéssel megoldandó feladatokkal szembesülnek.

Egyesített rendszerek és csapadécsatornák hidraulikai modellezésének oktatása

Mint minden vonalas létesítménnyel kapcsolatos tervezési feladatnál, a településen belüli vízvezető hálózatnál is egy magassági adatokat tartalmazó helyszínrajz a kiindulási adat a vízszintes és a magassági vonalvezetés tervezésekor. A hálózat geometriájának felvétele célszerűen magában a hidraulikai modellezéshez használt EPA SWMM programban történik, mert a lejtések automatikus számítása a vonalvezetés felvételét megkönnyíti. Ez a program a terepmodelleket és a terepszintek automatikus megadását nem támogatja, de az itt tárgyalt tervezési feladat célja nem a terepmodellekkel történő munkavégzés, hanem a hálózat tervezése, nagyobb hangsúllyal a hidraulikai jellemzőkön.

Kiindulási adatok

Az elkészült modell geometriai adatainak felvétele után rendszeren a hálózatot terhelő vízhozamok, műtárgyak vízszintjeinek, a hidraulikai peremfeltételek megadása következik. Ezután a számított áramlási sebességek, úsztatási mélységek alapján történik meg a lejtések és az átmérők pontos értékeinek megadása.



The screenshot shows a window titled "SE_pelda_egyesített_v2.inp - Jegyzettömb" with a menu bar (Fájl, Szerkesztés, Formátum, Nézet, Súgó). The main content is a text-based table of junction data:

[JUNCTIONS]						
;;Junction	Invert	MaxDepth	InitDepth	SurDepth	Aponded	
1	105.75	1.5	0	0	0	
3	102.78	3.22	0	0	0	
4	105.75	1.05	0	0	0	
5	101.65	1.65	0	0	0	
6	101.83	3.87	0	0	0	

2. ábra

Hálózatot leíró egyszerű szöveges formátumú adattábla EPA SWMM-ben

Forrás: a szerző szerkesztése

Az elkészült modell adatbázisa egy egyszerű szövegformátumú fájl (2. ábra), amely minimalisan a következő fontosabb adattáblákat tartalmazza:

Csomópontok (aknák) esetén: folyásfenékszint, terepszint. Opcionálisan az elöntéshez tartozó adatok, a terepszinten tárolódó víz mélysége, térfogata.

Élek (csövek) esetén: kezdő csomópont azonosítója, végső csomópont azonosítója, szelvényalak, él hossza, érdesség, kezdő és záró folyásfenék-magasság.

Tervezési feladatok megoldásának menete

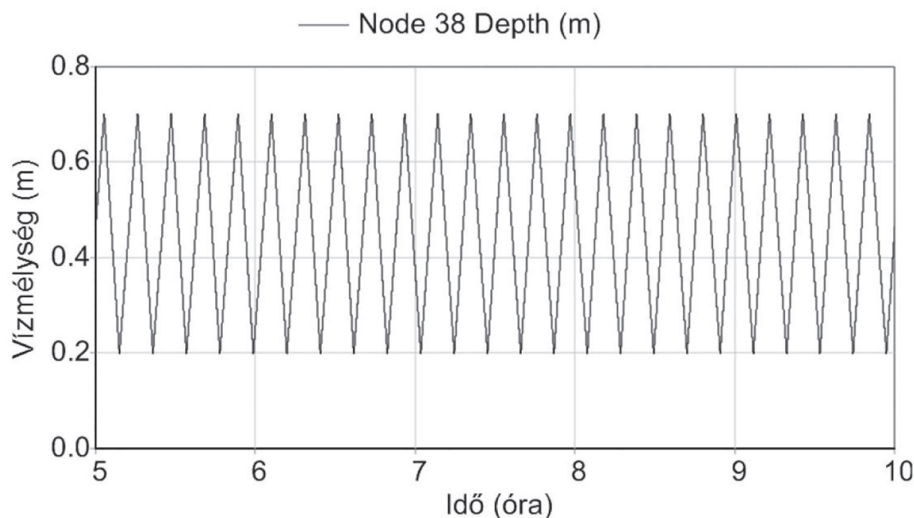
A hidraulikai számítások során a hallgatók a klasszikus kézi módszerrel (bár táblázatkezelő program alkalmazásával) dolgoznak. Ennek során mintegy elválasztott rendszeren a mértékadó csúcsvízhozamot hosszarányosan felosztják a hálózaton, majd a Prandtl–Colebrook–White (HORVÁTH 1976) összefüggés alkalmazásával kiszámítják a középsebességeket és az úsztatási mélységeket. Erről az üzemállapotról egy permanens modellt készítenek, amelynek eredményeit összevetik a kézi számítás eredményeivel, és az eltéréseket kritikailag értékelik.

Az eddigi eredmények (2017/2018. tanév tavaszi félévi tervezési feladatai) alapján a modell által számított és a szabványos előírás szerint, klasszikus képletekkel számolt eredmények eltérése nem szignifikáns, az úsztatási mélységben 1 cm-en belüli eltérések adódtak. A legfőbb különbség, hogy az EPA SWMM a Manning-féle érdességgel számol, így például az

$$n = \frac{1}{83.3 k^{1/6}}$$

képlettel (ACKERS 1958) lehet a kézi számításban megadott abszolút Colebrook-féle érdességet (k) átszámítani.

Egy másik ellenőrzési pont a kézi számolással történő méretezés és a modellezés között az átemelőszivattyúk kapcsolási száma. Mivel a hallgató helyesen méretezte a szükséges szivótéri térfogatot és a szivattyú vízszállítását, a modellben a megadott ki- és bekapcsolási szintekkel vissza kell kapni a mértékadó kapcsolási számot. Ez az ellenőrzés a dinamikus szimulációk hasznárá és a szintvezérlés helyes beállításának fontosságára tanít. Példaként a 3. ábrán látható, hogy (permanens futtatás esetén) az átemelő kapcsolási száma 6 1/h-ra adódik, a futtatási eredményekkel így további üzemelési paraméterek is ellenőrizhetők.



3. ábra

Szintvezérelt átemelő vízszintjének modellel számított időszora

Forrás: a szerző szerkesztése

Miután a hallgató a kézi számítással összhangban levő, ellenőrzött modellt hozott létre, kezdődhet a csapadékhullás és az egyesített rendszerek vizsgálata. A kézi számítás jelentősége a tervezési feladat során, hogy ez mintegy helyettesíti a való életben alkalmazott kalibrációt. Igazolja továbbá a modell helyességét a szabványokban előírt tervezési alapelveknek megfelelően, ezzel is ráirányítva a mérnökhallgatók figyelmét az elvárható gondosság jogi fogalmára a tervezés során. Azok a hallgatók, akik TDK-munkájukat vagy szakdolgozatukat modellezés felhasználásával készítik, már mért adatokkal kell, hogy elvégezzék a kalibrációt.

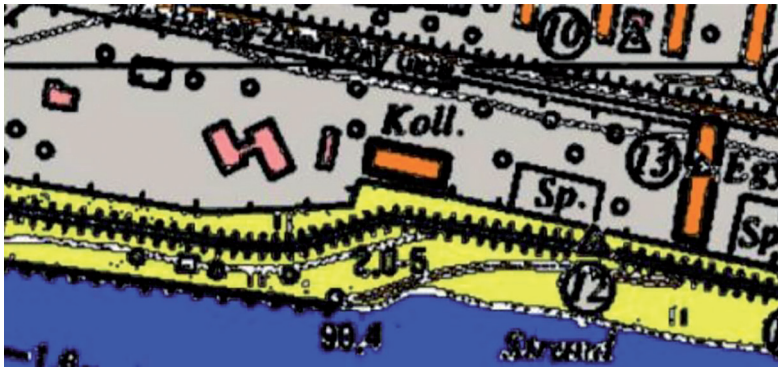
Hallgatói TDK- és szakdolgozat lehetőségek

A modellezési feladatok értéke nem csupán az eredmények hasznosításában van, hanem legalább ekkora értéket képvisel az adatgyűjtés is, azokban az esetekben, ahol a modellezéshez a meglévő állapot felmérése is megtörténik. A fontosabb hallgatói feladatok, amelyek a gyakorlatban a modellépítéshez és kalibrációhoz kapcsolódhatnak:

1. Lefolyási tényezők számítása, kisméretű vízgyűjtők (például tetőfelületek, térburkolatok) vízgyűjtő karakterisztikájának meghatározása, párolgás, evapotranszpiráció vizsgálata. Ez a téma azért is kiemelten fontos, mert a belterületi lefolyás okozta problémák kiváltó okainak megszüntetésére irányul, a napjainkban divatos elképzelések (zöldtetők, porózus burkolatok) hatékonyságáról szolgáltat információkat. A gyakran ismétlődő elemek (lapostetők, nyeregteretők) lefolyási viszonyainak

vizsgálata a kisvízgyűjtők és a belőlük építkező részletes, nagyobb modellek pontosságát javítja.

2. A belterületek térinformatikai analízise a csapadékvíz-elvezetés rendezéséhez. Ez alatt például a burkolt felületek nagyságára, tetőfelületekre, tereplejtésekre, elöntési viszonyokra kell gondolni. A helyi adottságok ilyen feltérképezésével lehet dönteni például arról, hogy egy sűrűn beépített városban, ahol a tetőfelületekről jelentős lefolyás származik, inkább egy zöldtetős beruházásba érdemes belekezdeni, szemben egy zöldterülettel, ahol inkább a vízelvező rendszer kapacitásának növelése lehet célravezetőbb, mert a lefolyási tényező tovább már nem csökkenthető gazdaságosan. Kisvízgyűjtők QGIS programban elkészített, raszteres térképről vektorizált ábráját mutatja az alábbi ábra.



4. ábra

Poligonizált helyszínrajz tetőfelületek meghatározásához

Forrás: a szerző szerkesztése

3. A szennyvíztisztítással kapcsolatos kutatásokhoz kapcsolódóan hidraulikai modellezzel elemezni a tisztítótelepekre befolyó vízhozam idősorait, a lehetséges árhullámokat. A szennyvíztisztítás dinamikus szimulációja és a hálózathidraulikai modell segítségével méretezni, ellenőrizni, üzemeltetni a tehermentesítő műtárgyakat, olyan módon, hogy a befogadó minimális terhelése valósuljon meg.
4. Jelzőanyag vizsgálatokkal, üledékből történő mintavétel segítségével a szennyvezők transzportját elemezni, modellezni. Ez nemcsak a haváriszennyezések lefolyási idejéről ad tájékoztatást, hanem a vízgyűjtő pontszerű szennyezőforrásai is felderíthetők, és a még kevésbé ismert, térszíni lefolyásból származó diffúz szennyvezésekről is tájékoztatást kaphatunk.

A modellépítés eszközei

A hidraulikai modellekhez szükséges matematikai modellek jól dokumentáltak, azok régóta rendelkezésünkre állnak. A csapadék- és szennyvíz lefolyásának modellezése esetén a ma alkalmazott szoftverek az egydimenziós Saint-Venant-egyenletek (ROSSMANN 2010) megoldásán alapulnak (dinamikus hullám módszere).

Különbségek csak a megoldás módjában, illetve a felhasználói felület funkcióiban vannak. Az oktatásban használt két leggyakoribb modell az USA-ban fejlesztett, nyílt forráskódú SWMM, illetve Európában a dán fejlesztésű, kereskedelmi forgalomban kapható MOUSE. Utóbbi implicit megoldó algoritmus gyorsabb és folytonosabb eredményeket képes szolgáltatni, szemben az explicit módszerrel (SAROJ et al. 2014).

Mindkét modell tartalmaz csapadékhullás és a vízgyűjtőről történő lefolyás modellezésére szolgáló elemeket. Ezek megadása térinformatikai úton a legcélszerűbb. Míg a kereskedelmi szoftverek általában eleve valamilyen térinformatikai keretrendszerben futnak, az oktatásban használt EPA SWMM esetében a nagyszámú adatok bevitelét a felhasználónak kell megoldania. Az oktatás szempontjából ez előnynek számít, hiszen a hallgató képes lesz átlátni a modell szerkezetét, tehát egy lépéssel túljut azon, hogy csak programot futtasson. Az évközi feladatok tapasztalatai azt mutatják, hogy megfelelő oktatói segédlettel, rövid idő alatt hatékonyan meg tudják oldani a feladatot a hallgatók. A térinformatikai rész kezelésére a szintén ingyenes QGIS programot alkalmazzuk, vagy a minden hallgató számára hozzáférhető AutoCAD-et használjuk.

Az oktatási-kutatási oldalról a nyílt forráskódú programok egyetlen hátrányát az jelenti, hogy az oktatóknak és kutatóknak nincs idejük a programozási feladatokra. Ezért a komolyabb vizsgálatokra az egyszerűbben testre szabható és könnyen kezelhető programozási keretrendszert tartalmazó kereskedelmi szoftverek kerülnek előtérbe.

Összegzés

A települési szenny- és csapadékvíz-elvezető hálózatok modellezése napjainkra már magas szinten megoldott. Annak ellenére, hogy egyszerű adatgyűjtési módszerek és nagyszámú mérhető adat is rendelkezésre áll, az élőmunka-ráfordítás még mindig szűk keresztmetszetet jelent az adatbázisok és a modellek mért adatokkal való feltöltésében.

A legfontosabb tanulság, amit a hálózathidraulikai modellezés és a felsőoktatás kapcsolatából érdemes leszűrni, az, hogy a komoly szakmai háttértámogatással bíró hallgatók erőforrást jelentenek az adatgyűjtésben, a konkrét helyi problémák műszaki-tudományos szempontú elemzésében. Ez az erőforrás a duális képzés bővítésével és a kutatási infrastruktúra fejlesztésével a jövőben növekedni fog.

Napjainkban már léteznek azok a szoftveres megoldások, amelyek képesek a közműnyilvántartást a hidraulikai modellezés igényeinek megfelelően kezelni, a modell bemeneti adatait hatékonyan előállítani. Azonban a hazai adatbázisok, térképi nyilvántartások szerkezete nem egységes, ezért a nagyszámú kivétel miatt a modellek elkészítése még mindig sok időt emészt fel. A modellezéssel végzett munka hatékonyságát és a modellek szélesebb körben történő felhasználhatóságát az egységes adatbázis-szerkezet, CAD-szabványok alkalmazása nagyban elősegíthetné.

Az oktatás-kutatással és a mérnökhallgatók képzésével foglalkozó felsőoktatás pontosan az a terület, amely a szakmával és a hatóságokkal együttműködve ezt a folyamatot támogatni képes. A képzés fejlesztése során és a kutatásokban olyan megoldásokra törek-szünk, amelyek mindezeket a munkákat hatékonyabbá és könnyebbé teszik.

Irodalomjegyzék

- ACKERS, P. (1958): *Resistance of Fluids Flowing in Channels and Pipes*. (Hydraulics Research Paper, No. 1.) London, HMSO.
- HORVÁTH I. (1976): *A csatornázás és a szennyvízkezelés hidraulikája*. Budapest, Marczell Ferenc.
- GAYER J. – LIGETVÁRI F. (2007): *Települési vízgazdálkodás és csapadékvíz-elhelyezés*. Budapest, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- ROSSMANN, L. (2010): *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory.
- SAROJ, K. P. et al. (2014): Comparative Efficiencies Study of Slot Model and MOUSE Model in Pressurized Pipe Flow. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, Vol. 8, No. 1. 83–88. DOI: <https://doi.org/10.4090/juce.2014.v8n1.083088>

Szabványok

- MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz-elvezető hálózat
- MI-10-167/3-87 Közcsatornák. Hidraulikai méretezés
- ATV-DVWK-A 110E Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains
- ATV-A 118E Hydraulic Dimensioning and Verification of Drainage Systems

Vákát oldal

RÁCZ Tibor

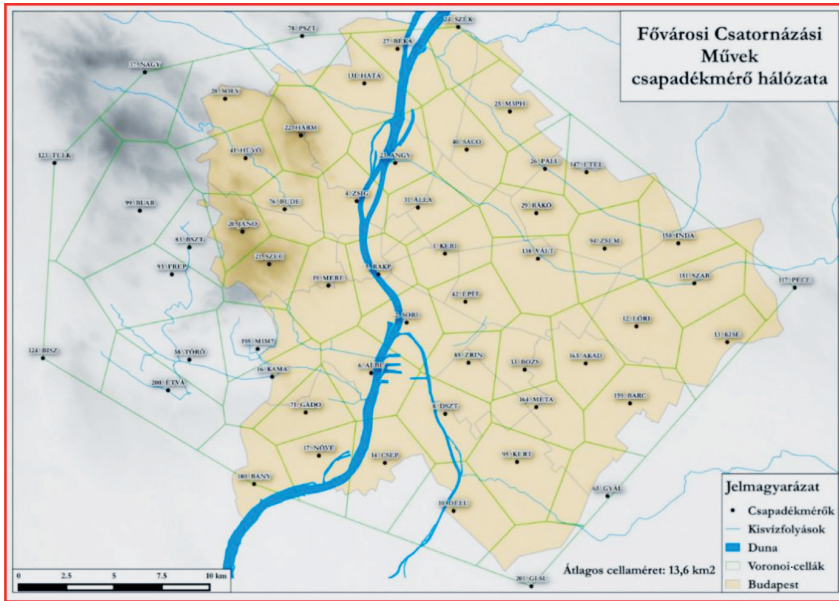
A 2017. május 23-i és az azt megelőző 2015. évi három budapesti felhőszakadás jellemzői

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. csapadékmérő rendszere

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (FCSM) 2007 óta fejleszti csapadékmérő rendszerét. A rendszer kifejezetten a nagycsapadékok adatainak gyűjtésére készült, mivel az utóbbi években számos, jelentős nagycsapadék okozott gondot a főváros egyes területein.

A rendszer billenőkanalas műszereken alapszik, amelyek a csapadékatokat egyperces időlépcsővel rögzítik. Az adatok felbontása a csapadékmagasság tekintetében 0,2 mm. A műszer tölsére 171,5 mm. A műszerek autonóm energiaellátással, napelemekkel működnek, napi háromszori mobiltelefonos adattovábbítással. Szélsőséges esetben van lehetőség a csapadékatok valós idejű továbbítására is a tízperces csapadékatok alapján. A csapadékmérő rendszer a korábbiakban – egyebek mellett – a Magyar Hidrológiai Társaság 2015. évi XXXIII. Vándorgyűlésén lett bemutatva (RÁCZ et al. 2015). A mérőhálózat 50-54 mérővel működik jelenleg, az aktuálisan karbantartás vagy egyéb műszaki okok miatt szünetelő mérések függvényében. A hálózat 2007 óta jellemzően stabil helyszínekkel működik, mérés megszüntetésére néhány esetben volt szükség a helyszín alkalmatlanná válása miatt.

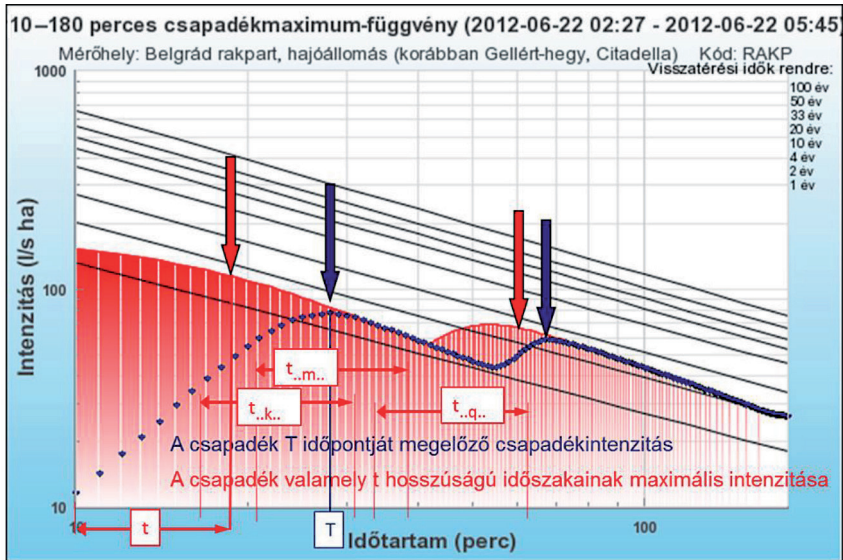
A csapadékmérő rendszerben alkalmazott mérőeszközök időbeli felbontása lehetővé teszi a csapadékeseményeken belüli időintervallumokban kihulló csapadékok intenzitásának vizsgálatát. Ennek jelentősége abban áll, hogy egy viszonylag alacsony intenzitású csapadékesemény során az intenzívebb időintervallumok, részintervallumok kimutathatók. Amennyiben a csapadékot csak a csapadékhullás hosszára vonatkoztatott egyetlen intenzitásértékkel jellemeznénk, úgy az ilyen extrém eseményekre nem derülhetne fény. A vízelvezetés szempontjából különösen fontos az, hogy a csúcsvízhozamok mekkora csapadékokból alakulnak ki. Ha csak egy értékkel lehet jellemezni valamely záport, akkor az esetleges közbenső intenzívebb részintervallumok által keltett lefolyás – bár a felszínen kárt okozhat – végül magyarázat nélkül maradna, esetleg hibaként vagy bizonytalanságként kerülne értelmezésre. Amennyiben viszont a részintervallumok csapadékintenzitása is tanulmányozható, akkor lényegesen pontosabb képet nyerhetünk a csapadékesemény extremitásának jellegéről.



1. ábra

A Fővárosi Csatornázási Művek csapadékmérő rendszere

Forrás: a szerző szerkesztése



2. ábra

A csapadék-részintervallumok intenzitásának értelmezése

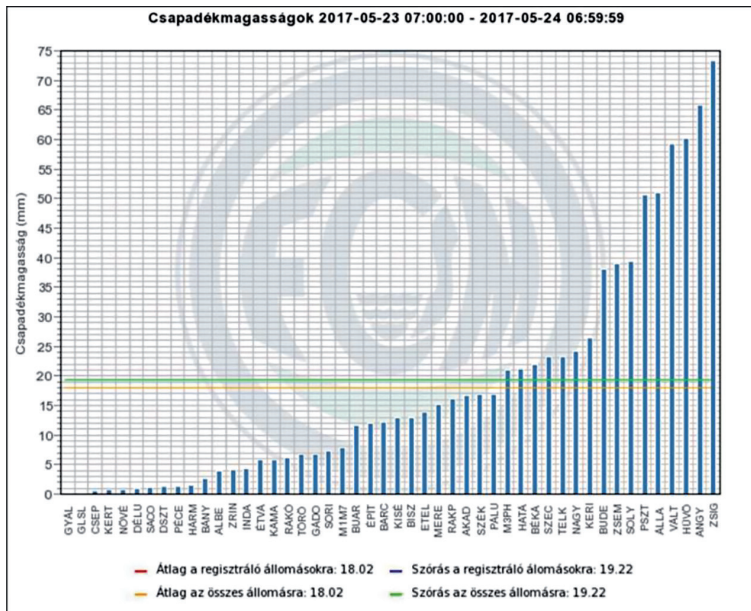
Forrás: a szerző szerkesztése

A 2017. május 23-i felhőszakadás

A felhőszakadás kialakulásakor a nagyterségi szinoptikus meteorológiai helyzetben Európa időjárását az Izland, Finnország, valamint a Kaszpi-tenger térségében örvénylő ciklonok, valamint a többi területen jelentkező anticiklonális hatások alakították. A Kárpát-medence időjárását az itt lévő váltakozó nedvességtartalmú, labilis állapotú levegő alakította. A magas nedvességtartalmú, labilis légtömegekből több helyütt is zivatarok keletkeztek már a délután folyamán. Az égképet egész nap gomolyfelhők jelenléte határozta meg, már kora reggel is gomolyfelhőket lehetett látni.

A gomolyfelhők a délutáni órákban záródtak, és 16.30 helyi idő körül a városban csapadék hullás kezdődött. A csapadék hullás felhőszakadásba csapott át a város egyes területein. A csapadék térbeli eloszlását a 4. ábra mutatja be. A csapadékesemény a Rákoskeresztúr–Hűvösvölgy vonalban volt a legjelentősebb. Ebben a zónában a mért csapadékösszegek 39–74 mm között alakultak. A legnagyobb csapadékösszeg a III. kerületben a Zsigmond téren került rögzítésre, ott 73,3 mm csapadék hullott. Hasonló nagyságrendű csapadékot rögzített az angyalföldi áttemelőn telepített műszer, amely 65,6 mm-t rögzített. A Hűvösvölgyben 60,2 mm hullott.

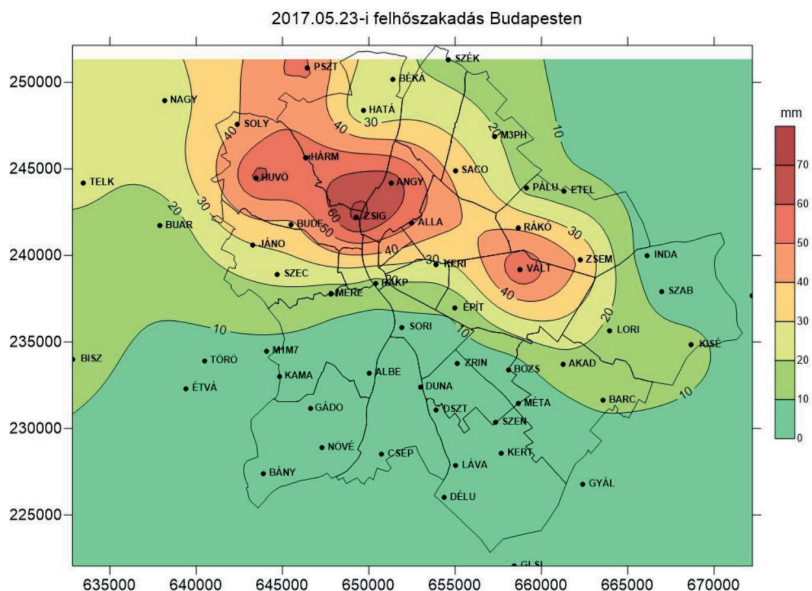
Valamivel kisebb csapadék hullott a Rákos-patak völgyében, ahol a Zsemlyékes úti áttemelőnél 39,1, a Váltó utcánál 59,3 mm csapadékot mértek műszereink. A város déli területein az észlelt csapadékok mértéke 1–8 mm volt, míg a csapadék fő kihullási vonalától északra 14–20 mm-t volt észlelhető.



3. ábra

A 2017. május 23-i felhőszakadás során mért csapadékmagasságok

Forrás: a szerző szerkesztése



4. ábra

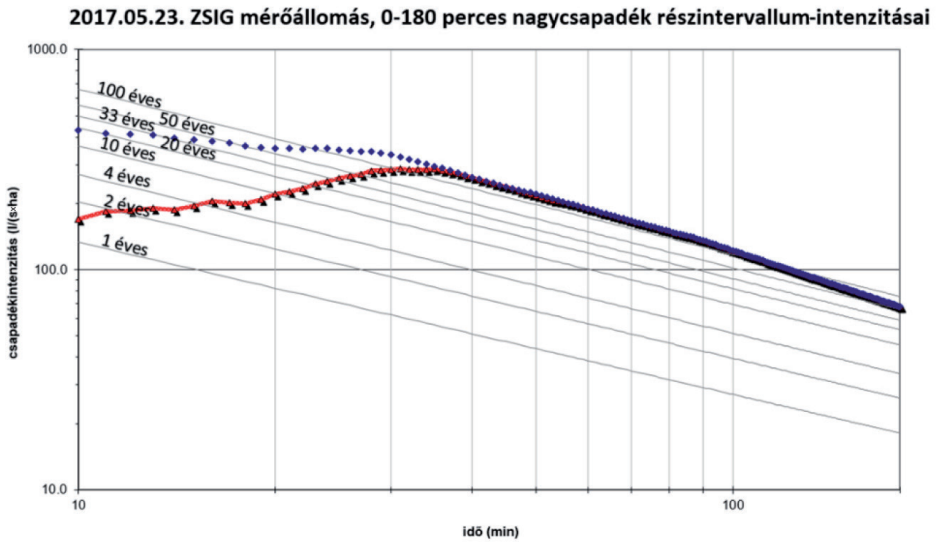
A 2017. május 23-i felhőszakadás térbeli csapadékeloszlása

Forrás: a szerző szerkesztése

A csapadékesemény kapcsán az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) rövid tanulmányt közölt a honlapján. Az OMSZ hét állomás adatait tette közzé a tanulmányban (forrás). A közölt csapadékösszegek adatai egybevágnak az FCSM rendszerén mért adatok alapján szerkesztett térképekkel.

A csapadékintenzitások tekintetében számos helyen igen ritkán előforduló értékek adódtak az FCSM mérési eredményeiből. Az egyes mérőn észlelt adatok alapján számított összes részintervallum átlag intenzitásainak maximuma a Zsigmond téren volt, ahol a 100 éves visszatérési időt meghaladó értékek fordultak elő. A Váltó utcánál és Angyalföldön 50 éves, a Hűvösvölgyben 33 éves visszatérési időhöz tartozó intenzitásokat számoltunk. További két 20 éves és egy 10 éves meghaladásra is sor került.

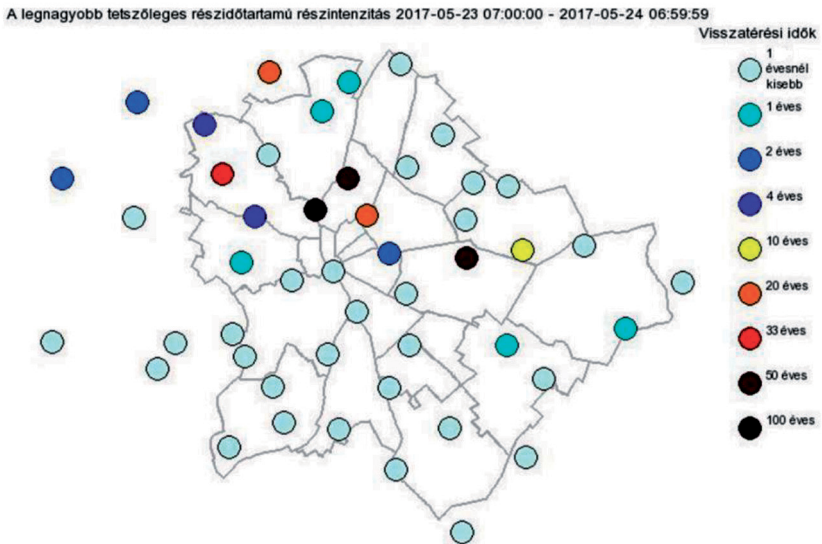
Az esemény kapcsán tehát egyes helyszíneken extrém csapadékhullásra került sor az intenzitás tekintetében. Az elmúlt időszakban, és különösen 2015-ben több jelentős felhőszakadás is sújtotta a fővárost. Kézenfekvő a 2017-es és a 2015-ös zivatarok jellemző adatainak összehasonlítása.



5. ábra

A Zsigmond téren mért adatokból számolt intenzitások

Forrás: a szerző szerkesztése



6. ábra

A 2017. május 23-i csapadék extrém részintervallum-intenzitásai visszatérési idő szerint (a jelenleg használatos IDF-görbék figyelembevételével)

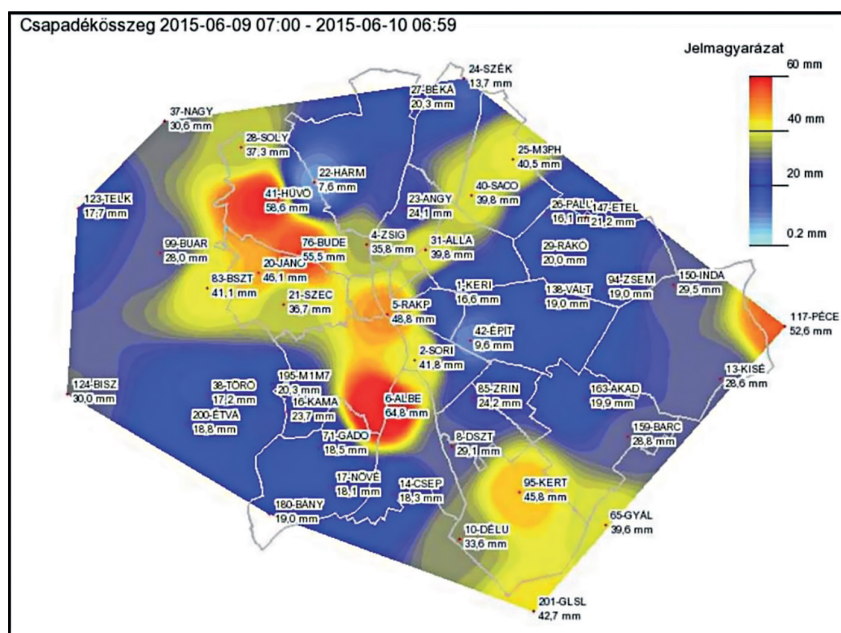
Forrás: a szerző szerkesztése

A 2015. évi három felhőszakadás

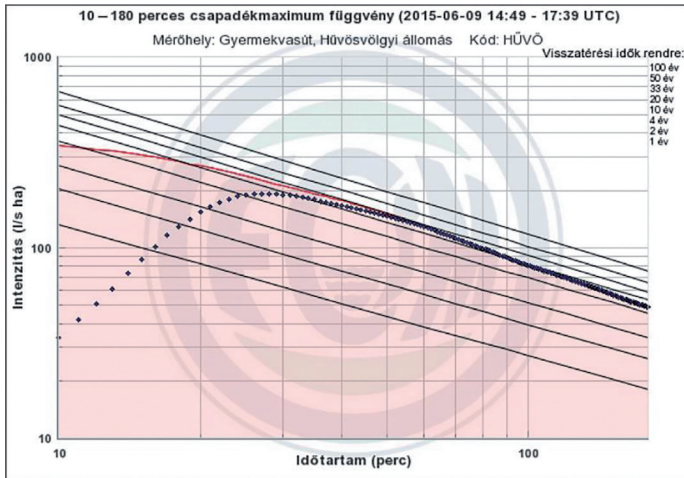
2015. június 9-én, július 8-án és augusztus 17-én hullott jelentős mennyiségű csapadék Budapestre.

A 2015. június 9-i felhőszakadást egy Magyarországtól északra hullámzó frontálzóna okozta, amelynek előterében nedves, labilisabb állapotú légtömegek áramlottak a Kárpát-medencébe. A jelentős felmelegedést követően erőteljes gomolyfelhő-képződés indult meg, és előbb a Dunántúlon, majd a fővárostól keletre alakult ki rendkívül intenzív zivatarok sora. Ezek nyugat, északnyugat felé mozogva érték el Budapestet (Jégeső és özönvíz tarolta le a fővárost [2015]). A június 9-i jelentős napi csapadék számos, a főváros térségében kialakuló, időben egymást követő zivatar révén hullott. A 16.40-kor (helyi idő) zivartevékenység kezdődött a város északkeleti részén. A zivatar délnyugati irányban mozogva a belváros fölé jutott 16.00 UTC körül, majd 16.20 UTC-t követően az Albertfalva–Csepel területen okozott heves csapadékhullást. A csapadékhullás a XXIII. kerület felett ért véget 16.50 körül. Ezzel egyidejűleg újabb zivatar jelent meg a főváros felett, északnyugaton, a II. és XII. kerület térségében, és mintegy fél órán át hullatta csapadékát. A meteorológiai észlelések és a sajtó a város több pontján jégverésről is beszámoltak.

A város közel teljes területén legalább 16–20 mm csapadék hullott. Az FCSM műszerei kiemelkedő csapadékmagasságot mértek Dél-Pesten (33–46 mm), Albertfalván (67 mm), a város belső területein (35–49 mm), valamint a budai oldalon, Hűvösvölgy területén (55–59 mm).



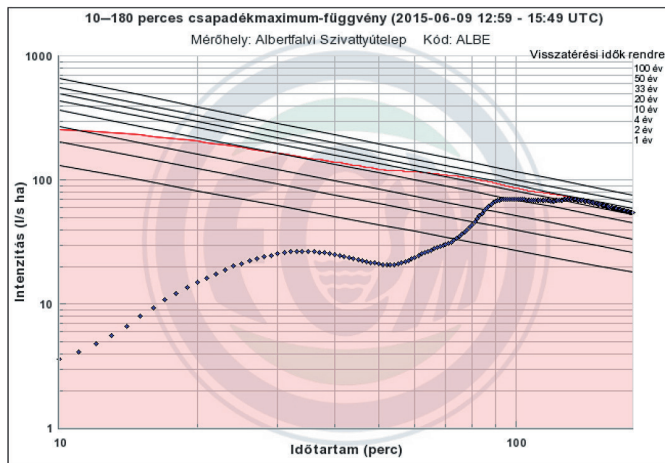
A jelenleg használatos csapadékmaximum-függvény görbéit figyelembe véve a visszatérési időkhöz tartozó intenzitásértékek közül a legmagasabb a Hűvösvölgyben és Albertfalván közelítette meg a 33 éves visszatérési időhöz tartozó csapadékintenzitást. Négy mérőállomás értékei haladták meg a 20 éves, 6 helyen a 10 éves visszatérési időhöz tartozó intenzitásértéket a csapadék hullás valamely részintervallumában.



8. ábra

Csapadékintenzitások alakulása a csapadékesemény részintervallumaiban Budapesten, Hűvösvölgyben, 2015. június 9-én

Forrás: a szerző szerkesztése

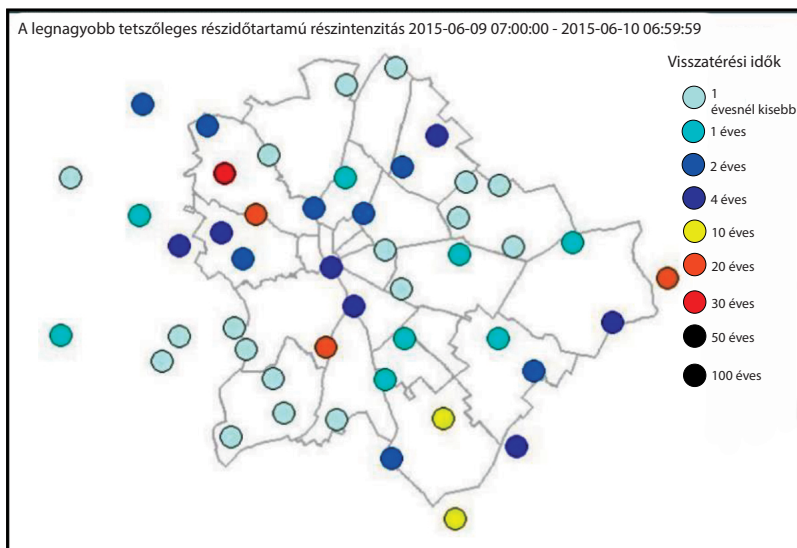


9. ábra

Csapadékintenzitások alakulása a csapadékesemény részintervallumaiban Budapesten, Albertfalván, 2015. június 9-én

Forrás: a szerző szerkesztése

Az egyes mérőkön mért adatok alapján összehasonlíthatóvá vált az adott helyen mért átlagos csapadékintenzitáshoz tartozó visszatérési idő, ami a csapadék időtartama alatt hullott csapadékmagasság és a csapadék időtartamra lett meghatározva. A részintervallumok legnagyobb intenzitásaihoz tartozó legnagyobb visszatérési idő értékeit is meghatároztuk a használatos csapadékmaximum-függvény alapján. Ezeket az alábbi térkép ábrázolja.



10. ábra

A 2015. június 9-ei felhőszakadás legnagyobb intenzitásaihoz tartozó visszatérési idő a részintervallum-eljárás alapján

Forrás: a szerző szerkesztése

A felhőszakadás a közlekedési fennakadásokon, kisebb elöntéseken túlmenő kárt nem okozott.

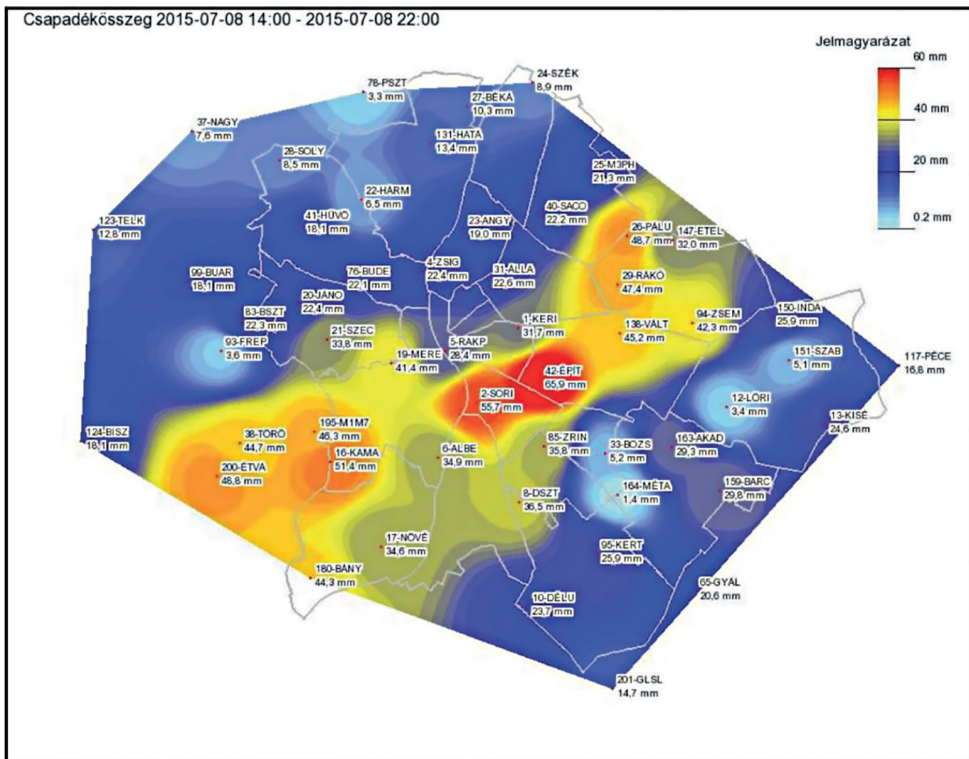
2015. július 8-ig Magyarország időjárását teljes területén hetekig egy nagyon erős anticiklon működése határozta meg, amely révén szaharai eredetű levegő áramlott a térségbe. Az anticiklon gyengülésével az óceán felől hűvösebb légháramlatok indultak meg, a nagyon meleg légtömegek pedig Közép-Európa fölé sodródtak. A front több hullámban haladt Európa belső régiói felé, hullámaint rendkívül heves zivatarok, jégesők, szélviharok kísérték. Július 8-án délelőtt érte el Magyarországot a hidegfront. A később Budapestet is elérő zivatarok a front előterében, a Bakony vonalában álltak össze, és kelet felé sodródva a Balaton térségéből is párás levegőt szívtak magukba. A cella a horizontális áramlási rendszer sajátosságai (horizontális szélnyírás) miatt forogni kezdett. A zivatar 16.40 perc körül lépett a főváros térségébe (HORVÁTH 2015a).

A front a főváros területén rövid idő alatt jelentős, helyenként 50 mm-t is meghaladó csapadékot hozott. A legtöbb csapadék Dél-Buda és Pest középső kerületeiben esett (30–60

mm), ettől a tengelytől távolodva mindkét irányban fokozatosan csökkent a csapadék mennyisége és az intenzitása. A legtöbb csapadékot Pest közepén, Kőbányán mértük, 65,9 mm-t.

A csapadék hullást a fronttal érkező viharos erejű szél kísérte, amely a 100 km/h sebességet meghaladta, és fákat, villanyoszlopokat tört ketté, leszakította a fák nagyobb ágait. A letépett falevelek miatt eltömődtek a víznyelők, így a hirtelen lezúduló csapadék nem tudott a csatornába jutni. A szélviharral együtt jégverés is érte a várost. A jég tovább növelte a leszakadó falevelek, ágak mennyiségét. A jelenség következménye a felszínen kialakuló elöntések sora lett, amely pincéket, mélyebben fekvő lakásokat árasztott el. A Rákospatak XIV. kerületi szakaszán két helyen az útszegélyen átcsapó víz elmosta a patak partját. A szélvihárban kidőlt vagy veszélyessé vált fák miatt a parkok, temetők napokon át nem voltak megközelíthetők.

A zivatar a legjelentősebb csapadékot a Kamaraerdő–Népliget–Árpádföld vonal mentén eredményezte. A csapadékmagasság ebben a vonalban 45–66 mm között alakult. E vonaltól távolodva a csapadékmagasság csökkent, a város északi szélén például csak 3–8 mm eső hullott.

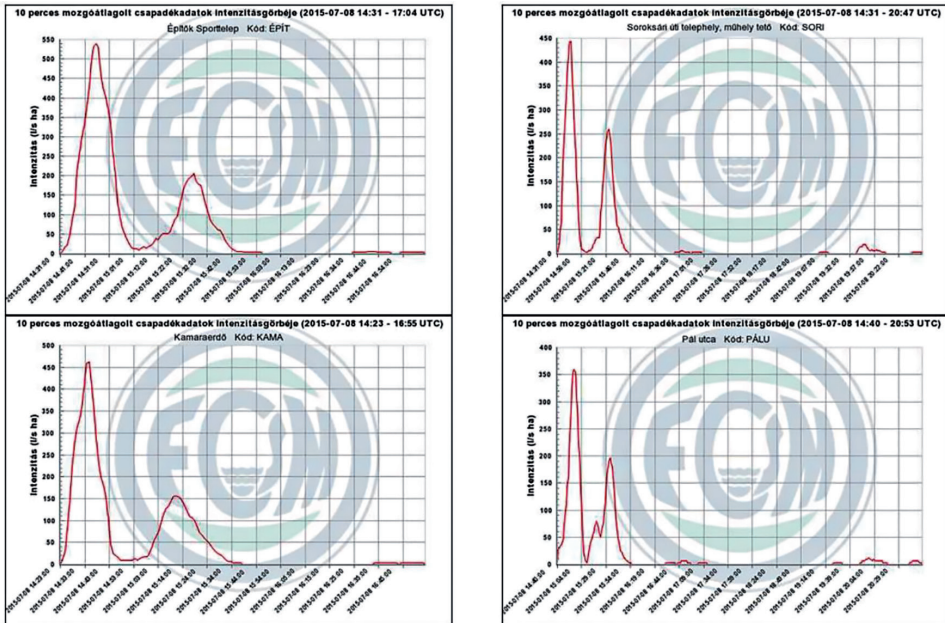


11. ábra

Csapadékmagasságok a Budapest területén 2015. július 8-án átvonuló zivatar nyomán

Forrás: a szerző szerkesztése

A vihar a csapadékintenzitások tekintetében is jelentős volt. A csapadékintenzitás tízperces értékei tekintetében a csúcshintenzitások a X. Építők Sporttelepen meghaladták az $500 \text{ l}/(\text{s}\times\text{ha})$ értékeket, Kamaraerdőn és a Soroksári úti átemelőnél pedig a $400 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{ha})$ -t.

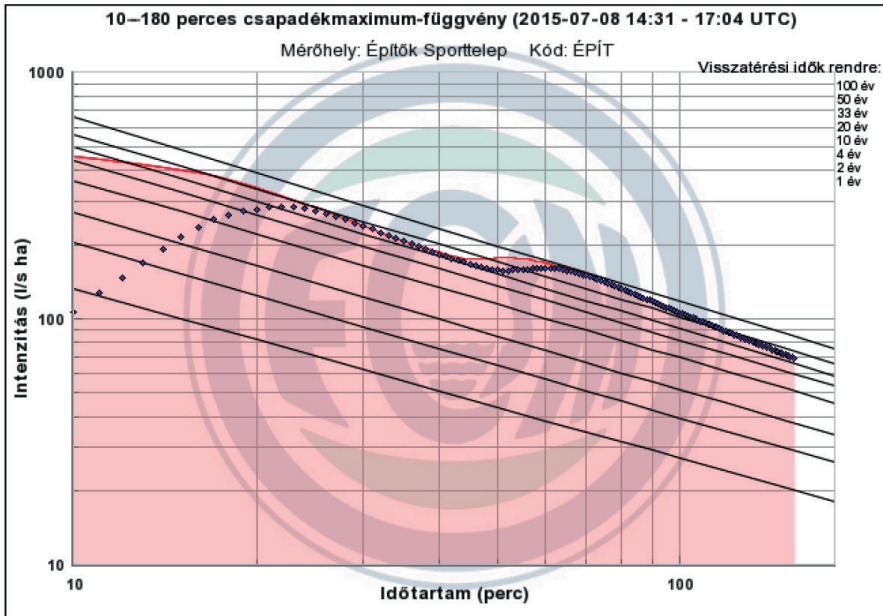


12. ábra

10 perces mozgóátlagolt csapadékadatok a főváros egyes csapadékmérőin (Népliget, Ferencváros–Soroksári út, Budafok–Kamaraerdő, Árpádföld–Pál utca)

Forrás: a szerző szerkesztése

Az észlelt csapadékadatok alapján meghatározott részintervallumokhoz tartozó legnagyobb intenzitásadatok alapján megállapítható volt Kőbányán, az Építők-Sporttelepen a közel 100 éves visszatérési időhöz tartozó intenzitásérték.

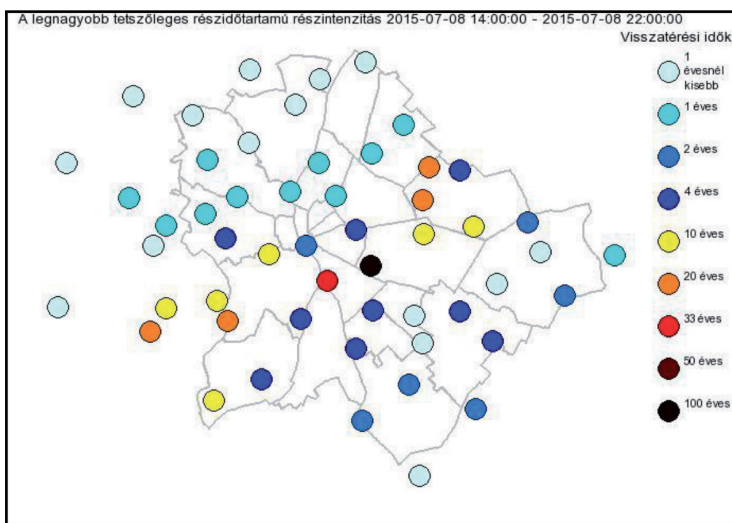


13. ábra

Csapadék-intenzitások a részintervallum-módszer alapján, 2015. július 8., Építők Sporttelep, Budapest

Forrás: a szerző szerkesztése

A térkép alapján is láthatóan a legnagyobb részintervallum-intenzitású mérőhely az Építők Sporttelep volt, ahol a csapadékintenzitás-adatok a 10. ábra szerint alakultak. Ezen a helyen 100 éves, a Soroksári út mellett, a vasúti hídnál 33 éves visszatérésű csapadékot detektáltak a műszerek, ezenkívül 4 helyen a 20 éves, 6 helyen a 10 éves visszatérési időt haladta meg a csapadék intenzitása.



14. ábra

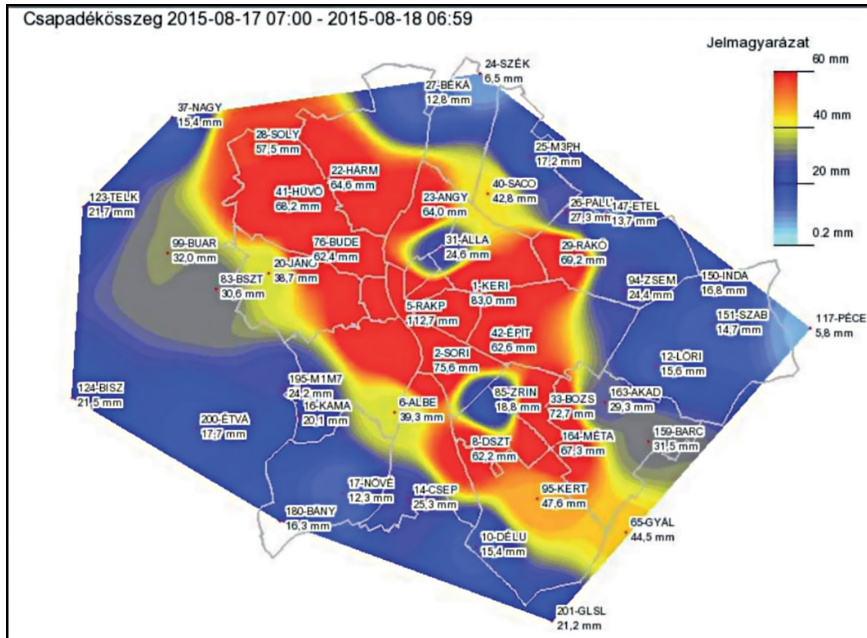
Csapadék-részintervallumok intenzitásának szélsőértékei a használatos csapadékmaximum-függvény szerint 2015. július 8-án

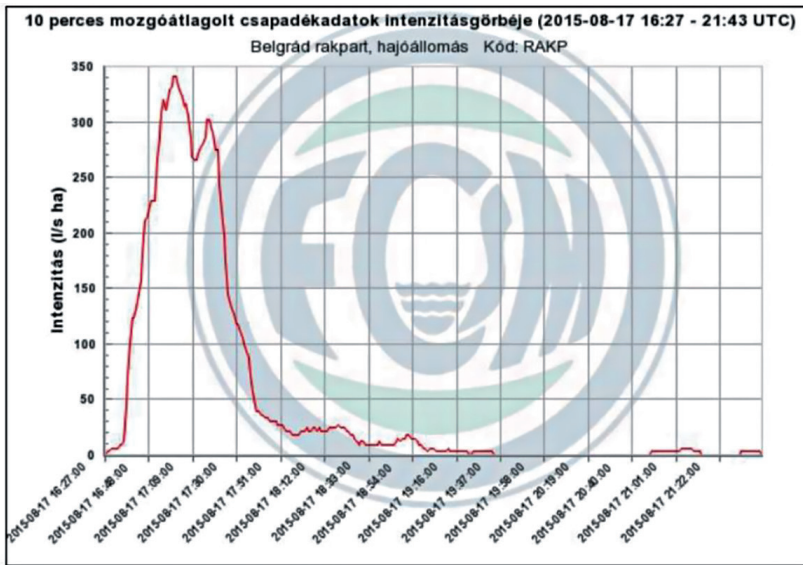
Forrás: a szerző szerkesztése

A 2015. augusztus 17-i felhőszakadás az augusztus 5-től Magyarország teljes területén rendkívül forró időjárási periódust zárta le, amelyet az Afrika felől kialakult tartós légáramlás okozott. Annak ellenére, hogy a tartós, erős napsugárzással járó forróságban már a talaj sem tudott nedvességet párologtatni, igen jelentős volt a levegő páratartalma, mivel a meleg levegő kilogrammonként 7-8 g vizet is képes magában tartani. Ahhoz, hogy ez a pára kicsapódjon, 8-10 fokos hőmérsékletcsökkenésnek kellett bekövetkeznie. Augusztus 17-én hűvösebb levegő érkezett a Kárpát-medencébe, sajátos módon a Földközi-tenger medencéje felől, ahová nyugati áramlási rendszerrel áramlott a megelőző napokban, és így a hűvösebb levegő délről közelítette meg térségünket. A kialakuló ciklon nedves szállítószalagként viselkedett, a Balkán-félsziget felett megállva több hullámban juttatott hűvösebb levegőt Magyarország fölé.

A zivatarok 17-én a kora délutáni órákban kezdtek kialakulni. A számos zivatarlánc közül kettő volt különösen jelentős, egyikük a Balaton nyugati végénél alakult ki, a másik Budapest térségében. Budapesten szórványos záporok után 17 óra körül átmenetileg megszűnt a csapadéktevékenység. A csapadékoktól telítetté vált levegőben, a felszakadozó felhők közül előtűnő nap miatt a légkörben újra magas instabilitás alakult ki, így sajátos módon az uralkodó áramlással szemben fejlődött ki egy újabb felhőzet, amely keskeny sávban érte el a főváros belső területeit. A legintenzívebb csapadékhullásra Budán 18.30 körül került sor. Egy óra alatt kb. 80 mm csapadék hullott. A továbbfejlődő zivatarcella délkeleti irányba húzódott a város délkeleti területein is 50-60 mm csapadékot okozva (HORVÁTH 2015b). A zivatar kialakulásához szükséges feláramlást a felforrósodott városi környezet is biztosíthatta.

A 17-i felhőszakadás alkalmával mért csapadékmagasságok az FCSM saját mérőhálózatában jól mutatják az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) honlapján közzétett tanulmányaiban leírt folyamatot, a csapadék fővárosi eloszlása mutatja az északnyugat–délkelet irányban kialakuló csapadékmaximumokat. A legmagasabb mért csapadékmagasságok a Solymár–Pestszentimre vonalban alakultak ki, mértékük jellemzően 60–70 mm volt. Csapadékmérőinkről a Belvárosban a Belgrád rakparttól érkezett a legnagyobb csapadékmagasságról adat, itt 109,5 mm hullott. Az OMSZ a Belvárosban 115,4 mm-t jelzett (KOVÁCS 2015).

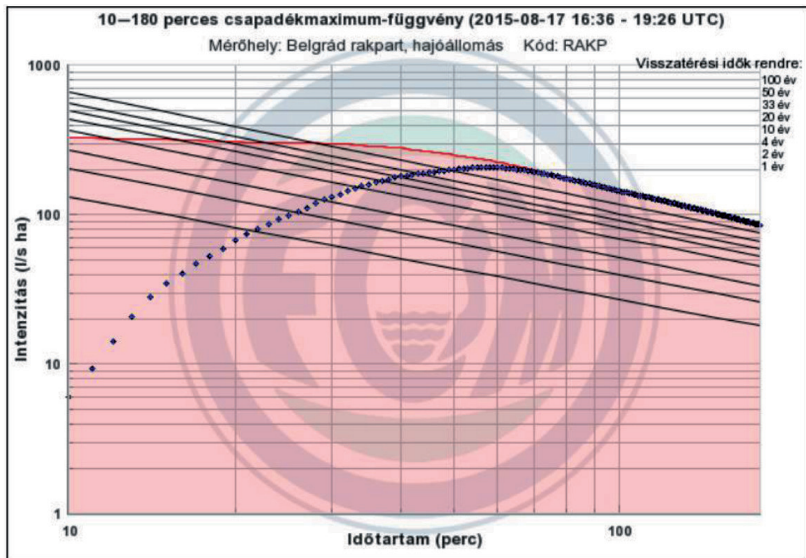




16. ábra

A Belgrád rakparti csapadékmérő 10 perces intenzitásai

Forrás: a szerző szerkesztése



17. ábra

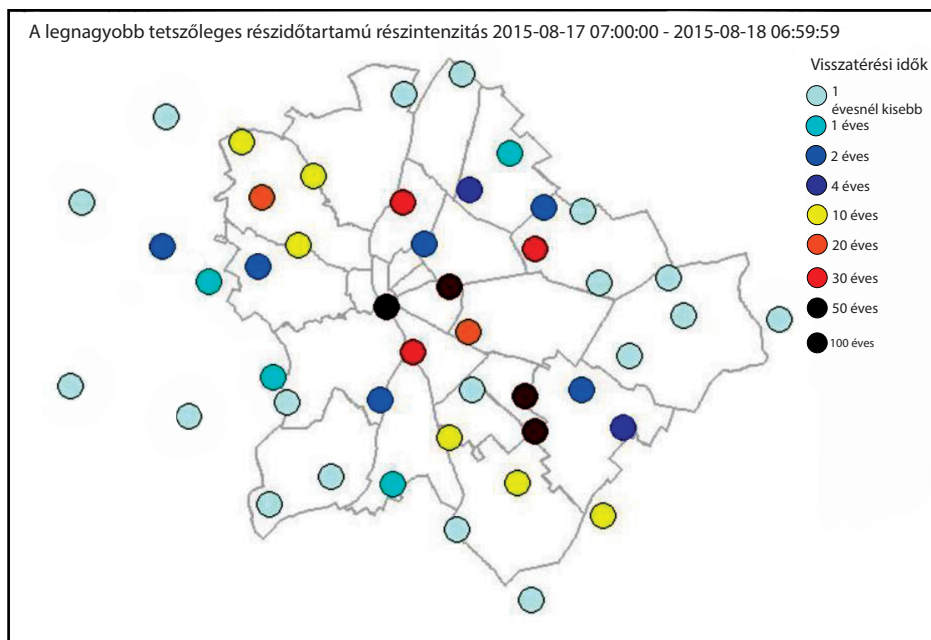
A Belgrád rakparti csapadékmérő részintervallumainak intenzitásai, 100 éves visszatéréshez tartozó egyenest meghaladó értékekkel

Forrás: a szerző szerkesztése

A rendkívüli csapadék jelentős közlekedési fennakadásokat okozott, a víz több helyen aluljárókat öntött el, a város egyes részein az elektromos energiaellátás hosszabb időre szünetelt.

A Duna vízállása a zivatar idején igen alacsony volt, így a záporvíz a folyamba a Duna visszaduzzasztása nélkül be tudott jutni. A kiömlők szempontjából ugyanakkor az alacsony dunai vízszint azt eredményezte, hogy a jelentős vízhozammal működő záporkiömlők környezetében a partvédmű megsérült, a kőszórást több helyen elmosta a víz. Legsúlyosabban az Ördög-árok kiömlője sérült, ahol a partburkolat és a kiömlő egy része a Duna medrébe szakadt. A kiömlő helyreállítása nagy körültekintéssel készült el 2015 végére.

A részintervallumok alapján az egyes mérőhelyeken kimutatott intenzitásmaximumokhoz tartozó visszatérési idők az alábbiak szerint alakultak.



18. ábra

Csapadék-részintervallumok intenzitásának szélsőértékei a használatos csapadékmaximum-függvény szerint 2015. augusztus 17-én

Forrás: a szerző saját szerkesztése

Az augusztus 17-i felhőszakadás során a Belvárosban, a Belgrád rakparton 100 éves visszatérési időt meghaladó nagycsapadékot észlelt a kihelyezett műszerünk. Az 50 éves visszatérési időhöz tartozó intenzitást három, a 33 éveshez tartozót ugyancsak három, a 20 éves értéket két, a 10 éveset pedig hat helyen haladta meg a zivatar valamely fázisában.

A 2015. és 2017. évi kiválasztott nagycsapadékok statisztikai adatai

Az előzőek alapján is látható, hogy a négy bemutatott felhőszakadás eltérő karakterű volt. A legnagyobb csapadékmagasság, valamint a legmagasabb csapadékintenzitás értékei a város eltérő területeit érintették. A csapadék területi eloszlása még a főváros 525 km²-es területén is változatos, különösen a felhőszakadások viszonylatában, amelyek a bemutatott csapadékeloszlás-térképek tanúsága szerint igen változatos jelleget mutatnak. A térbeli eloszlás kérdését kétféle szempontból mutatjuk be, a csapadékmagasságok és a csapadékintenzitások értékei alapján. A mérések összesen 54 mérőn folytak. Mivel előfordult, hogy egyes csapadékmérők a négy zivatar valamelyikét műszaki hiba miatt nem rögzítették, ezeket kivéve 36 csapadékmérő állomás adatainak vizsgálatára volt lehetőség.

A csapadékmagasság tekintetében azt vizsgáltuk, hogy az egyes csapadékmérőkön a négy csapadékesemény során hányszor fordult elő egy bizonyos értéket meghaladó csapadékmagasság.

A csapadékmagasságok tekintetében továbbá azt vizsgáltuk, hogy hány olyan csapadékmérő van, amelyen egynél több nagycsapadék eredményezett valamely meghatározott értéket meghaladó csapadékmagasságot. Az eredményeket a 36 vizsgálatba bevonható mérő esetére az alábbi táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A vizsgált négy felhőszakadás csapadékmagassága. Extrém csapadékmagasságok ismétlődése az egyes mérőkön

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	mm-nél több csapadék előfordulása egyazon mérőn											
1 előfordulás db	1	4	15	15	8	7	2	1	1	1	1	0
2 előfordulás db	1	14	10	6	4	3	0	0	0	0	0	0
3 előfordulás db	19	15	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4 előfordulás db	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Forrás: a szerző szerkesztése

Az 1. táblázatból látható, hogy a 10 mm-es küszöbértéket felvéve 3 előfordulás 19 helyszínen, 4 előfordulás 15 helyszínen volt észlelhető, azaz kisebb csapadékok a zivatarok kíséretében „mindenhol” előfordultak a városban. A 20 mm-t meghaladó csapadékmagasság esetében 2 előfordulást 14, 3 előfordulást 15 helyen lehetett találni. A 60 mm feletti csapadékmagasság 2 alkalommal 3 mérőn fordult elő, ennél nagyobb csapadékok esetében ismétlődés nem található.

Jelentős csapadékeseményről 40 mm feletti csapadékmagasság esetén beszélhetünk, amennyiben ez a csapadékmagasság kb. fél órán belül hullik. Ebben az esetben az átlagos csapadékintenzitás értéke min. 111,2 l/(s×ha), ami kb. négyéves visszatérésnél ritkább előfordulással jellemezhető. Az extrém csapadékok kiszűrésére a csapadékmagasság önmagában, a csapadék időtartamának ismerete nélkül nem megfelelő mennyiség. E megfontolás figyelembevételével látható, hogy nem volt olyan csapadékmérő, amelynél mind a négy csapadékesemény során észlelhető lett volna 40 mm-t meghaladó csapadékmagasság. Mindössze 2 helyszínen volt 3 ismétlődés, és 6 helyen kétszeres előfordulás. 50 mm-t meghaladó csapadékot 1 mérő esetében észleltek 3 alkalommal, és 4 mérőn 2 alkalommal, a 60 mm küszöbérték esetében csupán 3 olyan mérő volt, amelyen kétszeres ismétlődés volt.

A csapadékintenzitások tekintetében a vizsgálat során a viszonyítási alap alapvetően a jelenleg használatos csapadékmaximum-függvény lehetett, amely a csapadékvíz-elvezető rendszerek méretezésének műszaki-jogi alapját képezi¹³ (a továbbiakban IDF-görbéként hivatkozva).

A csapadékintenzitások tekintetében a csapadékatatok részintervallumainak eredményei alapján kapott eredmények kerülnek közlésre. A részintervallum-vizsgálatról az 1. pontban írtunk.

A csapadékesemények csapadékának, csapadékintenzitásának térbeli eloszlását jelentős egyenetlenség jellemzi. A gyakoribb előfordulású események között az IDF-görbe alapján figyelembe vett 20-33-50 éves visszatérési időhöz tartozó csapadékintenzitás-értékeket meghaladó esetszámok a következőképp alakultak.

2. táblázat

Szélsőséges intenzitásértékek megoszlása a vizsgált felhőszakadás adatai alapján

	20 éves	33 éves	50 éves	100 éves
	visszatérést meghaladó mérések db			
2015. 06. 09.	3	1	0	0
2015. 07. 08.	4	1	2	1
2015. 08. 17.	2	3	3	1
2017. 05. 23.	2	1	2	1

Forrás: a szerző szerkesztése

Az adatok szerint a vizsgált csapadékok alkalmával a csapadékhullás területén 20-33-50-100 éves visszatérésű csapadékintenzitások fordultak elő. A 2015. 06. 09-i felhőszakadás során a legmagasabb észlelt intenzitás a 33 éves visszatérési időt elérte, illetve meghaladta. Habár ez a csapadékesemény a másik három, százéves visszatérési időt elérő csapadékeseménytől elmarad, tekintélyes méretűnek számít, és a vízelvezető rendszert extrém módon megterhelte. A másik három esemény összevethetősége egyértelmű. Sokat mond a fővárosra

¹³ MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz-elvezető hálózat hidraulikai méretezése.

hulló csapadékokról az, hogy a város területén hogyan alakultak az egyes csapadékmérőkön a szélsőséges csapadékesemények ismétlődései.

A következő táblázat azt mutatja be, hogy hány olyan helyszín volt, ahol az extrém intenzitásértékek valamelyike ismétlődött.

3. táblázat

Extrém csapadékintenzitások előfordulása, illetve ismétlődése a vizsgált felhőszakadások során

	20 éves	33 éves	50 éves	100 éves
	visszatérést meghaladó mérések db			
1 ismétlődés db	16	10	10	3
2 ismétlődés db	4	3	0	0
3 ismétlődés db	1	0	0	0
4 ismétlődés db	0	0	0	0

Forrás: a szerző szerkesztése

A táblázat első sora azt mutatja be, hogy valamely szélsőséges intenzitás vagy annál nagyobb érték hányszor fordult elő a mérőkön. A második sor azt mutatja, hogy hány olyan mérő volt, amelynek esetében azonos visszatérési időhöz tartozó extrém intenzitásérték vagy nagyobb fordult elő. Eszerint 4 olyan mérő volt, amelyen az extrém értékek valamelyike legalább kétszer előfordult, 3 mérőn történt meg, hogy a 33 éves visszatérés vagy annál nagyobb intenzitás kétszer volt tapasztalható. Olyan mérő, amelyen háromszor esett meg valamely extrém intenzitás, 1 darab volt. További ismétlődésre nem került sor.

Az adatok jól illusztrálják azt a közismert tényt, hogy a zivatarok, felhőszakadások csapadékhullása térben igen jelentős eltéréseket mutat.

Rámutat ez a néhány táblázat arra is, hogy a csapadékmérők kellő sűrűségű telepítése nélkül az extrém csapadékintenzitások adatai elvesznek. Ha ezek nem kerülhetnek be a statisztikai vizsgálatokba, akkor az IDF-görbék megújítása sem lehet teljes körű. Miután az IDF-görbék – legalábbis a magyar gyakorlatban – elsősorban a városi vízelvezető rendszerek méretezését segítik, nem lesznek továbbra sem teljeskörűen alkalmasak arra, hogy kellő alappal biztosítsák a tervezés kiindulási adatait.

Néhány gondolat a nagycsapadékok statisztikájáról és a kutatás irányairól

A 2015. július 8-i, 2015. augusztus 17-i és 2017. május 23-i csapadékesemények kapcsán az Országos Meteorológiai Szolgálat négy tanulmányt is közrebocsátott. A csapadékintenzitás szempontjából a következő megállapítások idézése szükséges.

A 2015. augusztus 17-i nagycsapadékról az OMSZ honlapján megjelent tanulmány (KOVÁCS 2015) bemutatja, hogy Budapest belterületén (Budapest belterület állomás, OMSZ Székház, Kitaibel Pál utca) augusztus 17-én egy óra alatt kb. 80 mm csapadék hullott, a napi csapadékösszeg 115,4 mm volt. A tanulmány szerint a Belváros felett akár a 115,4 mm-t meghaladó napi csapadék is hullhatott, ez az FCSM hálózata alapján is megerősíthető. A tanulmány megállapítása szerint az 1%-os előfordulású csapadékmagasság az adatokra illesztett gamma-eloszlás alapján az esős napok figyelembevételével 43 mm, és ennek figyelembevételével a 2015. augusztus 17-én regisztrált 115,4 mm előfordulási gyakorisága mindössze 0,001%.

Ezzel kapcsolatban szükséges újra felhívni a figyelmet a felhőszakadásokkal kapcsolatos statisztikák felülvizsgálatára. Ilyen csapadékesemény Pest-Budán jól dokumentálhatóan megtörtént, az 1875. június 26-i Ördögárok-katasztrófa idején, amikor 103,3 mm csapadékot észleltek (Meteorológiai és földdelejeségi följegyzések a M. K. Központi Intézetben, Budapest, 1875 június hóban [1875]) a Várhegy oldalában (OMSZ története [s. a.]), az OMSZ jogelődjének észlelőkartjében. A tanulmányban is említik az 1937. május 23-i 93,9 mm-es nagycsapadékot, valamint a főváros közelében, Gyömrőn 1963. szeptember 2-án hullott 202,7 mm csapadékot. Ide sorolható még a 2010. május 31-i felhőszakadás, amely Törökbalint és Budaörs területén hullott, de Budapest területén vízkárt okozott a Hosszúréti-patak hirtelen kialakuló árvize révén.

A 2017. május 23-i nagycsapadékról kiadott OMSZ-tanulmány (LAKATOS–HOFFMANN 2017) bevezető megállapítása az, hogy gyakoribbá, hevesebbé váltak a nagycsapadékok az éghajlatváltozás miatt, és ez szükségessé teszi a mérnöki gyakorlatban használt mértékadó csapadékok felülvizsgálatát. A tanulmány bemutatja a csapadékstatisztika változását is, amelyet a 2015. augusztus 17-i felhőszakadás adatának megjelenése okozott. Ennek eredménye az, hogy a korábban 50 évente átlagosan egyszer előforduló 46 mm körüli érték alig több mint 10 éves átlagos előfordulású lesz, a 100 évente előforduló 52,5 mm helyett 103,9 mm-rel kell számolni a továbbiakban.

Ezen a ponton két kérdés is felvethető. Egyrészt mi lenne a helyzet, ha az 1875-ös csapadék is „bekerült volna” a vizsgálatba, és nem csak 1901-től induló adatsor állna rendelkezésre, másrészt mi lenne akkor, „ha lenne egy másik csapadékmérő állomás 2-3 km távolságban”, hasonló hosszúságú adatsorral. Milyen mértékben befolyásolná ez a statisztikát? Amennyiben a vizsgálat tárgya valamekkora területre kihulló extrém csapadékok vagy éppen méretezési csapadékok megállapítása, egy adott csapadékmérő állomás adatainak alkalmazása területi értelemben rendkívül behatárolt. Szükséges lenne a városi területre vagy a városi vízgyűjtőkre hulló szélsőséges csapadékok előfordulásának statisztikai vizsgálata. Javasolható az IDF-függvények vízgyűjtő területet is figyelembe vevő kiegészítése, vagy a zivatarok legintenzívebb csapadékot hozó zónáinak méretére, mozgására és megjelenési valószínűségeire irányuló kutatások folytatása. Ennek eredménye lehet a tapasztalatok alapján visszaigazolható területen megoszló csapadék szimulációja, kifejezetten az extrém nagycsapadékok előfordulására vonatkoztatva.

Jelenleg a hetvenes években meghatározott IDF-görbék kerülnek alkalmazásra, és ismert, hogy a témakörben folynak kutatások a függvények megújítása érdekében (VARGA–BUZÁS–HONTI 2016). Ismert az is, hogy a csapadékmérési adatok jelenleg eleve nehezen hozzáférhetők, a 10-15 perces csapadékösszegek pedig nem adnak részletes adatokat a csapadék időbeli eloszlásának vizsgálatára.

Általánosan elterjedt az a vélekedés, hogy a csapadékok radarészlelés útján beszerzett adatai alkalmasak a felszíni csapadékmérések kiváltására. Erre vonatkozóan az alábbi megjegyzéseket kell megtenni. Egyrészt a radarmérések nem a földfelszínre kihulló csapadékot mérik, hanem a csapadékcseppekről (meg egyebekről) visszaverődő rádióhullámokat, és a visszaverődés erősségéből és egyéb paramétereiből lehet következtetni a csapadék mennyiségére, jellegére (DONG-JUN – SEED – DELRIEU 2010). Az ezzel kapcsolatos hibaforrásokról a szakirodalomban összefoglalókat lehet találni. A radarészlelések elvetése ugyanakkor hiba lenne, mivel a felszíni észlelés egyik legnagyobb nehézségének leküzdéséhez ad segítséget, hiszen a csapadékmérők közötti térben ad információt a csapadékeloszlás jellegére. A radar és a felszíni csapadékmérés egymást pontosítja, együttes alkalmazásuk a továbbiakban jelentős előnyöket biztosíthat. Itt meg kell említeni ugyanakkor azt is, hogy olyan radarok alkalmazását kell felvetni, amelyek a kellően részletes 50–250 m rászterben is képesek becslést adni, mivel a felhőszakadások karaktere ezt a térbeli felbontást igényli, és perc nagyságrendű időbeni mintázást kell a radarberendezéseknek biztosítania, tekintettel a jelenség időben igen gyorsan változó jellegére.

A tanulmányban bemutatott csapadékok újra felhívják a figyelmet az észlelés, az adatok értelmezésének és feldolgozásának feladataira.

Köszönetnyilvánítás

A Fővárosi Csatornázási Művel Zrt. Ár- és Belvízvédelmi Osztálya által gyűjtött és feldolgozott csapadékatatok kezeléséhez felállított rendszer működtetése, az adatok feldolgozását biztosító rendszerek kialakítása több munkatárs tevékenysége mellett alapvetően Bana Zsolt okl. térképész, Székely Árpád okl. geográfus, utóbb Sütő Tamás okl. geográfus és Sütő Gergely okl. geográfus munkáján nyugszik.

Irodalomjegyzék

- DONG-JUN, S. – SEED, A. – DELRIEU, G. (2010): Radar and Multisensor Rainfall Estimation for Hydrologic Applications. In TESTIK, F. Y. – GEBREMICHAEL, M. eds.: *Rainfall: State of Science*. Washington, D. C, American Geophysical Union. 79–104. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GM000952>
- HORVÁTH Á. (2015a): Forró periódust záró zivataros hidegfront, szupercellákkal július 8-án. *MET.hu*, 2015. 07. 10. Elérhető: www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1350&hir=Forro_periodust_zaro_zivataros_hidegfront_szupercellakkal_julius_8-an (A letöltés időpontja: 2017. 09. 29.)
- HORVÁTH Á. (2015b): A 2015. augusztus 17-i villámárvizeket okozó időjárás elemzése. *MET.hu*, 2015. 08. 25. Elérhető: www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1382&hir=2015_augusztus_17-i_villamarvizeket_okoza_idojaras_elemzese (A letöltés időpontja: 2017. 09. 29.)
- Jégeső és özönvíz tarolta le a fővárost (2015). *Idojaras.hu*, 2015. 06. 09. Elérhető: www.idojaras.hu/jeges-es-ozonviz-tarolta-le-a-fovarost (A letöltés időpontja: 2017. 09. 29.)

- KOVÁCS T. (2015): Felhőszakadás 2015. augusztus 17-én. *MET.hu*, 2015. 08. 19. Elérhető: http://met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1380&hir=Felhoszakadas_2015_augusztus_17-en (A letöltés időpontja: 2017. 09. 29.)
- LAKATOS M. – HOFFMANN L. (2017): Rendkívüli csapadék hullás Budapest belvárosában. *MET.hu*, 2017. 05. 30. Elérhető: www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1885&hir=Rendkivuli_csapadekhullas_Budapest_belvarosaban (A letöltés időpontja: 2017. 09. 28.)
- Meteorológiai és földdelejjességi följegyzések a M. K. Központi Intézetben, Budapesten, 1875 június hóban (1875). *Természettudományi Közlöny*, 7. évf. 71. sz. 295–296.
- MI-10-455/2-1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat hidraulikai méretezése. *OMSZ története* (s. a.). Elérhető: www.met.hu/omsz/OMSZ_tortenete (A letöltés időpontja: 2017. 09. 30.)
- RÁCZ T. et al. (2015): *A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. csapadékmérő rendszere, a 2014. év május-szeptember időszak csapadékviszonyai a főváros területén*. Elérhető: www.researchgate.net/publication/310209555_A_Fovaros_i_Csatornazasi_Muvek_Zrt_csapadekmero_rendszere_a_2014_ev_majus-szeptember_idoszak_csapadekviszonyai_a_fovaros_teruleten (A letöltés időpontja: 2017. 09. 29.)
- VARGA L. – BUZÁS K. – HONTI M. (2016): Új csapadékmaximum-függvények. *Hidrológiai Közlöny*, 96. évf. 2. sz. 64–69.

Vákát oldal

Egyesített rendszerű csapadékvíz-elvezető művek bővítésének lehetőségei nagyvárosi környezetben

Bevezetés

Az 1. ábra egy közelmúltban történt rendkívüli esőzés számos következményei közül mutat be egy jellemző példát.

Az elmúlt időszak eseményei, rendkívüli elöntései határozottan rámutatnak, hogy a csapadékok karakterisztikája megváltozott. A mindennapi gyakorlatban azzal kellett szembesülnünk, hogy a csatornák méretezésénél évtizedek óta figyelembe vett csapadék-intenzitások nem tükrözik a tényleges valószínűségeket, gyakoriságokat, valós terheléseket.

Intenzív felhőszakadások alkalmával a belvárosi, egyesített rendszerben csatornázott területek csatornái is túlterhelődnek, kiöntenek. Ez a jelenség a közelmúltban többször ismétlődött.

A meglévő egyesített rendszerű csatornahálózat kapacitásbővítése jelentős feladat elé állítja a szakembereket, üzemeltetőket, tervezőket és kivitelezőket egyaránt. A kapacitás bővítését szolgáló művek tervezése és kivitelezése a közművekkel, illetve egyéb föld alatti létesítményekkel „teleépített” városban szinte lehetetlen.



1. ábra

Elöntés Budapest XVIII. kerületében 2015. augusztus 17-én

Forrás: a szerző felvétele

Fejlesztési lehetőségek vizsgálata

A kérdés adott: hogyan lehet a csatornahálózat levezető képességét, hidraulikai kapacitását mégis növelni, minden külső korlátozó tényező ellenére?

Az FCSM Zrt. átfogó felülvizsgálatot indított a lehetséges beavatkozások azonosítása, felmérése érdekében, e cikk az eddig tett főbb megállapításokat foglalja össze áttekinthető jelleggel.

A felülvizsgálat jól elkülöníthető stratégiai, technológiai egységeként történt a következő felosztásban:

- szivattyútelepek;
- csatorna főgyűjtő- és gyűjtőhálózat;
- záporvíz-mentesítő, -leválasztó művek.

Szivattyútelepek

A szivattyútelepek a csatornahálózat végpontjain található, amelyek az oda érkező szennyvizet és hígított vizet a mindenkori vízjogi üzemeltetési engedélyeknek megfelelően továbbítják a szennyvíztisztító telepekre. A szennyvíztisztító telep kapacitását meghaladó mennyiségű záporvizek közvetlenül a befogadóba, azaz a Dunába vezethetők. Ennek megfelelően az egyesített rendszerű hálózatok végpontjain található szivattyútelepek rendelkeznek

- szennyvíz oldali;
- hígított víz oldali;
- záporvíz oldali

szivattyúcsoportokkal, műtárgyakkal és technológiai, gépészeti berendezésekkel.

Budapesten a szivattyútelepek működését alapvetően a Duna vízállása határozza meg.

Alacsony Duna-vízállás mellett a telepek képesek az érkező vizet gravitációs úton a befogadóba továbbítani. Magas Duna-vízállás mellett a záporvizek elvezetése csak kényszeráramoltatással oldható meg, amelynek kapacitása a gravitációs kivezetés lehetőségeihez képest jelentős mértékben korlátozott: a beépített szivattyú teljesítményének függvénye.

A szivattyútelepek működését befolyásolják a záporvizek által nagy mennyiségben bemosott csatornaiszap, szálas anyagok, hulladékok és egyéb szennyeződések. Jellemző példa erre a szűrőrácsok dugulása, amely szélsőséges esetben jelentős visszatörést okozhat a városban. A szivattyúk dugulása is gyakori. A 2. ábra egy nagy méretű szivattyút mutat, amelyet a telepre érkező szálas anyagok, rongyok és egyéb, nem szennyvíz „jellegű” összetevők eldugítottak.



2. ábra

Dugult, üzemképtelenné vált szivattyú

Forrás: a szerző felvétele

Az FCSM a lefolyás, a záporvíz-kivezetés gyorsítása lehetőségeinek feltárása céljából felülvizsgálta szivattyútelepeit, és javaslatokat állított össze kapacitásbővítő beruházások elindítására. A jellemző beavatkozások, javaslatok a következők:

- **Meglévő üzemrend optimalizálása:** Az üzemrend, szivattyúindítások átszervezése. A meglévő szivattyúk indítási szintjeinek lehetőség szerinti csökkentésével kisebb mértékben ugyan, de esetenként növelhető a telepek kapacitása, csökkenthető az előntések kockázata.
- **Szűrőrácscok ellenállásának csökkentése:** Ezt jellemzően nagyobb, dugulásra kevésbé hajlamos, nagyobb pálcaközű rácscok beépítésével, valamint vészhelyzet esetére megkerülő („by pass”) vezeték beépítésével lehet elérni. Esetenként a szűrőkapacitás bővítése is elkerülhetetlen.
- **Szivattyúkapacitás növelése:** Nagyobb vagy több szivattyú beépítése megoldást jelenthet, aminek folyamánya lehet a nyomóvezeték és a szívótér méreteinek növelése is, jelentős mélyépítési költségekkel.

A szivattyútelepek működése szigorúan vízjogi üzemeltetési engedélyekhez kötött. A befogadóba történő bevezetés feltételei szabályozottak. A telepeken végrehajtandó, jelentősebb beavatkozás esetén szükséges a vízjogi üzemeltetési engedély módosítása is.

Katasztrófa esetén az élet- és vagyonvédelmet kell elsősorban szem előtt tartani, ezért az üzemeltető kötelessége a víz mielőbbi kivezetése a városból, a rendelkezésre álló teljes kapacitással.

A biztonságos működés érdekében a hatóságok részéről rugalmasság, jó együttműködő készség szükséges. A katasztrófa helyzetek kezelését, megelőzését nem segíti, ha az üzemeltetőt az elöntések elkerülése érdekében a városból a befogadóba továbbított hígított víz kapcsán bírság fenyegeti.

A csatornahálózat fejlesztési lehetőségei

Budapest belső kerületeinek csatornahálózata egyesített rendszerű.

A belvárosi kerületek csatornarendszere lényegében a 19. század végén, illetve a 20. század elején épült ki, a hálózat mérete és kapacitása adott. A csatornázás kezdeti évtizedeiben a csatornák minimális mérete a 60/90 cm volt, ami jellemzően a síkvidéki, kedvezőtlenebb lejtésviszonyokhoz igazodva tojás szelvényalakkal készült. A város belső kerületeinek csatornáira jellemző ezért a viszonylag nagyobb szelvényméret, ami nemcsak jobb hidraulikai levezetőképességet, hanem nagyobb tározóképességet is biztosít. A hálózatra szintén jellemző a csomópontokban nagy számban létesített üzemi kapcsolat, ami hatékonyan segíti elő a vizek egyenletesebb lefolyását, elosztását, az összegyülekezési idő elnyújtását.

A belvárosi hálózat kapacitása az elmúlt évek esőzései során – a hálózat viszonylag előnyös kialakítása ellenére – számos alkalommal kevésnek bizonyult. A meglévő hálózatot is csak legfeljebb 2, esetenként 4 éves gyakoriságú csapadék levezetésére méretezték, de ezt az elmúlt évek csapadékintenzitásai többször és jelentős mértékben túllépték. A 2015. és 2017. évi nagy felhőszakadások során a 30, 50, de helyenként a 100 éves visszatérési valószínűséget is jelentősen meghaladó intenzitások voltak mérhetőek.

A túlterhelt állapotok kialakulásában több tényező is fontos szerepet játszik:

Az egyik legfontosabb tényező a csapadékok intenzitása. A valós eseményeket a csapadékfüggvényekkel összevetve azt tapasztaljuk, hogy a csatornarendszerek méretezésénél figyelembe vett csapadékok a „tankönyvi” visszatérési időkhöz képest sokkal gyakrabban fordulnak elő, illetve gyakoriak az extrém intenzitású felhőszakadások.

A belvárosi kerületek helyzetét súlyosbítja, hogy a belterületeken a burkolt felületek aránya magas, beszívargás szinte nincs, a felületre hulló csapadékvíz túlnyomó része megjelenik a csatornahálózatban.

Az 1980-as években készült általános csatornázási tervek – a racionális méretezés elveit követve – kijelöltek tehermentesítő csatornákat is, de ezek közül több fejlesztés a rendkívül magas beruházási költségek miatt a mai napig nem tudott megvalósulni.

A belső kerületekben a hálózat fejlesztését több tényező is akadályozza:

- Sűrű közműhelyzet: Budapestre közmű szempontjából nyugodtan ki lehetne tenni a „telt ház” táblát. Sok esetben még a kisebb átmérőjű csatornák fektetése is komoly kihívást jelent, sőt a meglévő közművek kiváltása, áthelyezése nélkül sokszor nem is hajtható végre.
- Közlekedési létesítmények, műtárgyak: A metró, HÉV, gyalogos aluljárók és egyéb nagyméretű mélyépítési műtárgyak igen nagy helyet foglalnak.

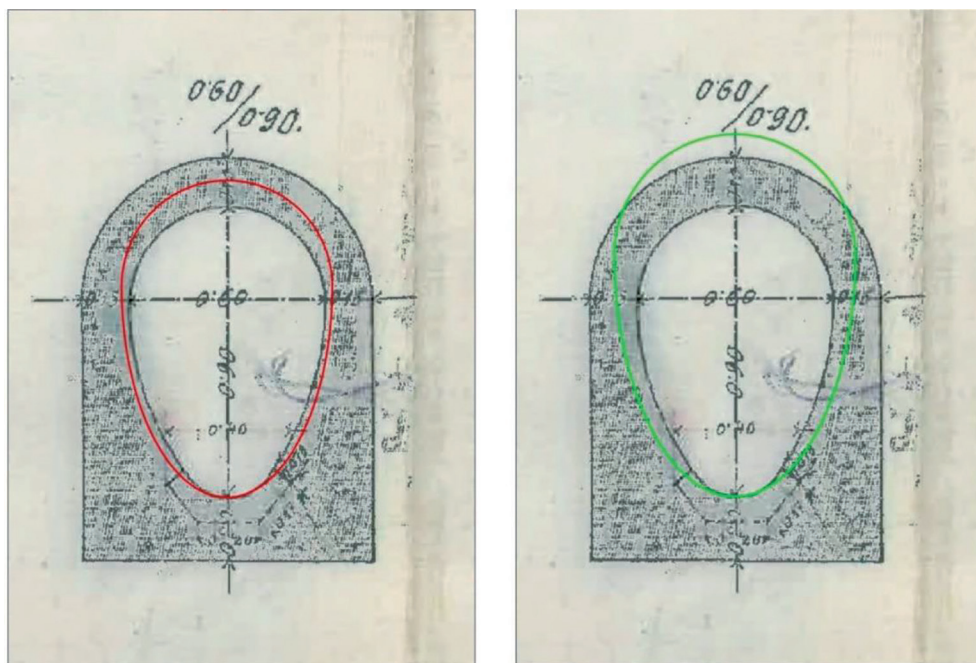
Az elmúlt csaknem fél évszázadban a metróépítések kapcsán a csatornahálózat szempontjából káros tendencia volt jellemző. A metró és a csatorna keresztezési pontjainál a csatornákat – ha azok útban voltak – ellapították, lerontva ezzel azok vízszállító képességét. Számos keresztezési szakasz üzemeltetése nehézkes, feliszapolódásuk gyakori, tisztítási és karbantartási igényük magas. Már a 19–20. század fordulóján gondolkoztak elődeink egy, a körúti főgyűjtőt tehermentesítő csatornaszakasz kiépítésében, amely a mai Rákóczi út vonalában húzódott volna, majd az Erzsébet híd környékén torkollott volna a Dunába. Jellemző a mai helyzetre, hogy ennek a tehermentesítő gyűjtőnek a megépítésére már esély sincs. A 2. metró Blaha Lujza téri és Astoria megállója, illetve a Rákóczi út és Kossuth Lajos utca vonalában kialakult közműhelyzet ezt nem teszi már lehetővé.

Megoldást a meglévő hálózat kapacitását fokozó beavatkozások nyújthatnak, amelyek jellemzően

- új tehermentesítő, záporvíz-leválasztó összekötések létesítése és
- a meglévő nyomvonalak felbővítése útján valósíthatók meg.

A hálózat bővítése kapcsán a szokásostól eltérően nem azt a kérdést kell feltenni, hogy mekkora szelvényméret szükséges a megfelelő vízelvezetés érdekében, hanem azt, hogy mekkora méretű csatorna fér el, mekkora építhető egyáltalán.

A belvárosi csatornarendszernek van egy kedvező tulajdonsága, amit hatékonyan ki lehet használni, mégpedig a szelvények nagy szerkezeti mérete. A tradicionális téglafalazatú, illetve betonanyagú csatornák robusztus szerkezetűek, nagy helyet foglalnak. A nagy méretű tojás, illetve szekrény szelvényű csatornák helyébe reális megoldás a kisebb falvastagságú, például ÜPE anyagú csatorna fektetése, amivel akár eggyel, esetleg kettővel nagyobb dimenzió is beépíthető, a vízszállító képesség növelhető. Ennek szematikus megoldását mutatja be a 3. ábra. A két variációban látható, hogy egy átlagos szerkezeti méretű 60/90 cm-es tojás alakú csatorna helyére épített, kisebb szerkezeti méretű, de nagyobb keresztmetszetű csatorna akár a kapacitás megduplázását is jelentheti.



3. ábra

Bal oldal: 60/90 cm csatorna cseréje 70/105 cm; jobb oldal: 60/90 csatorna cseréje 80/120 cm méretben

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. ábrán látható sematikus rajzok jól érzékeltetik, hogy a megoldásnak van valós műszaki realitása, a növelt kapacitású szelvények helye biztosítható, így a hálózatbővítés legfőbb akadálya legyőzhető.

Az ilyen jellegű beavatkozások realizálását az a körülmény is növeli, hogy a belső ke-
rületek csatornáinak újjáépítése életkoruk miatt is esedékessé válhat a közeli jövőben. Rekonstrukció esetén mindenképpen szem előtt kell tartani a szelvénybővítés igényeit.

Az elérhető kapacitásbővítés jelentős. 70/105 cm ÜPE szelvény esetén 50%, 80/120 cm ÜPE szelvény esetén pedig akár 100%-os többlet vízszállító képesség is elérhető.

A kapacitásbővítés ilyen módon való megoldásához városi szintű, stratégiai elhatározás szükséges, mert a szelvénybővítés kizárólag nyílt árkos technológiával valósítható meg, a forgalmat és a tömegközlekedést jobban kímélő *no dig* eljárások itt nem jöhetnek szóba.

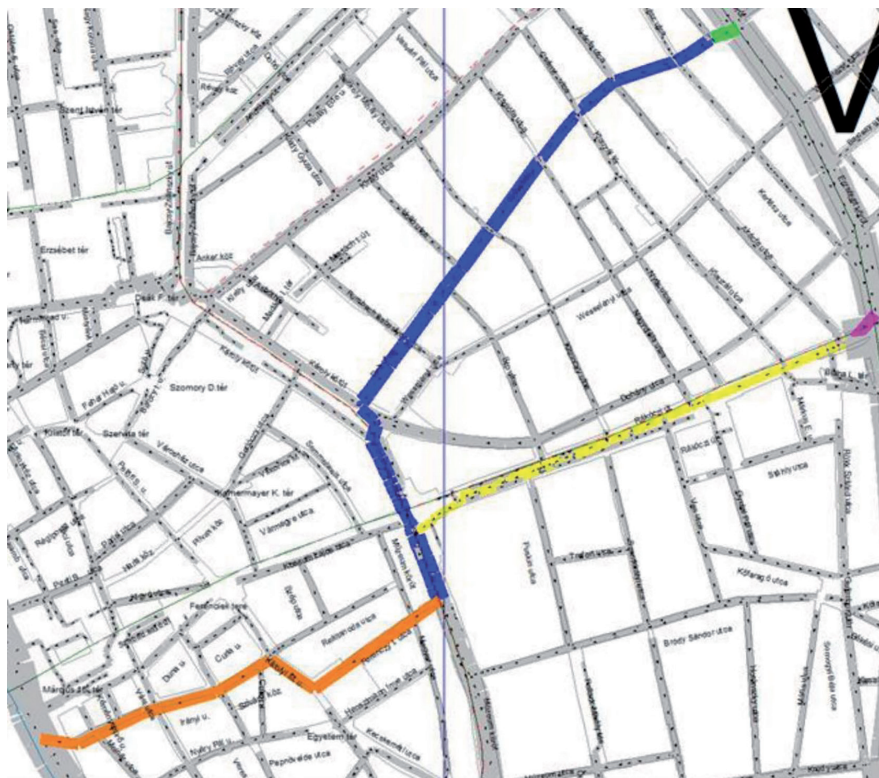
A kapacitásnövelés lehetőségeinek keresését hatékonyan lehet támogatni hidraulikai modellvizsgálatokkal, sőt megfelelő döntéstámogatás nélkül nem is képzelhető el hatalmas, több milliárd forintos költségű beruházások beindítása.

Az FCSM az elmúlt években több vízgyűjtő területen is végzett átfogó hidraulikai elemzést. Ezen vizsgálatok során figyelembe vették a közbenső átemelőtelepek vízszállítását csapadékvízzel terhelt állapotban, a valós csapadékvízmeréseket eredményeiket, egy esetben pedig lézerszkenneléses technológiával készült terepmodellt is.

Olyan szoftveres alkalmazás, modell, ami a hálózati és üzemállapot-adatok betáplálása után kiadja a megoldást, nincsen. A modell nem csodaszer. A vizsgálatok a hálózat ismeretével kezdődnek, a hagyományos elemző és előkészítő munka, a modell élők munkát igénylő kalibrálása nem hagyható el. Az FCSM úgy alakította ki gyakorlatát, hogy a modell kezelésében jártas, egyúttal a hálózatot kellőképpen ismerő szaktanácsadót vont be, aki a vizsgálathoz kapcsolódó nagy mennyiségű adatkezelési és futtatási feladatokat elvégzi. A vizsgálat az üzemeltetővel való szoros együttműködésben történik, a modellvizsgálat üzemállapotai az üzemeltető és a szaktanácsadó együttes meglátásai alapján alakulnak ki. Az egyes futtatások tapasztalatai alapján a vizsgálat iránya finomítható, módosítható. A modellvizsgálat lehetőséget nyújt az évtizedekkel ezelőtti, kevésbé korszerű méretezési technológiákkal meghatározott általános tervi javaslatok ellenőrzésére is.

A tehermentesítést szolgáló műszaki beavatkozások hatásuk alapján fontossági sorrendbe állíthatók, ami a tekintélyes beruházási pénzek elköltésénél igen fontos szempont.

A következő, 4. ábra bemutatja a lefolyásszimulációs vizsgálat több, a belvárosban kijelölt távlati tehermentesítő nyomvonalát.



4. ábra

Budapest belvárosban a Nagykörút és a Duna közötti területen tehermentesítés, illetve kapacitásbővítés céljára kijelölt nyomvonalak vázlata, részlet a hidraulikai modellvizsgálatból

Forrás: a szerző szerkesztése

A színessel jelölt nyomvonalakon meglévő egyesített rendszerű csatornák húzódnak, amelyek mérete jelenleg jellemzően 60/90, illetve 70/105 cm. A meglévő nyomvonalak jelenleg nem alkotnak egybefüggő rendszert. A meglévő szerkezetek helyére egységesen 70/105 cm, esetleg 80/120 cm méretű, vékonyabb falszerkezetű, nagyobb vízszállítású ÜPE csatorna építhető, amely a megfelelő üzemi összekötésekkel egybefüggő tehermentesítő csatornát képezne.

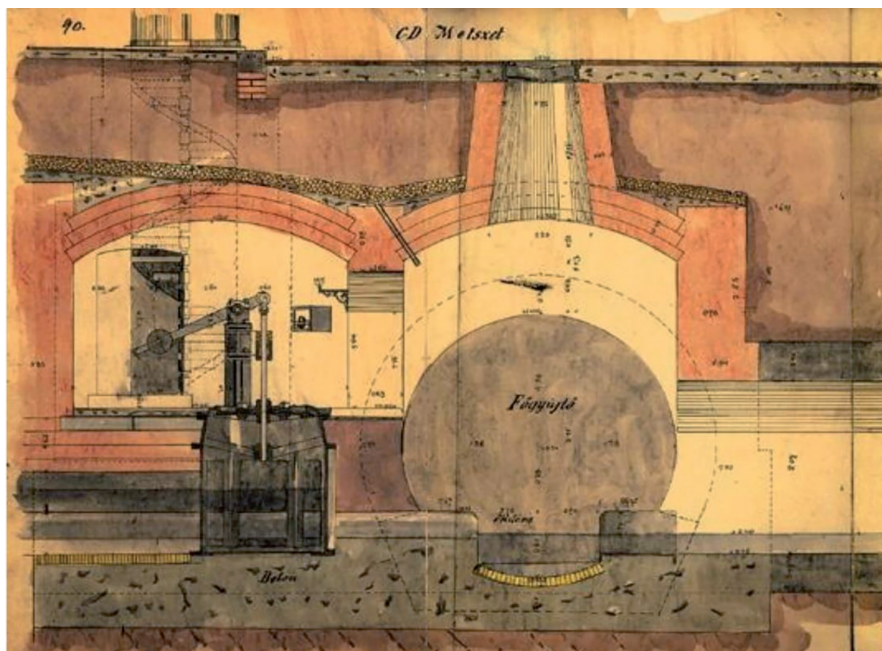
A modellvizsgálatok kimutatták, hogy a fenti képen látható tehermentesítő csatorna beüzemelése 50 cm-rel is képes csökkenteni a hálózatban kialakuló vízszinteket.

A lefolyásszimulációs vizsgálat eredményei jó alapjai lesznek a további tervezésnek.

Záporvíz-leválasztó művek

Az egyesített rendszerű csatornahálózat tehermentesítését záporvíz-leválasztó műtárgyak látják el. A leválasztó műtárgyaknak alapvetően két típusa terjedt el.

Tányérszelepek



5. ábra

Tányérszelep korabeli tervlapja

Forrás: a szerző archívumából



6. ábra

Beépített tányérszelepek a pesti Duna-parti főgyűjtőn

Forrás: a szerző felvétele

A tányérszelepek egyidősek a fővárosi csatornahálózattal, már a legelső záporleválasztó műtárgyakat is ilyen robusztus, üzembiztos szerkezetekkel látták el. A tányérszelepek alapállapotban zárva vannak. Az öntvénytányérok függőleges irányban tudnak elmozdulni, lefelé nyílnak, fölfelé záródnak. A tányérok mozgatását egy ingás kialakítású, ellensúllyal ellátott kar végzi. A főgyűjtőben csapadékvíz hatására megemelkedő vízszint esetén a záporvizek egy oldalbukón keresztül a tányérszelepkamrába jutnak. Itt a megemelkedő vízszint felhajtó ereje a megfelelő vízszint elérése esetén – miután a víz felhajtó ereje legyőzi az ellensúly által kifejtett rögzítő erőt – az ellensúlyt felfelé, a tányérszelepet pedig lefelé elmozdítja, nyitja, így a záporvíz a kiömlő csatorna felé, a Duna irányába tud távozni. Miután a főgyűjtőben a záporvíz levonul, és a szállított víz szintje újra lecsökken, a főgyűjtő oldali víz felhajtó ereje, illetve nyomása megszűnik a tányérszelepek feletti térben, így azokat az ingás ellensúlyszerkezet automatikusan visszazárja.

A tányérszelepek működése megbízható, kevésbé jelentenek üzemeltetési kockázatot.

Torlopajzsok

A fővárosi hálózaton a torlopajzsok az 1990-es évek során épültek meg. A velük kapcsolatos üzemeltetési tapasztalatok kedvezőtlenebbek, mint a tányérszelepek esetében szerettek, működésük sokkal bizonytalanabb.

Az uszadékok (például fadarabok, hulladékok stb.) a szerkezeti elemeken fennakadva akadályozni tudják a pajzs működését, nyitását, zárását, illetve a beragadó uszadékok miatt megfelelően záródni nem képes pajzsok a víznyomás következtében deformálódhatnak, így azok már nem képesek tökéletesen zárni; javítást, rosszabb esetben cserét igényelnek.



7. ábra

Torlópajzs Duna felőli oldala

Forrás: a szerző felvétele

A 7. ábrán látható a befogadó felőli oldalon lévő ellensúly és az ahhoz kapcsolódó drótkötélzet, amely magasabb Duna-vízállás esetén elárasztott térbe kerül. A felakadó uszadékok hatására működési problémák nagyon könnyen kialakulhatnak.

A fejlesztés javasolható irányai

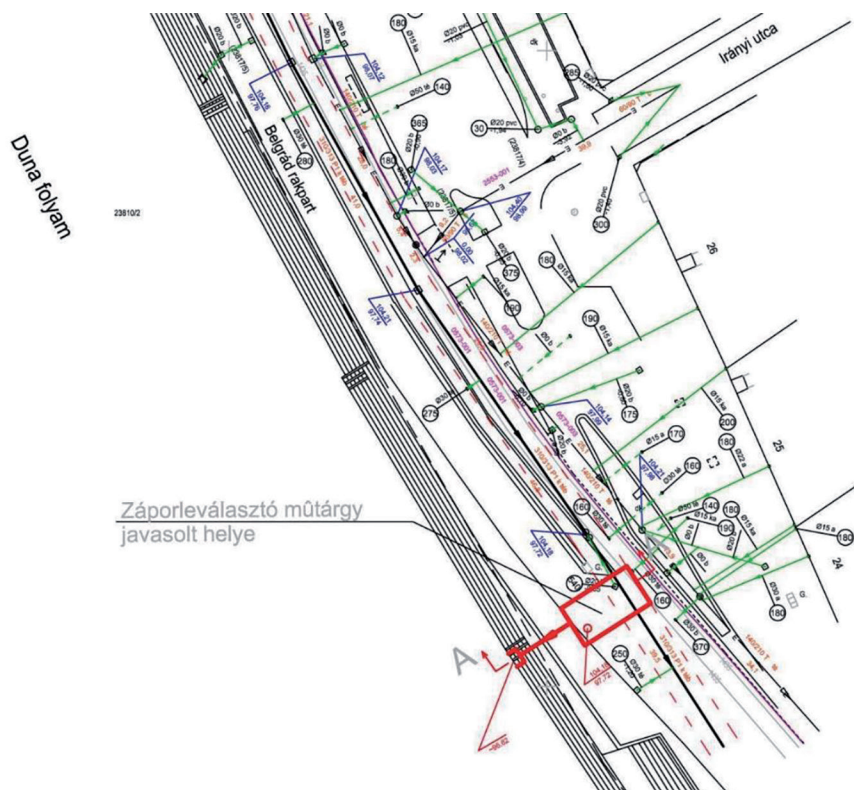
A csapadékvíz-leválasztási pontok fejlesztésének célja kettős:

- Meglévő leválasztási pontok üzembiztonságának növelése: Kevésbé üzembiztos torlópajzsok cseréje távvezérelhető zsilipekre. Ezek a beavatkozások viszonylag kisebb beruházási költség mellett végrehajthatók, jellemzően a műtárgy kisebb mértékű átalakítása szükséges a meglévő kamrán belül, ezenfelül a zsilipszerkezet beépítése és a távfelügyelet kiépítése merül fel. Az üzembiztonság növelése nemcsak a záporvíz-leválasztás biztonságát növeli, hanem lényegesen csökkenti árvízi védekezés idején az élőmunkaigényt is.
- Új záporvíz-leválasztási pontok kialakítása.

A kiépíteni javasolt záporvíz-leválasztási pontok lehetnek új építésű tányérszelep műtárgyak, vagy záporvíz-átemelők. Az FCSM minkét megoldásra megfogalmazott javaslatokat.

A javaslatok közül egy szemléletes példát mutat be a 8. ábrán látható vázlatos helyszínrajz, mégpedig egy új tányérszelep műtárgy elhelyezését az Erzsébet híd déli oldalán. Az új

műtárgy kialakítása jelentős mélyépítési költséget jelent, de a hidraulikai vizsgálatok azt mutatják, hogy hatása igen jó, a megoldás önmagában 50 cm-es vízszintcsökkenést képes biztosítani a hálózat hatásterületen belüli részén.



8. ábra

Új záporvíz-leválasztó tányérszelep elhelyezési vázlata az Erzsébet hidtől délre a Belgrád rakparton

Forrás: a szerző szerkesztése

Összefoglalás

Az elmúlt évek eseményei mindenképpen megkövetelik a csapadékvíz-elvezető hálózatok fejlesztésével kapcsolatos behatóbb vizsgálatokat. Összességében nagyon nagy az elmaradás.

Budapest belvárosi csatornahálózatának bővítési lehetőségei ugyan sok szempontból korlátozottak, viszont számos műszaki megoldás kínálkozik. A cikk a szóba jöhető irányokat igyekezett felvillantani, röviden összefoglalni.

Fontos, hogy a hatóságok, a lakosság, az önkormányzatok tudomásul vegyék, hogy a csapadékvíz-elvezető kapacitást „csak” egy bizonyos kockázati szint biztosításáig lehetséges növelni. Elöntésmentes állapot nincs, nem érhető el.

A csatornarendszer szigorú szabályok szerint működik, vízjogi üzemeltetési engedélyek alapján. A kapacitásbővítés egyes beavatkozásai felvetik a meglévő engedélyek módosításának szükségességét, valamint a korábban már kiadott engedélyek alapelveinek átgondolását is.

Katasztrófa helyzetben, amikor az elöntött városból kell – az élet és vagyonvédelem érdekében – mielőbb elvezetni a vizet, a teljes rendelkezésre álló kapacitás kihasználásának nem lehet akadálya a normál üzemállapothoz igazított hatósági előírásrendszer. Vészhelyzetben a hatóságok rugalmassága is szükséges; nem szabad, hogy a beavatkozási kényszerben lévő üzemeltetőt bírságoktól, esetleg hatósági elmarasztalásoktól való fenyegetettség korlátozza.

A vízügyi szabályozás és a csőstatika példája

Történeti kitekintés

Távrolról kezdem, hogy majd egy konkrét részletkérdésen példával is utaljak a megoldandó feladataink sokaságára. A tárgykörhöz szerkezettervező osztályvezetőként kerültem közel, amikor a MÉLYÉPTERV-nél (ma: Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt.) dolgoztam az 1970-es években, ahol a tervezés mellett aktív műszaki fejlesztési munka is folyt.

180 éve történt

Széchenyi István mint felsőházi tag 1831-ben 12 törvényjavaslatot készített az 1832-ben kezdődő úgynevezett reformországgyűlés számára, ebben a javaslatcsomagban a VIII. sorszámú javaslat a vizek szabályozásáról és utak készítéséről szól. (Erről szól a *Stádium* című könyve, amelyet megírásakor, 1831-ben a cenzúra nem engedett kiadni, ezért külföldön nyomtatták ki 1833-ban.) Javasataiból kettőt emelek ki.

Széchenyi egyik előterjesztése szerint a vizek és az utak szabályozása – nagyobb kiterjedésű összefüggéseik miatt – helyi szinten nem oldható meg, ezért azokat országosan egységesen kell kezelni.

Széchenyi említett geográfiai gondolatával a Duna s egyéb folyamok szabályozásáról szóló 1840. évi IV. törvénycikk foglalkozott, és egy vízgazdálkodással foglalkozó országos hatáskörű választmányt hozott létre, amelynek feladata az elvek meghatározásán túl a gyakorlati megvalósítás felügyelete, továbbá a magánérdekek és a közérdek összehangolása volt.

Ugorjunk 180 évet előre, és tekintsük át, hogy állunk ma a szabályozással!

Az említett tárgyban intézkedő törvényünk: a Magyarország helyi önkormányzatairól szóló 2011. évi CLXXXIX. törvény. Idézem ebből a törvényből a 13 § (1) bekezdés 11. pontját: „helyi önkormányzati feladatok különösen a helyi környezet- és természetvédelem, vízgazdálkodás, vízkárelhárítás”.

Letértünk Széchenyi nyomdokairól, törvényhozásunk a vízgazdálkodást a kisebb területi egységeket képviselő önkormányzatok feladatkörébe utalja, és országos szinten a vizeket a katasztrófák körébe sorolja, amelyektől az állam védi meg a lakosságot. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény 2. § (1) bekezdés 1) pontja így fogalmaz: „az állami

feladat a vizek kártételei elleni védelem érdekében a vízkár-elhárítási tevékenység szervezése, irányítása, ellenőrzése, a helyi közfeladatokat meghaladó védekezés”.

Széchenyi másik reformjavaslata a vízi munkák finanszírozásával foglalkozik. Úgy gondolta, hogy a vízi építmények közhasznú létesítmények, így közteherviseléssel kell megvalósítani azokat. Széchenyi szerint nemcsak abban az értelemben közhasznúak, hogy csupán a víz mellett élőknek kedveznek, hanem azért is, mert a hatásukra előáll nagyobb gazdasági teljesítményből az egész nemzet részesül. Erről szól az egyesek költségein készítenő vízi munkálatoknak előmozdításáról szóló 1836. évi XXXVI törvénycikk, ami az akkori latifundiumos, feudális földbirtokrendszer keretei között merész lépésnek számított.

21. század: a közbeszerzés

Akár a helyi önkormányzat által végzett vízgazdálkodásról, akár az állam által végzett vízkár elleni védelemről van szó, mindkettő közösségi pénzekből megvalósuló közfeladat, amelyekre közbeszerzési szabályok vonatkoznak. Legfőbb reánk vonatkozó szabály jelenleg az Európai Parlament és a Tanács 2014/25/EU irányelve (2014. február 26.) a vízügyi, energiaipari, közlekedési és postai szolgáltatási ágazatban működő ajánlatkérők beszerzéseiről. Ennek alapján egy EU-tag Magyarországon a vízi létesítmények építésére vonatkozó kivitelezési és tervezési munkák műszaki tartalmát európai szabványok, nemzeti szabványok, nemzeti műszaki tanúsítványok alapján kell meghatározni. Az attól való eltérés csak az azokkal való egyenértékűség bizonyítása mellett lehetséges. E téma kapcsán jutunk el a szabványok, műszaki előírások fontosságához. A közbeszerzési ajánlatok csak akkor értékelhetők igazságosan, ha azok azonos műszaki szabályok, azonos biztonsági tényezők, a teljesítményt vizsgálati eljárásokkal mérve kerültek megajánlásra.

A szabványok

Itt jutunk el a konferencia egyik központi témájához, a 2017. augusztus 1-jén bevezetett új angol nyelvű szabványhoz:

2017. augusztus	
MAGYAR SZABVÁNY	MSZ EN 752
Települések vízelvezető és csatornarendszerei Csatornarendszer-menedzsment	
MSZ EN 752:2008 helyett	
92 oldal	angolul

1. ábra

A 2017. augusztus 1-jén bevezetett új angol nyelvű szabvány

Forrás: a szerző felvétele

Az új szabvány megadja a vízvezető és csatornarendszerekkel kapcsolatos mindazon követelményeket és alapelveket, amelyek az EU-tagállamok közös szakmapolitikájának alapját képezhetik:

- közegészség és közbiztonság,
- munkaegészség és munkabiztonság,
- környezetvédelem,
- fenntarthatóság.

Hangsúlyozom, hogy ez a szabvány alapelvekről szól, a részletek tekintetében 15 további európai szabványra utal, lásd az 1. táblázatot:

1. táblázat
Európai szabványok

MSZ EN 476:2012	Vízvezető vezetékek és csatornák elemeinek általános követelményei	angol
MSZ EN 858-2:2003	Könnnyű folyadékok (például olaj és benzin) leválasztórendszerei. 2. rész: A névleges méret kiválasztása, beépítés, üzemelés és karbantartás	angol
MSZ EN 1295-1:2001	Földbe fektetett csővezetékek statikai számítása különböző terhelési feltételek esetén. 1. rész: Általános követelmények	magyar
MSZ EN 1610:2016	Szennyvízvezető vezetékek és csatornák fektetése és vizsgálata	angol
MSZ EN 1825-2:2002	Zsírleválasztók. 2. rész: A névleges méret kiválasztása, beépítés, üzemeltetés és karbantartás	angol
MSZ EN 1916:2003	Vasalatlan, acélszálas és vasalt betoncsövek és idomok	angol
MSZ EN 12889:2001	Szennyvízvezetékek és csatornák kitarakás nélküli fektetése és vizsgálata	angol
MSZ EN 13508-1:2013	Települések csapadék- és szennyvízvezető rendszereinek állapotvizsgálata és értékelése. 1. rész: Általános követelmények	angol
MSZ EN 14654-1:2014	Települések vízvezető és csatornarendszereiben végzett műveletek irányítása és ellenőrzése. 1. rész: Tisztítás	angol
MSZ EN 14654-2:2013	Települések vízvezető és csatornarendszereiben végzett műveletek irányítása és ellenőrzése. 2. rész: Helyreállítás	angol
MSZ EN 15885:2012	Vízvezető vezetékek és csatornák javítási és felújítási eljárásainak osztályozása és jellemzői	angol
MSZ EN 16323:2014	Szennyvíztechnológiai szakkifejezések gyűjteménye	angol
MSZ EN 295-1:2013	Kőagyag csőrendszerek vízvezetéshez és csatornázáshoz. 1. rész: Csövek, idomok és kötések követelményei	magyar
MSZ EN 295-3:2012	Vízvezetési és csatornázási kőagyag csőrendszerek. 3. rész: Vizsgálati eljárások	angol
CEN/TR 1295-3:2007	Structural design of buried pipelines under various conditions of loading – Part 3: Common method	angol

Forrás: a szerző szerkesztése

Az említett 15 szabványból csak 2 van magyarra fordítva. Az MSZ EN 752 és a további 15 szabvány lehetővé teszi nemzeti hatáskörben további szabványok, szabályok és módszerek kidolgozását, bevezetését; ennek elvégzése előttünk álló feladat. Nem lehetünk meg az európai EN szabványokhoz nemzeti alkalmazási mellékletek, kiegészítések készítése nélkül, de nem lehetünk meg az ágazati, korábban MSZ-10 irányelvek vagy vízügyi műszaki előírások nélkül sem. Lényeg, hogy országosan egységes biztonsági szinten költsük el a települési vízvezetésre rendelkezésre álló pénzeket.

Egy kiemelt példa: csőstatika

A földre fektetett csővezetékek statikai tervezését ez az új MSZ EN 752 szabvány az alábbi szabvány hatáskörébe utalja:

2001. október	
MAGYAR SZABVÁNY	MSZ EN 1295-1
Földre fektetett csővezetékek statikai számítása különböző terhelési feltételek esetén	
1. rész: Általános követelmények	
30 oldal	magyarul

2. ábra

A földre fektetett csővezetékek statikai tervezésének az új MSZ EN 752 szabványa

Forrás: a szerző felvétele

Ez a 2001-es szabvány már elavult, megjelent az új kiadása, az *EN 1295-1:2017*, amelyet az MSZT még nem vezetett be magyar szabványként. Ennek a statikai számításra vonatkozó szabványnak a módszere megegyezik az előzőével: csupán általános kiindulási alapokat és ajánlásokat ad, a részletes szabályokat és módszereket az egyes országok nemzeti hatáskörébe utalja, *aminek elvégzése előttünk álló feladat*. A részletes szabályok elkészítését segíti a CEN 206 oldalas segédletével, amely két számítási eljárást is ajánl az egyes országoknak.

12 CEN-tagország (Ausztria, Belgium, Dánia, Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Hollandia, Németország, Norvégia, Spanyolország, Svájc, Svédország) saját hatáskörben – különböző hagyományaik alapján – már szabályozta az erőtani tervezést, amelyek például szolgálhatnak egy hazai szabályozás megalkotásához. Volt korábban hazai szabályozás is, de az az 55 oldalas irányelv 1993. április 15-én visszavonásra került.

3. kiadás 1980. 06. hó

628.2:624.04

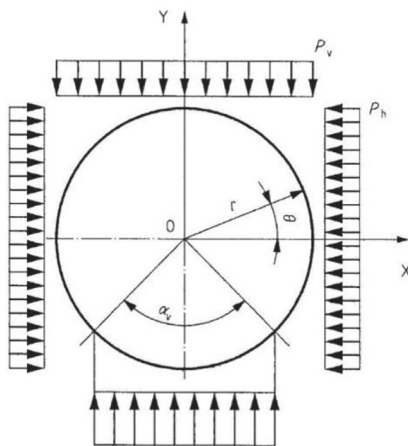
Országos Vízügyi Hivatal	KÖZCSATORNÁK TERVEZÉSE Csatornák erőtani tervezése	MI-10 167/4-78
		G 21
Проектирование коммунальной сети. Статический расчет коммунальной сети		Planning of public services. Static calculation of public services
<p>E Műszaki Irányelvek a kör szeivényű, előre gyártott, állandó falvastagságú, kereszt- és hosszirányban alakváltozásmentesnek (merevnek) tekinthető csövekből épülő csatornák erőtani tervezését szabályozza.</p> <p>E Műszaki Irányelvek sorozat ezenkívül még a következő irányelvekből áll:</p> <p>MI-10 167/1 –. A csatornázás rendszere és kialakítása MI-10 167/2 –. A hálózatot terhelő fajlagos vízmennyiségek MI-10 167/3 –. Hidraulikai méretezés MI-10 167/5 –. Csatornák és műtárgyaik kialakítása MI-10 167/6 –. Csatornák és műtárgyaik anyaga</p>		

3. ábra

Az erőtani szervezés korábbi szabályozása

Forrás: a szerző felvétele

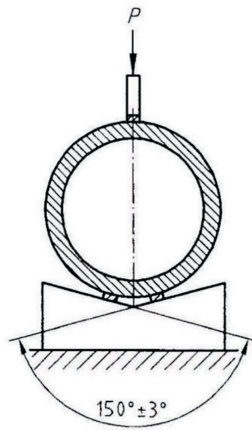
Példák a csóstatika keretében megoldandó feladatok jellemzésére



4. ábra

A földbe fektetett csőre ható terhelés meghatározásához szükséges műszaki ábra

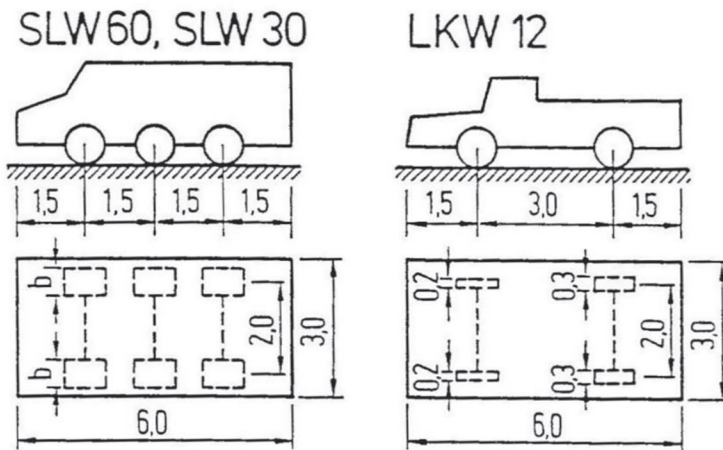
Forrás: a szerző szerkesztése



5. ábra

A beton- és kőagyag csövek teherbírásának vizsgálatához használt műszaki ábra
(Egyértelmű matematikai összefüggést kell adni a kettő között.)

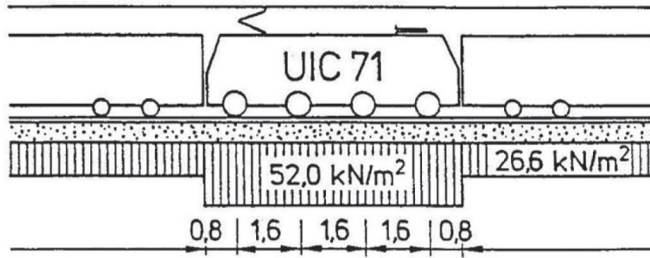
Forrás: a szerző szerkesztése



6. ábra

Magyarország úthálózatának közúti terhelései egyes útkategóriák esetében

Forrás: a szerző szerkesztése



7. ábra

Magyarország vasúthálózatának vasúti terhelése a különböző vasútvonalak esetében

Forrás: a szerző szerkesztése

Összefoglalás, zárszó

Jelen konferencia egyik fő feladata, hogy javaslatokat fogalmazzon meg a törvényhozás felé, egyrészt a települési vízgazdálkodásnak az állami közigazgatás rendszerében való elhelyezése tekintetében, másrészt arra vonatkozóan, hogy a szakmai szabályozás, szabványosítás állami költségre elvégzendő közfeladat. Továbbá alkalmazni szükséges azt az uniós joggal is összhangban lévő jogi lehetőséget, hogy jogszabállyal szabványok és szakmai előírások alkalmazása kötelezővé tehető.

Vákát oldal

Hancz Gabriella

A fenntartható csapadécsatornázás várható eredményei Debrecen példáján

Bevezetés

A zöldinfrastruktúra (a továbbiakban: ZI) egy gazdaságos és rugalmas lehetőség a városi csapadékvíz-gazdálkodással kapcsolatos problémák megoldására, és további előnyöket is biztosít. Amíg a csak technikai csapadékvíz-elvezetés megoldásai – csatornázás, szennyvíztisztítás – kizárólagos célja a csapadékvíz elvezetése az épített környezetünkől, a zöldinfrastruktúra a keletkezés helyén biztosítja a lefolyó csapadékvíz tisztítását és mennyiségének csökkentését, ezáltal segít helyreállítani a vízkörforgást (EUROPEAN COMMISSION 2013).

A városokban a diffúz szennyezés legfőbb forrása a burkolt felületekről lefolyó csapadékvíz. Mivel nem tud a keletkezés helyén beszivárogni, a csapadékvíz a felszínen lefolyik, bejut a csatornarendszerbe, majd a felszíni befogadóba. Eközben magával szállítja a légkörből és a gépjárműforgalomból, építkezésből származó sokféle szennyezőanyagot – darabos szemét, baktériumok, nehézfémek, olajszármazékok, erózióval szállított talajszemcsék, vegyszerek. A globális felmelegedés a települési szintű komplex – egymással kölcsönös összefüggésben lévő – vízgazdálkodási problémákat felerősíti. A ZI a talajt és a növényeket alkalmazva részben visszaállítja azokat a természetes folyamatokat, amelyek multifunkcionális szerepük révén hatékonyan segítenek a vízgazdálkodás alapvető problémáinak megoldásában, és más előnyöket is biztosítva egészségesebbé és szebbé teszik a városi környezetet. Ezek a más előnyök úgynevezett ökoszisztéma-szolgáltatások, mint például a városi ökoszisztéma fenntartása és gazdagítása, a városi hőszigetjelenség csökkentése; a zaj- és levegőszennyezés csökkentése; a városi mikroklíma javítása stb.

A koncepció kis eltérésekkel más megközelítésekben és nevekkkel is ismertté vált: vízerzékeny várostervezés (*Water-Sensitive Urban Design*), kis hatású fejlesztés (*Low-Impact Development*), a záporkezelés legjobb gyakorlata (*Stormwater Best Management Practices*) vagy fenntartható csatornarendszerek (*Sustainable Urban Drainage Systems*). A városi vízgazdálkodás szempontjából mindegyiknek elsődleges funkciója a víz tározása, beszivároztatása, tisztítása (BUZÁS 2015; HANCZ 2016; BUZÁS–BÍRÓ 2016), ezáltal egyszerre több – az alábbiakban felsorolt – problémára nyújt fenntartható, rugalmas megoldást:

- csatornák túlterheltsége, ami kiöntésekhez vezethet,
- a szennyvíztelepek hidraulikai és szennyezőanyaggal kapcsolatos túlterheltsége,
- a lefolyó csapadékvizek a felszíni befogadók legfőbb diffúz szennyezőforrásai,

- a városi vízkörforgásba történő beavatkozások növekvő mértéke,
- csökkenő talajvízszintek,
- csökkenő vízkészletek,
- a zöld felületek öntözővízigényének növekedése.

Módszer: a tervezés optimalizált ütemezése

Az imént felsorolt problémák nem rangsorolhatók, ugyanakkor érthető, ha a városok döntéshozói azokat a legégetőbb problémákat veszik előre, amelyek a hétköznapiakban közvetlenül megtapasztalhatók, mint például a csatornák túlterheltsége. A zöldinfrastruktúra kialakítását térben és időben ütemezve fogjuk megvalósítani akár spontán, akár egy döntés-előkészítést követően. Az ütemezés tervezése a fenntarthatóságnak is feltétele, hiszen egy meglévő, üzemelő településen nincs lehetőség egy közműrendszer teljes, egy lépésben megvalósuló átalakítására. Egy elhibázott döntés ugyanakkor pénzben és időben is fölösleges hátrányokat eredményez, ami semmissé teheti az eredetileg fenntartható ZI-megoldás várható előnyeit (HANCZ 2016; BUZÁS–BÍRÓ 2016).

A következőkben javaslatot teszek a zöldinfrastruktúra megvalósítására alkalmas terület kiválasztásának sorrendjét segítő szempontokra, és ezeket rangsorolom annak érdekében, hogy azokon a helyeken, részvízgyűjtőkön kezdjük kiépíteni a ZI-hálózatot, ahol a legtöbb előnyt nyújtja majd, vagy ahol a legsürgősebb. Az egyes kiválasztott helyszíneken már úgynevezett tervezési szempontokat kell majd figyelembe venni annak érdekében, hogy a legtöbb előnyt biztosító zöldinfrastruktúra-elemet válasszuk ki (lásd 1. ábra).



1. ábra

Javasolt döntés-előkészítési folyamat

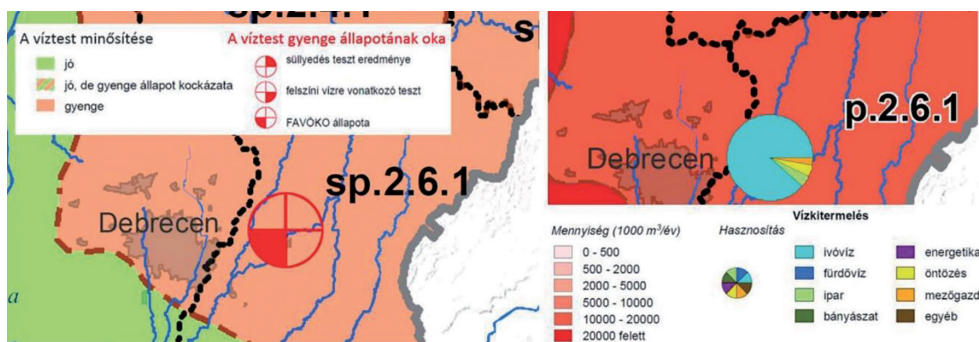
Forrás: saját szerkesztés

A zöldinfrastruktúra megvalósítására alkalmas terület kiválasztásának sorrendjét segítő szempontok

Ezeket a szempontokat a csapadékvízgyűjtő terület megválasztásakor alkalmazzuk. A javasolt sorrendben ismertetett szempontoknak megfelelően kapcsolódnak be a területek, ahol megvalósulnak a ZI-elemek (lásd 1. ábra). Csak azokat a szempontokat ismertettem részletesen, amelyeket Debrecen esetében elsődlegesnek tartok.

Vízbázisvédelmi terület (mennyiségi védelem)

A vizsgált terület sérülékeny víz bázisvédelmi területen helyezkedik el. A víz bázisvédelmi területeken a minőség védelme mellett a készletek mennyiségi védelme és fejlesztése is fontos. A felszín alatti vízkészletek természetes visszapótlódása a burkolt felületek miatt (indirekt vízkivétel) akadályozott, és a direkt vízkivétellel (kitermelés) együtt ez a készletek csökkenését eredményezi. Az OVG2 adatbázisa szerint a p.2.6.1. sérülékeny, porózus víztestből évente 10-20 millió m³ vizet termelünk ki kb. 80%-ban ivóvízellátás céljára (vízgyűjtő-gazdálkodási terv 2016, lásd 2. ábra). Ebből a debreceni ivóvíztermelés napi 40 500 m³, ami évente 2,14 millió m³. A tetőkről összegyűjthető csapadékvizet le kell választani a csatornáról, és elszikkasztani a felszín alatti rétegekbe.



2. ábra

A Debrecen alatt elhelyezkedő sekély, porózus víztest mennyiségi állapota

Forrás: Vízyűjtő-gazdálkodási terv 2016

Víz bázisvédelmi terület (minőségi védelem)

Ha a vizsgált terület sérülékeny víz bázis védőterületén helyezkedik el, a szennyezés megelőzése kiemelt szempont. Mivel a sérülékeny vízkészletek elszennyeződése a tervezés léptékét tekintve vissza nem fordítható folyamat, ezért a megelőzés az elsődleges környezeti stratégia, amíg ez opció. A víz bázisvédelmi területek határai már ismertek. Erre komoly erőforrásokat vettünk igénybe éppen annak érdekében, hogy a megelőzésre kijelölt terület

ismert legyen. Nem lebomló szennyezések csak ezeken a területeken kívül kockáztathatók. A vízbázisvédelmi területen belül a felszínre jutó, nem lebomló szennyezőanyagok elérhetik a felszín alatti vízkészleteinket. Emiatt ezt a szempontot elsődlegesnek kell tekinteni. A dunai vízgyűjtő magyarországi részére elkészült második vízgyűjtő-gazdálkodási terv (2016) szerint a debreceni üzemelő vízbázisok közül kettő sérülékeny, ami azt jelenti, hogy 50 éven belül elérhetik a felszínről a nem lebomló szennyezőanyagok. Ugyanezen terv a települések lefolyó csapadékvizét nevezi meg a diffúz szennyezők egyik legfontosabb forrásaként.

Nitrátérzékeny terület minden üzemelő és távlati ivóvízbázis, ásvány- és gyógyvíz-hasznosítást szolgáló vízkivétel külön jogszabály szerint kijelölt vagy lehatárolt védőterülete. Ezzel összhangban a 49/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 2. számú melléklete felsorolja a nitrátérzékeny területen lévő magyarországi településeket. Debrecen teljes belterülete nitrátérzékeny terület.

Debrecen üzemelő vízbázisának védelmi területén meg kell akadályozni az útról lefolyó csapadékvíz direkt beszivárgását. A csapadékvizek szennyezettségét nem kell vizsgálatokkal bizonyítani, mert kiterjedt szakirodalom támasztja alá, és a vízgyűjtő-gazdálkodási terv is tényként kezeli (Buzás 2015; *Vízgyűjtő-gazdálkodási terv* 2016). Haváriák esetén ugyanezen az útvonalon koncentráltan is elérhetik a visszafordíthatatlan vízminőségromlást okozó szennyezések a védelmet igénylő vízkészleteket. A szennyezett felületekről lefolyó csapadékvizet tisztítani kell erre alkalmas ZI-elemekkel, ezt követően felszíni befogadóba vezethetjük, vagy elszikkaszthatjuk a talajvízbe.

További szempontok:

- nitrátérzékeny területek – a 49/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 2. sz. melléklete
- OVGT-intézkedések
- a mértékadó talajvízszint
- a zöldfelület hiánya
- a beépíthetőség felső határa, telkek zöld felülete
- a Nagyerdő vízgyűjtője
- rozsdaterületek
- új fejlesztések

A megfelelő zöldinfrastruktúra-elem kiválasztásának szempontjai

Miután eldöntöttük, milyen sorrendben vonjuk be a területeket a zöldinfrastruktúrával történő ellátásba, minden egyes helyszínen meg kell határozni a leghatékonyabb megvalósítható megoldást. A tanulmányban példaképpen ismertetett londoni tervezet az alábbi sorrendben javasolja alkalmazni a csapadékvíz-elvezetés megoldásait adott helyszínen a lehetőségek és ismert problémák figyelembevételével (*London Sustainable Drainage Action Plan* 2016):

1. a csapadékvíz tározása későbbi felhasználás céljából,
2. a beszivárogtatás módszereinek alkalmazása nem agyagos talajokon,
3. a csapadékvizek lefolyásának lassítása a felszínen létesített természetes medrekben,

4. a csapadékvizek lefolyásának lassítása a tartályokba és szigetelt medencékbe történő bevezetéssel,
5. a csapadékvizek direkt bevezetése természetes felszíni befogadóba,
6. a csapadékvizek bevezetése felszíni nyílt árokba vagy felszín alatti csapadékvízgyűjtő csatornába,
7. a csapadékvizek bevezetése zárt csatornarendszerbe.

Számos külföldi tervezési útmutató tartalmazza azokat a paramétereket, amelyeket célszerű figyelembe venni a megfelelő ZI-elem kiválasztása során adott helyszínen:

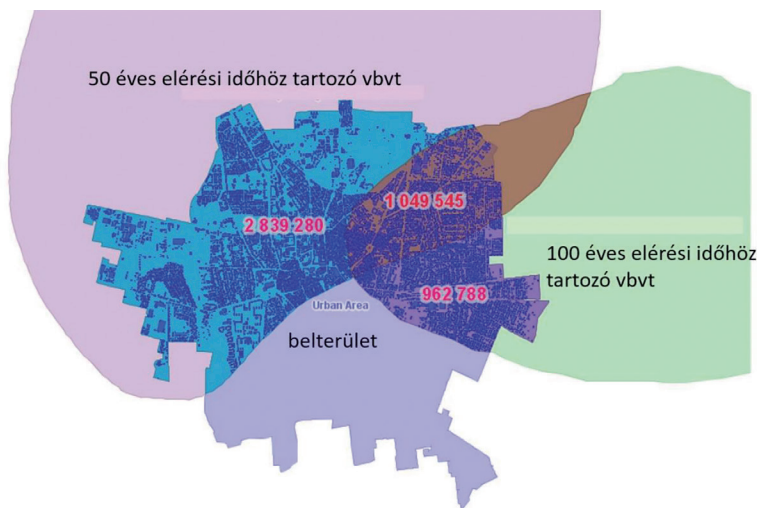
- a talaj és altalaj vízáteresztő képessége,
- a felszíni befogadó közelsége/elérhetősége,
- csapadékelvezető rendszer megléte,
- zöldfelület elérhetősége (közelsége),
- van-e szabad közterület,
- a mértékadó talajvízszint,
- esésviszonyok,
- zöldfelület megléte,
- parkolók.

Lehetséges forgatókönyvek várható eredménye Debrecen példáján

Debrecen esetében a vízbázisvédelem mennyiségi szempontját tartom legfontosabb szempontnak. Számszerűsíttem, hogy mennyi vizet lehetséges visszapótolni a megcsapolt vízbázisba. A 3. ábrán bemutatom, hogy Debrecen belterületén hol helyezkedik el az 50 és a 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázisvédelmi terület. Térinformatikai módszer (OpenJUMP) alkalmazásával meghatároztam a három terület metszetében számításba vehető összes épület tetőfelületét. Ismertetem a különböző forgatókönyvek szerint összegyűjthető vízmennyiségek becsült mennyiségét. Debrecen átlagos havi csapadékösszege az országos meteorológiai szolgálat adatai alapján: 540 mm (1. táblázat).

1. *forgatókönyv*: először az 50 éves elérési időhöz tartozó vízbázisvédelmi területen minden tetőfelületről összegyűjtjük beszivárogtatás céljából az esővizet. Ennek mennyisége évente:
 $3\,967\,638\text{ m}^2 \times 540\text{ mm} = 2,14\text{ millió m}^3$
2. *forgatókönyv*: az épületek tetőfelületének egy részéről már saját telken elszikkasztják a lakók/üzemeltetők a csapadékvizet. Ezt úgy vesszük figyelembe, hogy az 1. forgatókönyv szerint kapott vízmennyiség felével számolunk. Ennek mennyisége $0,5 \times 3\,967\,638\text{ m}^2 \times 540\text{ mm} = 1,07\text{ millió m}^3/\text{év}$
3. *forgatókönyv*: az OMSZ elemzése alapján Debrecenben az éves csapadékösszeg %-os változása 1960 és 2009 között plusz huszonöt százalék. Ezt figyelembe véve az 1. forgatókönyv variációja:
 $3\,967\,638\text{ m}^2 \times 540\text{ mm} \times 1,25 = 2,68\text{ millió m}^3/\text{év}$
4. *forgatókönyv*: a 2. forgatókönyv variációja megnövekedett csapadékmennyiségre:
 $0,5 \times 3\,967\,638\text{ m}^2 \times 1,25 \times 540\text{ mm} = 1,34\text{ millió m}^3/\text{év}$

5. *forgatókönyv*: második ütemben a 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázisvédelmi területről is összegyűjtjük a csapadékvizet beszivárogtatás céljából. Az 50 és 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázisvédelmi területen minden tetőfelületről összegyűjtjük beszivárogtatás céljából az esővizet. Ennek mennyisége évente:
 $4\,851\,613\text{ m}^2 \times 540\text{ mm} = 2,62\text{ millió m}^3$
6. *forgatókönyv*: az épületek tetőfelületének egy részéről már saját telken elszikkasztják a lakók/üzemeltetők a csapadékvizet. Ezt úgy vesszük figyelembe, hogy az 5. *forgatókönyv* szerint kapott vízmennyiség felével számolunk:
 $0,5 \times 4\,851\,613\text{ m}^2 \times 540\text{ mm} = 1,31\text{ millió m}^3/\text{év}$
7. *forgatókönyv*: az OMSZ elemzése alapján Debrecenben az éves csapadékösszeg %-os változása 1960 és 2009 között plusz huszonöt százalék. Ezt figyelembe véve az 5. *forgatókönyv* variációja:
 $4\,851\,613\text{ m}^2 \times 1,25 \times 540\text{ mm} = 3,27\text{ millió m}^3/\text{év}$
8. *forgatókönyv*: az OMSZ elemzése alapján Debrecenben az éves csapadékösszeg %-os változása 1960 és 2009 között plusz huszonöt százalék. Ezt figyelembe véve a 6. *forgatókönyv* variációja:
 $0,5 \times 4\,851\,613\text{ m}^2 \times 1,25 \times 540\text{ mm} = 1,63\text{ millió m}^3/\text{év}$
9. *forgatókönyv*: feltételezünk egy olyan *forgatókönyvet*, amelyben – változatlan ivóvízfogyasztást feltételezve – a tisztított szennyvizet is elszikkasztjuk a vízbázisvédelmi területeken lévő épületek tetőiről a 6. *forgatókönyv* szerint beszivárogtatott mennyiségeken kívül. Ekkor már pozitív lehet az éves vízmérleg (azaz kevesebb vizet veszünk ki, mint amennyit visszapótolunk). Az éves vízkivétel mennyisége:
 $40\,500\text{ m}^3/\text{nap} \times 365\text{ nap} = 14\,782\,500\text{ m}^3 = 14,78\text{ millió m}^3$
 $1,31 + 14,78 = 16,09\text{ millió m}^3/\text{év}$



3. ábra

Debrecen belterülete, az 50 és a 100 éves elérési időhöz tartozó vízbázisvédelmi terület, térinformatikai módszerrel meghatározott összes tetőfelület

Forrás: saját szerkesztés (OpenJUMP révén)

1. táblázat

Az egyes forgatókönyvekhez tartozó számítások eredményei

Forgatókönyv	Rövid leírás (részletesen a szövegben)	A begyűjtött, tiszta víz tömege, amelyet beszivárogtathatunk [millió m ³ /év]	Az éves vízkivétel hány százaléka pótlódik? /14,78 × 100
1.	minden tető; 50 éves vbvt.	2,14	14,5
2.	minden tető fele; 50 éves vbvt.	1,07	7,2
3.	1 és növekvő csapadék	2,68	18,1
4.	2 és növekvő csapadék	1,34	9,1
5.	1 és minden tető; 100 éves vbvt.	2,18	14,7
6.	2 és minden tető fele; 100 éves vbvt.	1,09	7,4
7.	5 és növekvő csapadék	3,27	22,1
8.	6 és növekvő csapadék	1,63	11
9.	6 és a tisztított szennyvíz beszivárogtatása	16,09	108,9

Forrás: saját szerkesztés

Összegzés

A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodás legjobb gyakorlata a zöldinfrastruktúra és elemei. Ahhoz, hogy a legtöbb előnyét kihasználhassuk, a városi szintű megvalósítás ütemezését meg kell tervezni. Kiszámítottam a Debrecen példáján kidolgozott első ütem különböző forgatókönyvek esetében várható eredményét. A vízbázisvédelmi területeken a tetőfelületekről összegyűjtött csapadékvíz beszivárogtatásával legfeljebb egynegyedét tudjuk visszapótolni az évente kivett víznek.

Javaslatok

A szempontokra vonatkozó javaslatok

Egyes szempontok vizsgálata adatgyűjtéssel jár. Össze kell gyűjteni a nyilvánosan elérhető adatok alapján vizsgálhatókat és nem vizsgálhatókat. A megvalósítás sürgősségét figyelembe véve meg kell kezdeni az adatgyűjtést a nyilvánosan elérhető adatok alapján nem vizsgálható szempontokhoz. Meg kell tudni a Smart City működése keretében és módszereivel összegyűjthető és feldolgozható adatokat. Meg kell vizsgálni, hogy a nyilvánosan elérhető adatok alapján nem vizsgálható szempontok közül bármelyik kizárható-e a vizsgálatból. Csak akkor zárható ki, ha ez a megvalósult ZI fenntarthatóságát alátámasztott módon nem kockáztatja.

A tervezés előkészítésére vonatkozó javaslatok

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodást rugalmas, jól előkészített stratégiával igyekeznek megvalósítani azok a városok, amelyek a ZI-t az infrastruktúrájukba beépítették. Mivel meglévő infrastruktúrákkal és a klímaváltozásban rejlő bizonytalan feltételekkel kell hosszú távra tervezni, a döntés-előkészítés jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni.

A projekt előkészítésére vonatkozó javaslatok

Ki kell dolgozni egy visszacsatolásokkal és elágazásokkal ellátott, általánosan alkalmazható folyamatábrát, amelyet hatékony segédletként lehet alkalmazni a ZI-tervezés kezdetén annak érdekében, hogy a szempontok a megfelelő sorrendben és súllyal épüljenek be a döntéshozatal folyamatába, optimalizálva ezzel az adottságok, lehetőségek, kizáró okok és elsőbbséget élvező szempontok komplex rendszerét. Ennek hiányában véletlenszerű, spontán döntésekre épülő tervek szülehetnek, amelyek fenntarthatósága előre nem látható és semmiképpen sem garantálható.

Felhasznált irodalom

- BUZÁS K. (2015): *Települési csapadékvíz-gazdálkodási útmutató. A jó gyakorlat*. Elérhető: www.kornyezetvedok.hu/vgt/vgt2/orszagos/8_6_melleklet_telepulesi_csapadekviz_gazdalkodas_utmutato.pdf?picture=pic2 (A letöltés dátuma: 2017. 09. 29.)
- EUROPEAN COMMISSION (2013): *Synthesis Document No. 2. Biophysical Impacts and Effectiveness of Natural Water Retention Measures, and their Contribution to Policy Objectives*. Elérhető: http://nwrn.eu/sites/default/files/sd2_final_version.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 09. 29.)
- HANCZ G. (2016): A zöld infrastruktúra alkalmazásának lehetséges szerepe Debrecen fenntartható vízgazdálkodásában. *Debreceni Szemle*, 4. évf. 24. sz. 411–419.
- HANCZ G. – BÍRÓ J. (2016): The Potential Role of Urban Green Infrastructure in Sustainable Municipal Water Supply Management in a Hungarian Town. *Ecology & Safety*, Vol. 10. 409–417.
- London Sustainable Drainage Action Plan* (2015). Draft for public consultation. Greater London Authority, October 2015.
- Vízgyűjtő-gazdálkodási terv. A Duna-vízgyűjtő magyarországi része* (2016).

IV. rész

A csapadékvíz-gazdálkodás katasztrófavédelmi aspektusai témakörében elhangzott előadások publikációi

Vákát oldal

Közép-Tisza-vidéki települések belvív-veszélyeztetettségének értékelése

Bevezetés

A belvízi veszélyhelyzet a külső természeti tényezők és mesterséges viszonyok folyamatos időbeni változása miatt ugyanazon adottságokkal rendelkező terület esetében sem állandó. A korábban belvízmentesnek hitt települések, védelmi szakaszok a folyamatos extrém csapadékok hatására kerülhetnek komolyabb védelmi szituációba, viszont átfogó belterületi fejlesztés feltűnő javulást eredményezhet a hatékony vízkárelhárítás terén. Így sokféle adat folyamatos értékelése nyújthat csak megfelelő információt a döntések előkészítéséhez.

A veszélyhelyzet-értékeléshez szükséges adatok azonban ritkán állnak rendelkezésre azonnal és megfelelő pontossággal, begyűjtésük különösen nehézkes védelmi időszakban a lecsökkent számú és megfelelő szakértelemmel rendelkező védekező létszám miatt. A jelenlegi helyzetben az adatelemző munka egyre inkább háttérbe szorul, így az elvárt gyors és pontos értékelés nehéz, alkalmazható módszer nem áll rendelkezésre.

A települések esetében az ár- és belvív-veszélyeztetettségi besorolásokkal a 18/2003. KvVM-BM rendelet foglalkozik. A három minősítő kategória (A, B, C) és a kategorizálás elveinek meghatározása nem belvív-veszélyeztetettségi alapon történt, így a rendelet előírt rendszeres felülvizsgálata során (elkülönítve a belvizet) javaslatunkat saját értékelés alapján adjuk meg.

A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet 2. sz. melléklete alapján a Megyei Védelmi Bizottságok elkészítik a települések katasztrófavédelmi besorolását, aminek része az ár- és belvízi veszélyeztető hatások értékelése. Az értékelés szempontjait a Vízügyi Igazgatóság részére tett javaslatunkhoz mellékelt tanulmány eredményeit felhasználva adjuk meg.

Alkalmazzuk a veszélyeztetettség értékelésére a Pálfi Imre által az Alföldre készített térképeket is, amelyek azonban nem a települések minősítésére készültek.

A veszélyhelyzet vizsgálatának védelmi időszaki gyors elemzése érdekében a KÖTIVIZIG-nél a 2010. decemberi védekezés során került kidolgozásra a dolgozatban vázolt eljárás a településekre vonatkozóan, mivel a veszély itt a legnagyobb.

Ezt követően elkészítettük a belvízvédelmi szakaszokra egyaránt, itt is hasonló értékelést alkalmazva, de számos egyéb körülményt is figyelembe véve.

Belvízi veszélyeztetettség értékelési rendszere

Települések értékelése belvízvédelmi időszakban

A módszer az aktuális szituáció veszélyszintjét igyekszik meghatározni.

A vizsgálat abból indul ki, hogy a veszélyeztetettség mértékét a természeti tényezőkön (például talajvízhelyzet), az emberi hatásokon (kiépített csapadékvíz-elvezető rendszerek), a védekezéskor a védelmi tevékenység intenzitásán (védelmi fokozat, munkavégzés) keresztül határozza meg.

Az elemzésbe beépítésre került továbbá az Alföldre kidolgozott Pálfi Imre-féle értékelés, mivel egy kidolgozott veszélytérképre szükség van abban az esetben is, ha a lépték nagy.

A települési belvíz-veszélyeztetettség értékelése belvízvédelmi időszakban az alábbi jellemzők időbeni alakulásának *pontozásával* történik heti aktualizálással:

1. Területi belvíz-veszélyeztetettség (Pálfi-féle veszélyeztetettségi térkép alapján)
Nem veszélyeztetett: 0 pont.
Mérsékelten: 1 pont.
Közepesen: 2 pont.
Erősen: 3 pont.
2. Érvényes önkormányzati belvízvédelmi fokozatok:
Nincs fokozat: 0 pont.
I. fok: 2 pont.
II. fok: 4 pont.
III. fok: 5 pont.
3. Belterületi vízrendezés kiépítettsége:
67–100 %-os kiépítettségű: 1 pont.
34–66 %-os kiépítettségű: 2 pont.
0–33 %-os kiépítettségű: 3 pont.
4. Befogadók állapota:
Vízjogi engedély szerinti állapot: 0 pont.
67–99 %-os becsült vízszállító képességű: 1 pont.
34–66 %-os becsült vízszállító képességű: 3 pont.
0–33 %-os becsült vízszállító képességű: 5 pont.
5. Belterületi elöntés mértéke:
Nincs: 0 pont.
Ingatlanokat nem veszélyeztető, nem jelentős elöntés: 1 pont.
Ingatlanokat veszélyeztető, nem jelentős elöntés: 2 pont.
Lakóingatlant érintő, jelentős elöntés: 3 pont.

6. Talajvíz helyzete:

A talajvízszint terep alatt legalább 1,50 m-re található: 0 pont.

A talajvízszint terep alatt 1,00–1,50 m-re található: 1 pont.

A talajvízszint terep alatt 0,50–1,00 m-re található: 2 pont.

A talajvízszint 0–0,50 m-re található: 3 pont.

7. Fakadóvíz-, szivárgóvíz-veszélyeztetettség:

Szivárgó- vagy fakadóvíz ingatlanokat nem veszélyeztet: 0 pont.

Szivárgó- vagy fakadóvíz ingatlanokat mérsékelten veszélyeztet: 1 pont.

Szivárgó- vagy fakadóvíz ingatlanokat közepesen veszélyeztet: 2 pont.

Szivárgó- vagy fakadóvíz ingatlanokat erősen veszélyeztet: 3 pont.

8. Belterületi belvízelvezetés érdekében végzett munkák:

Nincs munkavégzés: 0 pont.

Átereszt-, csatornatisztítás: 1 pont.

Szivattyúzás: 2 pont.

Szivattyúzás és átereszt-, csatornatisztítás: 3 pont.

Értékelés:

A pontszámok összesítését követően az értékelés az alkalmazott négyfokozatú szinteket megtartva:

Erősen veszélyeztetett: 16–27 pont;

Közepesen veszélyeztetett: 11–15 pont;

Mérsékelten veszélyeztetett: 6–10 pont;

Nem veszélyeztetett: 0–5 pont.

- területi belvív-veszélyeztetettség (Pálfai-féle veszélyeztetettségi kategóriák),
- belterületi vízrendezés kiépítettsége,
- befogadók állapota,
- belterületi elöntés megjelenése az elmúlt védekezési időszakban,
- fakadóvíz-, szivárgóvíz-veszélyeztetettség.

A pontozás a fenti elemekre a *Települések értékelése belvízvédelmi időszakban* alponban meghatározottak szerint történik. Az aktuális belterületi vízborítás helyett az elmúlt védekezési időszakban észlelt belterületi elöntést szükséges figyelembe venni.

Értékelés:

- Erősen veszélyeztetett: > 8 pont,
- Közepesen veszélyeztetett: 6–7 pont,
- Mérsékelten veszélyeztetett: 4–5 pont,
- Nem veszélyeztetett: < 4 pont.

Az értékelés évente, az őszi felülvizsgálatokat követően történik.

Összefoglalás, értékelés

1. A veszélyeztetettség a területi adottságoknak, emberi és környezeti tényezőknek, védekezési tapasztalatoknak megfelelő képet mutat az egyes eljárások tekintetében.
2. A rendelkezésre álló adatokkal, azok gyors pontosításával elvégezhető az értékelés.
3. Védekezési időszakban az elrendelt védelmi fokozatok önmagukban nem nyújtanak elégséges információt a tényleges veszélyeztetettség megítéléséhez. Önkormányzatok esetében az elrendelési szint polgármesteri döntéstől függ.
4. A tanulmányban bemutatott eljárások nem tekinthetők véglegesnek, hiszen a fejlesztés alatt lévő belvízi veszélytérképek, kockázati térképek is felhasználhatók majd az elemzés pontosítására. Továbbá az új szempontok figyelembevétele, illetve a régiók finomítása is fejlesztheti a módszereket:
 - Részletesebb elöntési térképek elemzése.
 - Az elvezető rendszerek hatásának pontosabb figyelembevétele.
 - Több mérési adat (akár az önkormányzatok részéről).
5. Részletesebb települési adatokkal településrészek veszélyeztetettségi lehatárolása is megtörténhetne az önkormányzatok fokozott bevonásával.

Ennek érdekében egységes és részletes felülvizsgálati rendszer kidolgozása szükséges, ami vízügyi mintára készül, de érinti az élet- és vagyónvédelmi szempontokat egyaránt.

Irodalomjegyzék

LOVAS Attila – BÉKÉSI István – SÓLYOM Péter (s. a.): *Települések és belvízvédelmi szakaszok belvíz-veszélyeztetettségének értékelése a Közép-Tisza vidékén*. MHT-dolgozat.

Vákát oldal

Jackovics Péter

Kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési és helyreállítási feladatok a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterülete elmúlt ötéves tevékenységének tükrében

Magyarországot 2010-ben két nagy erejű katasztrófa rázta meg. Az egyik természeti, a másik civilizációs eredetű volt. Mint tudjuk, a természeti katasztrófák esetében sokszor csupán megelőző tevékenységet végezhetünk, a katasztrófa maga előre nem látható. A civilizációs katasztrófák azonban minden esetben emberi tényezőkön is múlnak. Ujjal mutogatás helyett a „katasztrófavédelmis” feladata egy ilyen helyzetben is a cselekvés, akár éles bevetés során, akár jogalkotás formájában.

A történelmi léptékű árvíz során Borsod-Abaúj-Zemplén megyében 256 településen volt szükség ár-, illetve belvíz elleni védekezésre, valamint helyi vízkárelhárításra, és közel 100 ezer ember biztonságát veszélyeztették a megáradt patakok, folyók. Bár a védekezés folyamán sorozatosan működési zavarok jelentkeztek mind a logisztika, az együttműködés, mind a védelmi igazgatás terén, az árvíz nem követelt emberéletet, bár súlyos pusztítást végzett. Nem e tanulmány célja azt a számtalan javító szándékú következtetést felsorolni, sem a mérhetetlen munkát részletezni, amely a borsodi katasztrófa kezeléséhez szükségeltetett, ám az esemény ismét élesen rávilágított arra, hogy a katasztrófák elleni védekezés nemzeti ügy, s mint ilyen, széles körű társadalmi összefogást igényel. Utóbbi szükséges hangsúlyozni, mivel a tárgyalt esetben a „nem kellő hozzáállás eredményeként a védekezésben sem vett részt mindenki, a megoldást kívülállónként szemlélve másoktól várták” (LIPTÁK–TÓTH 2011).

A nyári árvízből, az egész országot érintő, pontosabban igénybe vevő helyreállítási tevékenységből még csak fel sem ocsúdhattunk, amikor 2010 októberében egy világszerre ismeretlen civilizációs katasztrófa következett be hazánkban, a vörösiszap-kiömlés. A vörösiszap-katasztrófa egy magántulajdonú vállalat területéről indult ki. A gátszakadás következtében Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely településekre 1 644 797 m³ vörösiszap és lúgos víz elegye ömlött döbbenetes pusztítást okozva; 10 ember életét veszítette, százak sérültek meg és váltak otthontalanná (HOFFMANN–MUKICS 2011).

A fennálló rendszer javítása és fejlesztése érdekében szükségessé vált egy új koncepció kialakítása, amely egységes szemlélettel szabályozza a természeti és civilizációs katasztrófákat. Ez a 2012. január 1-jével hatályba lépett, a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló CXXVIII. törvényben (a továbbiakban: Kat.) manifesztálódott. A törvényalkotást követően létrehozott szabályozók, a katasztrófavédelem

állományának új felépítése, a szakmai tevékenység célzott átalakítása, mind-mind egy lépéssel közelebb vittek egy új, a megelőzést kiemelt fontosságú tevékenységeként szem előtt tartó katasztrófavédelmi rendszer felé.

E rendszer elemeként alakult újjá a veszélyhelyzet-kezelési szakterület is, amely az állampolgárok önvédelmi képességének tudatos fejlesztését, a felkészült, szakmai irányelveknek megfelelő, speciális képességekkel is bíró egységek létrehozását, a helyi szintű, lehetőleg gyorsabb reagálást, a beavatkozó erők önmegtöbbszörözési képességét és a szükséges és megfelelő eszközökkel való felszerelést tűzte ki zászlajára. Nem túlzás talán azt állítani, hogy jelen sorok írója, mint a katasztrófavédelem veszélyhelyzet-kezelési szakterületének vezetője, ennek a folyamatnak egyik leghitelesebb krónikása s forrása egyben.

A veszélyhelyzet-kezelés a *megelőző* tervezésen alapszik. A hivatásos katasztrófavédelmi szervek a veszélyhelyzetek kezelése érdekében a valós veszélyeztetettségeknek megfelelően katasztrófavédelmi osztályba (I–III.) sorolták Magyarország valamennyi települését, amelynek felülvizsgálata folyamatos. A különböző hazai veszélyeztető tényezők kockázatainak azonosítása és elemzése útján egységes rendszerbe ágyazott veszélyelhárítási terveket hoztak létre, amelyek a katasztrófatípusok esetén szükséges teendőket, katasztrófavédelmi feladatokat és intézkedéseket a szükséges személyi, anyagi és technikai eszközök hozzárendelésével tartalmazzák.

A kárelhárítási, veszélyhelyzet-kezelési tevékenység tervezése azonban minden esetben az adott katasztrófatípustól függ. Míg az ENSZ ügynevezett INSARAG (Városi Kutató és Mentő Tanácsadó Csoport) irányelvei a városi kutatás-mentésben (földrengések, épületkárok, robbanások következményeinek elhárításához) használhatók nemzetközi útmutatóul, addig az elemi csapások, természeti katasztrófák – így az extrém viharos időjárás, a hirtelen lezúduló nagymértékű csapadékvíz – esetében a felkészültség teljesen más irányú kell, hogy legyen. Bizonyos természeti katasztrófák a meteorológiai előrejelzések 48 órás időtávon kívüli esetlegessége miatt nem jelezhetők előre. További bizonytalansági tényező a globális időjárás-változás, amely sok esetben felülírja a sokéves statisztikai adatokon alapuló időjárás-trendeket. E tendenciák megfigyelése és a bekövetkezett meteorológiai események alapján feltételezhető, hogy tendenciózus jelleggel a jövőben szükséges felkészülni télen az extrém hideg (jeges árvíznek, a hidegnek kitett villamoshálózat, műszaki berendezések meghibásodása, és a szabadtéri tüzesetek számának növekedése a száraz téli időszak miatt), nyáron a hőség, továbbá az extrém csapadék és szél (műszaki mentések számának növekedése) okozta káresemények bekövetkezésére. Tény, hogy kizárólag a sokéves átlagokra, az elmúlt évek tapasztalataira alapozni tovább nem lehet. Ennek érdekében szükséges a megelőzési tevékenység minél szélesebb körű kiterjesztése, a legrosszabb forgatókönyvre történő felkészülés. A katasztrófavédelmi szervek éves prognózist, valamint minden negyedévre, az évszakoknak megfelelő ciklusokban veszélyhelyzeti feladatterveket és művelési terveket készítenek. A művelési tervekben meghatározott feladatok, előrejelzések az elmúlt évek tapasztalatai alapján az adott kirendeltség területére jellemző specifikumok, földrajzi sajátosságok figyelembevételével kerültek meghatározásra. Számba veszik az adott időszakok feladatait, a bekövetkezett polgári veszélyhelyzetekre való felkészülést, és a szervezési, szabályozási, technikai, készletbeli háttér biztosítását készítik elő. A tárgyi időszakra készített prognózis, valamint tervek alapján tervszerűen sikerül végrehajtani a felkészülést. A rendkívüli időjárás helyzetek pedig a felkészülési tevékenységnek köszönhetően rövid időn belül, megfelelő szinten kezelhetők. Az extrém időjárás jelenségek kezelése érdekében

azonban nem csupán a folyamatos megelőzési tevékenység, de az elmúlt időszakban bekövetkezett váratlan mértékű és intenzitású időjárási jelenségek okozta káresemények tapasztalatainak feldolgozása is fontos, azok beépítése a katasztrófavédelmi feladattervekbe elengedhetetlen. (BM OKF 2017)

A megelőzési tevékenységgel nem kivédhető, előre nem jelezhető katasztrófák során a kárelhárítást, az elsődleges *beavatkozást* a katasztrófavédelem hivatásos állománya végzi. 2012 óta azonban nagy hangsúlyt fektettünk arra, hogy gyors reagálóképességű, nagy helyismerettel rendelkező, speciális ismeretekkel is bíró szervezeteket hozunk létre, amelyek bizonyos katasztrófák vagy speciális események során a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet támogatóan képesek beavatkozni. Ezek a szervezetek az saját elhatározásból jelentkező állampolgárokból szerveződő, civil, ön- és társadalomvédő képességű önkéntes mentőszervezetek. „*Önkéntes mentőszervezet*: különleges kiképzésű személyi állománnyal rendelkező, speciális technikai eszközökkel felszerelt, katasztrófák és veszélyhelyzetek hatásainak kivédésére, felszámolására, katasztrófavédelmi feladatok ellátására, valamint emberi élet mentésére önkéntesen létrehozott civil szerveződés.” (2011. évi CXXXVIII. törvény)

A szervezeti felépítés alapjaként, a meglévő központi polgári védelmi szervezetek mellett, megalakult Magyarország két központi mentőszervezete: a HUNOR Hivatásos Katasztrófavédelmi Mentőszervezet és a HUSZÁR Mentőszervezet. A 2012-ben létrejött, mára 210 főt számláló HUNOR Mentőszervezet Magyarország kormányzati mentőcsapata: egy hivatásos, valamint önkéntes állományból egyaránt felépülő nehéz kutató-mentő mentőszervezet, amelynek tagjai különleges mentési képességekkel bírnak, számos nagy volumenű európai gyakorlaton és éles bevetésen vettek részt, így többek között a nemzetközi segítségnyújtás során 2014-ben, Szerbiában.



1. ábra

Szerbia Obrenovac települése a 2014-es árvíz idején

Forrás: HUNOR Mentőszervezet



2. ábra

Szerbia Obrenovac településén, a 2014-es árvíz idején a HUNOR Mentőszervezet mentés közben

Forrás: HUNOR Mentőszervezet

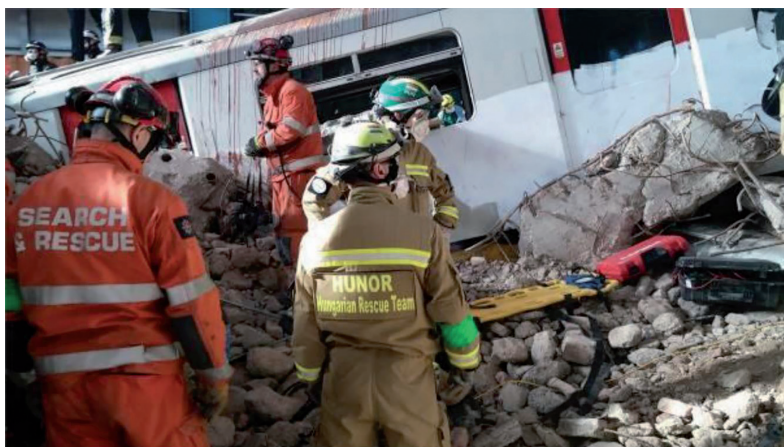


3. ábra

A HUNOR Mentőszervezet életmentő bevetésén Szerbia Obrenovac településén, a 2014-es árvíz idején

Forrás: HUNOR Mentőszervezet

A 210 fős HUNOR Mentőszervezet a világon legmagasabb szintűnek számító, az ENSZ által létrehozott, úgynevezett „nehéz” városi kutató-mentő minősítéssel rendelkezik. Minősítését már két ízben is megvédte, ezt az eredményt eddig az Amerikai Egyesült Államok és Nagy-Britannia után csak Magyarország érte el a világon. A 80 fős HUSZÁR Mentőszervezet szintén hasonló eredménnyel védte meg „közepes” szintű városi kutató-mentő minősítését. Hazánk abban is egyedülálló, hogy két ENSZ által minősített központi rendeltetésű mentőszervezettel bír, amelyek a nemzetközi szabványoknak megfelelően bárhol a világon bevethetők. (JACKOVICS–HERBÁK 2017)



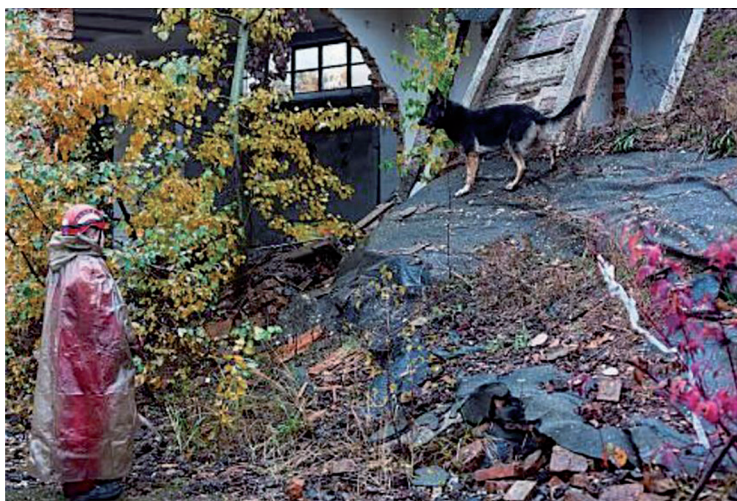
4. ábra

A HUNOR Mentőszervezet a londoni Waterloo metróállomás megépített másában gyakorolja a robbanás utáni mentést

Forrás: BM OKF

A központi szervezeteket követően Magyarország megyei és fővárosa területén jött létre 20 önkéntes, területi szintű mentőszervezet. E szervezetek megalakításukat követően rendszerbeállító, majd minősítő gyakorlat során bizonyították tudásukat, képességeiket. A 20 mentőszervezet mindegyike minősítést szerzett a BM OKF által 2012 elején kidolgozott, a világon egyedülálló Nemzeti Minősítési Rendszerben [6/2013. (X. 31.) BM OKF utasítás], amely garantálja, hogy a katasztrófák elleni védekezésben, a mentésben csak olyan szervezetek vesznek részt, amelyek kellő felkészültséggel bírnak, megfeleltek a feljükk támasztott alapvető szakmai követelményeknek, és együttműködnek a hivatásos katasztrófavédelmi szervekkel. A mentőszervezetek árvízi és vízi mentési képességek szakterületre, alapvető vízkárelhárítási tevékenységre, vezetés-irányítás és logisztikai képesség, mentőkutyás szakterületre, bűvár, kötéltechnikai mentő tevékenységre, városi kutató és mentő (USAR), műszaki mentő képességekre szerezhettek minősítést. A mentőszervezetek a helyi, valós veszélyeztetettség figyelembevételével minősítették magukat a rendszerben. A minősítést ötévente szükséges megújítani, azaz jelenleg is zajlanak a hazai mentőszervezetek újraminősítő gyakorlatai.

Az ország járási rendszerének kialakítását követően a mentőcsoportok rendszerének felépítése is követte e változásokat. 2014 év végéig az ország összes járásában járási mentőcsoportokat hoztunk létre, amelyek szintén megszerezték minősítésüket csakúgy, mint az I. és II. katasztrófavédelmi osztályba sorolt veszélyeztetettségű települések, amelyeken jellemzően alapvető vízkárelhárítási tevékenységre minősített önkéntes mentőcsoportok alakultak meg. A kezdeti, rendkívül alacsony számokhoz képest mára 1300 önkéntes mentőszervezetben 20 ezer főnél is több önkéntes állampolgár tevékenykedik.



5. ábra

Minősítés mentőkutyás tevékenységre

Forrás: Móricz Csaba felvétele

Az önkéntes mentőszervezetek létrejöttének szükségessége pedig számtalan alkalommal bizonyosodott be 2012 óta: a rendszer kiegészíti a hivatásos katasztrófavédelmi erők munkáját, valamint elősegíti a lakosság önkéntes szerepvállalását a katasztrófák elleni védekezés terén. Az elmúlt 5 évben több mint 600 esetben (BM OKF) avatkoztak be ezek a szervezetek árvíz, a Balaton áradása, viharkárok elhárítása, kutatás-mentés, bűvártevékenység, alpinttechnikai mentés vagy eltűnt személyek keresése során. Az önkéntesek létszámának növelésével és technikai felszereltségük fejlesztésével egyaránt a lakosság hatékonyabb védelme a cél. A lakosságban szükséges megerősíteni az önvédelmi képességre való igényt, e rendszer pedig lehetőséget ad az állampolgárnak a személyes közreműködésre. Az önkéntesség megítélése, társadalmi megbecsültsége egyértelműen pozitív, tagjai között igazi, hétköznapi hősök találhatók; a rendszer a társadalmi biztonság civil pillére lehet. Ehhez azonban nem csupán lelkes és felkészült emberi erőforrásra van szükség: a védekezési és mentési feladatok a modern kor kihívásainak megfelelő technikai eszközöket és védőruházatot kívánnak meg. A mentésben részt vevők egyéni képességei mellett speciális eszközökre, felszerelésre is szükség van ahhoz, hogy tevékenységüket eredményesen folytathassák. Jó példa erre az a Somogy megyében történt eset, ahol egy eltűnt asszonyt már 5 napja kerestek eredménytelenül. A Somogy Mentőcsoport tagjai az elsajátított INSARAG-irányelvek felhasználásával, a kutatási feladat szakszerű végrehajtásával, valamint légi felderítés segítségével a helyszínre érkezés után 1 órán belül megtalálták az eltűnt idős hölgyet, aki még életben volt.



6. ábra
Alpintechnikai mentés

Forrás: Móricz Csaba felvétele

2015 óta évi 100 millió Ft értékben ír ki pályázatot a központi költségvetés terhére a BM OKF, amely összegből a mentőszervezetek képzési és technikai feltételeinek következetes, összehangolt fejlesztése szakaszosan történik. A pályázat során elnyert eszközök kiegészítik szakmai tudásukat, és ezzel nemcsak a mentési tevékenységük lehetőségeit növelik, hanem a magyar állampolgárok biztonságát is. (JACKOVICS–HERBÁK 2016)



7. ábra
Önkéntes mentőszervezet nemzeti minősítő gyakorlata

Forrás: Móricz Csaba felvétele

Létrejöttük abból a szempontból is kiemelten fontos, hogy az adott helyszínen élők képesek a leggyorsabban reagálni a veszélyre, továbbá kiemelt helyismerettel rendelkeznek. A kárelhárítás eredményessége pedig a veszélyeztetett településeken a minél gyorsabb reagálással és a jó helyismerettel jelentősen növelhető. A kárelhárítás során gyors és hatékony intézkedéseket kell hozni a közvetlen, majd a közvetett életveszély elhárítására, az újabb élet- és balesetveszély bekövetkeztének megelőzésére (lakosság és hivatásos állomány egyaránt), szükséges esetben főként a kiemelkedő értékű és lehetőség szerint az egyéb anyagi javak megóvására, a kár növekedésének megakadályozására, a környezet megóvására. A kárelhárítás folyamatába tehát nem csupán a hivatásos katasztrófavédelmi szervek, de az önkéntes mentőszervezetek, az önkéntes tűzoltó egyesületek, valamint Magyarország központi mentőszervezetei, a HUNOR és HUSZÁR mentőszervezetek is bevonhatók.

A veszélyhelyzet-kezelés fő – részben klasszikus, részben a modern kornak megfelelő – feladatai: irányítás, vezetés, együttműködés a társszervekkel, a közszolgáltatókkal és a civilekkel; elsődleges beavatkozók, együttműködők riasztása; az erők, eszközök biztosításának tervezése; riasztás, figyelmeztetés, lakosságtájékoztatás, kommunikáció a médián keresztül; kitelepítés, kimenekítés, befogadóhelyeken történő elhelyezés; létfenntartáshoz szükséges anyagi javak védelme, kulturális javak védelme; polgári védelmi szervezetek, önkéntes mentőszervezetek riasztása, alkalmazása; mentési tevékenység, mentésítés; áldozatokkal kapcsolatos tevékenység, logisztikai rendszer működtetése – egy rendkívül összetett, komplex feladatrendszer.

A veszélyhelyzet elmúltával a szükséges *helyreállítási* tevékenységben részt vevők körét többek között a károk mértéke, az érintett lakosság létszáma, az érintett térség gazdasági, szociális helyzete határozza meg. Különösen súlyos katasztrófák esetén az állampolgári aktivitás, a társadalmi összefogás megnő, a helyreállításban pedig alapvetően is nagymértékben a katasztrófavédelemmel együttműködő karitatív szervezetek vesznek részt, tekintettel arra, hogy a vis maior helyzetekben a jogi szabályozásnak megfelelően az önkormányzatok, valamint a kistérségi társulások igényelhetnek védekezési többletkiadást, a civil lakosság nem [9/2011. (II. 15.) Korm. rendelet]. A Kormány önként vállalt kötelezettségvállalás keretében dönthet úgy, hogy költségvetési támogatást nyújt a kialakult károk enyhítésére, mint ezt a vörösiszap-katasztrófa idején is tette. Az elmúlt évek rendkívüli időjárása következtében kialakult viharkárok, ár- és belvizek azonban az ország csaknem egész területén pusztítottak kisebb-nagyobb mértékben, amely során az állam, az önkormányzatok és az egyének tulajdona egyaránt sérült. A lakhatás elemi feltételeinek megteremtése – visszaállítása – gyakran meghaladja a károsultak és a települési önkormányzatok lehetőségeit. A bekövetkező károk mértékének csökkentése érdekében megoldást az Európai Unióban is bevált módszerek (biztosítottág, az épületek és a lakókörnyezet folyamatos karbantartása), tehát az öngondoskodás különböző formáinak minél szélesebb körű alkalmazása jelenthet (katasztrófavédelem.hu), mint ahogy az önvédelmi képesség kialakítása a veszélyhelyzet-kezelés bármely fázisában kiemelt fontosságú.

Irodalomjegyzék

- 9/2011. (II. 15.) Korm. rendelet a vis maior támogatás felhasználásának részletes szabályairól.
- 6/2013. (X. 31.) BM OKF utasítás a Nemzeti Minősítési Rendszer alapkövetelményeiről.
2011. évi CXXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- A katasztrófavédelem központi honlapja: www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=helyreal-litas_feladatrendszer (A letöltés időpontja: 2017. 10. 03.)
- A BM OKF napi jelentései alapján összeállított hivatalos statisztikák.
- BM OKF (2017): *A katasztrófavédelem éves országos veszélyhelyzeti prognózisának éves országos bevéálás-vizsgálata, 2017. szeptember*. Budapest, BM OKF.
- HOFFMANN I. – MUKICS D. (2011): A vörösiszap katasztrófát követő helyreállítás. *Polgári Védelmi Szemle*, 7. évf. 1. sz. 37–51.
- JACKOVICS P. – HERBÁK D. (2016): Erős vár – sikeresek az önkéntes mentőszervezetek. *Védelem – Katasztrófavédelmi Szemle*, 24. évf. 3. sz. 23–25.
- JACKOVICS P. – HERBÁK D. (2017): Magyarország mentőszervezete: a HUNOR. *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 2. évf. 1. sz. 245–262. Elérhető: www.vedelemtudomany.hu/articles/18-jackovics-herbak.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 10. 03.)
- LIPTÁK A. – TÓTH D. (2011): Történelmi kihívások, történelmi tapasztalatok – 2010. A vizek kártételének éve Borsod-Abaúj-Zemplénben. *Polgári Védelmi Szemle*, 7. évf. 1. sz. 67–88.
- PAVLOVIĆ, M. szerk. (2014): *Klímaadaptációs és Kockázatértékelési Kézikönyv a Duna makrorégióra*. Budapest, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: www.rsoe.hu/projectfiles/seeriskOther/download/klimaadaptacios_kezikonyv_print.pdf (A letöltés időpontja: 2018. 03. 24.)

Vákát oldal

Hábermayer Tamás

Katasztrófavédelmi önkéntesek szervezése a települések ár- és belvíz elleni védekezéséhez

Bevezetés

Magyarországon minden évben jelentős gondokat okoznak a vizek kártételei, amit alátámaszt az ország nemzeti katasztrófakockázat-értékelésének eredménye is. Az év minden időszakában előfordulhatnak jelentős ár- és belvizek, amelyek ellen az emberi élet, az anyagi javak megóvása érdekében védekezni szükséges. A közigazgatási határoktól függetlenül akár országos, regionális, területi, helyi vagy települési szintű védekezések történnek, amelyek minden esetben jelentős erő és eszközállomány mozgósítását igénylik. E védekezések közül talán egyik legnehezebb a települési szintű védekezések megvalósítása. Könnyen előfordulhat, hogy egy rendkívüli időjárási helyzet hatására extrém csapadékmennyiség hullik le, amit a 10–20 évvel korábban kialakított védelmi rendszerek elöregedésük vagy a nem ilyen helyzetekre tervezett méretezés miatt nem képesek hatékonyan kezelni. Ilyen esetek a világ bármely részén előfordulhatnak, és az ott élő lakosság számára akár katasztrófális következményekkel járhatnak, a legrosszabb forgatókönyvek egyikében tömeges migrációt is elindíthatnak.

Sajnos, egyre több alkalommal tapasztaljuk, hogy az extrém csapadékból adódó káresemények Magyarországon is megtörténnek. Ilyenkor sor kerül a védekezésre, de annak megszervezésénél nagyon körültekintően kell figyelembe venni a lehetőségeket.



1. ábra

Özönvíz áztatta Budapestet

Forrás: Idokep.hu



2. ábra

A rendkívüli csapadékmennyiség hatása Bataapátiban

Forrás: Kadarka.net

Kérdés lehet, hogy mennyi önkéntest tudunk bevonni, de ugyanakkor ismernünk kell, hogy ez a létszám nagymértékben függhet például a káresemény bekövetkezésének időpontjától. Jóval kevesebb önkéntes tud ugyanis segíteni munkanapokon munkaidőben, mint ha hétvégén vagy késő délutáni, esti időszakban történik a védekezés. A településeknek a helyi sajátosságok figyelembevételével már a megelőzés időszakában hatékonyan meg kell szervezniük a saját védelmüket. Ki kell alakítaniuk a település önvédelmi képességét, a veszélyeztetés mértékének megfelelő mennyiségű és minőségű védelmi erőt a siker érdekében. A katasztrófavédelmi törvény alapján a feladat felelőse a polgármester, akinek a közbiztonsági referens, a vízügyi, valamint a katasztrófavédelmi szakemberek tudnak hatékony segítséget nyújtani (MUHORAY 2016, 83.).

A települések ár- és belvív-veszélyeztetettsége

A települések vízkár elleni védekezési feladatai a közelmúltban számos jogszabályi változáson mentek keresztül (BENDE–MUHORAY 2014). A katasztrófavédelmi törvény megadja az alapokat, a végrehajtását szabályozó kormányrendelet pedig részletesen taglalja a települések katasztrófavédelmi besorolásának szabályait és a védelmi követelményeket.

A település polgármestere a katasztrófavédelem helyi szervének közreműködésével minden év szeptember 30-ig kockázatbecslést végez, amelyet jóváhagyásra felterjeszt a megyei, fővárosi védelmi bizottság elnökének. A megyei, fővárosi védelmi bizottság elnöke a katasztrófavédelem területi szervének közreműködésével ezt felülvizsgálja, majd a katasztrófavédelem központi szerve útján a miniszterhez jóváhagyásra felterjeszti. A települések besorolásához igazodó védelmi követelmények teljesítéséhez szükséges pénzeszközök központi költségvetésbe történő tervezéséről a miniszter gondoskodik.

Ezek után, az emberi élet és az anyagi javak védelme érdekében, a polgármester települési veszélyelhárítási tervet készít, amihez az elemezni szükséges veszélyeztető hatásokat a végrehajtási rendelet 2. számú melléklete tartalmazza. Ebben az elemi csapások, természeti eredetű veszélyek között szerepel az árvíz, belvív, rendkívüli időjárás kategóriája, amellyel most foglalkozunk.

A települések polgármesterei választott tisztségviselők, és jellemzően nem katasztrófavédelmi szakemberek. A vizek kártételei elleni települési védekezési feladatok szempontjából ugyanakkor a megelőzés, az erők szervezése, majd a védekezés végrehajtása az ő felelősségi körükbe tartozik. A katasztrófavédelmi törvény a feladatok elvégzéséhez kötelezi a polgármestert, de ugyanakkor segítséget is nyújt, hiszen a katasztrófavédelmi szempontból veszélyeztetett (I.; II.) települések esetében kötelezően közbiztonsági referenst kell kijelölni. A közbiztonsági referensnek szigorú szabályok alapján szakmai tanfolyamot kell végeznie, majd vizsgát kell tennie katasztrófavédelmi ismeretekből. Számos polgármester nem elégszik meg egyetlen referenssel, ezért sok esetben előfordul, hogy referenshelyettes kijelölése is megtörténik. A referens és referenshelyettes közötti szakmai kapcsolatot és a felelősségi körök leosztását a jegyző vagy a polgármester határozza meg. A III. kategóriába sorolt települések esetében a nem létező vagy jelentéktelen mértékű veszélyeztetettség okán nem jelenik meg kötelezettségként a segítő. Ilyen esetekben a polgármester vagy egyedül végzi a tevékenységet, vagy ugyanúgy kijelöli a közbiztonsági referenst, hiszen azt jogszabály nem tiltja. Előfordul az is, hogy a körjegyzőségek okán egyetlen közbiztonsági referens több települést is kiszolgál, vagy a körjegyzőségben székel a közbiztonsági referens, míg alárendeltségbe tartozó településeken referenshelyettes segíti a munkát.

A polgármester és a közbiztonsági referens első számú segítője a katasztrófavédelem helyi szervének képviselője: a katasztrófavédelmi megbízott. A települések szempontjából ők teremtik meg az alapokat egy sikeres védekezéshez. A polgármester és a közbiztonsági referens ismeri a település adta lehetőségeket, a helyi viszonyokat, az igénybe vehető erőforrásokat, erőket, eszközöket. A közbiztonsági referens a szakmai tanfolyam, a vizsga, valamint a folyamatos kapcsolattartás miatt ismeri az katasztrófavédelmi rendszer alapvető működését. A feladatkörében eltöltött idő alatt számos katasztrófavédelmi gyakorlaton, továbbképzésen, értekezleten vesz részt, vagy segédkezik a településen bekövetkezett káresemények alkalmával. Az idő múltával egyre többet tapasztal és válik hatékonyabbá. Képes lesz átlátni a kockázati helyszíneket, megérteni a bekövetkezett események okait,

és javaslatokat megfogalmazni a megoldásra. A megbízott a katasztrófavédelmi rendszer szakmaiságát hozza. Ismeri a rendelkezésre álló hivatásos erőket, illetve látja a lehetőségeket is a szükség szerinti átcsoportosítások megvalósítására, amelyre szakmai javaslatot tehet. A polgármesternek a közbiztonsági referens és a katasztrófavédelmi megbízott közös szakmai munkáját felügyelve kell segítenie a feladat megvalósítását egy adott veszélyeztető hatás tekintetében. A fentiek munkája további szakemberekével kiegészülhet, esetünkben – az ár- és belvizek és a rendkívüli időjárás okozta extrém csapadékmennyiség esetében – vízügyi szakemberrel.

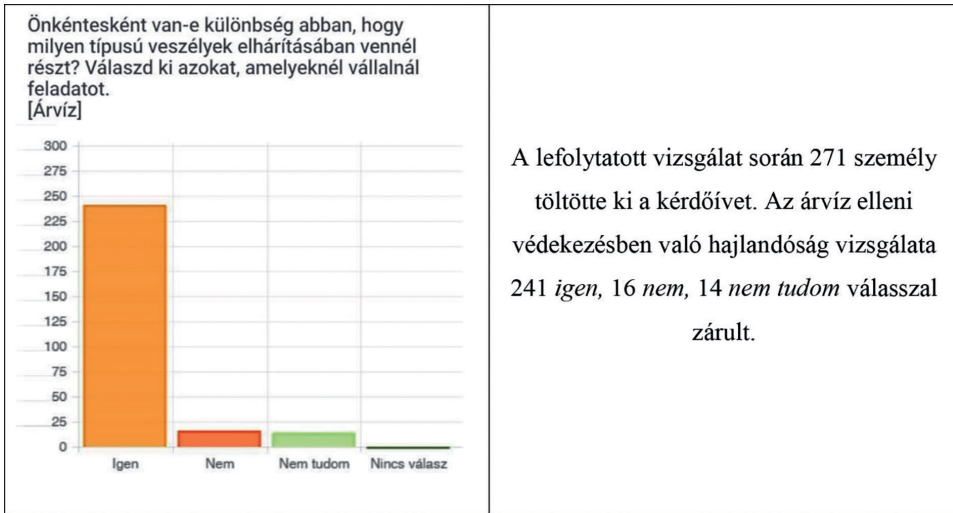
Erők és eszközök rendelése a védekezéshez

A vizek kártételei elleni sikeres védekezés alapjait tehát a polgármester, a közbiztonsági referens vagy helyettes, a katasztrófavédelmi megbízott és a vízügyi szakember együttműködése teremti meg. Számos jogszabály rögzíti a szereplők végrehajtandó feladatrendszerét a megelőzés időszakára vonatkozóan (például a védekezéshez köteles vagy önkéntes polgári védelmi szervezetek megalakítása, veszélyelhárítási tervezés, vízkárelhárítási tervek készítése...), ezek közül az egyik legfontosabb az erők és eszközök egymáshoz rendelése. Az ár- és belvíz által veszélyeztetett települések döntő hányadában nem áll rendelkezésére az önkormányzatoknak elegendő létszám a tömegmunka elvégzéséhez, és ez a hiány nem pótolható kizárólag a katasztrófavédelem, esetenként más hivatásos rendvédelmi vagy honvédelmi szervek erőiből. Ezért mindenképpen indokolttá válik az önkéntesek igénybevétele. Ha a település vezetése a hatékonyságra törekszik, akkor a helyi sajátosságok figyelembevételével elemzi az önkéntesek kategóriáit, figyelembe veszi a generációkat és azok motivációját (KISSNÉ ANDRÁS 2014), és amiben lehet, előre felkészíti őket a védekezési feladatok ellátására. A védekezések szervezésénél fontos, hogy tisztában legyünk a települési létszámmal, ami azonban nem azonos a védekezésekhez igénybe vehető erők létszámával, hiszen az akár a napszakoknak vagy évszakoknak megfelelően is változhat (SMITH et al. 2015).

Az önkéntesek kategóriái a katasztrófavédelmi törvény alapján:

1. állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek),
2. polgári védelmi szervezetek,
3. önkéntes civil szervezet:
 - a) önkéntesen közreműködő karitatív szervezet,
 - b) önkéntesen közreműködő társadalmi szervezet,
4. gazdálkodó szervezetek önkéntesei,
5. nemzetközi önkéntesek.

Az önkéntesek motivációját kutatva kérdőív segítségével megvizsgáltam a hajlandóságot az ár- és belvíz elleni védekezési feladatokban történő részvétel tekintetében. A 2017. január 27-től 2017. szeptember 27-ig terjedő időszak alatt az önkéntesek válaszai alapján a kérdőívem tapasztalatai a következők:

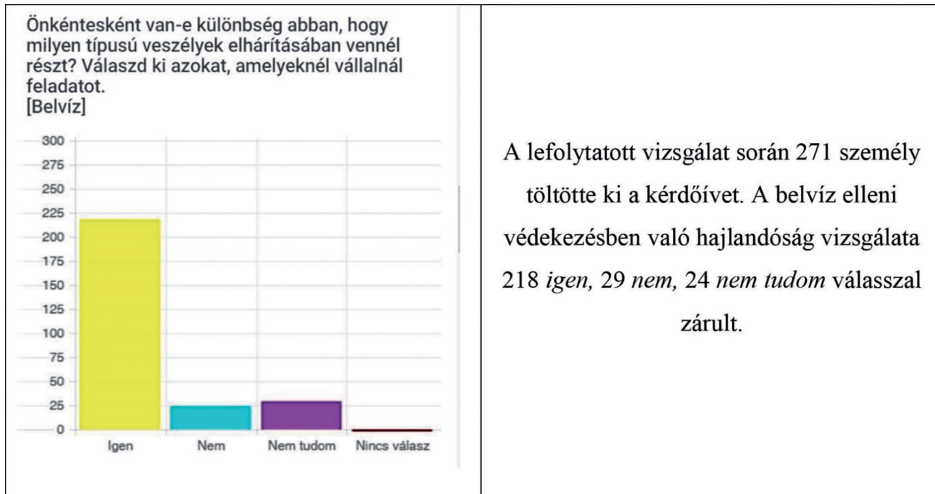


3. ábra

A katasztrófavédelmi önkéntesek részvételi hajlandósága árvíz elleni védekezések során

Forrás: a szerző szerkesztése

A kérdést tovább vizsgálva a belvíz elleni védekezésben való részvétel is hasonló hajlandósági eredményt produkált:

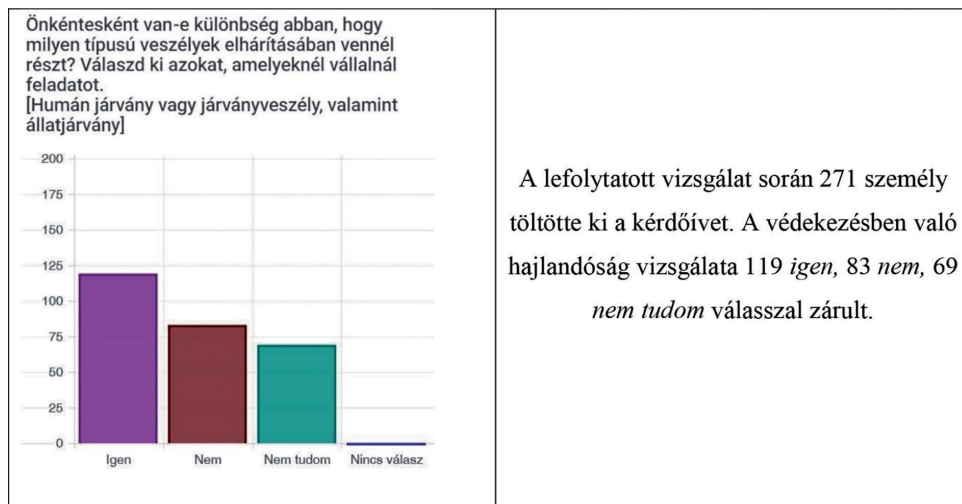


4. ábra

A katasztrófavédelmi önkéntesek részvételi hajlandósága belvíz elleni védekezések során

Forrás: a szerző szerkesztése

Mindkét esetben az önkéntesek döntő hányada vállalja a közreműködést. Összehasonlítás-képpen megvizsgáltam az önkéntes részvételi hajlandóságot humán járvány vagy járványveszély, állatjárvány esetében:



5. ábra

A katasztrófavédelmi önkéntesek részvételi hajlandósága járványveszély esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

Egyértelműen megállapítható, hogy az önkéntesek döntő hányada részt venne az ár- és belvíz elleni védekezésekben, ezért ilyen veszélyeztetettségnél szinte teljes tervezett létszámukkal számolhatunk. Más a helyzet viszont a járványok esetében, ahol azt kell figyelembe vennünk, hogy önkéntesek részvételi hajlandósága nem biztos, hogy elérné az 50%-ot. Ez azt jelenti, hogy ugyanazon a településen, de egy eltérő típusú veszélyeztetettségél már csak fele az önkénteslétszám, hiszen jóval kevesebben vennének részt a járványveszély elhárításában. A települési önkéntesek tervezésénél és szervezésénél szakmai szempontok alapján ezt mindenképpen figyelembe kell venni.

Állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek)

Ebbe a csoportba sorolhatjuk azon személyeket, akik javarészt előképzettség és külön szervezethez tartozás nélkül, önszántukból jelentkeznek a település számára segítségnyújtás céljából. Esetükben a jelentkezők számát jelentős mértékben befolyásolhatja a katasztrófa típusa és kiterjedése. Nehezen tervezhetők, a tömeges igénybevételük, riasztásuk a helyi média útján célszerű. Az előre tervezett, begyakorolt formában történő megszólítás a leg-hatékonyabb. A védekezésbe vonásuk esetében az alábbi feladatok elvégzése javasolt:

1. táblázat

Állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek) vizsgálata

Állampolgárok (önkéntesen segítséget nyújtó személyek)	
1.	A település lélekszámahoz viszonyítva, a korábbi tapasztalatok (ha vannak) figyelembevételével becsléssel meg kell határozni a védekezésbe vonható önkéntesek létszámát.
2.	A becsléssel kapott adatoknál figyelembe kell venni a település adottságait (lélekszám, népesség életkori megoszlása), esetlegesen a népesség időszakonkénti jelentős megváltozását (például évszakok miatti változások; délelőtti időszak vagy éjszaka igénybe vehető létszám).
3.	A becslült adatok alapján el kell különíteni a különböző generációkat, és az életkori sajátosságoknak megfelelő feladatokra kell tervezni őket. (Például idős, sérült személyeket nem célszerű homokzsákolási feladatokra igénybe venni, de ha vállalják, célszerű őket könnyebb munkára, akár figyelőszolgálatba szervezni.)
4.	Amennyiben az önkéntesek között beazonosítható, akkor ki kell emelni és a vezetésbe vagy külön csoportba kell szervezni azon személyeket, akik képzettségük vagy vezetői tapasztalatuk alapján hatékonyabban tudják segíteni így a munkát, mint ha tömegmunkát végeznének (akár előre tervezetten). A szakemberek a szakmai munka támogatására legyenek tervezve, míg a vezetők az önkéntesek összefogását, a kialakított csoportok irányítását végézzék.
5.	A rendelkezésre álló létszám alapján kockázati helyszínenként a meghatározható feladatokhoz a minimális létszámot meg kell tervezni. Célszerű az önkéntesek esetében a minimális létszám legalább 20%-ának megfelelő tartalék erőt tervezni.
6.	Amennyiben a településen rendelkezésre áll a szükséges létszám, akkor a lehetőségek függvényében, de szervezeten el kell kezdeni felkészíteni őket a feladatok végrehajtására. Célravezető, ha az ismert települési önkénteseket polgári védelmi szervezetbe szervezzük, hiszen így jogszabályok által meghatározott feltételek mellett történik a felkészítés, a jogok és kötelezettségek meghatározása. Ha a létszám nem elegendő, akkor a katasztrófavédelem, vízügyi szakemberek és más önkormányzatok igénybevételével kell a megoldást megkeresni.
7.	Amennyiben a település lélekszámából adódóan többletlétszám jelentkezik, akkor azt vagy saját létszámában tartalékként kell kezelni, vagy más települések részére előre tervezhető segítségnyújtásként kell kezelni.

Forrás: a szerző szerkesztése

Polgári védelmi szervezetek

A polgári védelmi feladatokat ellátó szervezetek múltját tekintve egészen 1917-ig tekinthetünk vissza. A megalakulás óta légmentes feladatrendszerük szinte teljesen megváltozott, kibővült, most elsősorban a természeti katasztrófák veszélyeinek elhárításában határozható meg (KISS–MUHORAY 2014, 93–94.). Jelenleg a 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet határozza meg a települések számára, hogy a veszélyeztetettségnek megfelelően polgári védelmi szervezeteket alakítsanak meg [62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés

egy-egy szabályairól]. Egy I-es vagy II-es kategóriába sorolt, 10 ezer – 50 ezer lakosú település esetében ez legalább 300 fős szervezetet jelent. E létszám a védekezési feladatok megvalósításához tervezhető; bevonásuk lehetőségét jogszabályok biztosítják. A polgári védelmi szervezetbe a kijelölt vagy önként jelentkező személyeket a polgári védelmi kötelezettség alapján határozattal a polgármester osztja be. Alkalmazásuk szempontjából mindenképpen előnyben kell részesíteni azon személyeket, akik önkéntesként vesznek részt a feladatok ellátásában. A köteles szervezetbe osztott személyek bevonására kizárólag abban az esetben kerülhet sor, ha a védekezésre rendelt szervek, szervezetek erői nem elegendők a védekezési feladatok ellátásához, és az emberi élet, anyagi javak mentése érdekében indokolt a köteles szolgálat elrendelése.

Önkéntes civil szervezetek

A civil szervezetek ár- és belvizek elleni védekezésbe vonhatósága szempontjából az önkéntesen közreműködő karitatív szervezeteket, valamint az önkéntesen közreműködő társadalmi szervezeteket kell megvizsgálni, figyelembe venni. Alkalmazásuk, a védekezésbe vonhatóság szempontjából történő vizsgálatuk azért indokolt, mert az alábbi fő jellemzőkkel rendelkezhetnek:

2. táblázat

Civil szervezetek jellemzői

Jellemzők	Példa
Kialakult vezetőség, meglévő vezetők és szerepek	Egyesületi forma – szabályozott viszonyok
Az önkéntesen segítséget nyújtókhöz képest nagy létszámmal rendelkezik, összefogott	Polgárőr Egyesület, akár 20, 30, vagy jelentős lélekszámú település esetében 100 feletti létszám
A védekezésben felhasználható szakértelem rendelkezésre állhat	Karitatív szervezet – logisztikai biztosítás szervezése, adományok szétosztása
A védekezésben felhasználható eszközök rendelkezésre állhatnak	Horgász Egyesület – hajózási képesség, csónakok biztosítása

Forrás: a szerző szerkesztése

A fenti jellemzők figyelembevételével célszerű őket nem tömegmunkába vonni, hanem előre leegyeztetett (akár együttműködési megállapodásba foglalt) feladatokra tervezni.

Gazdálkodó szervezetek önkéntesei

A települési védekezések fontos szereplői a gazdasági szervezetek. Több szempontból is indokolt megvizsgálni az igénybevételi lehetőségeiket, hiszen szervezett formában szinte minden településen megtalálhatók. Létszámuk változó, az egyfős vállalkozástól indulva

akár a több ezer főt foglalkoztató cég is jelen lehet. A vizek kártételei elleni védekezésbe leginkább három fő szempont szerint kapcsolhatók be. Az első és legjellemzőbb esetben lehetővé teszik önkéntes vagy kijelölt dolgozóik szervezett formában történő részvételét a védekezésben. Ilyen esetekben jellemző, hogy a cég dolgozói fizetett munkaidejükben nem a hagyományos munkájukat végzik, hanem például a gátakon tömegmunkát végeznek. Ide sorolható az is, amikor a kijelölt speciális eszközt a gépjárművezetővel együtt „felajánlják”. A második lehetőségként a cég ellenszolgáltatás nélkül munkagépeket vagy erőforrást biztosít (például buszos szállítás). A harmadik lehetőség adományként valamilyen formájú önkéntes felajánlás (például védőeszközök, étkeztetés megszervezése és biztosítása). A hatékonyság szempontjából minden esetben az a legjobb, ha már a védekezést megelőzően megtervezik a részvételüket, számukra előre meghatározzák a feladatokat, majd felkészítik őket a végrehajtásra. Az alábbi táblázat segítséget nyújt az igénybevételük tervezéséhez.

3. táblázat

Gazdasági szervezetek jellemzői

Jellemzők	Példa
Kialakult vezetőség, meglévő vezetők és szerepek	Például kft., zrt.
Lehet jelentős dolgozói létszám vagy speciális szakértelem	A 200 fős dolgozói létszámmal bíró cég napi 20 főt fel tud ajánlani tömegmunkára.
Lehet jelentős eszközparkja	A vállalat a 10 rendelkezésre álló teherautóból 1-et sofőrrel 0–24 órán keresztül szállításra fel tud ajánlani.
Lehetnek jól hasznosítható létesítményei	A cég a védekezők részére az üzemi konyhán napi 100 adag ételt és 30 fő részére fektetési lehetőséget tud biztosítani.

Forrás: a szerző szerkesztése

Nemzetközi önkéntesek részvétele

Települési szintű védekezések esetében egyáltalán nem jellemző a nemzetközi önkéntesek igénybevétele. Előfordulhat a „spontán” nemzetközi segítségnyújtás (például nyaralóhelyen nyaraló külföldi állampolgárok segítenek a védekezésben), de ez nem jellemző és nem tervezhető. Országos szintű vagy rendkívüli védekezés esetén előfordulhat más államok érdeklődése az esemény kapcsán, ugyanakkor a nemzetközi segítség kérésének komoly szabályai vannak, amelyek általában kormányzati szintű döntést igényelnek (SCHWEICKHARDT 2014). Települési szinten egyáltalán nem javasolt nemzetközi önkéntesekre tervezni. Ez alól egyetlen kivétel lehet, a határ menti települések esete. Itt előfordulhat, hogy egy-egy védekezés megvalósítása (például tömeges kimenekítés) miatt sor kerülhet a nemzetközi erők igénybevételére. Ezen esetek döntő többségében viszont szakmai szempontok alapján, előre egyeztetetten és tervezetten történik a feladat végrehajtása.

Eredmények

A települések ár- és belvíz elleni védekezéseinek megvalósításához a cikk összefoglalja a kulcsfontosságú szereplők: a polgármester, a közbiztonsági referens, a katasztrófavédelmi megbízott és a vízügyi szakemberek feladatait. Rámutat arra, hogy ezeket a feladatokat a hatékonyság érdekében közösen kell végrehajtani, döntő hányadukat még a vizek kártételeinek bekövetkezése előtt. A települési védekezések során különösen oda kell figyelni az önkéntesek kategóriáinak felmérésére, szakmai szempontok alapján történő tervezésükre. Más módon kell figyelembe venni és használni a felkészítéssel nem rendelkező, önkéntesen segítséget nyújtó személyeket, mint a felkészített és kiképzett polgári védelmi szervezeteket. A karitatív szervezetek sokkal hatékonyabban képesek az adományok kiosztását segíteni, mint a tömeggel együtt lapátolni. A gazdálkodó szervezetek erőkapacitását és eszközele-tőségeit pedig a lehető leghatékonyabban kell kihasználni. Szét kell osztani a településen jelen levő szervezetek között az önkéntes szolgáltató/biztosító feladatokat. Ezzel elkerülhető például, hogy amíg nagy létszámban áll rendelkezésre homok szállítására alkalmas teherautó, személyek szállítására alkalmas jármű viszont nem.

Következtetések

Az időjárási extremitások hatásait országos és világszinten is naponta tapasztalhatjuk. A média segít közelebről is megismerni a bekövetkezett eseményeket, láthatjuk az elszabadult, hihetetlen erejű természeti erőket. A tapasztaltak alapján kijelenthető, hogy a meglévő védelmi rendszereinket folyamatosan vizsgálnunk kell. Fel kell ismernünk, hogy azok mennyire képesek megfelelni a folyamatosan változó viszonyoknak. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ahol nem képes a védelmi rendszer fejlődni, és elavulttá válik, ott egyre nagyobb mértékű káresemények következhetnek be. A technika, technológia és a tudomány fejlődésével, a bekövetkezett események utáni tapasztalatok felhasználásával pedig egyre több lehetőség nyílik a már meglévő rendszereink vizsgálatára, a fejlődési lehetőségek felismerésére. A hatékony védekezések megvalósításához tehát meg kell találni a még kihasználatlan erőforrásokat, vagy a nem kellően hatékony rendszerek működését a kor színvonalának megfelelő szintre kell hozni. Végül maximálisan ki kell használni a védekezést irányító szervek, személyek közötti szakmai és együttműködési lehetőségeket a település lakói biztonságának szavatolásához.

Irodalomjegyzék

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól.
- 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.
- BÁRDOS Z. – MUHORAY Á. (2014): A települések vízkár elleni védekezési feladatainak változása a megváltozott jogszabályi környezetben. *Hadmérnök*, 9. évf. 3. sz. 48–60. Elérhető: www.hadmernok.hu/143_05_bardosz_ma.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 09. 27.)

- BELÜGYMINISZTERIUM (2014): *Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről*. Elérhető: www.kormany.hu/hu/dok?source=1&type=410&year=2014#!DocumentBrowse (A letöltés időpontja: 2017. 09. 21.)
- BENDE ZS. – MUHORAY Á. (2014): A környezeti migráció, mint komplex kihívás. *Hadtudomány*, 24. évf. 3–4. sz. 106–115. Elérhető: http://mhht.eu/hadtudomany/2014/1_2/2014_1_2_9.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 09. 21.)
- Elképesztő, világvégére emlékeztető állapotok az özönvíz sújtotta Budapesten (2017). *avilagitikai.com*, 2017. 05. 23. Elérhető: <http://avilagitikai.com/articles/view/elkepeszto-vilagvegere-emlekezteto-allapotok-az-ozonviz-aztatta-budapesten> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 26.)
- KISS B. – MUHORAY Á. (2014): A hazai kutató-mentő szervezetek. *Hadtudomány*, 24. évf. 1–2. sz. 92–107. Elérhető: http://mhht.eu/hadtudomany/2014/1_2/2014_1_2_9.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 09. 27.)
- KISSNÉ ANDRÁS K. (2014): Lehet-e egységesen motiválni a különböző generációs munkaerőt? *HRPortal.hu*. Elérhető: www.hrportal.hu/hr/lehet-e-egysegesen-motivalni-a-kulonbozo-generacios-munkaerot-20140130.html (A letöltés időpontja: 2017. 09. 27.)
- Lakókat kellett kitelepíteni az özönvíz miatt Tolnában (2016). *Kadarka.net*, 2016. 07. 28. Elérhető: <http://kadarka.net/cikkek-kat/tolna-megye-vihar-katasztrofavedelem> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 26.)
- MENDEL, G. (2012): Ghulam Rasool Buriro Walks through the Flooded Centre of the Town Khairpur Nathan Shah, 2010, Pakistan. In JHA, A. K. – BLOCH, R. – LAMOND, J.: *Cities and Flooding. A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. Washington, D. C., The World Bank. 18. Elérhető: http://futuredirections.org.au/wp-content/uploads/2012/02/Full_Report_3518.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 09. 26.)
- MUHORAY Á. (2016): *Katasztrófamegelőzés I*. Budapest, NKE Szolgáltató. Elérhető: https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10287/ebook_XL_KVI_Katasztrofamegelozes_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y (A letöltés időpontja: 2017. 09. 26.)
- SCHWEICKHARDT G. (2014): *Nemzetközi katasztrófa-elhárítási jog*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Elérhető: <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/8560/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (A letöltés időpontja: 2017. 09. 28.)
- SMITH, A. et al. (2015): Assessing the Impact of Seasonal Population Fluctuation on Regional Flood Risk Management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 4, No. 3. 1118–1141. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi4031118>

Vákát oldal

Extrém esőzések következtében kialakult csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatai Győrben¹⁴

Bevezetés

A globális felmelegedés okozta negatív hatások évről évre markánsabban jelentkeznek Magyarországon is. A klímaváltozás miatt hazánkban egyre gyakoribbá váltak a szélsőséges időjárási jelenségek, egyre több esetben pusztít a viharos szél, az özönvízszerű esőzés, jelentkeznek hóviharak és extrém hőmérséklet-ingadozások (PADÁNYI 2013). Sajnos ezek a hirtelen időjárás-változások nem minden esetben jelezhetők előre, ezért a védekezésre, kárenyhítésre nehéz felkészülni, így a károk elhárítása újabb kihívások elé állítja a mentési munkálatokat végző szervezeteket. Írásunkban az özönvízszerű esőzések következtében keletkező csapadéktöbblet kezelésének tapasztalatait, a jelentkező kockázatokat elemezzük városi környezetben, győri példákat vizsgálva. Célunk felhívni a figyelmet a csapadéktöbblet elvezetése során kialakuló kockázatokra, a problémák megfelelő kezelésének és a víz elvezetésének fontosságára.

Extrém esőzések jellemzői Magyarországon

A globális felmelegedésnek köszönhetően egyre sűrűbben tapasztalunk hirtelen időjárás-változásokat, amelyek során szupercellák alakulnak ki. Ezeket a jelenségeket hirtelen lezúduló esőzés kíséri. Az elmúlt két évtizedben ezek az egyre gyakrabban bekövetkező özönvízszerű esőzések komoly károkat okoztak Magyarország több településén, a következmények felszámolása pedig nehéz, összetett és költséges feladat volt (KUTI–NAGY 2015). Az időjárási extrémítások közül az esőzések természetes és mesterséges környezetre gyakorolt hatásait, valamint a következményeik felszámolására irányuló erőfeszítéseket elemezve megállapítható, hogy a jelenségek hatásainak pontosabb ismerete, a következmények felszámolására történő felkészülés, valamint a káros hatásaik elleni védekezésben részt vevő szervezetek munkatapasztalatai hasznos alapinformációkkal szolgálhatnak. Az időjárás-változások előrejelzése a meteorológia fejlődésének köszönhetően egyre

¹⁴ Készült az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-I-NKE-7 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával.

nagyobb pontossággal történik, viszont a várható csapadékmennyiségek pontos meghatározása továbbra sem könnyű feladat, ezért a védekezésre felkészülni is nehéz (FÖLDI–HALÁSZ 2009). Az özönvízszerű eső jellemzője, hogy rövid idő alatt rendkívül nagy mennyiségű csapadék hullik, amit a csatornarendszerek nem tudnak elvezetni, ezért a települések több részén a feltorlódtott csapadékvíz belvízként jelentkezik, elárasztva a lakóházak pincéit, az aluljárókat, mélygarázsokat, az alacsonyabban fekvő területeket (FÖLDI 2011).

Megelőzéssel, felkészüléssel, kárfelszámolással kapcsolatos feladatok

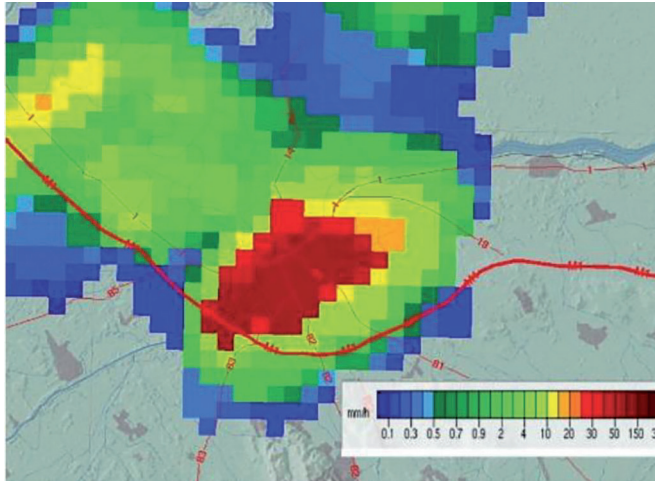
Nagy hangsúlyt szükséges fektetni a prevencióra, annak ellenére is, hogy vannak olyan katasztrófahelyzetek, amelyeket megelőzni nem lehet – ide sorolható az özönvízszerű eső is –, viszont a gyors, hatékony, összetett kárfelszámolásra fel lehet készülni, aminek érdekében védelmi tervezési feladatokat kell végezni. Fontos feladat az esővíz-elvezető csatornák folyamatos karbantartása, tisztítása, továbbá az utak mellett található vízelvezető árkok karbantartása is. Visszatérő probléma, hogy ezeket az árkokat a házak előtt a lakók több helyen is betemetik, ezzel meggátolva a vízelvezető képességet. Célszerű kimutatást vezetni az önkormányzat tulajdonában lévő és helyi szinten igénybe vehető gépekről, védekezéshez szükséges eszközökről. A listákat az önkormányzat kezeli, amelyeket évente pontosítani kell. A felkészüléshez hasznos tanácsokat és segítséget tudnak nyújtani a hivatásos katasztrófavédelmi szervezetek. Fel kell készülni arra is, hogy a károsult terület esetleg egyszerre több településrészt is érint, vagy kiterjedése nagy, illetve hosszan tartó kárfelszámolást igényel. Egyes extrém esetekben, amikor a gyors beavatkozás elkerülhetetlennek látszik (nagy területet, több városrészt érint a katasztrófahelyzet, a hivatásos egységek rövid időn belül nem tudják megkezdeni a kárfelszámolást), a védekezési folyamatot meg kell indítani, és a listákon szereplő erők és eszközök helyszínre rendeléséről és a védelmi bizottság összehívásáról intézkedni kell. A vízelvezetés több helyen árkolással és szivattyúzással megoldható, azonban lehetnek olyan alacsonyabban fekvő részek, ahol homokzsákos védekezés szükséges. A kárfelszámolást legtöbb esetben a hivatásos kárfelszámoló szervezetek végzik, de erőeszköz és kapacitás hiánya miatt a védekezésbe érdemes bekapcsolódniuk az önkormányzatoknak és a lakosságnak is. Számba kell venni az állandó orvosi ellátásra szorulókat, és az orvosi ellátást, esetleges elszállítást biztosítani kell részükre. Értesíteni kell a közműszolgáltatókat is, továbbá a védelmi bizottság elnökét és a katasztrófavédelmi szervezetet minden eseményről folyamatosan tájékoztatni kell (KUTI 2007).

Özönvízszerű esőzés következményeinek felszámolása Győrben

Győr a folyók városa, a Kisalföld északkeleti részén található, domborzati szempontból a város sík területen fekszik, ami vízelvezetés tekintetében nem kedvező. A település az 1970-es évektől nagy léptékekben fejlődik, ami azt jelenti, hogy a beépített területek, szilárd burkolatú felületek aránya nagymértékben növekszik, ezért egyes városrészekben a zöldterületek aránya elenyésző. Ennek következményeként az esőzések során lehulló csapadékvíz a szilárd burkolatok miatt teljes egészében a csatornába kerül. E városrészekben egy extrém esőzés az adott csatornahálózat kritikus túlterheléséhez vezet, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy

a rendszer nem képes elvezetni a nagy mennyiségű vizet, ezért elöntött területek keletkeznek. Erre volt példa a 2011. június 7-én történt esőzés is. Győr belvárosát délután 13 óra után röviddel 30–60 mm/h intenzitású csapadék érte el.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) radarképén – következő ábra – jól látható a Győrben lehullott csapadékmennyiség.



1. ábra

Az OMSZ radarképe a Győr városra hulló csapadék mennyiségéről

Forrás: OMSZ

Ez a mennyiség három-négyszerese volt annak, amit a csatornarendszer azonnal el tud vezetni, így több helyen nem nyeltek el azonnal a hatalmas mennyiségű vizet a víznyelők. A következő képeken jól látható a kialakult helyzet.



2. ábra

Özönvízserű eső következményei Győrben

Forrás: Győr Megyei Jogú Város Tűzoltóságának archívuma

Ahol a vízszint meghaladta a járdaszint magasságát, ott rövid idő alatt elöntötte a víz a szabad területeket, majd a lakóházak pincéit is. A tűzoltóság ügyeletére több mint 100 bejelentés érkezett különböző elöntésekről, károkról. A belső utcákban még a vizet sem lehetett sehová elvezetni vagy elszivattyúzni. A külső utcákból a Mosoni-Duna töltésén belülrre lehetett átemelni a vizet. A csatornarendszerekre telepített átemelőszivattyúknak köszönhetően az esti órákra sikerült rendezni a helyzetet, viszont a pincék víztelenítése még másnap is folyt. Problémát jelentett, hogy a háztetőkről lefolyó csapadékvíz egy része is közvetlenül az utcákra kerül.

2017. szeptember 17-én 44 mm eső esett Győrben változó intenzitással. A leginkább érintett településrészek a város déli kerületei, Győr-Szabadhegy, Győr-Ménfőcsanak, Győr-Gyirmót és Kismegyer voltak. A Pannon-Víz Zrt. 76 000 m³ csapadékvízzel hígított szennyvízzel tehermentesítette az elvezető rendszert, ennek ellenére a központi főgyűjtő csatorna is rövid időre feltelt, viszont az átemelőszivattyúk hamar leküzdötték a teltséget. A térszint alatti helyiségeket a víz elöntötte, továbbá, ahol a szennyvízelvezető rendszerbe nem szereltek visszacsapó szelepet, ott a szennyvíz is visszafolyt.

A legrosszabb helyzet Győr-Ménfőcsanakon alakult ki, ahol a víznyomás megemelte a csatornafedelet, így a szennyvíz is a szabadba jutott. A külső városrészeken sajnos az is problémát jelent, hogy több családi ház esővíz-elvezetése közvetlenül a városi csatornahálózatba történik, ezzel is terhelve a rendszer kapacitását. A kiömlő szennyvíz a következő képek tanúsága szerint végigfolyt az utcákon, több helyen a lakótelkekre, pincékbe.



3. ábra

Feltelt csatornák Győr-Ménfőcsanakon

Forrás: A Kisalföld felvétele

Ebben az esetben több mint 200 lakossági bejelentés érkezett a hivatásos kárfelszámolást végző szervezetekhez, valamint a szolgáltatóhoz. A csatornarendszer leterheltségének csökkenéséig a külső területeken a vizet árkolással és folyamatos szivattyúzással sikerült elvezetni.

További problémaként jelentkezhet a fertőzésveszély is, amelynek során a szennyvíz által terjesztett betegségek a fertőzött vízzel való kontaktus során kerülnek be az emberi szervezetbe. A fertőzés bekövetkezhet, ha a vízzel érintkezünk, azt megisszuk, abban mosunk meg a zöldségeket és gyümölcsöket, ha ételt készítünk abból, vagy akár fürdés során is. A víz által terjesztett betegségek okozói lehetnek baktériumok, vírusok vagy akár paraziták is. A legsúlyosabb, víz által terjesztett betegségek, így a gyermekbénulás, a vérhas

vagy a kolera megjelenésére szerencsére hazánkban minimális az esély. Azonban a vízzel leggyakrabban terjedő emberi kórokozók közé tartoznak a *Shigella*, *Salmonella*, *Legionella* és *E. coli* baktériumok, a vírusok közül pedig az igen ellenálló *hepatitis A* (PAULIK 2013). A legtöbb víz által terjesztett betegség az emésztőrendszert érinti, de mivel a kórokozók is sokfélék, a tünetek is sokféle formában jelentkezhetnek. A leggyakoribb tünetek közé tartozik a hasfájás és a hasi görcsök, a fáradékonyság, a puffadás, a hányás, a hasmenés, a fogyás, a láz, a gyengeség. Gyakoriak lehetnek az influenzára emlékeztető tünetek is. Az ilyen jellegű fertőzéseket általában nemcsak egy ember kapja meg, hanem sok esetben alakulhatnak ki járványok is. Az erre utaló jelek lehetnek, ha a megbetegedések egybeesnek a vízellátási területekkel, egyszerre sok ember betegszik meg, amelyekből a víz fertőzöttsége könnyen megállapítható (DÁVIDOVITS 2015). Minden esetben, amikor a szennyvízzel keveredett csapadékvíz kijut a csatornahálózatból, az érintett területet a szennyezett víz elvezetése után fertőtleníteni kell, hogy a biológiai kórokozók terjedését megakadályozzuk (KUTI–GRÓSZ 2016). Amennyiben a szennyezett víz bekerült az ivóvízellátó hálózatba vagy az ásott kutakba, a fertőtlenítési munkálatok befejezéséig az érintett területeken tartálykocsik alkalmazásával vagy mobil víztisztító berendezések beállításával kell a lakosság vízellátását biztosítani. Győr-Ménfőcsanakon az érintett területek fertőtlenítése a szennyvízzel keveredett csapadékvíz eltávolítását követően azonnal megkezdődött.

Összegzés

Írásunkban összegyűjtöttük, rendszereztük és elemeztük a Magyarországon tapasztalható özönvízszerű esőzések jellemzőit, a győri kárfelszámolások tapasztalatait, így lehetségessé vált a jövőre nézve is hasznos javaslatok megfogalmazása. Összegezve elmondható, hogy az effektív megelőzéshez elengedhetetlen a hatósági tájékoztatásokban, közleményekben foglaltak betartása, a vízelvezető rendszerek folyamatos karbantartása. A hatékony védekezés és kárfelszámolás szempontjából fontos a munkálatokban történő aktív állampolgári közreműködés, a hivatásos kárfelszámolással foglalkozó szervek és helyi önkormányzatok tevékenységének segítése. Fontos feladat továbbá a folyamatos helyzetértékelés, a tapasztalatok elemzése, amely nagyban hozzájárul a jövőbeli védekezési munkálatok hatékonyságának növeléséhez. Az extrém időjárási jelenségek folyamatos vizsgálata, hatásaik elemzése, valamint a kárfelszámolások során szerzett tapasztalatok kiértékelése segíthet a jövőre nézve is a hatékony megelőző intézkedések kidolgozásában.

Irodalomjegyzék

- DÁVIDOVITS Zs. (2015): *A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatai csökkentésének lehetőségei és az ivóvízbiztonsági tervezés kapcsolatrendszer.* PhD-értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. DOI: <https://doi.org/10.17625/NKE.2016.11>
- FÖLDI L. (2011): Impacts of Climate Change to Disaster Management Tasks with Special Emphasis on Critical Infrastructures. *Hadmérnök*, 6. évf. 3. sz. 50–57. Elérhető: www.hadmernok.hu/2011_3_foldi.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 03. 20.)

- KUTI R. (2007): *Intézkedési program belvíz-védekezéshez*. Elérhető: www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/67-intezkedesi-program-belviz-vedekezeshez.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 03. 20.)
- FÖLDI L. – HALÁSZ L. (2009): *Környezetbiztonság*. Budapest, CompLex.
- KUTI R. – GRÓSZ Z. (2016): Biológiai eredetű veszélyhelyzetek kezelése, előtérben a mentesítési feladatok. *Hadmérnök*, 11. évf. 1. sz. 125–132. Elérhető: www.hadmernok.hu/161_13_kutir_gz.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 07. 15.)
- KUTI R. – NAGY Á. (2015): Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. *AARMS*, Vol. 14, No. 4. 299–305.
- Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja: www.met.hu/eghajlat/magyarorszag (A letöltés időpontja: 2017. 07. 15.)
- PADÁNYI J. (2013): National Defence Research on the Effects of Climate Change. *Hadtudomány*, 23. évf. 1. sz. 30–40.
- PAULIK E. (2013): *Megelőző orvostan és népegészségtan*. Szeged, JATEPress.

A közelmúlt globális klímaváltozásainak, helyi vízkáreseményeinek hatása és költségvetési következményei a dél-dunántúli kis vízfolyások esetében

Bevezetés

Az elmúlt 20 év hidrometeorológiai szélsőségei azt a tudatot erősítik bennünk, hogy igenis létező folyamat a globális klímaváltozás. A szélsőséges időjárási események és azok következményei egyre gyakoribbá válnak az előttünk álló években, évtizedekben. A klímaváltozás leginkább azt eredményezi, hogy a szélsőséges időjárási körülmények megjelenésével kell számolnunk a hétköznapi élet minden területén. Legyen szó aszályról, vagy éppen ez ellenkezőjéről, konvektív feláramlásokból származó nagy intenzitású (nagyobb, mint 20 mm h^{-1}) csapadékeseményekről.

A csapadék különféle felszínekre hullhat (tagolt, tagolatlan). Az egyik legnagyobb kihívást a belterületi csapadékvíz-elvezető rendszerek méretezésénél a csapadék burkolt felszínre való hullása jelenti. Ez a lecsökkenő összegyülekezési idő okán lokálisan jelentős visszaduzzasztásokat, ezáltal belterületi elöntéseket okoz, ami pedig jelentősen megnöveli a védekezési és a helyreállítási költségeket.

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (*European Environment Agency*) 2015. évi jelentése alapján az intenzív csapadékeseményekre egyre gyakrabban kell számítani Közép- és Kelet-Európában. A vízrendezési feladatok, a megoldási lehetőségek mérlegelésénél nem szabad arról megfeledkezni, hogy a vízrendezés élet- és vagyonbiztonságot véd. A gyakrabban bekövetkező extrém mennyiségű csapadékmennyiségek egyre nagyobb és nagyobb károkat okoznak az anyagi javakban, emberi életben. Legutóbb 2015 nyarán 15 emberi életet követelt a Franciaország dél részén levonult árvíz, és 12 ember tűnt el. 2015 őszén pedig Boszniában vesztette öt ember az életét. Sajnálatos, hogy – bár nagyon ritkán – hazánkban is követelt emberéletet a kisvízfolyásokon levonuló árvíz (1975, Ajka-rendek; 1965, Vas megye).

Célkitűzések

A helyi vízkáresemények a vízügyi ágazatot a szakmai kihívásokon kívül gazdálkodási szempontból is rendkívüli módon érintették mind az előző, mind az azt követő évhez képest. Az elmúlt évtizedekben Magyarországon is számos nagy állami költségvetési kiadással járó, előre nem prognosztizált vízkáresemény következett be. A vizsgált rendkívüli vízkárok által indukált szükségszerű gazdálkodási események alatt nemcsak a védekezés közvetlen költségei, hanem a helyreállítás, de ugyanúgy az egyes jogvitákból, ahhoz kapcsolódó ingatlanrendezésekből keletkező költségek, terhek is értendők.

A tanulmányban a 2010-es rendkívüli események okozta nagyvizek és ezzel együtt bekövetkező vízkáresemények kapcsán rá kívánunk világítani az azok következtében előálló és az államháztartást érintő gazdasági többletterhelés mértékére, annak összetevőire, az egyes főbb kiadási tételekre (dologi, munkabér jellegű).

Össze kívánjuk hasonlítani az így felmerült költségeket az átlagos (*vis maior* körülmények által nem sújtott) évek helyi vízkáreseményei során felmerült költségekkel, azok eredőivel. Külön is vizsgálni kívánjuk a felmerülő kiadásokat egyes kiadási soronként. Továbbá indokoltnak tartjuk az utólagosan felmerülő jelentős kiadási tételek (helyreállítás, vagy éppen az egyes jogvitákból, perekből eredő kártalanítások összegei) külön vizsgálatát, azoknak a felmerülési időpontjuk és a védekezés teljes kiadásához való nagyságrendbeli arányuk alapján.

Szükségesnek tartjuk gazdaságilag értékelni a vizsgált, helyi vízkáresemények által sújtott területeken korábban végzett fenntartási (megelőzési) munkákat – az azokra fordított forrásoknak a károokra és így a felmerülő védekezési kiadásokra való hatásának vizsgálatával.

Figyelemmel a helyi vízkáresemények lokális jellegére, indokolt a fenti vizsgálatokat az ilyen típusú védekezési, illetve kárelhárítási események esetében a 2010. évben (gazdasági szempontból is) kiemelkedően érintett Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság költségvetésének elemzésén keresztül végezni. Ezen túl szükséges a gazdasági hatásoknak nemzetgazdasági mértékű szemléltetése is, amihez kapcsolódóan a tanulmányban érinteni kívánjuk az vízügyi ágazat költségvetési támogatásának helyzetét, különös tekintettel a helyi vízkáresemények megelőzésére, illetve a helyi védekezéshez felhasznált költségvetési forrásokra.

A tanulmány célja, hogy konkrét javaslatot fogalmazzon meg egy gazdaságilag kiszámíthatóbb vízkárelhárítási módra, így megismerhetővé váljon a megelőzés-védekezés forrásigényeinek különbsége. A tanulmányon keresztül igyekszünk objektív módon, számszerű adatokkal alátámasztani a globális klímaváltozásnak a helyi vízkárelhárításra, azon keresztül az abban részt vevő vízügyi igazgatási szervekre, azok költségvetésére gyakorolt hatását.

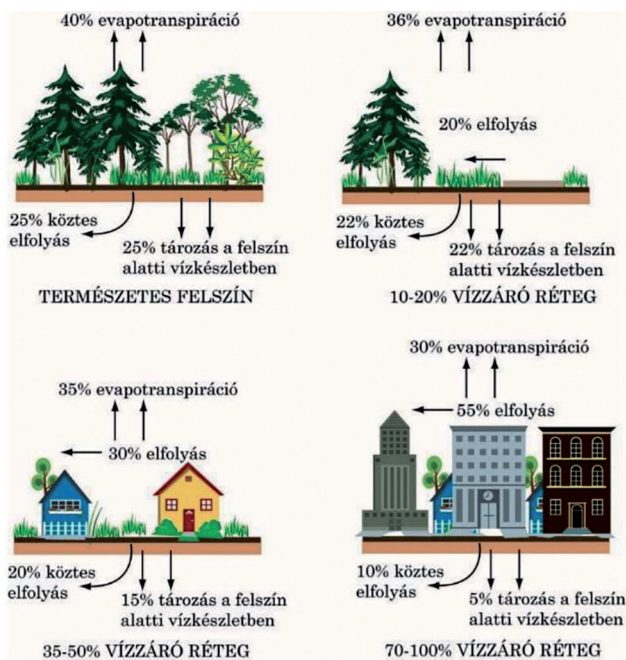
Feltételezésünk szerint a globális klímaváltozással együtt járó heves és kiszámíthatatlan csapadékesemények egyre nagyobb anomáliákat (lokálisan egyre nagyobb visszaduzzasztásokat, ezáltal belterületi elöntéseket) fognak okozni (főleg) a megnövekedett burkolt felületekkel ellátott városi területeken. Egyre nyilvánvalóbbá fog válni, hogy a korábbi években tervezett kül- és belterületi csapadékvíz-elvezető rendszerek alulméretezettek a növekvő mértékű árvízszintek okán, ezáltal egyre kevésbé tudják betölteni a vízelvezető és -elvezető funkciójukat. Ezáltal egyre gyakrabban kell a védekezésben részt vevő állami

szerepvállalóknak (területi vízügyi igazgatóságok, önkormányzatok, katasztrófavédelem) jelentős többletköltségekkel számolni. A tervezett működési költségek beigazolódása esetén szakmailag indokolt a vízkáreseményekkel kapcsolatban a műszaki fenntartási-védekezési munkafolyamatok gazdasági szempontú eredményességének a további vizsgálata.

Eszközök és módszerek

Az extrém csapadékos időszakok egyik legsúlyosabb hidrológiai következménye lehet a domb- és hegyvidékeken megjelenő villámárvíz (*flash flood*). A villámárvizek, vagy más néven gyors lefolyású árvizek megfelelő meteorológiai és hidrológiai hatások együtteseként jöhetnek létre. Az angolszász megfogalmazás szerint: *too much water in too little time*, azaz túl sok csapadék, rövid idő alatt. A villámárvizek egyik jellemzője a rendkívül gyors lefutás; az általános definíció szerint összegyülekezési idejük kevesebb, mint hat óra (GEORGAKAKOS 1987; GEORGAKAKOS 2002; GEORGAKAKOS 2006; GEORGAKAKOS–HUDLOW 1984).

Városi területek esetében egyre nagyobb problémát jelent a burkolt felületek növekvő aránya, amely jelentősen lecsökkenti a beszivárgást (talajban történő csapadékvíz-tározást), ezáltal lokális visszaduzzasztásokat, helyi (belterületi) elöntéseket, városi árvizeket (*urban flood*) okozva (1. ábra).



1. ábra

Városi árvizek kialakulása, a felszínhasználat változása következtében a hidrológiai ciklus több eleme is megváltozik

Forrás: a szerző szerkesztése Davidson–Reed–David 2002 alapján

Az urbánus területeken a jelenleg érvényben lévő *Vízkárelhárítási szabályzat* nem tesz különbséget a települések morfológiai vagy szerkezeti jellege, így például egy alföldi vagy egy hegy- és dombvidéki területen elhelyezkedő település között. Hasonlóképpen, a mai napig megoldásra várnak a településeken található közművekhez kapcsolódó problémák, például az intenzív csapadékeseményekre való méretezés, a kül- és belterületek kapcsolatának a megteremtése.

A 2010. májusi–júniusi, helyi vízkáresemények rövid összefoglalója

2010. május 8-án az észak-atlanti térségben megerősödő anticiklon keleti peremén hideg levegő áramlott dél felé, a mediterrán térségbe. A kialakuló markáns mediterrán ciklon csapadékrendszere május 15-én, szombat hajnalban érte el az országhatárt. Az intenzív csapadékesemény hatására 72 óra alatt 155 mm csapadék hullott (RONCZYK–CZIGÁNY 2013). A Mecsek és sok más hegység esetében is, konvektív feláramláskor, az orografikus hatások intenzívebbé, hevesebbé tesznek egy-egy csapadékeseményt (GERESDI 1999; SHARIF et al. 2005; MARCHI et al. 2010). Néhány nap alatt közel három hónap csapadékmennyisége esett le a Dél-Dunántúl területére.

A Kapos folyó vízgyűjtőjére lehullott csapadék hatására a folyón 2010. május 15-én kora délután indult el egy rendkívül gyors áradással járó árhullám. A főághoz hasonlóan a betorkolló vízfolyásokon is intenzív áradások alakultak ki a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság működési területén. A Baranya-csatornán, a Gödrei-vízfolyáson is rendkívüli árhullám indult el. A Gödrei-vízfolyáson közel 500 méter hosszan a bal parton Sásd város homokzsákkal védekezett, majd – a város védelme érdekében – a jobb parti depónia megnyitásával egy kijelölt 500 hektár területre a víz kivezetésre került, lecsökkentve ezzel a tetőző árhullám nagyságát. A Fekete-víz vízgyűjtőjének felső dombvidéki területein 2010. május 16-án kialakultak a tetőzések (Hetvehely, Szentlőrinc). A Dél-Dunántúlon számos, vízfolyás mellett található települést érintett a levonuló árhullám.

A 2010. május 30-án elkezdődött többnapos intenzív csapadéktevékenység hatására, a május közepén kialakult árhullámok után, újabb nagy mennyiségű csapadék esett a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság működési területére. A vízkáresemények észlelésekor, 2010. június 1-jén a kritikus vízfolyásokon (Baranya-csatorna, Pécsi-víz, Fekete-víz) a területileg illetékes Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság megkezdte a vízkárelhárítási védekezési munkát, illetve az árhullám levonulása után a helyreállítási munkálatokat.

A költségvetési tervezés nehézségei

A fenti előzmények szerint, a 2010-es év május–június hónapjában regisztrált csapadékmennyiségek és -intenzitás rendkívüli jellege a vizsgált Dél-Dunántúl régió szempontjából nemcsak a helyi vízkárelhárítással kapcsolatos műszaki szakmai felelősséget és a konkrét feladatvégzést, hanem az azzal természetszerűleg együtt járó költségvetési kiadásokat is jelentette.

Tekintettel arra, hogy az ilyen intenzitású csapadéktevékenység okozta helyi vízkáresemények (a tanulmányban pénzügyi szempontból ideértjük a szintén lokális és heves csapadéktevékenység eredményeként kialakult belvizeket is) – azóta deklarált módon is – *vis maior* jelenségnek minősültek, nyilvánvaló, hogy az azokkal kapcsolatban felmerülő költségek előre nem, illetve nehezen tervezhetők. E megállapítást fontosnak tartjuk annak érthetősége szempontjából, hogy a helyi vízkárelhárításban részt vevő vízügyi igazgatási szerv, mint költségvetési szerv, éves költségvetési tervezése során az ezekkel az eseményekkel kapcsolatban felmerülhető kiadásokat nem, de legalábbis pontosan nem láthatja előre, így nem képes a felmerülő forrásigénnyel előre pontosan tervezni.

A bizonytalanságot növeli és az előre való költségvetési tervezést akadályozza, hogy az árvízi védekezéssel szemben a helyi vízkárelhárítás szabályozása, az abban jogszabályi előírás szerint részt vevők, feladatot végzők csoportja sajátos módon heterogén és differenciált.

A vonatkozó jogszabályok értelmében a Dél-Dunántúlra jellemző, a kis vízfolyások megáradása miatt keletkezett vízkárok jogi minősítés alapján helyi vízkáreseménynek minősülnek.

A helyi vízkárok elleni védekezés felelősei a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény (a továbbiakban: Vgtv.) 16. § (5) és (6) bekezdése alapján a helyi önkormányzatok és az egyéb érdekeltek (jellemzően a szomszédos ingatlantulajdonosok, -használók).

Ez költségvetési oldalról nyilvánvalóan azt is jelenti, hogy e szereplők azok, akiknek a vizsgált vízkáresemények elhárításával együtt felmerülő szükséges költségeket végső soron viselniük kell. Annak, hogy a vízügyi igazgatási szerveknek és így a vizsgált időszakban, Dél-Dunántúlon a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak mégis (és ahogy majd láthatjuk, ráadásul jelentős) kiadásai merültek fel a helyi vízkáreseményekkel kapcsolatban, két oka van.

Az egyik – ami magát a jogalapját is jelenti a helyi vízkárok elhárításában való állami szerepvállalásnak – a Vgtv. előírása, miszerint a vízügyi igazgatási szervnek az alapvetően tehát önkormányzati feladatkörbe utalt helyi védekezésben közreműködési, szakmai segítségnyújtási kötelezettsége van. A Vgtv. 16. § (4) bekezdése alapján: „a vízügyi igazgatási szervnek vízkárelhárítással összefüggő feladata: a helyi önkormányzatok vízkár-elhárítási tevékenységének szakmai irányítása”. A szakmai irányítás keretében jelentkező, és így a 2010-es évben is felmerült költségek tehát jogszabályi előíráson alapuló feladatvégzés miatt felmerülő kiadásoknak számítanak.

A másik ok – ami kevésbé utolérhető jogszabályi előírásban – az a gyakran tapasztalt elvárás, ami szerint a vízügyi igazgatás állami szereplőjétől elvárt a rendkívüli események során a helytállás, még abban az esetben is, ha az adott tényleges védekezési tevékenység (a fent ismertetett szabályozás értelmében) nem is az ő feladata lenne.

Ez utóbbi ok rendkívül érdekes jogi problémákat is felvet, és kapcsolatba hozható a jogi szabályozás (lásd állami szerv *szakmai irányítása*) nem egyértelmű és konkrét jellegével. Ami azonban ezzel kapcsolatban a témánk szempontjából kiemelendő, hogy költségvetési oldalról már komoly tétel és terhet jelent a vízügyi igazgatási szervnek az egyéb és elsődlegesen nem állami kötelezettek feladatkörébe tartozó helyi védekezésben való közreműködés is.

Az árvízi védekezésen túl tehát – még ha eddig ez a gyakorlatban csak az árvizek mögötti másodlagos szempont volt is – számolni és tervezni kell a helyi vízkárok megjelenésével és az azokkal kapcsolatban felmerülő költségekkel is.

Nem utolsósorban szintén a költségvetési tervezést nehezíti meg az a tapasztalat, amely szerint a vízkárelhárítással kapcsolatban felmerült költségek egy része az esetek túlnyomó többségében utólag kerül forrásként biztosításra, vagyis az illetékes költségvetési szervnek ezeket a költségeket más forrásból gyakran elő kell finanszíroznia.

A 2010-es dél-dunántúli helyi vízkáresemények költségvetési hatásai

A vizsgált időszakban, a térségben lehullott nagy mennyiségű csapadék okozta haváriaesemények miatt a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak az alábbi feladatai merültek fel, és azzal kapcsolatban az alábbi kiadásokkal, főbb kiadási tételekkel kellett számolnia:

1. Az áradások idején szükségszerűvé vált konkrét védekezési, kárelhárítási beavatkozások elvégzése, amivel kapcsolatban *védekezési költségek* merültek fel.
2. Védekezési költségként személyi juttatások, azok közterhei, valamint dologi kiadások is jelentkeztek.
3. A helyi vízkáresemények költségvetési hatásai között a közvetlen védekezési költségeken felül feltétlenül meg kell említeni a kapcsolódó *helyreállítási* feladatok *költségeit* is.

Az esőzések okozta helyzet rendkívüli jellegét igazolja az is, hogy a 2010-es káreseményeket reparáló helyreállítási munkákhoz kapcsolódó költségek felmerülése nemcsak 2010-ben, hanem a későbbi években is megfigyelhető volt. A káreseményekkel kapcsolatba hozható – védekezési és helyreállítási – költségeken túl, úgy gondoljuk, hogy szükségszerű számba venni azokat az ugyan nem közvetlen, de közvetett költségeket is, amelyek igazolhatóan a vizsgált időszak esőzéseivel hozhatók összefüggésbe. Ilyen költségek között indokolt számontartani a kifizetett *kártalanítást*, a jogvitákból eredő *kártérítési* fizetési kötelezettséget (nem utolsósorban az ezekhez kapcsolódó egyéb – például ügyvédi, eljárás – költségeket is).

Az így kimutatásra kerülő teljes kiadási összeg adott költségvetési évben történő pontos meghatározására tehát igazából nincs is lehetőség, tekintettel arra, hogy a felsorolt kiadási tételek egy része még mindig – hét évvel az események bekövetkezése után is – csak várható, de pontosan nem tudható.

Az egyes kiadási tételek konkrét megoszlása

A fentiek alapján, a vizsgált eseményekkel kapcsolatban a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságot tekintve, tehát az alábbi konkrét kiadások merültek fel a 2010-es költségvetési évben:

Közvetlen védekezési kiadásokra 101 millió forintot¹⁵ költött az igazgatóság. Ebből az összegből szükséges levonni a téma szempontjából most nem vizsgálandó árvízi védekezéssel kapcsolatban felmerült 32,5 millió forintos¹⁶ tételt.

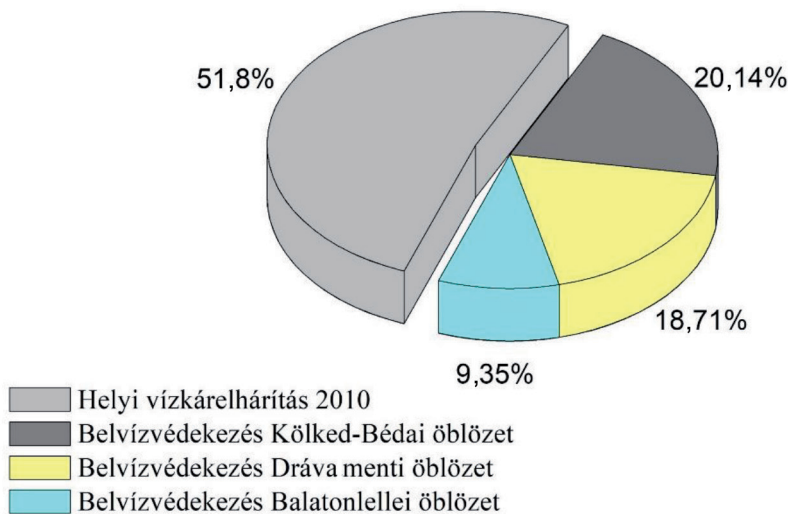
Az így fennmaradó tétel igazolhatóan a május–szeptemberi időszakban felmerült költségek fedezetéül szolgált. Ezek alapján tehát megállapítható, hogy a 2010-es esőzések

¹⁵ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

¹⁶ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

következtében kialakult helyi vízkáreseményekkel kapcsolatban a területileg illetékes vízügyi igazgatóságnak 68,5 millió forint¹⁷ kiadása merült fel.

Ez az összeg – tekintettel a fent kifejtettek szerint az állam csupán szakmai közreműködési feladatvégzési kötelezettségére – a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság tekintetében abszolút értékben is jelentősnek mondható, azonban jelentőségét jobban jellemzi, ha azt az igazgatóság elemi költségvetéséhez viszonyítjuk. Az elemi költségvetéssel való összehasonlítás eredményeként ugyanis megállapítható, hogy a 2010-es közvetlen (helyi) védekezési költségek az elemi költségvetés közel 6%-át teszik ki. A jelzett 68,5 millió forint az egyes védekezési helyszínenként az alábbiak szerint összesíthető (2. ábra).



2. ábra

2010. évi rendkívüli kiadások megoszlása

Forrás: a szerző szerkesztése a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján

Az összes védekezési kiadásokon belül a személyi kiadások 30%-ot, míg a dologi kiadások 70%-ot jelentenek. Ez az alább kimutatásra kerülő megosztás alapján a 2010-es év vonatkozásában azt jelentette, hogy a védekezési személyi kiadások az éves személyi kiadások 3, míg a szintén csak közvetlenül a védekezéssel kapcsolatban felmerülő dologi kiadások az éves összes dologi kiadás 11%-át jelentették.

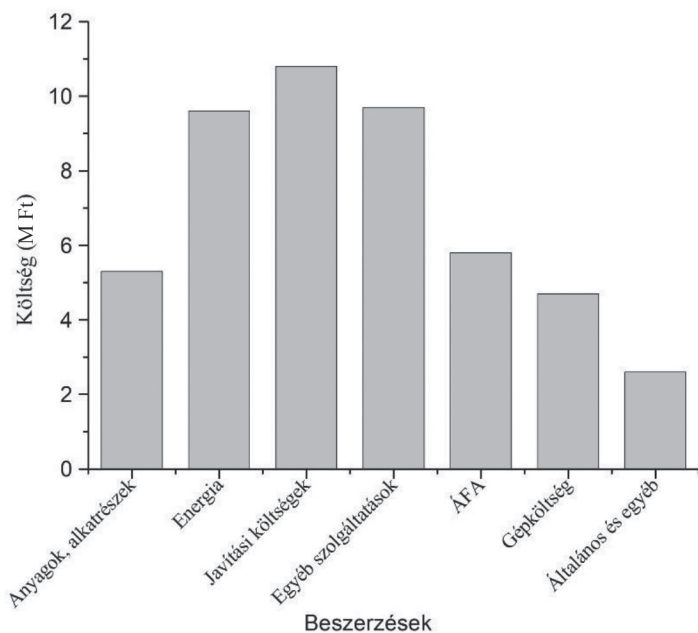
A személyi kiadásokat a védekezésben részt vett állomány részére kifizetett túlórák és pótlékok (a védekezési időszakban elszámolt illetménykülönbözet) teszik ki. Fontos megjegyezni, és jól szemlélteti a védekezési kiadások „szűken célhoz kötött” elszámolását, hogy az így felmerült kiadások egyáltalán nem tartalmazzák egyrészt a védekezési feladatok „háttérműveleteit” végző adminisztratív munkatársak többletmunkájának ellenértékét,

¹⁷ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

továbbá szintén nem tartalmazza a védekezésben részt vevő kollégáknak a kieső munkaidejük miatt mások által elvégzendő alapfeladataival kapcsolatban felmerült többletmunka ellenértékét sem. A védekezésnél elszámolt személyi kiadásokkal kapcsolatban szintén fontos kiemelni, hogy abba nem tartozik bele a védekezésben részt vett munkatársak rendszeres (békeidős) munkaideje alatt végzett védekezési munkájuk sem, kizárólag a túlórák és az úgynevezett védekezési átlag-bérekülönbözet.

A napi rendszeres munkaidőben és a védekezési kiadásokkal elszámolt túlmunkában végzett védekezési órák száma a vizsgált időszakban 11 000 óra. Ebből egy jelentős rész hétvégére eső időszak volt. Nem kétséges, hogy az – igazgatóságok közül a 2010-es évben is legkevesebb létszámmal rendelkező – Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság számára komoly megterhelést jelentett a védekezés a szükséges humán erőforrás (elsősorban területi felügyelői, csatornaőri, gépkezelői állomány) biztosítása tekintetében is.

Ami a dologi kiadásokat illeti (48,5 millió Ft)¹⁸ megállapítható, hogy azokon belül a közvetlenül a helyi vízkárelhárítással kapcsolatban felmerült védekezési kiadások közel 34 millió forintot tettek ki, míg a maradék a belvízvédekezéshez szükséges forrásokat jelenti. Magukon a dologi kiadásokon belül érdemes megvizsgálni, hogy a helyi vízkárral és belvízzel kapcsolatban jellemzően milyen beszerzések történtek (3. ábra).



3. ábra

Dologi kiadások megoszlása a helyi vízkárral és belvízzel összefüggésben a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság működési területén 2010-ben

Forrás: a szerző szerkesztése a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján

¹⁸ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

A védekezéssel kapcsolatban felmerült másik nagy tételt a helyreállítási kiadások jelentik. A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság ilyen célra 20,5 millió forintot¹⁹ fordított, amely tétel tartalmazza az árvízi védekezéssel kapcsolatban szükségszerűvé vált helyreállítási munkák költségét is. Az árvizes tétellel nem számolva csak a helyi vízkáros (és belvizes) helyreállítási költség mindösszesen 14,7 millió forint volt ebben az évben.

A közvetlenül a védekezéssel kapcsolatban felmerülő kiadásokkal szemben a helyreállítási költségek vonatkozásában ki kell emelni, hogy azok nyilván közel sem tekinthetők teljes körűnek – már, ami a teljes körű helyreállításhoz ténylegesen szükséges forrásigényt illeti.

A védekezési munkákhoz képest a helyreállítási munkák végzése és azok finanszírozása ugyanis jóval szigorúbb és szűkebb lehetőségek mentén, végső soron a pénzügyi lehetőségek alapján behatárolt. A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak a 2010-es helyi vízkárokkal kapcsolatban, külső vállalkozók által elvégezve az alábbi helyreállítási munkái és ahhoz kapcsolódó főbb költségei merültek fel (1. táblázat).

1. táblázat
Helyreállítási munkák költségei

Helyreállítási munkák	Összeg (M Ft)
Kapos-csatornán depónia helyreállítása, uszadékszedés, műtárgyjavítás	1,64
Depóniák helyreállítása az alábbi vízfolyásokon:	
– Borza-patak	
– Okorköz-csatorna	
– Okor vízfolyás	4,00
– Fekete-víz	
– Karasica vízfolyás	
Baranya-, Hábi-csatornák depóniáinak helyreállítása	2,56
Egyéb depónia helyreállítása	4,00

Forrás: a szerző szerkesztése

Ezekon kívül a helyreállítási kiadások között merültek még fel: saját gépkocsi használata, eszközök beszerzése, kivitelezési munkák saját elvégzése, raktári anyagfelhasználás is.

Ahogy azt korábban is említettük, a közvetlen védekezési és az utólagos helyreállítási kiadásokon túl számolnunk kell továbbá az egyéb, a védekezési tevékenységekkel együtt járó, „járulékos” költségekkel is. Ezek közé sorolhatjuk elsősorban a helyi vízkáreseményekkel kapcsolatban felmerült kártérítési igényeket. A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatósággal szemben a vizsgált időszak esőzéseivel kapcsolatban kialakult haváriák miatt az alábbi kártérítési igényekkel éltek (2. táblázat).

¹⁹ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

2. táblázat
Kártérítési igények havária miatt

Per tárgya	A károkozás helye	Pertárgyérték (kártérítés és járulécai) (M Ft)
1. A felperes tulajdonában álló Gilvánfa 024. hrsz., 027 hrsz., 032 hrsz.-ú és a 033 hrsz. alatt felvett szántó művelési ágú ingatlanokat ért – a 2010. májusban, valamint 2013. áprilisban és 2014. októberben bekövetkezett rendkívüli esőzések miatt – helyi vízkár.	A Bükkösi-árapasztó csatorna 3+100 km szelvényénél található műtárgy (csapóajtós átereszt) meghibásodása miatt következett be az érintett földek elöntése.	9,29
2. A felperesek tulajdonában álló, a VIZIG vagyongazdálkodásban lévő Pécsi-víz vízfolyással szomszédos földeket – a 2010. májusi rendkívüli csapadék hatására – ért helyi vízkár.	A Pécsi-víz (Kórós 046 hrsz.) jobb oldalán a 8+370 kmsz-ben levő, valamint a Pécsi-víz (Kórós 014 hrsz.) bal oldalán a 6+686 kmsz-ben levő táblás zsilip és a Pécsi-víz (Páprád 033 hrsz.) jobb oldalán a 15+164 kmsz-ben, a Páprádi-csatorna becsatlakozásánál levő táblás zsilip került károkozó műtárgyként megjelölésre.	5,60
3. A felperes tulajdonában álló, Baranyahídvég 075/1 hrsz.-ú ingatlanát (facsemetés) – a 2010 májusában-júniusában lezúduló rendkívüli csapadék következtében – ért helyi vízkár.	A Fekete-víz bp. 13+718. sz-ben található torkolati zsilip, valamint a Fekete-víz bp. 12+864-es szelvényben lévő zsilip került károkozó műtárgyként megjelölésre.	3,07

Forrás: a szerző szerkesztése

A perekből származott és – tekintettel azok jelenleg is folyamatban lévő állapotára – származható kiadások a legkevésbé tervezhetők. Költségvetési szervként még a pertárgy pontos ismeretében sincs az igazgatóságnak módja céltartalék képzésével ezekre a várható, de bizonytalanul bekövetkező kiadásokra felkészülnie. Így a polgári jogban alkalmazott ötéves elévülési időre és a perek általánosan ismert elhúzódására tekintettel előállhat az a helyzet, hogy egy védekezési időszak (káresemény) bekövetkezése után és abból eredően, de akár 6-8 évvel később merül fel fizetési kötelezettsége a költségvetési szervnek.

Sajnos költségvetési szempontból ugyancsak bizonytalan helyzetet teremt az a tapasztalatunk szerint szintén jellemző gyakorlat is, hogy a túlnyomórészt azonos történeti

tényállású kártérítési perek az eljáró bíróságok ítélezése alapján sokszor merőben ellentétes eredménnyel zárulnak. Tehát egyes bíróságokon nyertesként, míg más bíróságokon vesztesként kényszerülünk elhagyni a tárgyalótermet, még ha az ügyek (tényállások) kísértetiesen hasonlítanak is egymásra.

Ezzel kapcsolatban úgy gondoljuk, hogy az – elsősorban a víztársulatoktól átvett kis vízfolyásokon eszközölt – gondos és teljes körű fenntartási munka alapvetően elejét vehetné ezeknek a pereknek, illetve amennyiben mégsem, abban az esetben is megkönnyítené a perbeli védekezést, és nagyban elősegítené a pernyertességet.

Nyilvánvaló, hogy a vízkáreseményekhez kapcsolódó jogviták fenti sajátosságai nem kis terhet, illetve problémát jelentenek a költségvetés, a költségvetési tervezés számára.

Összefoglalás

Megelőzés, illetve védekezés? A 2010-es dél-dunántúli rendkívüli csapadéktevékenység költségvetési hatásainak vázlatos bemutatása során okkal merül fel bennünk a kérdés: „Mi éri meg jobban?” – azaz tisztán pénzügyi oldalról nézve, mennyire „kifizetődő” elkerülni a helyi vízkáreseményeket?

Sajnos a költségvetési választ erre nem tudjuk megadni – egyrésről a dolgozatban többször is jelzett bizonytalan – a nem teljes (még várható) kiadási tételek miatt, továbbá mivel nincs arra adatunk, mérésünk, hogy egy adott vízfolyáson a károk bekövetkezését egészen biztosan megakadályozni képes állapot (fenntartási munka) költségigénye hogyan viszonyulna az adott vízfolyáson bekövetkező károk költségigényéhez.

A „megelőzni jobb, mint helyreállítani” alapelvvel való azonosulás mellett nyilvánvaló, hogy ilyen típusú összehasonlítást nem tudunk végezni, de az talán nem is vezetne helyes eredményre. Azonban a rendelkezésre álló adatok birtokában a következő megállapításokat tesszük:

A vízügyi igazgatóság az egész működési területét illetően a 2010. évben 76,3 millió forintot²⁰ költött fenntartási munkákra. Ebbe beletartozik valamennyi vízfolyásra, vízi létesítményre az adott évben ilyen célra fordítható forrás, és mint ilyen, egyfajta rugalmatlan adottságként (forrásként) kezelendő. Ha ezt az összeget összevetjük a vizsgált káreseményekkel kapcsolatban felmerült védekezési és helyreállítási költségekkel (68,5 millió és 14,7 millió forint), akkor meg kell állapítanunk, hogy a fenntartási munkák értékéhez képest a szükséges helyreállítási munkák értéke bizony jelentős.

Még inkább jelentősnek tűnik ez a tétel, ha azt is hozzátesszük, hogy ezek a védekezési és helyreállítási munkák csak néhány (a vízkárokból ténylegesen érintett) területre, többnyire kisvízfolyásokra koncentráálódtak.

Megállapítható tehát, hogy a károk helyreállítása rendkívül komoly tételként jelentkezett a 2010-es májusi–szeptemberi esőzések során a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnál.

²⁰ Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2010. évi könyvelési adatai alapján.

Tudomásul kell venni, hogy vannak és a jelek szerint egyre inkább lesznek olyan vis maior jellegű események, amelyek megelőzésére – a gondos felkészülés, fenntartás ellenére – nincs mód. A vízügyi igazgatási szervezeteknek nem tehető feladatává, hogy extrém körülményekre modellezze fenntartási és *kármegelőzési* munkáit, ugyanakkor elvárt, hogy az ilyen vis maior jellegű események során védekezési tevékenységével mindent megtegyen *a károk elhárításáért*.

Konklúzió

Az elmúlt években, évtizedekben tapasztalt – a klímaváltozással is összefüggésben levő – szélsőséges időjárási helyzetekre való vízgazdálkodási (területi és települési) felkészülést haladéktalanul meg kell kezdenünk. A vízügyi ágazat részéről folyamatban van a kapcsolódó (jog)szabályok, szabványok, irányelvek műszaki, jogi és gazdasági felülvizsgálata. A felülvizsgálat első műszaki lépése a belterületi csapadékezelő rendszerek tervezésének alapvető újragondolása. A felülvizsgálat lehetőséget teremt a tényleges vízgazdálkodás alapjainak megteremtésére. A vízkészletek megtartása az elsődleges cél (vízviisszatartás, tározás), ami enyhítheti az aszályos időszakok szintén negatív vízgazdálkodási és gazdasági következményeit.

A jelenlegi városi vízgazdálkodás – amennyiben egyáltalán beszélhetünk városi vízgazdálkodásról – magában foglalja a település vízellátását, a szennyvizek kezelését, azok elhelyezését, vízfolyással érintett települések esetében a településen áthúzódó vízfolyások, esetlegesen tavak, illetve a tározók védelmét, fenntartását. A városi vízgazdálkodás egyszerűen jelenti a területhasználat(ok)ból eredeztethető következmények szükségszerű (rövid és hosszú távú) kezelését. A vízgyűjtő szemléletből kifolyólag, tervezési szempontból, számos esetben nem beszélhetünk tisztán települési vízgazdálkodásról (külterületi vízgyűjtő esetében), éppen ezért szükségszerű a csatlakozási pontok (például befogadók) megfelelő illesztése (jelenleg eltérő a belterületi szakaszok kiépítési valószínűsége) a külterületi szakaszokhoz.

Összességében a dolgozat során megállapítást nyert, hogy a helyi vízkáresemények és belvizek okozta károk igenis jelentős – az árvizekkel is vetekedő – tételt jelentettek 2010-ben a Dél-Dunántúlon.

Korábbi szakirodalmi munkákban is megállapítást nyert, hogy a helyesen méretezett és fenntartott csatornahálózat, belterületi csapadékvíz-elvezető árkok nagy szerepet játszanak a lefolyás szabályozásában (RONCZYK et al. 2012). A felmerülő költségek vizsgálatakor kiderült, hogy azok egyrésztől nehezen tervezhetők, sokszor évekkel később merülnek csak fel, és összetételüket tekintve nem csak a közvetlen védekezési költségekből állnak.

Összegző megállapításként arra is érdemes felhívni a figyelmet, hogy a helyi vízkárok költségvetési hatása korántsem elhanyagolható a több szempontból is előtérbe helyezett árvizes költségekhez képest. A vizsgált 2010-es év helyi vízkárai gazdasági szempontból hasonló nagyságrendű terhelést jelentettek a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak, mint amekkorát a 2013. évi dunai árvíz okozott Magyarország költségvetése számára. Nem helyes tehát, ha kevesebb hangsúlyt helyezünk a kis vízfolyások hirtelen áradásaira.

Mindezek rá kell, hogy irányítsák figyelmünket arra, hogy a helyi vízkárokkal kapcsolatban rendelkezésre álló tapasztalatok minél jobb hatásfokkal való felhasználásával, költségvetési szempontból is egyre tudatosabban tervezzük a felmerülhető kiadásokat.

Irodalomjegyzék

- DAVIDSON, J. P. – REED, W. E. – DAVID, P. M. (2002): *Exploring Earth*. 2nd Edition. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- GEORGAKAKOS, K. P. (1987): Real-Time Flash Flood Prediction. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, No. D8. 9615–9629. DOI: <https://doi.org/10.1029/JD092iD08p09615>
- GEORGAKAKOS, K. P. (2002): Hydrometeorological Models for Real Time Rainfall-Flow Forecasting. In SINGH, V. P. – FREVERT, D. eds.: *Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications*. Highlands Ranch, Water Resources Publications. 509–655.
- GEORGAKAKOS, K. P. (2006): Analytical Results for Operational Flash Flood Guidance. *Journal of Hydrology*, Vol. 317, Nos. 1–2. 81–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.05.009>
- GEORGAKAKOS, K. P. – HUDLOW, M. D. (1984): Quantitative Precipitation Forecast Techniques for Use in Hydrologic Forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 65, No. 11. 1186–1200. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1984\)065<1186:QPFTFU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1984)065<1186:QPFTFU>2.0.CO;2)
- GERESDI I. (1999): *Zivatarok előrejelzése és radarképek automatikus feldolgozása. (Nowcasting of thunderstorms and automated analysis of radar images)*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat.
- MARCHI, L. et al. (2010): Characterization of Selected Extreme Flash Floods in Europe and Implications for Flood Risk Management. *Journal of Hydrology*, Vol. 394, Nos. 1–2. 118–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.017>
- RONCZYK L. – CZIGÁNY SZ. (2013): Urban Geomorphological Process in Pécs, Southwest-Hungary, Triggered by Extreme Weather in May and June 2010. In LÓCZY D. ed.: *Geomorphological Impacts of Extreme Weather: Case Studies from Central and Eastern Europe*. Netherlands, Springer. 347–360. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6301-2_22
- RONCZYK L. et al. (2012): Effects of Excess Urban Runoff on Waste Water Flow in Pécs, Hungary. *Riscuri și Catastrofe*, Vol. 11, No. 2. 144–159.
- SHARIF, H. O. et al. (2005): The Use of an Automated Now-casting System to Forecast Flash Floods in an Urban Watershed. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 7. 190–202. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM482.1>

Vákát oldal

A csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusai

Bevezetés

A klímaváltozás, a globális felmelegedés hatásai már nem csupán hipotézisek, egyre gyakoribbak a szélsőséges időjárási események. Az elmúlt időszakban több olyan rendkívüli, előre nem prognosztizálható meteorológiai jelenség is kialakult, amelyek hatásai súlyos károk keletkezéséhez vezettek. A következmények nemcsak a lakosság mindennapjait befolyásolják, hanem kihatással vannak a gazdálkodó szervezetek tevékenységére is, akár veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset bekövetkezéséhez is vezethetnek.

Példaként felhozható a 2017. augusztus 31-én egy Houston melletti vegyi üzemben bekövetkezett robbanás, amelynek oka egyértelműen a Harvey hurrikán hatásaira vezethető vissza. A Harvey hurrikán erősségét a szárazföldön viszonylag hamar elveszítette, rövid idő alatt trópusi viharrá mérséklődött. A mozgása lelassult, de pont emiatt rengeteg csapadék zúdult az érintett területekre. Houston térségében egy hét alatt egyévnnyi eső esett, a település melletti nagy gátak elkezdtek túlsordulni. Az *Arkema* vegyi üzem a Houston melletti Crosbynál található. A gyárban szerves peroxidot állítanak elő, amelyet az ipar rendkívül széles körben használ fel, egészen a gyógyszergyártástól az építőanyag-előállításig. A gyárban a Harvey hurrikán érkezése előtt már leállították a termelést, de a hirtelen lezúdult 102 centiméternyi esőre nem számítottak. A nagy mennyiségű lokális csapadék miatt megszűnt az elektromos ellátás, majd a tartalék elektromos ellátást biztosító generátorok is meghibásodtak. Az áramkimaradás hatására a készülékek hűtési rendszere, valamint a biztonsági berendezések leálltak. A szerves peroxid hűtés nélkül veszélyessé válhat, spontán kémiai reakció – robbanásszerű polimerizáció – indulhat be, amely tulajdonságot egyébként a robbanóanyagok előállításánál használnak. Az irányítás elvesztése miatt a gyárban nem volt lehetőség a spontán kémiai reakció megállítására, így 2017. augusztus 31-én két robbanás következett be, aminek eredményeként bőr- és szemirritáló füst került a szabadba. Az illetékes hatóságok a lakosságot a gyár 2,5 km-es sugarú körében kitelepítették, azonban egy, a területet biztosító rendőrt kórházba kellett szállítani, mert vegyi anyag gőzét lélegezte be. Rajta kívül még kilenc embert kellett megfigyelésre kórházba szállítani (Joób 2017).

Az Európai Unióban, így Magyarországon is az olyan veszélyes anyagok jelenlétében végzett tevékenység, amely ellenőrizhetetlenné válása esetén tömeges méretekben veszélyeztetheti, illetve károsíthatja az emberi egészséget, a környezetet, az élet- és vagyon-

biztonságot (a továbbiakban: veszélyes tevékenység), kizárólag az iparbiztonsági hatóság katasztrófavédelmi engedélyével végezhető (2011. évi CXXVIII. törvény).

A publikációban a katasztrófavédelem-iparbiztonsággal kapcsolatos szabályozást, a veszélyes tevékenység végzésére vonatkozó műszaki kritériumrendszert és esetleírásokon keresztül a csapadékvíz-gazdálkodás iparbiztonsági aspektusait mutatjuk be.

Az iparbiztonság-katasztrófavédelem szabályozási rendszere

A veszélyes anyagokkal végzett tevékenység egységes iparbiztonsági szabályozása 1999-ben a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyeinek ellenőrzéséről szóló 96/82/EK irányelv – közismert néven Seveso II. irányelv – jogharmonizációjával történt meg.

A katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 1999. évi LXXIV. törvény IV. fejezet és a végrehajtására kiadott, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 2/2001. (I. 17.) Korm. rendelet megalkotásával Magyarország eleget tett európai uniós jogharmonizációs kötelezettségeinek.

A 21. század elején bekövetkező veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek – 2000. januárban a romániai Nagybányán történt ciánszennyezés, a 2000. májusi hollandiai enschedei „tűzijáték-baleset”, 2001. szeptemberben a toulouse-i műtrágyagyártó üzemben történt robbanás – tapasztalatainak eredményeként a Seveso II. irányelv hatálya bővült a 2003/105/EK irányelv elfogadásával. A Seveso II. irányelv módosításának eredményeként megközelítőleg 20%-kal csökkent a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek előfordulási gyakorisága, ami arra utal, hogy az irányelvben foglalt célkitűzések megvalósítása eredményes (CIMER 2014).

A Seveso II. irányelv módosítását Magyarország a katasztrófavédelmi törvény IV. fejezete módosításával és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 18/2006. (I. 26.) Korm. rendelet megalkotásával emelte át a nemzeti jogrendbe.

A 2010. október 4-én MAL Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. területén bekövetkezett balesetet követően az Országgyűlés elfogadta a lakosság biztonságának és biztonságérzetének növelése céljából, valamint a természeti és civilizációs katasztrófák elleni védekezés hatékonyságának fokozása, a katasztrófavédelmi szervezetrendszer erősítése, a katasztrófavédelmi intézkedések eredményességének növelése érdekében a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvényt, amelynek eredményeként 2012. január 1-jén a katasztrófavédelem szervezeti egységén belül létrejött az egységes iparbiztonsági hatósági szervezet. A jogszabályváltozással Magyarországon az Európai Unión belül a legszigorúbb szabályozás lépett hatályba.

Az egységes iparbiztonsági hatósági szervezet tevékenysége négy fő szakterületre terjed ki: a veszélyes üzemek felügyeletére; a veszélyes áruk szállításának ellenőrzésére a közúti, vasúti, vízi közlekedési ágazatokban; a kritikus infrastruktúrák védelmére; valamint a nukleárisbaleset-elhárítás szakterületre (MUHORAY 2012).

A veszélyes üzemek felügyeletére vonatkozó követelményrendszert a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet tartalmazza.

A vegyi anyagok egységes osztályozására és címkézésére az ENSZ kidolgozta a *Vegyi anyagok besorolásának és címkézésének globálisan harmonizált rendszerét* (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*, GHS), amit az Európai Parlament és az Európai Tanács 2008. december 16-án elfogadott, és a 1272/2008/EK rendelettel (a továbbiakban: CLP) az EU tagállamaira is kötelező érvényűvé tett. A CLP megalkotásával a korábbi, veszélyes anyag osztályozására vonatkozó 67/548/EGK irányelv folyamatosan hatályát veszítette, így mindazon jogszabályok – többek között a Seveso II. irányelv is – felülvizsgálata indokolttá vált, amelyek valamilyen kapcsolatban álltak a veszélyes anyagok korábbi osztályozási rendszerével. Az Európai Parlament és a Tanács 2012. július 4-én elfogadta a jelenleg is hatályos, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről szóló 2012/18/EU irányelvet (Seveso III. irányelv), amely már a CLP-ben foglalt veszélyesanyag-osztályozási rendszert alkalmazza. (CIMER–HALÁSZ 2010).

A Seveso III. irányelv jogharmonizációja a 2011. évi CXXVIII. törvény és a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet módosításával valósult meg. Az iparbiztonság nemzetközi és hazai szabályozásának változását az alábbi táblázat foglalja össze:

1. táblázat

Az iparbiztonság nemzetközi és hazai szabályozásának változása

Nemzetközi szabályozás	Hazai szabályozás
82/501/EGK tanácsi irányelv Seveso I. irányelv	Jogharmonizáció nem történt meg.
96/82/EK irányelv Seveso II. irányelv	1999. évi LXXIV. törvény 2/2001. (I. 17.) Korm. rendelet
2003/105/EK irányelv v II. irányelv módosítása	18/2006. (I. 26.) Korm. rendelet
–	2011. évi CXXVIII. törvény 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet
2012/18/EU irányelv Seveso II. irányelv	2011. évi CXXVIII. törvény módosítása 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet módosítása

Forrás: a szerzők szerkesztése

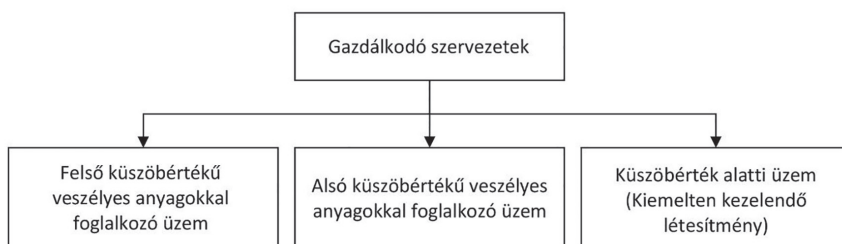
Veszélyes tevékenység folytatására vonatkozó iparbiztonsági követelmények

Általános előírások

A veszélyes tevékenység folytatására vonatkozó iparbiztonsági szabályozás – a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet – veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemre és a küszöbérték alatti üzemre vonatkozik.

Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület egésze, ahol egy vagy több veszélyes anyaggal foglalkozó létesítményben – ideértve a közös vagy kapcsolódó infrastruktúrát is – veszélyes anyagok vannak jelen a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. mellékletében meghatározott küszöbértéket elérő mennyiségben, és ennek alapján alsó vagy felső küszöbértékűnek minősül (2011. évi CXXVIII. törvény).

Küszöbérték alatti üzem egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület, ahol a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. melléklete szerinti alsó küszöbérték negyedét elérő vagy meghaladó, de az alsó küszöbértéket el nem érő mennyiségben veszélyes anyag van jelen, valamint a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. §-ában meghatározott, kiemelten kezelendő létesítmények.



1. ábra

A 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó üzemek státusza

Forrás: a szerzők szerkesztése

Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemre – valamint azon belül a veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményre – építési engedély csak a hivatásos katasztrófavédelmi szerv katasztrófavédelmi engedélye alapján adható. Az építési engedélyezéshez szükséges katasztrófavédelmi engedély iránti kérelemhez az üzemeltetőnek csatolni kell a biztonsági jelentés vagy biztonsági elemzés két példányát.

Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekre és a küszöbérték alatti üzemekre egyaránt vonatkozik, hogy a veszélyes tevékenység végzése kizárólag az iparbiztonsági hatóság katasztrófavédelmi engedélyével végezhető. Az engedély megszerzéséhez a felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemeknek biztonsági jelentést, az alsó küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemeknek biztonsági elemzést, a küszöbérték alatti üzemeknek súlyos káresemény elhárítási tervet kell a katasztrófavédelem iparbiztonsági hatóságához benyújtaniuk.

A katasztrófavédelem iparbiztonsági hatóságához benyújtott biztonsági dokumentációban az üzemeltetőnek igazolnia kell, hogy egyrészt a veszélyes tevékenységének végzése a környezetre nem jelent nagyobb kockázatot, mint a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 7. mellékletében rögzített engedélyezési kritérium, másrészt felkészült egy veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavar, súlyos baleset kezelésére.

Engedélyezési kritérium

A veszélyes tevékenység engedélyezése három kritériumrendszer együttes vizsgálatával történik:

1. Az egyéni kockázat alapján a veszélyes tevékenység
 - a) elfogadható szintű veszélyeztetettséget jelent, ha a lakóterület olyan övezetben fekszik, ahol veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset következtében történő halálozás egyéni kockázata nem éri el a 10^{-6} esemény/év értéket.
 - b) feltételekkel elfogadható szintű veszélyeztetettséget jelent, ha a lakóterületen a halálozás egyéni kockázata 10^{-6} esemény/év és 10^{-5} esemény/év között van. Ekkor a hatóság kötelezi az üzemeltetőt, hogy hozzon intézkedést a tevékenység kockázatának észszerűen kivitelezhető mértékű csökkentésére, és olyan, a súlyos balesetek megelőzését és következményei csökkentését szolgáló biztonsági intézkedések feltételeinek biztosítására, amelyek a kockázat szintjét csökkentik.
 - c) nem elfogadható szintű veszélyeztetettséget jelent, ha a lakóterületen a halálozás egyéni kockázata meghaladja a 10^{-5} esemény/év értéket. Ha a kockázat a településrendezési intézkedéssel nem csökkenthető, a hatóság kötelezi az üzemeltetőt a tevékenység korlátozására vagy megszüntetésére [219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet].
2. A társadalmi kockázat alapján a veszélyes tevékenység
 - a) feltétel nélkül elfogadható, ha $F < (10 - 5 \times N - 2) / \text{év}$, ahol $N \geq 1$.
 - b) feltétellel fogadható el, ha minden $F < (10 - 3 \times N - 2) / \text{év}$, és $F \geq (10 - 5 \times N - 2) / \text{év}$ tartomány közé esik, ahol $N \geq 1$. Ebben az esetben a tevékenység kockázatának csökkentése érdekében a hatóság kötelezi az üzemeltetőt, hogy gondoskodjon olyan megelőző biztonsági intézkedésekről (riasztás, egyéni védelem, elzárkózás stb.), amelyek a kockázat szintjét csökkentik.
 - c) nem elfogadható szintű a veszélyeztetettség, ha $F \geq (10 - 3 \times N - 2) / \text{év}$, ahol $N \geq 1$. Ebben az esetben, ha a kockázat más eszközökkel nem csökkenthető, a hatóság kötelezi az üzemeltetőt a tevékenység korlátozására vagy megszüntetésére [219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet].
3. Környezetterheléssel járó súlyos balesetből származó veszélyeztetés elfogadhatóságának feltételei:
 - a) a technológia műszaki kialakítása garantálja a környezetre veszélyes anyagok környezetbe jutó mennyiségének korlátozását, és az erre vonatkozó technológiai szabályzók rendelkezésre állnak,
 - b) a kikerült környezetre veszélyes anyag összegyűjtését, mentesítését vagy más módon történő ártalmatlanítását tartalmazó technológiai szabályzók rendelkezésre állnak,
 - c) a környezeti kárelhárítási eljárások anyagi-technikai és személyi feltétele biztosított,

- d) az üzem kárelhárító szervezete felkészült a környezeti kárelhárítási feladatok végzésére, és e feladatokat terv szerint rendszeresen gyakorolja [219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet].

A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek – indokolt esetben a küszöbérték alatti üzemek – a fenti engedélyezési kritériumoknak való megfelelés igazolására mennyiségi kockázatelemzést végeznek.

A mennyiségi kockázatelemzés két lépésre bontható. Egyrészt valamilyen szisztematikus módszerrel a veszélyes anyagok szabadba kerülésének gyakoriságát, másrészt a szabadba került veszélyes anyag következményeit – adott pontban elhalálozás valószínűsége – szoftveres modellezéssel kell meghatározni.

A veszélyes anyag szabadba kerülése gyakoriságának meghatározására a gyakorlatban legelterjedtebb módszer a hibafaelemzés és a hibamód- és hatáselemzés (HAZOP).

A hibafaelemzés egy fordítva gondolkodási technika, amely a nem kívánt esemény (csúcsesemény) bekövetkezéséhez vezető okokat (közbenső események, alapesemény) logikai kapcsolatokkal tárja fel. A hibafaelemzés eredménye azoknak a berendezési és emberi hibák kombinációjának felsorolása, amelyek elegendők egy súlyos baleset kiváltásához. Az alapesemények bekövetkezéseinek gyakorisága számszerűsíthető, így a csúcsesemény bekövetkezésnek gyakorisága meghatározható (SZAKÁL et al. 2013).

A HAZOP a normál üzemmenettől (tervezéstől) való eltérést vizsgálja vezényszavak – nincs, nem, több, kevesebb stb. – segítségével. Az elemzés eredménye jegyzőkönyvben kerül rögzítésre, amely alapján megállapítható a normál eltérés kialakuláshoz vezető ok, valamint a lehetséges következmény is.

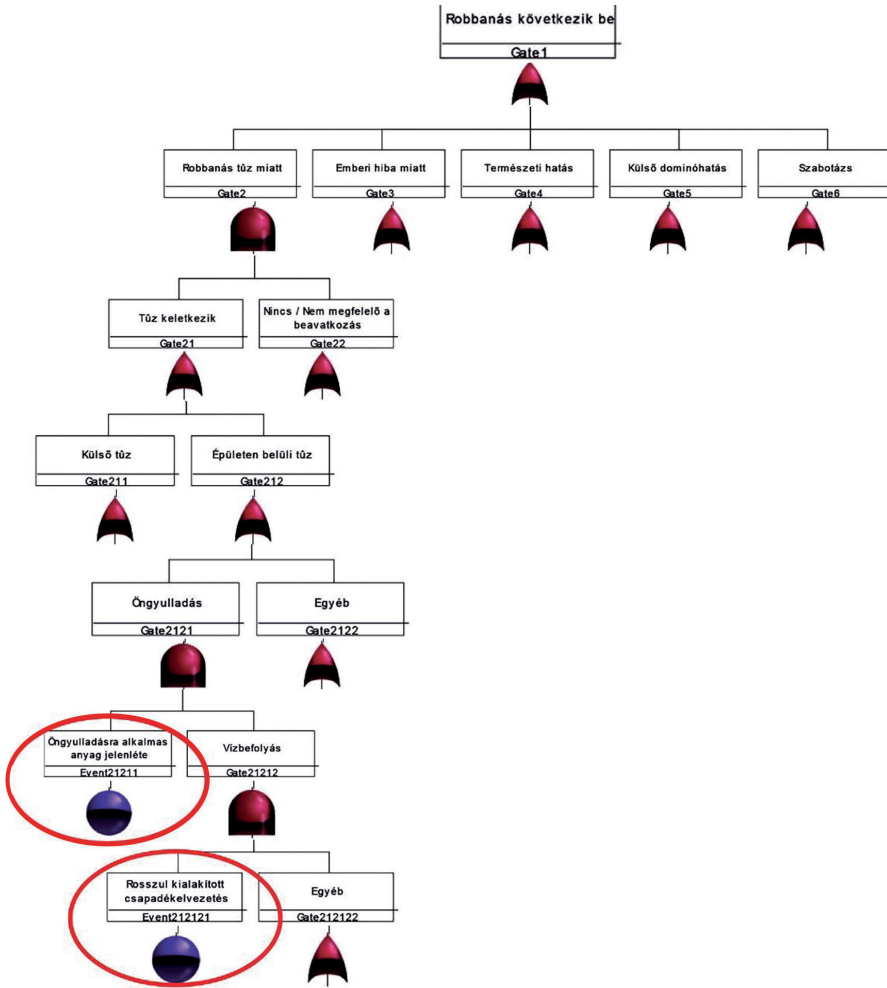
A nagy mennyiségű lokális csapadék, a nem megfelelő csapadékvíz-elvezetés – mint azt a bevezetőben is bemutatott esemény példázza – hozzájárulhat a veszélyes anyag szabadba kerüléséhez, a hibafaelemzés során alapeseményként, a HAZOP elemzésben a normál üzemmenettől való eltérés egyik okként jelentkezhet.

Veszélyes anyag szabadba kerülésekor nem megfelelően kialakított csapadékvíz-elvezető rendszer az események eskalálásához vezethet. Egy nem kívánt esemény lehetséges következményei az úgynevezett eseményfa-elemzéssel tárhatók fel. Az eseményfa-elemzés induktív módszer, ahol az alapkérdés a következő: „Mi történik, ha...?” Egyértelműen megadja a különböző hatáscsökkentő rendszerek működése vagy meghibásodása és az egyedi kezdeti esemény bekövetkezése utáni végső veszélyes esemény közötti összefüggést.

Esetleírások

Robbanóanyagok tárolása

A robbanóanyagok előállításával, tárolásával foglalkozó gazdálkodó szervezetek többnyire a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet hatálya alá tartoznak. (Az alsó küszöbérték P1. a robbanóanyagok esetében 10 tonna, P1.b robbanóanyagok esetében 50 tonna.) A robbanóanyagok tárolásából bekövetkező robbanás okai hibafaelemzéssel vizsgálhatók. A tárolásra vonatkozó általános hibafát az alábbi ábra mutatja be:



2. ábra

Hibafaelemzés tárolás során bekövetkező robbanásra vonatkozóan

Forrás: a szerzők szerkesztése

A fenti hibafaelemzés alapján megállapítható, hogy egy veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset kialakulásához a nem megfelelően kialakított csapadékvíz-elvezetés is hozzájárulhat.

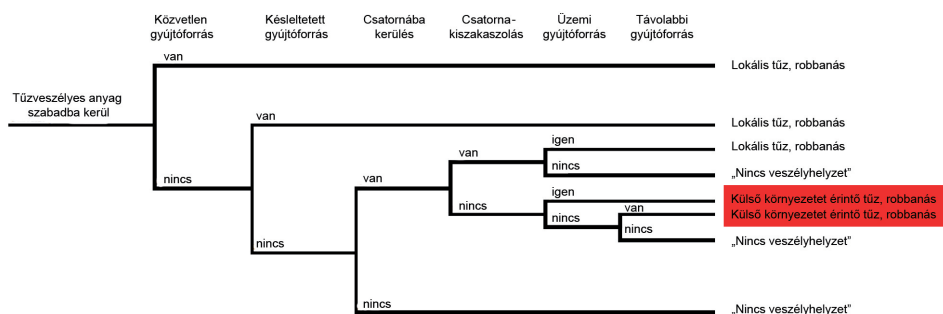
A hibafaelemzés eredményét a 2008. június 28-án délelőtt, egy balatonfüzfi telepelyen bekövetkező robbanás is igazolja. A robbanás egy raktárépület kb. 20 m² alapterületű helyiségében keletkezett, ahol az üzemeltető a gyártási selejtként nagy mennyiségben felhalmozódott hulladék csappantyút, füstpatront, kődtermékeket, gyújtózsínort, villanógránátot és kődgyertyát tárolt. A tárolt robbanóanyagok mennyisége 225 kg TNT ekvivalens

tömegének felelt meg. A robbanás feltételezett oka az volt, hogy az előző éjszakai jelentős esővel járó vihar vízbefolyást eredményezett, ami kiváltotta a hexaklórétanos ködtermék melegedését, öngyulladását, ami a későbbiekben detonációhoz vezetett. A robbanás következtében a csappantyúval érintkező vasbeton fal 1-1,5 m² területen átszakadt, a hasadó-níyló felületek megnyíltak, a vasajtó a szemközti földbevédeésre repült. Az épület villámhárítója részben, illetve a védődomb területén lévő kerítés részlegesen megsérült. A légnyomás miatt a közelben található épületek üveglablakai betörték (SZAKÁL–CIMER 2017).

Csapadékvíz-elvezetés veszélyes ipari üzemekben

Csapadékvíz-elvezetés szempontjából a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó veszélyes üzemek két csoportba sorolhatók, a veszélyes üzemek egy része zárt, belső rendszerrel rendelkezik, számos veszélyes üzem esetében a csapadékelvezetés az üzemi területről kivezetéssel – például közvetlenül az élővízbe, üzemen kívüli szikkasztóterületre, a közutak csapadékelvezetőjébe – történik.

A folyadék halmazállapotú veszélyes anyag szabadba kerülésének következményei eseményfa módszerrel elemezhetők. Az alábbiakban robbanásveszélyes folyadék következményeit egy általános eseményfával mutatjuk be:



3. ábra

Általános eseményfa: tűzveszélyes folyadék szabadba kerülése

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az 1992. április 22-én Guadalajara (Mexikó) egyik legsűrűbben lakott negyedében történt robbanással a fenti eseményfa hitelessége igazolható. Az eseményben 20 épülettömb sérült meg, a becslések szerint a halottak száma 300 fő volt, és 1120 fő megsérült. A balesetet a csatornarendszerben felgyülemlett gáz berobbanása okozta, amelynek következtében nyolc kilométernyi utca és négy kereszttutca robbant fel. A későbbi vizsgálatok szerint a robbanás oka az volt, hogy az új vízcsöveket – amelyek anyaga cinkkel borított réz – a helyi közlekedési felújítások miatt korábban áthelyezték egy acélcső közelébe, amely egy benzinkúthoz tartozott. A talaj nedvességének hatására a fémek elektrolitikus reakcióba léptek egymással, ami végül az acélcső korróziójához vezetett. Az acélcsövön keletkezett lyukon keresztül a benzin kiáramlott a felszín közelébe, a városi csőhálózatba, és ez okozhatta a robbanást

(A guadalajarai gázrobbanás [2008]).



4. ábra

Robbanás következményei

Forrás: A guadalajarai gázrobbanás [2008]

A veszélyes anyagok csapadékhálózatban való terjedésének megakadályozására több műszaki megoldás is rendelkezésre áll. A legkorszerűbb és leghatékonyabb megoldás a zárt rendszer kialakítása, amelyet egy közelmúltban létesült tárolóhely példáján mutatunk be.

A kétrekeszes, térelválasztó fallal, kármentővel elválasztott tárolóhelyen 2 db 30 m³ konténer tárolása történhet. A térelválasztó fal biztosítja a mérgező és tűzveszélyes, valamint az esetlegesen egymással reakcióba lépő anyagok (nem együtt-tárolható anyagok) szakszerűen elkülönített tárolását. Konténersérülés esetén a folyadék halmazállapotú veszélyes anyag a kialakított lejtésen az összefolyón keresztül a föld alatt lévő puffertároló kármentő műtárgyba kerül, így a szabadon terjedő mennyiség (párolgó mennyiség) minimális. A kármentő műtárgy alkalmas a lehetséges legnagyobb konténer teljes anyagmennyiségét befogadni. A kármentő műtárgyba került veszélyes anyag szivattyúzással távolítható el. A műtárgyból esetlegesen minimálisan elpárolgó veszélyes anyag szabadban történő terjedésének megakadályozására a tárolóhely körül vízpajzsok kerültek fixen telepítésre, amelyek összefüggő vízfalat képeznek. A kármentő alsó részébe földmáttöréseken keresztül esetleges baleset esetén a folyadék lefolyik. Ennek az átfolyási időtartama maximálisan 2 perc, vízszertű vagy ahhoz hasonló viszkozitású és sűrűségű anyagoknál a számított átfolyási idő kevesebb, mint 120 másodperc. Az alsó aknarészben tárolódik ideiglenesen az elfolyt veszélyes folyadék, amelynek a párolgását, illetve az elpárolgott gázok levegőbe jutását nemcsak a műtárgy köré elhelyezett és képzett vízpajzs gátolja, hanem a szükséges minimális felülettel kialakított földmáttörések is. A vb. aknarészek alján egy-egy zsomp található, amelyekbe egy szívócsonk nyúlik le, amelyen keresztül a vízpajzs vize, valamint az esetlegesen kiömlő veszélyes anyag is kiemelhető. Az akna fenéklemeze és falai monolit

25 cm vastag vasbeton szerkezetek. A két aknarész közti tűzgátló fal 20 cm vastag, szintén helyszínen készült monolit vasbeton szerkezet. A műtárgy a lehető legerősebb betontechnológiai lépésekkel került kialakításra. Emellett a haváriaakna kívülről egy 2,5 mm vastag kemény polietilén (HDPE) szigetelést kapott a fenéklemez alatt, illetve az oldalfalakon.

A kármentő tervezési szempontjai között a csapadékvíz két szempontból is prioritást élvezett, egyrészt a kármentőből a csapadékvíz miatt nem folyhat ki az esetlegesen bekerülő veszélyes anyag, másrészt az esetlegesen szennyeződött csapadékvíz nem kerülhet ki a szabadba. A kármentő méretmeghatározása során az éves átlagos csapadékmennyiség 30%-os biztonsági faktorral került figyelembevételre. A műtárgyakból a csapadékvizeket szabályozott módon lehet csak kivezetni, így az a műtárgyban marad. A tározódási időszak várhatóan 1,5-2 hónap, így ezalatt a műtárgyakban összegyűlő csapadékvíz mennyisége kb. 16 m³. Az összegyűlő, aknakamrákban tározódott csapadékvíz maximális szintje meghatározásra került, ezen a szinten egy érzékelő rúd jelzést ad, a kiépített jelző fény- és hangjelzéssel figyelmeztet az aknakamrákban összegyűlő csapadékvíz-mennyiség kiemelésének szükségességére.

Tekintettel arra, hogy az aknakamrákból az azokban összegyűlő csapadékvizeknek elfolyása nincs, azok kiemelése csak az aknakamrákban összegyűlt csapadékvíz akkreditált laborengedélyével emelhető ki a betervezett szívócsonkokhoz való szivattyús kiemeléssel. Amennyiben a laboratórium felelős embere írásban nyilatkozott a kiemelhetőségről, akkor a tározott csapadékvizet ki lehet szivattyúzni a már üzemelő csatornahálózatba.

A gyakorlatban elterjedt másik megoldási lehetőség a csatornahálózat kilépési pontjánál a kiszakasolás biztosítása. A csatornakiszakasolás végrehajtható fixen beépített elzárószerelvény vagy mobil eszköz – például csöelzáró párna – alkalmazásával.



5. ábra

Csőelzáró elhelyezése ipari aknában

Forrás: www.airbag-dunnagebag.hu

Összefoglalás

A nagy mennyiségű lokális csapadék, a nem megfelelő csapadékvíz-gazdálkodás azon túl, hogy megnehezíti a lakosság mindennapi életét, veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek kialakulásához is vezethet.

Az érintett gazdálkodó szervezetek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek megelőzése érdekében a biztonsági dokumentációikban szisztematikus elemzéssel tárják fel a baleset kialakulásához vezető okokat, az események eszkalálódásának lehetőségeit. Az elemzések eredményei alapján kockázatcsökkentő intézkedéseket tesznek, amelyek a csapadékvíz-gazdálkodás szabályozásának szükség szerinti újragondolására is kiterjednek.

Irodalomjegyzék

2011. évi CXXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
- A guadalajarai gázrobbanás (2008). *vgfszaklap.hu*, 2008. 08. 29. Elérhető: www.vgfszaklap.hu/lap-szamok/2008/szeptember/1292-a-guadalajarai-gazrobbanas (A letöltés időpontja: 2017. 10. 19.)
- CIMER Zs. (2014): *A veszélyes anyagokat gyártó, felhasználó, tároló küszöbérték alatti üzemek tevékenységéből származó veszélyeztetettség meghatározásának metodikája, a kockázatcsökkentő intézkedések számszerűsítése*. PhD-értekezés. Budapest, NKE. DOI: <https://doi.org/10.17625/NKE.2014.012>
- CIMER Zs. – HALÁSZ L. (2010): A kémiai biztonsági jogszabályok változása, a CLP és a Seveso II. irányelv kapcsolata. *Hadmérnök*, 5. évf. 1. sz. 87–98.
- JOÓB S. (2017): Robbanások és füst a Houston melletti vegyi üzemben. *Index.hu*, 2017. 08. 31. Elérhető: http://index.hu/kulfold/2017/08/31/robbanasok_es_fust_a_houston_melletti_vegyi_uzemben (A letöltés időpontja: 2017. 10. 19.)
- MUHORAY Á. (2012): *A katasztrófavédelem aktuális feladatai*. Elérhető: <http://docplayer.hu/1719067-A-katasztrofavedelem-aktualis-feladatai-1.html> (A letöltés időpontja: 2017. 10. 19.)
- SZAKÁL B. – CIMER Zs. (2017): *Problémák a robbanóanyagok tárolásából származó kockázatok elemzésében*. Elérhető: http://kvi.uni-nke.hu/uploads/media_items/szakal-cimer-palyazati-anyag-original.pdf (A letöltés időpontja: 2017. 10. 19.)
- SZAKÁL B. et al. (2013): *Iparbiztonság II. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek következményei és kockázatai*. Budapest, TERC.

Vákát oldal

A tanulmánykötet szerzői

- Ámon Gergely:** okleveles építőmérnök, hidroinformatikai és vízgazdálkodási szakmérnök, vízépítési tervező, vízrendezési, hidraulikai és víziközmű-szakértő, TURA-Terv Mérnökiroda Kft.
- Balatonyi László:** árvízvédelmi osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet.
- Bardóczyné Székely Emőke:** egyetemi docens, SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Természetvédelmi és Tájgazdálkodási intézet Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék.
- Békési István:** a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.
- Cimer Zsolt:** egyetemi docens, oktatási dékánhelyettes, NKE Víztudományi Kar.
- Czigány Szabolcs:** habilitált egyetemi docens, tanszékvezető, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék.
- Domján Anita:** intézeti technikus, PTE Természetudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.
- Dulovics Dezsőné:** professor emerita, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar.
- Fehér János:** a DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet munkatársa.
- Gerőfi-Gerhardt András:** a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. munkatársa.
- Goda Zoltán:** kutatási főreferens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Hábermayer Tamás:** tűzoltó ezredes, megyei igazgatóhelyettes, Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság.
- Hajtó Ödön:** okleveles mérnök.
- Hancz Gabriella:** egyetemi docens, DE Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék.
- Hoffmann Imre:** közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkár.
- Hoffmann Lilla:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Horányiné Csiszár Gabriella:** ivóvíz-gazdálkodási részlegvezető, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.
- Ilyés Csaba:** tudományos segédmunkatárs, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.
- Istók Balázs:** adjunktus, BME Áramlástan Tanszék.
- Jackovics Péter:** tűzoltó ezredes, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Országos Polgári Védelmi Főfelügyelőség Veszélyhelyzet-kezelési Főosztály főosztályvezetője, a HUNOR Mentőszervezet parancsnoka.
- Karches Tamás:** főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.
- Király Lajos:** a ZOLTEK Zrt. munkatársa.
- Komárominé Kucsák Mónika:** egyetemi adjunktus, SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézet.
- Kozák Péter:** okleveles mérnök, vízgyűjtőfejlesztési osztályvezető, Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság.
- Kuti Rajmund:** egyetemi docens, SZIE Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar.
- Lakatos Mónika:** az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa.
- Lénárt László:** c. egyetemi tanár, ME Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet.
- Lengyel Róbert:** oktató, BME.

Makay Gábor: osztályvezető, Országos Vízügyi Főigazgatóság.

Mátrai Ildikó: főiskolai tanár, intézetvezető, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Mrekva László: mérnök tanár, NKE Víztudományi Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet; ügyvezető igazgató, Bajavíz Kft.

Nagy Attila: adjunktus, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

Nagy Gábor: tudományos segédmunkatárs, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet.

Orgoványi Péter: mérnök, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Puskás Tibor: hidrogeológus, TETTYE Forrásház Zrt.

Rác Tibor: osztályvezető, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

Riczu Péter: tudományos segédmunkatárs, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.

Ronczyk Levente: adjunktus, PTE Természettudományi Kar Földrajzi és Földtudományi Intézet Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék.

Salamon Endre: egyetemi tanársegéd, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Sólyom Péter: a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa.

Szűcs Péter: dékán, egyetemi tanár, az MTA doktora, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport.

Takács Krisztina: PhD-hallgató, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola.

Tamás János: egyetemi tanár, DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

Tóth László: gazdasági főigazgató-helyettes, Országos Vízügyi Főigazgatóság; adjunktus, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Török László: főiskolai docens, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Turai Endre: intézetigazgató, habilitált egyetemi docens, ME Műszaki Földtudományi Kar Geofizikai és Térinformatikai Intézet.

Üszögh Lajos: külkapcsolati tanácsadó, MIVÍZ Miskolci Vízmű Kft.

Vadkerti Edit: egyetemi docens, intézetvezető-helyettes, NKE Víztudományi Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet.

Vákát oldal

A Dialóg Campus Kiadó a Nemzeti Közszolgálati Egyetem könyvkiadója.



Nordex Nonprofit Kft. – Dialóg Campus Kiadó

www.dialogcampus.hu

www.uni-nke.hu

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Telefon: (30) 426 6116

E-mail: kiado@uni-nke.hu

A kiadásért felel: Petró Ildikó ügyvezető

Felelős szerkesztő: Kilián Zsolt

Olvasószerkesztő: Fodor József Péter

Korrektor: Szabó Ilse

Tördelőszerkesztő: Gyapjas Anikó

Nyomdai kivitelezés: Pátria Nyomda Zrt.

Felelős vezető: Simon László vezérigazgató

ISBN 978-615-5845-21-5 (nyomtatott)

ISBN 978-615-5845-22-2 (elektronikus)

Az elmúlt években, évtizedekben tapasztalt, a klímaváltozással együtt járó szélsőséges időjárási helyzetek rámutatnak arra a tényre, hogy a települési csapadékvízzel kapcsolatos feladatok, fejlesztési stratégiák újragondolása sürgető és elengedhetetlen. A fenntartható települési vízgazdálkodásnak mindinkább a természetközeli megoldások felé kell fejlődnie, helyben tartva és visszaforgatva a csapadékvizet, miközben felkészülünk a váratlan és egyre nagyobb károkat okozó rendkívüli csapadékokra. Az előttünk álló legfontosabb jövőbeli feladat a települési vízmennyiségek szabályozása és a minőségek kezelése, a vízelvezető rendszerek pontos fizikai állapotának felmérése, az extrém időjárási jelenségek folyamatos vizsgálata és hatásaik elemzése, a kárfelszámolások során szerzett tapasztalatok kiértékelése, a víztakarékos módszerek kidolgozása, a fokozott vízvisszatartás, a megnövelt befogadóképességű csatornarendszerek kiépítése és a klímaváltozás hatásait figyelembe vevő településfejlesztés megvalósítása.

Mrekva László

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 „A jó kormányzást megalapozó közszolgáltatás-fejlesztés” című projekt keretében jelent meg.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE